

Universidad Autónoma Chapingo

DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA

**EFECTO DEL ANILLADO Y ÁCIDO GIBERÉLICO  
EN EL AMARRE Y CALIDAD DE FRUTO,  
AZÚCARES Y NUTRIMENTOS EN TANGERINA  
'MÓNICA' (*Citrus* sp.)**

**TESIS PROFESIONAL**

Que como Requisito Parcial  
para obtener el Grado de

**MAESTRO EN CIENCIAS  
EN  
HORTICULTURA**

PRESENTA

**GERARDO PÉREZ MADRID**



DIRECCION ACADEMICA  
DEPTO. DE SERVICIOS ESCOLARES  
OFICINA DE EXAMENES PROFESIONALES

Chapingo, Méx., agosto del 2000





**EFFECTO DEL ANILLADO Y ÁCIDO GIBERÉLICO EN EL AMARRE Y  
CALIDAD DE FRUTO, AZÚCARES Y NUTRIMENTOS EN TANGERINA  
'MONICA' (*Citrus* sp.)**

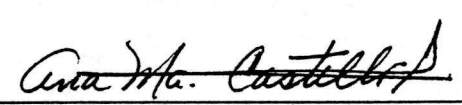
Tesis realizada por Gerardo Pérez Madrid bajo la dirección del Comité Asesor indicado, aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

**MAESTRO EN CIENCIAS EN HORTICULTURA**

DIRECTOR:

  
DR. GUSTAVO ALMAGUER VARGAS

ASESOR:

  
DRA. ANA MARÍA CASTILLO GONZÁLEZ

ASESOR:

  
DR. EDILBERTO AVITIA GARCÍA

A- 36867

Texcoco, Edo. de México, agosto del 2000



**EFFECTO DEL ANILLADO Y ÁCIDO GIBERÉLICO EN EL AMARRE Y  
CALIDAD DE FRUTO, AZÚCARES Y NUTRIMENTOS EN TANGERINA  
'MÓNICA' (*Citrus* sp.)**

El jurado que revisó y aprobó el examen de grado de Gerardo Pérez Madrid autor de la presente tesis de Maestría en Ciencias en Horticultura estuvo constituido por:

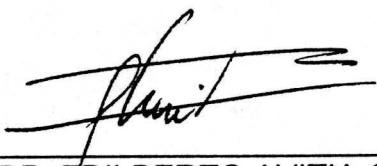
PRESIDENTE:

  
DR. GUSTAVO ALMAGUER VARGAS

ASESOR:

  
DRA. ANA MARÍA CASTILLO GONZÁLEZ

ASESOR:

  
DR. EDILBERTO AVITIA GARCÍA

Texcoco, Edo. de México, agosto del 2000



## AGRADECIMIENTOS

*A la Dirección General de Educación Tecnológica Agropecuaria (DGETA), por haberme otorgado las facilidades para realizar mis estudios de posgrado.*

*Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), por el apoyo económico, que me otorgó durante mis estudios de Maestría en Ciencias en Horticultura.*

*A la Universidad Autónoma de Chapingo, al Departamento de Fitotecnia, y a la Coordinación de Maestría en Ciencias en Horticultura por haberme otorgado la oportunidad de realizar mis estudios de Maestría.*

*Al Centro de Bachillerato Tecnológico Agropecuario No. 135 por haberme dado todas las facilidades para la culminación de mis estudios de posgrado.*

*Al Dr. Gustavo Almaguer Vargas, por la dirección de ésta tesis, orientación, comprensión y consejos, durante la realización de la misma.*

*A la Dra. Ana María Castillo González por todas sus aportaciones recibidas durante el desarrollo de la presente investigación, así como por la revisión y corrección del presente.*

*Al Dr. Edilberto Avitia García, por su orientación y colaboración, para el desarrollo de la presente investigación, así como por la revisión y corrección de la misma.*



## DEDICATORIA

*Con infinita gratitud a mis padres, José Socorro Pérez Arreola<sup>†</sup> y Emelina Madrid, por su apoyo y esfuerzo desinteresado que hicieron para mi formación profesional.*

*Con mucho cariño a mi esposa Norma Lidia, quien en todo momento y espacio me ha apoyado e impulsado para seguir adelante; con quien he compartido triunfos, alegrías y tristezas.*

*A mis hijas Alejandra, Ariadna y Adirem, por su apoyo, motivación y valentía que siempre han demostrado en el cumplimiento de mis compromisos y realización de mis metas y objetivos trazados en el camino de la vida.*

*A mis queridos hermanos y familiares, por su apoyo que siempre me han brindado en mi formación y carrera profesional.*

## DATOS BIOGRÁFICOS

El autor de la presente tesis es originario de Mexicali, Baja California Norte, realizó sus estudios de Licenciatura en la Universidad Autónoma Chapingo en la generación 1975 a 1980, egresó como Ingeniero Agrónomo Especialista en Fitotecnia. Durante el período de 1980 a 1982, trabajó en la Comisión Nacional de Fruticultura con sede en Jalapa, Veracruz desempeñando el puesto de profesor investigador y asistente. Posteriormente ingresó a la Dirección General de Educación Tecnológica Agropecuaria, desempeñando el puesto de Director del Centro de Bachillerato Tecnológico Agropecuario No. 150 (CBTa No. 150) de Acambay Estado de México (1982-1985). Realizó estudios de postgrado en Asistencia Técnica para la Producción Frutícola en la Escuela Nacional de Fruticultura (1986-1987), de 1988 a 1989 se desempeñó como profesor en diferentes CBTa's y posteriormente se desempeñó como Director de los CBTa's No. 57 de Álamo, Veracruz (1990-1992) y en el 135 de Arroyo Hondo, Misantla Veracruz (1992-1996). Realizó estudios de Maestría en Ciencias en Horticultura en el Departamento de Fitotecnia de la Universidad Autónoma Chapingo (1997-1998).

Actualmente se encuentra laborando en el CBTa 135 de Arroyo Hondo, Misantla, Veracruz como docente y responsable de la Oficina de Investigación y Validación de Tecnologías.

## CONTENIDO

|                                                                           |    |
|---------------------------------------------------------------------------|----|
| ÍNDICE DE CUADROS.....                                                    | iv |
| ÍNDICE DE FIGURAS.....                                                    | v  |
| RESUMEN.....                                                              | vi |
| I. INTRODUCCIÓN.....                                                      | 1  |
| II. REVISIÓN DE LITERATURA .....                                          | 5  |
| 2.1. Anillado.....                                                        | 5  |
| 2.1.1. Importancia.....                                                   | 5  |
| 2.1.2. Factores que afectan el anillado.....                              | 6  |
| 2.1.3. Época para realizar el anillado.....                               | 7  |
| 2.1.4. Tiempo de sanado de la herida causada por el anillado.....         | 8  |
| 2.2. Efectos del Anillado .....                                           | 8  |
| 2.2.1. Amarre de fruto.....                                               | 8  |
| 2.3. Aplicación del Ácido Giberélico (AG <sub>3</sub> ).....              | 9  |
| 2.4. Aplicación de Ácido Giberélico (AG <sub>3</sub> ) más Anillado ..... | 14 |
| 2.5. Efecto del Anillado sobre el Contenido de Carbohidratos .....        | 16 |
| 2.6. Calidad del Fruto por Efecto del Anillado.....                       | 19 |
| 2.7. Estado Nutricional de la Planta .....                                | 21 |
| 2.7.1. Nitrógeno .....                                                    | 21 |
| 2.7.2. Fósforo.....                                                       | 23 |
| 2.7.3. Potasio.....                                                       | 24 |
| 2.7.4. Calcio.....                                                        | 26 |
| 2.7.5. Magnesio .....                                                     | 27 |
| 2.7.6. Boro .....                                                         | 28 |
| 2.7.7. Cobre.....                                                         | 29 |
| 2.7.8. Hierro .....                                                       | 30 |
| 2.7.9. Manganeso .....                                                    | 31 |
| 2.7.10. Zinc.....                                                         | 32 |
| 2.8. Balance Hormonal .....                                               | 33 |

|                                                                              |    |
|------------------------------------------------------------------------------|----|
| 2.9. Técnica de Kenworthy.....                                               | 34 |
| III. MATERIALES Y MÉTODOS.....                                               | 37 |
| 3.1. Localización.....                                                       | 37 |
| 3.2. Clima.....                                                              | 37 |
| 3.3. Material Vegetal Utilizado .....                                        | 39 |
| 3.3.1. Características del material vegetal.....                             | 39 |
| 3.4. Diseño Experimental.....                                                | 40 |
| 3.4.1. Descripción de tratamientos .....                                     | 40 |
| 3.4.1.1. Anillado .....                                                      | 41 |
| 3.4.1.2. Aplicación de ácido giberélico (AG <sub>3</sub> ).....              | 41 |
| 3.4.1.3. Anillado más aplicación de ácido giberélico (AG <sub>3</sub> )..... | 42 |
| 3.5. Variables Evaluadas .....                                               | 42 |
| 3.5.1. Frutos amarrados.....                                                 | 42 |
| 3.5.2. Producción.....                                                       | 43 |
| 3.5.3. Determinación de azúcares .....                                       | 43 |
| 3.5.3.1. Toma y manejo de las muestras .....                                 | 43 |
| 3.5.3.2. Azúcares solubles totales .....                                     | 44 |
| 3.5.3.3. Azúcares reductores .....                                           | 45 |
| 3.5.4. Determinación de nutrimentos en muestras foliares y suelo.....        | 46 |
| 3.5.4.1. Toma y manejo de las muestras .....                                 | 46 |
| 3.5.4.2. Análisis de las muestras de hojas.....                              | 46 |
| 3.5.4.3. Análisis de las muestras de suelos .....                            | 47 |
| 3.5.5. Calidad del fruto.....                                                | 48 |
| 3.5.5.1. Toma y manejo de muestra .....                                      | 48 |
| 3.5.6. Análisis estadístico .....                                            | 49 |
| IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....                                              | 50 |
| 4.1. Número de Frutos Amarrado .....                                         | 50 |
| 4.2. Producción.....                                                         | 53 |
| 4.3. Efecto del anillado sobre el contenido de azúcares.....                 | 54 |
| 4.3.1. Azúcares solubles totales .....                                       | 54 |
| 4.3.2. Azúcares reductores .....                                             | 57 |



|                                                                                                                                 |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 4.4. Calidad de fruto .....                                                                                                     | 59 |
| 4.4.1. Tamaño de fruto .....                                                                                                    | 59 |
| 4.4.2. Sólidos solubles totales .....                                                                                           | 62 |
| 4.4.3. Acidéz titulable.....                                                                                                    | 62 |
| 4.5. Interpretación del análisis de suelo.....                                                                                  | 63 |
| 4.6. Diagnóstico nutrimental mediante la técnica de Kenworthy del primer<br>muestreo antes de floración (febrero de 1998). .... | 65 |
| 4. 6.1. Análisis estadístico nutrimental en hojas del primer muestreo antes de<br>floración (feb 98). ....                      | 68 |
| 4. 7. Diagnostico nutrimental mediante la técnica de kenworthy del segundo<br>muestreo al final de cosecha (marzo 1999). ....   | 70 |
| 4. 7.1. Análisis estadístico nutrimental en hojas del segundo muestreo.....                                                     | 71 |
| V. CONCLUSIONES.....                                                                                                            | 75 |
| VI. LITERATURA CITADA.....                                                                                                      | 77 |
| VII. APÉNDICES.....                                                                                                             | 85 |

## ÍNDICE DE CUADROS

|                                                                                                                                                                                                                         |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Cuadro 1. Datos tomados de la estación metereológica más próxima (Tuxpan, Ver.) al área bajo estudio (1993).....                                                                                                        | 38 |
| Cuadro 2. Efecto de anillado en diferentes épocas y aplicación de ácido giberélico (AG <sub>3</sub> ) en el peso promedio de fruto en tangerina 'Mónica' en Álamo, Veracruz.....                                        | 52 |
| Cuadro 3. Efecto del anillado en la concentración de azúcares solubles totales en hojas de tangerina 'Mónica' en Álamo, Veracruz.....                                                                                   | 55 |
| Cuadro 4. Efecto del anillado en la concentración de azúcares reductores en hojas de tangerina 'Mónica' en Álamo, Veracruz.....                                                                                         | 58 |
| Cuadro 5. Efecto de anillado en diferentes épocas y aplicación de ácido giberélico (AG <sub>3</sub> ) en la calidad del fruto.....                                                                                      | 61 |
| Cuadro 6. Resultados del análisis de suelo de la huerta de tangerina 'Mónica' dónde fue realizado el experimento, ubicada en Álamo Veracruz.....                                                                        | 64 |
| Cuadro 7. Diagnóstico nutrimental mediante la técnica de Kenworthy en hojas de tangerina 'Mónica' ( <i>Citrus</i> sp.). Muestreo realizado antes de floración (febrero de 1998) en el municipio de Álamo, Veracruz..... | 67 |
| Cuadro 8. Cantidad de nutrimentos en hojas de árboles de tangerina 'Mónica' antes de los tratamientos de anillado y aplicación de ácido giberélico en Álamo Veracruz, primer muestreo febrero de 1998.....              | 69 |
| Cuadro 9. Diagnóstico nutrimental mediante la técnica de Kenworthy en hojas de tangerina 'Mónica'. Muestreo realizado el 17 de marzo 1999 en el municipio de Álamo, Veracruz.....                                       | 73 |
| Cuadro 10. Cantidad de nutrimentos en hojas de árboles de tangerina 'Mónica' con tratamientos de anillado y aplicación de ácido giberélico segundo muestreo cosecha (marzo 99).....                                     | 74 |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1. Distribución de los tratamientos de aplicaciones de ácido giberélico (AG <sub>3</sub> ) a dosis de 20 mg·L <sup>-1</sup> y anillado al portainjerto con un cilindro completo de 7-8 mm de amplitud en tangerina 'Mónica': A <sub>1</sub> = Aplicación (AG <sub>3</sub> ) 15 de marzo del 98; B <sub>1</sub> = anillado antes de floración (7 de febrero 98), B <sub>2</sub> = anillado al inicio de floración (22 de febrero de 98), B <sub>3</sub> = anillado durante plena floración (7 de marzo 98); A <sub>1</sub> B <sub>1</sub> =AG <sub>3</sub> +anillado antes de floración, A <sub>1</sub> B <sub>2</sub> =AG <sub>3</sub> +inicio de floración, A <sub>1</sub> B <sub>3</sub> =AG <sub>3</sub> + anillado plena floración..... | 40 |
| Figura 2. Efecto de anillado en diferentes épocas y aplicación de ácido giberélico en el número de frutos amarrados en árboles de tangerina 'Mónica' .....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 53 |
| Figura 3. Fluctuación de azúcares totales por efecto de anillado en tangerina 'Mónica' .....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 56 |

## RESUMEN

GERARDO PÉREZ MADRID<sup>1</sup>

EFFECTO DEL ANILLADO Y ÁCIDO GIBERÉLICO EN EL AMARRE Y CALIDAD DE FRUTO, AZÚCARES Y NUTRIMENTOS EN TANGERINA 'MÓNICA' (*Citrus* sp.)

Bajo la dirección de Gustavo Almaguer Vargas<sup>2</sup>.

En la zona citrícola del estado de Veracruz, el cultivo de la tangerina 'Mónica' por sus características comerciales deseables representa una alternativa de producción al monocultivo de la naranja 'Valencia' tardía, sin embargo, éste cultivar presenta bajo amarre de fruto, posiblemente por autoincompatibilidad gametofítica. Por lo anterior y con la finalidad de dar solución al problema, se planteó incrementar el amarre de fruto, a través de anillado en diferentes épocas y aplicación de ácido giberélico (AG<sub>3</sub>) 20 mg·L<sup>-1</sup>. El experimento se realizó en una huerta compacta de tangerina 'Mónica' en árboles de 12 años de edad en el Ejido Agua Nacida, Álamo, Veracruz, bajo un diseño experimental factorial en bloques al

---

<sup>1</sup> Resumen de tesis que, presenta el autor como requisito parcial para obtener el grado de Maestro en Ciencias en Horticultura.

<sup>2</sup> Director de tesis: Profesor investigador de tiempo completo del Departamento de Fitotecnia. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Estado de México. 5084.

azar, con 8 repeticiones, tomando como unidad experimental un árbol. Cuando se aplicó ( $AG_3$ )  $20\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$  no hubo efecto significativo, mientras que en los árboles anillados durante plena floración, incrementaron el amarre de fruto y por lo tanto la producción hasta 6 o 7 veces comparada con el testigo, presentándose una correlación negativa ( $-0.6639$ ) con tamaño de fruto. Con respecto a los sólidos solubles totales (TSS), acidez (TA) y la relación TSS/TA, no se encontraron diferencias estadísticas significativas por lo que se considera que no se disminuyó la calidad del fruto. El contenido de azúcares totales y reductores en hojas se incrementó a los 15 días después del anillado del árbol. El anillado no tuvo efecto significativo estadístico en el contenido nutrimental de hojas.

**Palabras clave:** Anillado, ácido giberélico, carbohidratos, calidad de fruto, nutrimentos



## SUMARY

GERARDO PÉREZ MADRID.

### GIRDLING AND GIBBERELIC ACID SPRAYS EFFECT IN THE FRUIT- SET, QUALITY FRUIT, SUGARS AND NUTRIMENTS IN TANGERIN 'MÓNICA' (*Citrus* Sp.)

Under the direction of: Gustavo Almaguer Vargas.

'Mónica' tangerin trees have low fruit-set, so it is important to study what causes this. The objective of this study was to test with its application of gibberellic acid and girdling would increase fruit-set of 12-year-old 'Mónica' tangerine trees (*Citrus reticulata* B.) grafted on sour orange roots stock (*Citrus aurantium* L.). There was a set of control trees that only received the normal management. The experimental design was random blocks, with eighth repetitions with a tree as experimental unit. Trees receiving foliar - applied  $GA_3$  20 mg·L<sup>-1</sup> did not had significantly greater yield than the control trees (6-7) with negative correlation (-0.66) with fruit size. The foliar concentration nutrients, and percent of acidity and soluble solids was similar in all trees. The content of total sugars and reduce thing sugar in leaves were increased 15 days after the girdling of the trees.

**Key Words.** Girdling, gibberellic acid, sugars, quality of fruit, nutriments.

## I. INTRODUCCIÓN

Veracruz es el principal estado productor de cítricos en México, ya que actualmente se cultivan más de 145 370 ha con este grupo de especies, las cuáles aportan anualmente alrededor de 1.95 millones de toneladas de fruta y representan el 46 y 50 % de la superficie y producción citrícola nacional respectivamente (SAGAR, 1998). De esta actividad agrícola dependen más de 12 000 familias (55% ejidatarios y 45% pequeños propietarios) y se generan alrededor de 5 millones de jornales anuales durante el proceso de producción y cosecha (Curti, 1991).

El área citrícola se encuentra localizada en el norte-centro del estado de Veracruz, en donde los principales municipios productores son: Álamo (50 000 ha), Martínez de la Torre (35 000 ha), Gutiérrez Zamora (16 000 ha), Tihuatlán (11 500), Tuxpan (7 000 ha) y Papantla (5 000 ha), que en conjunto representan el 94% de la superficie citrícola estatal (Curti, 1991).

El rendimiento promedio por hectárea en esta región, es de 14.6 toneladas el cuál supera el rendimiento medio nacional que es de 12.7 ton·ha<sup>-1</sup>.

A pesar de esto, el precio de la naranja, está en función de la concentración en la época de producción y se rige entre otras cosas, por la ley de la oferta y la demanda, registrándose precios bajos de venta durante la temporada de alta producción de fruta, que es en los meses de enero a abril, convirtiéndose esto en un problema para los productores, por el bajo ingreso que obtienen por la venta de su cosecha.

En busca de alternativas de diversificación de cultivos y para mejorar el ingreso de los productores se introdujo a la región en los años 50's (Sr. Cuervo<sup>1</sup>), la tangerina 'Mónica', que es una fruta de mesa, de maduración tardía, de muy buen aceptación en el mercado y que por consiguiente alcanza precios muy por encima de los tradicionales, como \$1 500 por tonelada, mientras que para la naranja 'Valencia' tardía éstos fluctúan alrededor de los \$ 450 por tonelada en la misma época, por lo que el cultivo de tangerina 'Mónica' se ha estado extendiendo en la zona norte del estado de Veracruz. Actualmente se estima que existe una superficie de más de 12 000 ha. Sin embargo, éste cultivo presenta alternancia de producción muy marcada y la producción de fruta es muy baja en la mayoría de los huertos de esta zona por el bajo porcentaje de amarre de fruto, atribuible posiblemente a la presencia de incompatibilidad gametofítica, lo cuál representa el problema más grande que tienen los productores de tangerina 'Mónica' .

---

<sup>1</sup> Sr. Roberto Cuervo, entrevista personal. Productor sobresaliente y pionero del cultivo de la tangerina 'Mónica' en el municipio de Tihuatlan, Veracruz.

Considerando que el anillado así como la aplicación de fitorreguladores se ha vuelto una práctica común en otros países para contrarrestar la alternancia de producción y estimular el amarre de frutos, se propone como alternativa para resolver el problema de falta de producción de la tangerina 'Mónica' y considerando su capacidad partenocárpica. Por lo anterior y con la finalidad de dar solución al problema, se proponen los siguientes objetivos:

**Objetivo general:** incrementar el amare de fruto, y por lo tanto la producción de tangerina 'Mónica', mediante la práctica de anillados y aplicaciones de ácido giberélico (AG<sub>3</sub>).

#### **Objetivos particulares**

- ✓ Determinar el efecto del anillado en el amarre de fruto, calidad de fruto, contenido de azúcares totales y reductores y nutrimentos en hojas de tangerina 'Mónica'.
- ✓ Determinar el efecto de la aplicación de ácido gibrélico en el amarre de fruto, calidad de fruto, contenido de azúcares totales y reductores y nutrimentos en hojas de tangerina 'Mónica'.
- ✓ Determinar el efecto del anillado mas la aplicación de ácido giberélico en calidad de fruto, contenido de azúcares totales y reductores y nutrimentos en hojas de tangerina 'Mónica'.

## Hipótesis

- ✓ El anillado incrementa el amarre de fruto en tangerina 'Mónica' y mejora la calidad, el contenido de azúcares totales, reductores y nutrimentos en tangerina 'Mónica'
- ✓ Aplicaciones de ácido giberélico ( $AG_3$ ) incrementan amarre de fruto en tangerina 'Mónica' y mejora la calidad, contenido de azúcares totales, reductores y nutrimentos en tangerina 'Mónica'
- ✓ Aplicaciones de ( $AG_3$ ) y anillado más aplicación de ( $AG_3$ ) actúa sinergeticamente para incrementar el amarre de fruto en tangerina 'Mónica' e influye en calidad, contenido de azúcares totales, reductores y nutrimentos en tangerina 'Mónica'

## **II. REVISIÓN DE LITERATURA**

### **2.1. Anillado**

#### **2.1.1. Importancia**

El término anillado generalmente es usado para referirse a la remoción de un cilindro completo, ya sea angosto o amplio, de todo el tejido externo al xilema secundario (Noel, 1970). Esta técnica usada para mejorar la producción de árboles frutales es muy antigua, pues Knight desde 1820 (citado por Noel, 1970), demostró que el anillado incrementó el número de flores y aceleró la maduración de frutos. Así mismo, este mismo autor (Noel, 1970) menciona que Fitzgerald en 1962, anillando ramas de árboles de cerezo, logró la transición del crecimiento vegetativo exuberante a floración y fructificación normal.

El anillado ha sido utilizado en citricultura obteniendo algunas respuestas como el mejoramiento del amarre de fruto (Lewis y McCarty, 1973; Goell y Cohen, 1981; Brosh y Monselise, 1979), un incremento del tamaño de



fruto (Hochberg *et al.*, 1977; Cohen, 1984a, b; Agusti *et al.*, 1992), incremento del número de yemas florales (Erner, 1988; Furr y Armstrong, 1956), así como una corrección parcial de la maduración tardía y alternancia de producción (Goren y Monselise, 1971). Debido a que esta técnica reduce el área foliar y el crecimiento del cambium, lo que lleva a un debilitamiento del árbol (Noel, 1970), el anillado debe ser usado de preferencia en árboles vigorosos de crecimiento óptimo, ya que en condiciones desfavorables puede aumentar sus efectos dañinos sobre todo en la viabilidad de la raíz (Wallerstein y Goren, 1978a; Fernández- Escobar *et al.*, 1987).

### **2.1.2. Factores que afectan el anillado**

La respuesta del árbol al anillado depende de muchos factores, tales como fecha de anillado, procedimiento y técnica de anillado, amplitud del anillado y posición, tronco o ramas, cultivar y posiblemente condiciones climáticas entre regiones y continentes (Peng y Rabe, 1996).

Cuando el anillado se realiza en el tronco de árboles de cítricos, se hace aproximadamente 10 cm arriba de la unión patrón-cultivar (Goren y Monselise, 1971; Monselise *et al.*, 1972; Wallerstein *et al.*, 1978b) y en ramas principales a los 10 cm arriba del punto de emergencia (Goren y Monselise, 1971; Wallerstein *et al.*, 1973). El anillado debe limitarse a dos terceras partes de las ramas para no dañar significativamente la raíz y el árbol debe ser tratado con un manejo

cultural adecuado (Cohen, 1984b; Wallerstein *et al.*, 1978a). La amplitud del anillo de corteza removida generalmente fluctúa de dos a tres mm en tronco y ramas principales (Goren *et al.*, 1971; Goren y Monselise, 1971; Wallerstein *et al.*, 1978a y 1978b), aunque Peng y Rabe (1996) mencionan que un simple corte de un mm de amplitud alrededor del tronco es efectivo, sin remoción de corteza y sin dañar la madera es efectivo y en ramas secundarias de cinco a siete cm de diámetro (Agusti *et al.*, 1992). Un sistema de doble anillado consiste primero en remover el tejido y tres semanas después eliminar los puentes de floema que se hayan formado (Cohen, 1984b).

### **2.1.3. Época para realizar el anillado**

La época en la cuál se realiza el anillado depende del efecto que se quiere lograr. Para incrementar el amarre de fruto en cítricos, el anillado se realiza poco después de plena floración (Lewis y McCarty, 1973). Agusti *et al.* (1992) y Krezdorn (1961) mostraron que la respuesta fue aproximadamente la misma cuando el anillado se hizo en plena floración que a las dos o tres semanas después. Sin embargo, Mataa *et al.* (1998) mencionan que el anillado al tallo después de plena floración es efectivo. Rabe y Van Rensburg (1996) mencionan que el anillado en verano (principalmente durante junio y agosto) incrementa el tamaño del fruto, mientras que realizar anillados a la mitad de la época de floración, reducen el tamaño del fruto (Cohen, 1984b y Hochberg *et al.*, 1977).

#### **2.1.4. Tiempo de sanado de la herida causada por el anillado**

La habilidad para cicatrizar la herida provocada por el anillado varía entre especies y depende de la capacidad del árbol para formar callo regenerativo en el menor tiempo posible, depende también de la amplitud y del tiempo de anillado, siendo primavera la mejor época para duraznero 'Armking' (Fernández-Escobar *et al.*, 1987). Curtis y Clark desde 1950 (citados por Lewis y McCarty, 1973) reportaron que la regeneración del nuevo floema en árboles de cítricos se da dentro de los primeros 10 a 15 días después de anillado. Para árboles de toronja, Wallerstein y Goren (1978a) señalan que los puentes de callo se desarrollan a partir de la tercera semana después del anillado.

### **2.2. Efectos del Anillado**

#### **2.2.1. Amarre de fruto**

Se ha demostrado que el anillado es efectivo para aumentar el amarre en prácticamente la totalidad de los cultivares partenocárpicos. La técnica es efectiva cuando se efectúa desde plena floración hasta unos días antes del final de la abscisión de los frutitos (Guardiola, 1997).

Goren y Monselise (1971) reportaron que al anillar árboles de naranjo 'Shamouti', 'Washington' Navel y 'Valencia' Late de baja productividad, pueden

algunas veces hasta duplicar la producción, comparado con el testigo, obteniendo los mejores resultados con anillados antes de la apertura floral. El incremento en producción fue debido a un incremento en el número de frutos por árbol ya que hubo una disminución de caída de flores y frutitos. El peso individual de los frutos no fue afectado por el anillado.

Agusti *et al.* (1992) al anillar ramas en cultivares de cítricos que presentan alternancia, como el naranjo dulce 'Salustiana' y en algunos casos mandarina 'Satsuma', mejoraron la producción al siguiente año de una cosecha alta; el verano fue la mejor época para hacer el anillado.

Wright (1998) al usar un doble anillado de 4.8 mm de amplitud en árboles de limón 'Limoneira 8a Lisbon' durante un período de tres años, encontraron que los anillados en marzo y mayo mejoraron la producción, el tamaño y ligeramente la calidad del fruto, logrando también adelantar la cosecha.

### **2.3. Aplicación del Ácido Giberélico (AG<sub>3</sub>)**

El descubrimiento de las giberelinas se atribuye al fitopatólogo japonés Eichi Kurosawa, cuando realizaba investigaciones sobre enfermedades del arroz, en 1926. Una enfermedad muy conocida en esta especie atrajo grandemente su atención, debido a que las plantas afectadas se presentaban mucho mas altas que sus vecinas sanas. El agente causal es un hongo bifásico

que en su forma sexual se conoce como *Giberella fujikoro* (Ascomiceto) y en su forma asexual como *Fusarium moniliforme* (Deuteromiceto) (Franciosi y Ponce, 1970)

Las giberelinas son compuestos químicos que pertenecen al grupo orgánico de los diterpenoides, ácidos alifáticos que normalmente presentan cuatro anillos arreglados en un esqueleto de gibano, como constituyentes de su molécula. La giberelina AG<sub>9</sub> puede ser considerada como la unidad básica estructural, las restantes son derivados sustituidos (Crane, 1965).

Las giberelinas han demostrado ser efectivas en estimular el amarre de frutos, en una gran variedad de especies hortícolas, que incluyen tomates y algunas especies frutales como cerezos, almendros, durazneros, damasco, vid, manzanos y perales (Leopold, 1964). Paralelo al efecto del amarre pueden producirse frutos partenocarpicos como respuesta a los tratamientos con ácido giberélico (Crane, 1965).

Los mecanismos mediante los cuales las giberelinas inducen el amarre de frutos son hasta ahora desconocidos. Sin embargo, la teoría que parece tener más aceptación en la actualidad, sostiene que la acción sinérgica giberelina-auxina impide la formación de la capa de abscisión responsable en la caída de frutos (Crane, 1965).

En el caso específico de los cítricos, existen diversos problemas que afectan la producción, dentro de ellos la abundante caída de flores y frutos pequeños, reviste particular importancia. Tratando de hallar solución a este problema se han realizado numerosos estudios en las diferentes especies cítricas, empleando fundamentalmente reguladores de crecimiento (Franciosi y Ponce, 1970). Los mismos autores al estudiar la influencia del ácido giberélico sobre el amarre y desarrollo de frutos de naranjo 'Washington' navel, botones florales y frutos pequeños, asperjaron con 1, 10, 100 y 1 000 mg·L<sup>-1</sup> mostrándose mayor número de frutos cosechados en árboles asperjados con 100 y 1 000 mg·L<sup>-1</sup> de ácido giberélico. El incremento de frutos fue atribuido al balance favorable de sustancias promotoras, que contribuyó a una mayor movilización de nutrimentos hacia el fruto. No se encontraron diferencias significativas en el porcentaje de frutos cosechados cuando las aplicaciones de AG<sub>3</sub> se realizaron en estado de botón floral o fruto pequeño.

Coggins *et al.* (1960) al asperjar soluciones de giberelato de potasio a diferentes concentraciones, a plantas de naranjo dulce 'Valencia', observaron algunos efectos como: una fuerte defoliación, presencia de espinas grandes y en brotaciones posteriores al tratamiento las hojas se presentaron anormalmente angostas. Si bien se obtuvo un aumento en el número de frutos por árbol, el tamaño de éstos fue mucho menor, comparados con el testigo.

Randhawa *et al.* (1959) al aplicar tres reguladores del crecimiento (2,4 D; 2, 4, 5-D o ácido giberélico) a ramas de tres variedades de naranjo dulce

(*C. sinensis* Osbeck), encontraron que el ácido giberélico incrementó el amarre de frutos y redujo la “caída de junio” significativamente; esta caída corresponde al período en que la caída de frutos es más intensa.

Soost y Buenett (1961) al efectuar aplicaciones de ácido giberélico a ramas de la mandarina autoincompatible ‘Clementine’ (*C. reticulata* Blanco) en plena floración, encontraron un notable incremento en el amarre de frutos, efecto que fue atribuido a una acción directa del ácido giberélico y no a alguna influencia favorecedora de la autopolinización.

Krezdorn y Cohen (1962) al asperjar ácido giberélico a altas concentraciones ( $50 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ ) a brotes florales en tangelo ‘Orlando’ (*C. reticulata* x *C. paradisi*), encontraron que, si bien la producción fue grandemente aumentada, las plantas presentaron efectos adversos; defoliación, gran producción de frutos pequeños y cuarteado de frutos. Los daños se presentaron especialmente cuando las aplicaciones se hicieron durante plena floración.

Iwasaki *et al.* en 1962 (citados por Franciosi y Ponce, 1970) indican que las aspersiones de  $500 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$  de ácido giberélico a plantas de naranjo ‘Washington’ navel con frutos jóvenes, incrementaron grandemente el amarre de frutos, sobretodo cuando las aspersiones se hicieron durante el momento de la floración.



García-Martínez y García-Papí (1979) al realizar aspersiones de AG<sub>3</sub> a inflorescencias de mandarina 'Clementine' durante floración y 14 días posteriores a ésta, incrementaron el amarre y el peso de los frutos cosechados. Se observaron diferencias significativas entre aplicaciones a hojas, flores y flores con hojas. El AG<sub>3</sub> indujo el desarrollo de frutos partenocárpicos de mandarina 'Clementine'. Las aspersiones de AG<sub>3</sub> (5-200 mg·L<sup>-1</sup>) al árbol entero del cultivar Fino, incrementaron el número de frutos por árbol y disminuyeron el peso de los frutos.

Las aspersiones de AG<sub>3</sub> al árbol entero durante plena floración promovieron el amarre y la producción de frutos con poca semilla en cinco cultivares autoincompatibles; los frutos con poca semilla tenían mayor probabilidad de caer que los frutos con mucha semilla, provenientes de polinización cruzada. El tamaño de los frutos fue menor en relación a los frutos de árboles no asperjados. Árboles tratados con AG<sub>3</sub> produjeron pocas semillas por fruto y más frutos por árbol, lo que pudo haber causado menor tamaño del fruto, la mayor producción de éstos, fue promovida por el AG<sub>3</sub> (Krezdorn y Jernbenrg, 1977).

La producción de mandarina 'Topaz', que es una selección autoincompatible de 'Ortanique', fue incrementada sustancialmente con aspersiones de ácido giberélico a 20 mg·L<sup>-1</sup>, aplicado durante la época de floración (Pérez y Monselise, 1977).

El surfactante L-77 junto con una aplicación de  $1 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$  de  $\text{AG}_3$  incrementó significativamente el efecto fisiológico del  $\text{AG}_3$  en toronja 'March', tangelo 'Minneola' y tangerina 'Clementine' y demostró ser comercialmente efectivo en la prolongación de la temporada de cosecha en cítricos (Greenberg *et al.*, 1987).

Talon *et al.* (1992) al estudiar el contenido de las giberelinas endógenas en ovarios desarrollados y frutitos de mandarinas 'Satsuma' y 'Clementine', ambos cultivares con una baja habilidad de amarre de fruto, se encontró que fueron bajas, pero después de hacer aplicaciones de  $\text{AG}_3$  mejoró significativamente el amarre de fruto en mandarina 'Clementine', pero se tuvo un bajo efecto en 'Satsuma'. Estos resultados sugieren que el AG endógeno contenido en ovarios desarrollados es un factor limitante que controla el desarrollo pantenocárpico.

#### **2.4. Aplicación de Ácido Giberélico ( $\text{AG}_3$ ) más Anillado**

Diversos estudios han dejado de manifiesto que es posible reducir las concentraciones de  $\text{AG}_3$  hasta  $5 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ , con una eficacia similar, si el tratamiento se complementa con un anillado de ramas, lo que provoca además incrementos significativos de la cosecha en parcelas de elevada productividad (Agusti *et al.*, 1982). Es decir, cuando se aumenta la disponibilidad de fotoasimilados para el crecimiento del fruto, el efecto producido por concentraciones tan bajas como  $5 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ , es suficiente para asegurar el amarre del fruto; este efecto del anillado

no se debe al incremento que se produce en el nivel endógeno de giberelinas (Wallerstein *et al.*, 1973), como ha sido sugerido por Monselise (1979). Si fuera así, el efecto del anillado debería ser equivalente al obtenido con concentraciones mayores de ácido giberélico. Si bien ello es cierto en las parcelas poco productivas, en las que los árboles tratados con  $5\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$  y anillados presentan una cosecha similar a los árboles tratados con  $20\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ , en prácticas productivas el anillado no puede sustituirse por concentraciones mas elevadas de  $\text{AG}_3$  (Agusti *et al.*, 1982).

Goren *et al.* (1992) al estudiar el efecto de ácido giberélico ( $\text{AG}_3$ ) y anillado para incrementar la producción en tangerina 'Nova' y 'Niva' encontraron que la combinación de  $\text{AG}_3$  y anillado de ramas principales a mediados de floración incrementaron significativamente el amarre de fruto y por consiguiente la producción. Ellos concluyeron que el ácido giberélico ( $\text{AG}_3$ ) tiene efecto sinérgico con el anillado.

El-Otmani *et al.* (1992) al aplicar Fengib (5%  $\text{AG}_3$ ) de 5 a  $20\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$  foliarmente durante plena floración en mandarina 'Clementine', cultivar autoincompatible, mejoraron la producción a través de un incremento en el amarre de fruto.

## 2.5. Efecto del Anillado sobre el Contenido de Carbohidratos

El criterio de la acumulación de carbohidratos por arriba del anillado ha sido muy sostenido y bien soportado experimentalmente (Hartig, 1959; Mason y Maskell, 1928 y Baldwin, 1924; citados por Noel, 1970); sin embargo, la acumulación de azúcares por encima del anillado algunas veces puede no llevarse a cabo, esto es dependiendo de la época en que se realice. Noel (1970) encontró evidencias de que realizando el anillado después del flujo de primavera los carbohidratos no se acumularon arriba del anillado, debido a que son utilizados en la producción de nuevos crecimientos.

Mataa *et al.* (1998) encontraron que al anillar tempranamente la mandarina 'Ponkan', se incrementó el suministro de carbohidratos arriba del anillado.

Schaffer *et al.* (1985) al estudiar el efecto del anillado en el balance de carbohidratos en mandarinas 'Murcott' y 'Shamouti', reportan que generalmente el anillado incrementa el contenido de almidón en las hojas maduras y ramitas en ambos cultivares. Este incremento fue observado dos semanas después del anillado en 'Murcott', y cuatro y ocho semanas después del anillado en 'Shamouti'. En hojas maduras y ramitas de 'Shamouti' también se incrementó el contenido de azúcares solubles por causa de anillado mientras que las hojas nuevas de 'Shamouti' y 'Murcott' tuvieron un contenido alto de carbohidratos no estructurales.

Borrás *et al.* (1984) al estudiar los niveles de azúcares y almidón en hojas, frutos, corteza y raíces de naranjos 'Navelate' (baja producción) y 'Washington' Navel (producción estándar), encontraron que las hojas viejas tuvieron bajo contenido de azúcares en mayo, mientras que hojas jóvenes tuvieron una disminución en el contenido de carbohidratos en primavera-verano en ambos cultivares. 'Navelate' tuvo menor contenido de azúcares en hojas, corteza y raíces que 'Washington' Navel. Los niveles de almidón en hojas mostraron un máximo hacia finales de mayo. En invierno 'Navelate' tuvo un incremento en el contenido de almidón, principalmente en la raíz y corteza, debido a su baja producción.

Goldschmidt y Golomb (1982), al estudiar el balance en el contenido de carbohidratos de mandarina 'Wilking' (*Citrus reticulata* B.) que tiene una fuerte alternancia, observaron que la ausencia de frutos en los años improductivos "off" fue debido a la escasa formación de flores durante el año de cosecha alta anterior (años "on"), más que a un amarre pobre de flores. Similarmente, Smith (1976) detectó una reducción en el contenido de carbohidratos, causado por una cosecha alta en el año "on" y una elevación del contenido en los años "off".

Goldschmidt *et al.* (1985) demostraron que anillando en octubre ramas pequeñas o grandes de baja productividad de mandarina 'Murcott' se incrementó de dos a tres veces el contenido de almidón de hojas y el número de flores, al compararse con las ramas no anillados. Anillados en otoño y

tratamientos con AG<sub>3</sub> fueron ambos aditivos y efectivos en incrementar el contenido de almidón de hojas y ramitas de árboles de naranja 'Shamout'.

García-Luis *et al.* (1995) al estudiar el contenido de carbohidratos en hojas de mandarina 'Satsuma' (*Citrus unshiu* Marc.) reportaron que el efecto del anillado en la acumulación de carbohidratos en las hojas fue influenciado por el fruto. En relación a árboles con fruto, no se detectaron diferencias en los niveles de carbohidratos hasta cosecha. La remoción temprana de frutos causó un aumento inmediato en los niveles de azúcares no reductores; así como un incremento en la formación de flores y una rápida acumulación en el porcentaje de almidón en hojas de árboles anillados, comparado con los árboles testigo. Los anillados también cambiaron el tiempo y el curso de la acumulación de carbohidratos.

Sanz *et al.* (1987) al estudiar los cambios de carbohidratos en hojas de cítricos durante floración y amarre de fruto, encontraron que los carbohidratos metabolizables acumulados en las hojas viejas de la brotación principal de flores decreció a un porcentaje constante, principalmente a mediados de agosto, cuando la caída finalizó. El padrón reflejó que los cambios de los niveles de almidón en hojas; los azúcares solubles, etanol y sacarosa en hojas viejas quedaron equitativamente constantes durante el período del experimento.

La acumulación de carbohidratos en la copa del árbol implica un agotamiento de los mismos en el sistema radical. Al respecto, Schneider (1954)

al anillar árboles adultos y vigorosos de naranjos 'Valencia' y 'Washington' Navel injertados sobre naranjo agrio, encontraron que el período requerido para que las raíces agotaran sus reservas de almidón, fue durante un intervalo de seis semanas a seis meses, dependiendo de la época de anillado, siendo el menor tiempo de seis semanas, cuando el anillado se realizó en julio y el mayor tiempo fue de seis meses, cuando el anillado se realizó en octubre. El tiempo requerido para el deterioro del árbol y aparición de síntomas de amarillamiento y abscisión de hojas fue de tres a seis meses. En árboles anillados en primavera y verano el tiempo requerido fue de tres a seis meses, mientras que los árboles anillados en octubre requirieron de más de seis meses.

Lavon *et al.* (1995) al estudiar el contenido de carbohidratos en hojas de limón rugoso, en plantas con deficiencias de K, Mg y Ca, encontraron que el contenido de almidón fue bajo, mientras que el contenido de azúcares solubles fue alto, bajo deficiencias de K comparado con el control. Las deficiencias de Mg y Ca acumularon gran cantidad de almidón en hojas.

## **2.6. Calidad del Fruto por Efecto del Anillado**

Con frecuencia el agrandamiento del fruto es deseable especialmente cuando son recolectados al inicio de la temporada. Numerosos tratamientos han sido llevados con esta finalidad y uno de los principales tratamientos que han tenido efectos apreciables es la aspersión de reguladores y anillados. El



anillado en fresa aumenta el tamaño del fruto y en uva han mejorado el color (Noel, 1970).

Sin embargo, el efecto del anillado sobre la maduración y calidad del fruto en cítricos, ha resultado no ser consistente en su resultado. Cohen (1984 a y b) y Hochberg *et al.* (1977) reportan que el anillado en cítricos durante el mes de agosto reduce el tamaño del fruto; el anillado en primavera tiene un pequeño efecto en la disminución del tamaño de fruto, mientras que los anillados en verano incrementan el tamaño del fruto.

Hochberg *et al.* (1977) al anillar árboles de toronja durante el verano encontraron un incremento en la acidez titulable, una demora en la maduración del fruto y sin cambios en el total de sólidos solubles, mientras que Cohen (1984 a) no encontró efecto apreciable en la calidad interna, pero si un temprano inicio del color de fruto.

Peng y Rabe (1996) al estudiar el efecto del anillado en la calidad del fruto en árboles de satsuma 'Mihowase' injertado sobre patrones de citrange 'Troyer', observaron que el anillado practicado 2-4 semanas después de la caída fisiológica del fruto, indujo una mejora significativa en el color del fruto, niveles de sólidos solubles y relación de sólidos totales y acidez titulable.

## **2.7. Estado nutrimental de la planta**

El reconocimiento de la nutrición y crecimiento de las plantas de cítricos es fundamental para hacer una recomendación para una correcta fertilización. Si proporcionamos a los cítricos los elementos esenciales con una buena cantidad y en el momento adecuado, ellos son absorbidos, transportados y redistribuidos para emprender una función. Es interesante recordar que el hombre es alimentado por las plantas o plantas transformadas; las plantas son imprescindibles para la alimentación humana, y solamente alimentando a las plantas es posible alimentar al hombre (Vitti, 1992).

Son dieciséis los elementos considerados esenciales para el crecimiento de las plantas. De estos, once de ellos se han encontrado como deficientes en el cultivo de los cítricos.

A continuación se mencionan los elementos que pueden afectar el crecimiento y desarrollo de los cítricos.

### **2.7.1. Nitrógeno**

El nitrógeno es considerado de gran importancia en las plantas debido a que es un constituyente de proteínas, ácidos nucleicos y otras sustancias importantes. Sin embargo al parecer no posee ninguna función catalítica o electroquímica a pesar de estar estructuralmente implicado en la mayoría de las

moléculas catalíticas (Bidwell, 1993). Tiene una gran influencia en el crecimiento y rendimiento de las plantas (Wutscher y Smith, 1993).

Debido a que el nitrógeno tiene una gran importancia en el metabolismo de las plantas y en las sustancias antes mencionadas, es considerado como uno de los elementos que más influye sobre el crecimiento, floración y producción de los cítricos (Del Rivero, 1968).

El nitrógeno es el elemento esencial para el crecimiento y formación de partes vegetativas, para la producción y calidad de fruto, es parte de la constitución de muchas sustancias, tales como: aminoácidos, proteínas, clorofila, alcaloides, almidón y otros, debido a está involucrado en todos los procesos relacionados a protoplasma, reacciones enzimáticas y fotosíntesis. Los cítricos pueden absorber el nitrógeno en formas iónicas como  $\text{NO}_3^-$  y  $\text{NH}_4^+$ . La redistribución del nitrógeno en la planta ocurre a través del xilema y floema y de manera muy rápida (Koo ; citado por Vitti, 1992); y su deficiencia en cítricos está asociada con un detenimiento en el desarrollo de las hojas, amarillamiento y con una consecuente disminución en la producción .

Kato (1986) al estudiar la translocación de amonio marcado  $^{15}\text{N}$  en naranjo 'Washington' navel en tres tratamientos de anillado normal, con interrupción del xilema y el testigo, transcurridos 32 días posteriores al inicio de los tratamientos, encontró 0.04, 0.001 y 0.06 de  $^{15}\text{N}$  en las hojas, con lo que

infiere que el nitrógeno se transloca en su mayoría por xilema, razón por la cual el anillado no afecta el movimiento de éste elemento en la planta.

### **2.7.2. Fósforo**

El fósforo es parte esencial de muchos glucofosfatos que participan en la fotosíntesis, la respiración y otros procesos metabólicos; también forma parte de nucleótidos (como RNA y DNA) y de fosfolípidos presentes en las membranas. De igual manera es esencial en el metabolismo energético, debido a su presencia en las moléculas de ATP, ADN, AMP y pirofosfato (PPI) (Salisbury y Ross, 1994).

La absorción del fósforo es fuertemente influenciada por la concentración de  $Mg^{2+}$  en el medio (efecto sinérgico). El transporte ocurre a través de xilema, principalmente como  $H_2PO_4$ , y también puede ocurrir como fósforo orgánico (carbohidratos-esteres, nucleótidos y fosforil-colina). Se precipita por el xilema en forma de  $H_2PO_4$  influenciado por el pH, de su propia concentración y altas concentraciones de Ca, Cu, Fe y Zn. En el floema la redistribución es rápida y en forma de fosforil-colina (Vitti, 1992).

Smith (1966) indica que un exceso de fósforo induce con frecuencia las deficiencias de otros elementos en especial la de Mg.

Legaz y Primo (1990) mencionan que las hojas de los árboles de cítricos con deficiencias de P, inicialmente se tornan de un color bronceado mate y aparecen necrosis en las puntas y márgenes de éstas, y caen.

Borroto y Borroto (1991) mencionan que la deficiencia de este elemento no es común en cítricos, pero en el caso de presentarse, los primeros síntomas aparecen en los frutos, los cuales muestran el corazón o eje central abierto, corteza más gruesa, caída de frutos en casos severos, disminución en el contenido de jugo y un sabor más ácido.

### **2.7.3. Potasio**

El potasio es un activador de muchas enzimas que son esenciales en la fotosíntesis y la respiración, además de que activa enzimas necesarias para formar almidón y proteínas (Bhandal y Malik; citados por Salisbury y Ross, 1994). Este elemento también es tan abundante que contribuye de manera importante al potencial osmótico de las células y por lo tanto a su turgencia (Salisbury y Ross, 1994).

Pratt (1983) menciona que en cítricos una deficiencia grave, reduce el crecimiento y tamaño de las hojas, así como el crecimiento de brotes nuevos puede debilitarse hasta el grado de que éstos se quiebran y se caen. En Florida los árboles que no disponen de suficiente potasio producen frutos de tamaño reducido y con una cáscara delgada, de textura tersa. Por consiguiente los

síntomas de deficiencia en cítricos se manifiestan por una reducción en el vigor vegetativo y las hojas se enrollan y arrugan, apareciendo zonas amarillentas difusas en las bandas transversales, pudiendo llegar a formarse manchas de goma. Legaz y Primo (1990) mencionan que la aparición de brotes nuevos hace más evidente esta sintomatología en las hojas viejas, esto debido a que el potasio emigra hacia los órganos nuevos.

El potasio es absorbido por la raíz y es conducido a la parte aérea por el xilema y también por el floema y su redistribución es muy fácil. A pesar de que no ha tenido una función estructural en la planta, la demanda es muy grande comparable únicamente con la del nitrógeno (Vitti, 1992).

El anillado en plantas de naranjo agrio de un año de edad causó una disminución en los niveles de N, P, K en toda la planta (Wallerstein *et al.*, 1978a). Mientras que Fur *et al.* 1945 (citados por Noel, 1970) indican que en plantas de naranjo se presentó una reducción temporal de N, la cuál continuó hasta que el puente de callo se formó; atribuyéndose esto probablemente al agotamiento de carbohidratos en la raíz y a la acumulación de componentes de nitrógeno abajo del anillado. Así mismo Curti (1989) reportó que en naranjo 'Valencia' se presentó un amarillamiento en las hojas, lo cual lo atribuye a una deficiencia de nitrógeno. García-Martínez y García-Papi (1979) reportaron que al aplicar  $AG_3$  en árboles de mandarina 'Clementine' sin semilla, el contenido total de N, P y K en hojas disminuyó en comparación con el testigo. Estas

diferencias fueron detectadas doce días después de la aplicación para N, 7 días para P y 5 días para K.

#### **2.7.4. Calcio.**

Existen factores externos e internos que influyen en la absorción del  $\text{Ca}^{2+}$  considerando los de mayor importancia: el contenido de agua, pH, aireación del suelo, temperatura, concentración de  $\text{Ca}^{2+}$  y otros elementos. Mientras que los internos son pared celular, respiración, fotosíntesis, transpiración, efecto de la especificidad del ión, selectividad, competencia y concentración interna del iones (Bangerth, 1974).

Barber y Ozanne (1970) mencionan que el movimiento del  $\text{Ca}^{2+}$  a la raíz parece depender más del flujo de masas que de la elongación e intercepción radical. Una vez que alcanza la superficie de la raíz se mueve a través de la corteza radical, por difusión o probablemente por el intercambio de iones en el espacio libre; los iones de  $\text{Ca}^{2+}$  deben pasar a través de la endodermis antes de entrar a la estela y a los vasos cribosos del xilema.

El Ca es de los elementos esenciales el mas inmóvil, es uno de los principales componentes de la pared celular, particularmente de la sustancia cementante, Ca-pectato. Es esencial en la división y elongación celular y no es redistribuido a tejidos jóvenes. Las deficiencias de calcio en cítricos no es muy conocida (Du Plessis, 1992).



Rodríguez en 1991 (citado por Vitti, 1992) menciona que los cítricos contienen altas concentraciones de calcio, principalmente en partes leñosas (40%) y en hojas (34% del total de la planta). De 70% a 80% del Ca de la planta es insoluble en agua, contrariamente al K; se encuentra en formas de oxalato de calcio, pectato de calcio. Es un elemento de gran importancia en el desarrollo de las raíces, en el funcionamiento de la membrana celular y en la activación de enzimas como amilasas y fosfatasas (Vitti, 1992).

#### **2.7.5. Magnesio.**

Es un macronutriente esencial que se encuentra involucrado en los procesos de oxidación y reducción en el transporte de electrones en el sistema fotosintético. Es esencial en el fotosistema II para la fotólisis, actúa como un enlace para el ATP y activa la AIA oxidasa (Jones *et al.*, 1991). Además de formar parte de la molécula de clorofila, el Mg actúa como un cofactor en casi todas las enzimas involucradas en los procesos de fosforilación de gran importancia en el metabolismo (Marschner, 1986).

Incrementa la absorción y el transporte dentro de la planta y tiene efecto sinérgico con el Zn y Mn, ya que favorece la acumulación de éstos en las hojas, mientras que la relación con el cobre, es inversa (Smith, 1966; citado por Vitti, 1992). El Mg se desplaza a través del floema, de hojas mas antiguas a las más jóvenes, y después a los órganos de almacenamiento. Cuando se encuentra en

forma soluble puede ser cargado por las células transportadoras del floema (Salisbury y Ross, 1994).

La deficiencia de éste elemento en cítricos es fácilmente distinguible de otra por la cuña verde característica que aparece en la base de las hojas parcialmente amarilla y por el hecho de que el síntoma se presenta sólo en las hojas maduras y por lo general en las ramas de los árboles que han fructificado generosamente (Reitz citado por Pratt, 1983).

#### **2.7.6. Boro**

El boro es un elemento esencial para plantas vasculares, existen evidencias que señalan una participación especial del boro en la síntesis de ácidos nucleícos, tan esencial es para la división celular en los meristemos apicales como en la elongación de los tubos polínicos (Salisbury y Ross, 1994).

Du Plessis (1988; citado por Du Plessis, 1992) menciona que el desarrollo de las células está influenciado por el boro mediante el control del transporte de azúcares y la formación de polisacaridos también puede ser necesario en la formación de la pared celular y en el metabolismo de componentes pécticos. El boro es relativamente inmóvil en la planta.

El B al igual que el Ca presenta transporte unidireccional en el xilema, y una relativa inmovilidad en el floema. El efecto principal de éste elemento en los

cítricos se manifiesta en el tamaño y calidad del fruto, por la relación que existe del boro con el funcionamiento y formación de la pared celular, división celular, germinación del grano de polen, crecimiento del tubo polínico y transporte de carbohidratos (Vitti, 1992).

Los síntomas foliares son la deformación de hojas, entrenudos cortos, muerte de ápice y brotes, aparición de yemas múltiples y corchosas; además aparecen derrames de goma en brotes tiernos. Los frutos son duros, deformes, pequeños con bolsa de goma, con decoloraciones parduscas en el flabedo y con cáscaras costrosas. Presentan descomposición de la cáscara y abscisión de frutos jóvenes que afectan el rendimiento; pero en deficiencias severas se presentan bolsas de gomas en el interior de los gajos y al centro del fruto; los frutos permanecen pequeños, se parten y caen antes de alcanzar la madurez (Chapman, 1968).

#### **2.7.7. Cobre**

El cobre se encuentra presente en diversas enzimas implicadas en los procesos de oxidación y reducción. Dos ejemplos notables son la citocromo-oxidaza, una enzima respiratoria que se halla en las mitocondrias, y la plastocianina, una proteína de los cloroplastos (Salisbury y Ross, 1994). Es también un componente importante del sistema transportador de electrones de la fotosíntesis, y puede estar involucrado en la reducción de nitritos (Bidwell, 1979).

El cobre está presente en el xilema, principalmente como un complejo tipo (anión-Cu) con carga residual negativa que puede ser debido a la alta afinidad del elemento con el nitrógeno del grupo amino de los aminoácidos (Malavolta, 1980; citado por Vitti, 1992). Su función a nivel molecular, está relacionada con las enzimas que contienen Cu o son activadas por Cu (oxidadas), síntesis de proteínas y metabolismo de carbohidratos (Vitti, 1992).

En cítricos los síntomas en el fruto se presentan como porciones oscuras castaño rojizas pegajosas, superficiales de forma irregular entre otros. Varían de tamaño, desde muy pequeñas manchas hasta numerosas porciones de gran tamaño que a veces se unen, cubriendo la mayor parte de la superficie del fruto; otros síntomas que presentan los frutos son gomosidades en la cáscara y alrededor de la semilla y el agrietamiento del fruto, también los frutos con esta deficiencia presentan escasa cantidad de jugo y acidez. Uno de los síntomas más evidentes para identificar deficiencias de cobre son los bolsillos gomosos en los nudos de las ramas y las excreciones de color castaño que aparecen en frutos, ramas y hojas (Reitz; citado por Pratt, 1983).

#### **2.7.8. Fierro**

La función más conocida del Fe en la planta es en el sistema enzimático que incluye la catalasa, peroxidasa, así como en los citocromos; participa en la síntesis de la clorofila (Mengel y Kirkby, 1978); el Fe actúa bajo la forma de ferredoxina como componente de una proteína férrica (Noemí-proteína) la cual

participa en los procesos de oxidación y reducción en la transferencia de electrones; el Fe interviene también en la reducción del nitrito, de sulfatos y en la asimilación del nitrógeno (Meyer *et al.*, 1973).

Las plantas deficientes en Fe se caracterizan por desarrollar una clorosis intervenal pronunciada y se presenta primero en hojas jóvenes. La clorosis intervenal con frecuencia es seguida por clorosis de las venas, por lo que la hoja entera adquiere un color amarillo (Salisbury y Ross, 1994).

El Fe en plantas de cítricos es altamente inmóvil por lo tanto los primeros síntomas de deficiencia se muestran como un amarillamiento en las hojas jóvenes (Du Plessis, 1992). La calidad del fruto al parecer no es afectada, generalmente los frutos dañados por éste desorden son pequeños y tienden a ser lisos. El total de sólidos solubles es reducido, pero la acidez se incrementa un poco. Las naranjas próximas a madurez pueden ser poco coloreadas (Chapman, 1968).

#### **2.7.9. Manganese**

El Mn es esencial en la respiración y fotosíntesis, tiene una función estructural en el sistema de membranas del cloroplasto, tiene una participación importante en la disociación fotosintética de la molécula del agua; el ión  $Mn^{2+}$  también activa numerosas enzimas (Slisbury y Ross, 1994).

En plántas y hojas jóvenes de cítricos, el Mn es bastante inmóvil. Su deficiencia se manifiesta como un color verde pálido en las áreas intervenales secundarias (Du Plessis, 1988; citado por Du Plessis, 1992), generalmente mas pronunciada en las hojas con menor exposición al sol (Praloran, 1977).

#### **2. 7.10. Zinc**

El Zinc es un elemento que se encuentra fuertemente unido a muchas enzimas y además es un activador obligado de numerosas e importantes enzimas en las que se incluyen las deshidrogenasas, ácido glutámico, alcohol, pirimidin nucleótidos y anhidrasas (Bidwell, 1979). Participa en la síntesis del ácido indolacetico (AIA), a través de su colaboración en la síntesis de triptofano, el cuál es precursor del las auxinas (AIA) (Vitti, 1992). El zinc participa en la estabilidad de los ribosomas citoplasmáticos lo cuál lo hace esencial para el crecimiento y desarrollo normal de las plantas (Du Plessis, 1992).

Los síntomas de deficiencia se manifiestan como un atrofiamiento y una pronunciada reducción del tamaño de la hoja, así como una clorosis intervenal que produce la hoja moteada, dando como resultado una apariencia de arrosetamiento en cítricos (Bidwell, 1979). En deficiencias agudas el tamaño de los frutos disminuye, pueden ser deformes y con menor contenido de vitamina C (Chapman, 1968).

## 2.8. Balance Hormonal

El control hormonal del amarre y desarrollo de fruto es un proceso complejo, en el que se hallan envueltos diversos promotores e inhibidores. Su balance no es constante y progresivamente se inclinan a favor de los inhibidores en etapas próximas a maduración (Agusti y Almela, 1992).

Goren *et al.* (1971) al estudiar los cambios estacionales en el contenido de auxinas naturales, así como de giberelinas e inhibidores en hojas y corteza de árboles de naranjo 'Shamouti' (*C. Sinensis* (L) Osbeck) en relación al anillado, indican que anillando el tronco del árbol en marzo se promueve la acumulación de reguladores del crecimiento en la corteza cercano al anillado y en las hojas, y cuando el anillado se realizó en agosto se observó que hubo principalmente una acumulación de giberelinas por encima del anillado durante las primeras tres semanas posteriores. Así mismo, Wallerstein *et al.* (1973) señalan que el anillado incrementa la actividad de sustancias similares a las giberelinas en el follaje durante las primeras 24 horas, y que hay un efecto opuesto en el contenido de giberelinas entre los brotes y la raíz. También mencionan que el efecto del anillado en cosecha puede ser particularmente explicado por la acumulación de giberelinas en la parte aérea y por la interferencia con su producción y/o translocación a la raíz.



## 2.9. Técnica de Kenworthy.

Kenworthy (1961) desarrolló un sistema de diagnóstico e interpretación del estado nutrimental de las hojas de un huerto, que se basa en valores estándar obtenidos por el análisis de los elementos de un gran número de muestras de hojas colectadas en huertos normales productivos. El valor estándar es definido como la media de la concentración de un nutrimento en el tejido particular muestreado en un estado fisiológico definido de una población de árboles que muestran un desarrollo deseado (Kenworthy, 1973).

Para hacer un diagnóstico con este enfoque, los valores de composición de la hoja se expresan como porcentajes de los valores estándar y que después se ajustan de acuerdo a la composición mineral de la planta, mediante el coeficiente de variación (Kenworthy, 1967).

Una vez establecidos los valores estándares y el coeficiente de variación se pueden calcular los índices de balance (B) mediante el procedimiento siguiente:

- a) Si el valor de la muestra problema (X) es menor que el valor estándar , entonces:

$$P = (X/S) \times 100$$

$$I = (100 - P) (V/100)$$

$$B = P + I$$

b) Si el valor de la muestra problema (X) es mayor que el valor estándar, entonces:

$$P = (X/S) \times 100$$

$$I = (P - 100) (V/100)$$

$$B = P - I$$

Donde:

X = Concentración del nutrimento de la muestra problema.

S = Valor estándar.

V = Coeficiente de variación.

P = Porcentaje de estándar.

I = Influencia de variación.

B = Índice de balance.

Una vez obtenidos los índices de balance y representarlas en cartas de balance, se puede observar que el valor óptimo es 100% con intervalo denominado **normal** que va de 83 a 117%. A ambos lados del central se ubica

uno llamado **abajo del normal** que varía del 49 a 83% y otro nombrado **arriba del normal** en un rango de 117 a-151%, finalmente en los extremos se ubican un intervalo que va de 15 a 49% conocido como de escasez y en el otro extremo el intervalos de **exceso** que varía de 151 a 185%. Bajo éste enfoque el coeficiente de variación de un elemento estándar no debe ser superior al 40%, es decir que la población de dónde se están generando los estándares debe ser lo más homogéneo posible, contra los cuales se compara el índice de balance de cada nutrimento permitiendo así diagnosticar el estado nutrimental del cultivo (Kenworthy, 1967).

Sumner y Boswel (1981) indican que con este enfoque los elementos se pueden listar de acuerdo a su orden de requerimiento y que se considera el balance nutrimental. Pero señala que la desventaja del método es que la interpretación es afectada por el tipo de hoja y su posición en la planta.

### **III. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1. Localización**

El presente trabajo se llevó a cabo en una huerta comercial de tangerina 'Mónica', ubicada en el ejido Agua Nacida, del municipio de Álamo, Veracruz; localizada hacia el norte de la entidad, entre los paralelos 20° 47' y 21° 10' de latitud norte y entre los meridianos 97° 35' y 97° 45' de longitud oeste, a una altitud promedio de 88 m.

#### **3.2. Clima**

De acuerdo con la clasificación climática de Köppen modificada por García (1973), la zona a estudiar presenta un clima AW''(e), cuyo significado es el siguiente: clima cálido, donde la temperatura media anual es de entre 22° y 26°C y la del mes más frío es mayor de 18°C.

W'' Subhúmedo con lluvias en verano, con una temporada corta menos húmeda en el mismo, con época seca en invierno y un cociente de precipitación sobre temperatura entre 43.2 y 55.3°C.

(e) Con una oscilación anual de las temperaturas medias mensuales entre 7° y 14°C.

La temperatura media anual es de 24°C, con una precipitación total anual de 1124 mm, de los cuales la mayor parte se distribuye de junio a octubre.

En el Cuadro 1 se presentan los datos de los elementos del clima, tomados de la estación meteorológica más próxima (Tuxpan, Ver) al área de estudio.

CUADRO 1. Datos tomados de la estación metereológica más próxima (Tuxpan, Ver.) al área bajo estudio (1993).

| MES        | PRECIPITACIÓN<br>PLUVIAL (mm) | EVAPORACIÓN<br>(mm) | TEMPERATURA<br>(°C) |
|------------|-------------------------------|---------------------|---------------------|
| ENERO      | 29.30                         | 75.52               | 18.32               |
| FEBRERO    | 45.63                         | 81.79               | 18.81               |
| MARZO      | 28.37                         | 101.07              | 22.02               |
| ABRIL      | 65.93                         | 122.28              | 25.01               |
| MAYO       | 70.31                         | 127.19              | 27.49               |
| JUNIO      | 102.41                        | 125.87              | 26.70               |
| JULIO      | 234.42                        | 116.95              | 27.11               |
| AGOSTO     | 146.22                        | 116.43              | 27.60               |
| SEPTIEMBRE | 240.50                        | 98.88               | 26.40               |
| OCTUBRE    | 85.40                         | 111.07              | 25.45               |
| NOVIEMBRE  | 45.91                         | 94.89               | 23.45               |
| DICIEMBRE  | 28.81                         | 90.93               | 20.66               |
| TOTAL      | 1123.21                       | 1262.87             | PROMEDIO 24.08      |

### **3. 3. Material Vegetal Utilizado**

Para realizar el experimento, se utilizaron 56 árboles de tangerina 'Mónica' de 12 años de edad, injertados sobre portainjertos provenientes de semilla criolla (*Citrus aurantium*), establecidos en un sistema de plantación a tresbolillo y a una distancia de 7 x 7 m.

#### **3. 3.1. Características del material vegetal**

Los árboles del cv. Mónica son muy vigorosos y su hábito de crecimiento es vertical, con follaje denso de color verde intenso; los frutos se producen en los brotes terminales y con altas producciones de fruta se puede ocasionar la ruptura de ramas, lo cual es un problema. Presenta dos floraciones, la primera a inicios de primavera y la segunda dos meses después; en monocultivo presenta un bajo amarre de frutos. La forma del fruto es aplanada de los polos, con un diámetro promedio aproximado de 8 - 12 cm, con un color del albedo naranja intenso y algo rugoso; la corteza es gruesa y poco adherida, lo que la hace fácilmente desprendible, la pulpa también es de color naranja intenso, con un sabor agradable y aromático. El fruto madura, la mayoría de los años, durante los meses de enero a marzo. Tiene una excelente calidad como fruto fresco.

### 3. 4. Diseño experimental

El experimento se estableció bajo un diseño experimental factorial (fechas de anillado y aplicación y no aplicación de ácido giberélico) dispuesto en bloques al azar, debido a que el terreno presenta una ligera pendiente del 2% de norte a sur, haciendo un total de ocho tratamientos y siete repeticiones, siendo la unidad experimental un árbol (Figura 1).

#### 3. 4.1. Descripción de tratamientos

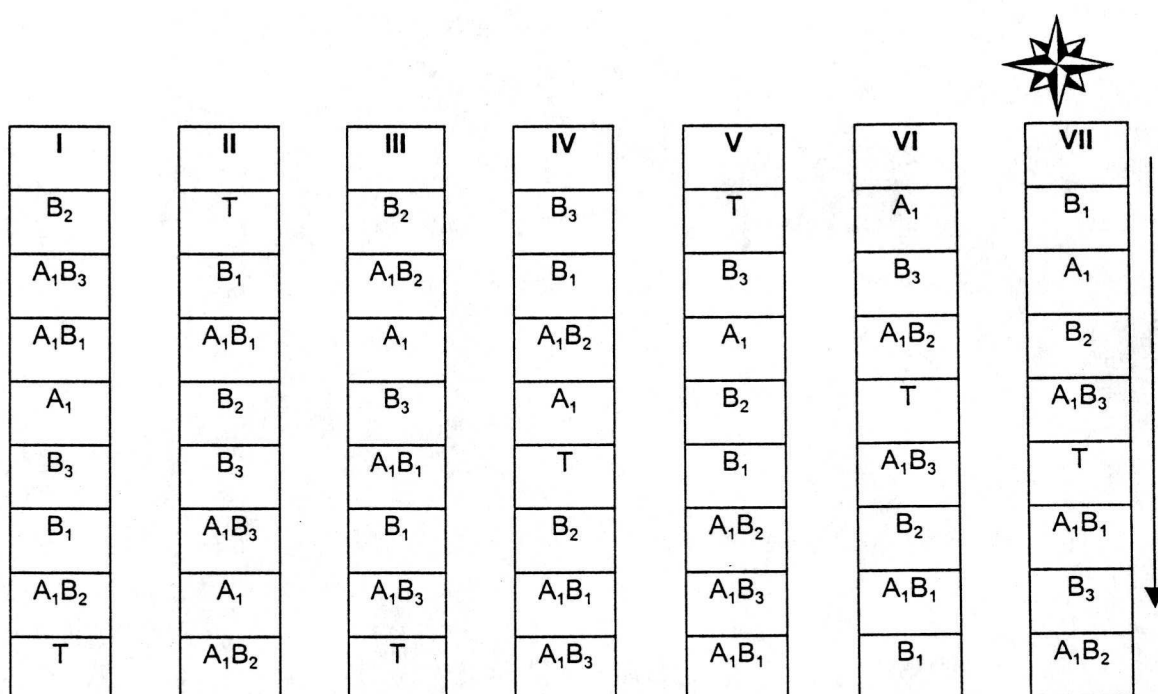


Figura 1. Distribución de los tratamientos de aplicaciones de ácido giberélico (AG<sub>3</sub>) a dosis de 20 mg·l<sup>-1</sup> y anillado al portainjerto con un cilindro completo de 7-8 mm de amplitud en tangerina 'Mónica': A<sub>1</sub>= Aplicación (AG<sub>3</sub>) 15 de marzo del 98; B<sub>1</sub>= anillado antes de floración (7 de febrero 98), B<sub>2</sub>= anillado al inicio de floración (22 de febrero de 98), B<sub>3</sub>= anillado durante plena floración (7 de marzo 98); A<sub>1</sub>B<sub>1</sub>= AG<sub>3</sub> + anillado antes de floración, A<sub>1</sub>B<sub>2</sub> = AG<sub>3</sub>+ inicio de floración, A<sub>1</sub>B<sub>3</sub> = AG<sub>3</sub>+ anillado plena floración.



### **3. 4.1.1. Anillado**

El anillado se realizó en el tallo del árbol, 5 a 7 cm abajo de la unión portainjerto – cultivar; la amplitud del anillado fue entre 7 y 8 mm, separándose con una navaja de injertar un cilindro completo, de tejido hacia afuera del xilema secundario; las fechas de anillado fueron 7 y 21 de febrero y 7 de marzo de 1998. La floración inició aproximadamente los últimos días de febrero. El anillado se hizo debajo de la unión del injerto en primer lugar por el problema de gomosis ya que ésta especie es muy susceptible y en segundo por la facilidad de ejecución del anillado, esto debido a que éste cultivar ramifica muy cercano a la unión del injerto.

### **3.4.1.2. Aplicación de ácido giberélico (AG<sub>3</sub>)**

La aplicación de AG<sub>3</sub> se realizó en el período de plena floración (15 de marzo) 20 mg·L<sup>-1</sup> en los tratamientos correspondientes, la fuente de AG<sub>3</sub> fue el “Activol” (10% de AG<sub>3</sub>); la aplicación se realizó antes de las 8 de la mañana con una bomba manual de mochila con capacidad para 18 L y el árbol se roció hasta punto de goteo. El gasto de solución por árbol fue de aproximadamente de 4.5 L.

### **3. 4.1.3. Anillado más aplicación de ácido giberélico (AG<sub>3</sub>)**

Los anillados se realizaron el 7, 21 de febrero y 7 de marzo de 1998 iniciando aproximadamente un mes antes de plena floración, combinándose con aplicaciones de AG<sub>3</sub> realizadas durante el período de plena floración (15 de marzo) en la misma dosis y forma que el segundo tratamiento (aplicación de AG<sub>3</sub>).

## **3.5. Variables evaluadas**

Las variables evaluadas fueron: número de frutos amarrados por árbol, producción, contenido de carbohidratos (azúcares solubles totales y reductores), nutrimentos en hojas (N, P, K, Ca, Mg, B, Cu, Fe, Mn, Zn) y calidad de frutos.

### **3.5.1. Frutos amarrados**

La evaluación se llevó a cabo cuando el fruto amarrado tenía aproximadamente 4 cm de diámetro ecuatorial, realizada del 10 al 20 de octubre de 1998. Se contó el número total de frutos por árbol.

### **3.5.2. Producción**

Para evaluar esta variable se colectaron al azar cinco frutos por árbol (tratando que la muestra fuera lo mas representativa posible), los cuáles fueron pesados en una balanza analítica y su peso se extrapoló con el número total de frutos para cada una de las repeticiones y posteriormente se calculó el promedio por tratamiento.

### **3.5.3. Determinación de carbohidratos**

Se determinaron azúcares solubles totales y azúcares reductores en hojas, con las siguientes características.

#### **3.5.3.1. Toma y manejo de las muestras**

Las muestras fueron tomadas por la mañana antes de las 8: 00 horas, de los cuatro puntos cardinales de la copa del árbol, se recolectaron 5 hojas maduras representativas por punto cardinal, haciendo un total de 20 hojas por unidad experimental (árbol), las cuales se depositaron en bolsas de plástico debidamente etiquetadas y se colocaron en una hielera portátil para su conservación durante el traslado al laboratorio. Estos muestreos se realizaron al inicio de la investigación, en las dos primeras fechas del anillado ( 7 y 22 de febrero y 15 de marzo del 98) y posterior al amarre de fruto (14 de marzo del 99). En el laboratorio se preparó la muestra de la siguiente manera: las hojas

muestreadas se trituraron. Se tomaron 5 g y se pusieron a hervir durante cinco minutos en etanol al 80% para la extracción de los azúcares y fijación de la acción enzimática; después de esto, las muestras se depositaron en frascos cerrados y se pusieron en refrigeración hasta la continuación del procesamiento.

### **3.5.3.2. Azúcares solubles totales**

Esta determinación se realizó por el método de antrona descrito por Witham *et al.* (1971), el cual consiste en usar el extracto alcohólico, obtenido de la forma ya descrita. Se tomó un ml el cuál se evaporó en baño maría y el residuo se recuperó en 20 ml de agua destilada; de esta solución se tomó un ml colocándolo en tubo de ensaye y se ajustó a un volumen de 3 ml con agua destilada; después a cada tubo se le agregaron, con bureta y en baño de agua fría (para bajar la temperatura de la reacción), 6 ml del reactivo de antrona (0.4 g de antrona Merck disuelta en 100 ml de ácido sulfúrico concentrado); posterior a esto los tubos se calentaron en baño maría (con el agua en ebullición) durante tres minutos, después los tubos se sumergieron en agua fría para bajar la temperatura y finalmente se procedió a leer la absorbencia a 600 nm en un espectrofotómetro Spectronic 20, Baush & Lomb.

### 3.5.3.3. Azúcares reductores

Esta determinación se realizó por el método colorimétrico de Nelson-Somogyi (Nelson, 1944; Somogyi 1952), manejando la muestra de la manera siguiente: del extracto alcohólico obtenido de la forma anteriormente descrita se tomó un ml, el cual se evaporó en baño maría. El residuo se recuperó en 15 ml de agua destilada y de ésta solución se tomó un ml el cuál se colocó en un tubo de ensaye; a éste se le agregó un ml de reactivo de cobre, obtenido por la combinación de dos soluciones (A y B) en una proporción 4: 1 (4 partes de la solución A y 1 de la solución B) (Apéndice 1A).

Posterior a esto, los tubos se calentaron en baño maría (55 °C) durante 10 minutos, después de lo cual se dejaron enfriar por uno a dos minutos y entonces se agregó a cada tubo un ml del reactivo de arsenomolibdato (Apéndice 1B). Posteriormente se agitaron los tubos en bortex, se dejaron reposar por 30 minutos y finalmente se tomó la lectura de absorbencia a 565 nm en un espectrofotómetro marca Spectronic 20, Baush & Lomb.

Cada una de las muestras se trabajó con tres repeticiones y la concentración de azúcares se estimó a partir de una curva patrón que contenía de 20 a 200 mg de glucosa mL<sup>-1</sup>.

#### **3.5.4. Determinación de nutrimentos en muestras foliares y suelo**

Se determinó el contenido de nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (k), calcio (Ca), magnesio (Mg), boro (B), cobre (Cu), fierro (Fe), manganeso (Mn) y zinc (Zn) en hojas. En suelo, además de éstos elementos, también se determinaron otros parámetros como pH, conductividad eléctrica (CE), materia orgánica (M.O.) y capacidad de intercambio cationico (CIC).

##### **3.5.4.1. Toma y manejo de las muestras**

Las muestras de hojas (5 de cada punto cardinal, 20 por árbol) fueron tomadas de la misma forma descrita anteriormente para la determinación de carbohidratos, y las muestras de suelo se tomaron de los primeros 30 cm, muestreando todo el terreno donde se instaló el experimento, haciendo tres muestras debidamente mezcladas.

##### **3.5.4.2. Análisis de las muestras de hojas**

La muestras foliares fueron analizadas de la manera siguiente: para N se usó el método de Semimicrokjedahl y el P, K, Ca, Mg, Fe, Cu, Mn, Zn, y B fueron determinados por digestión triácida ( $\text{HNO}_3$ ,  $\text{HClO}_4$  -  $\text{HSO}_4$ ) 10 y 3.5 ml, respectivamente). Las lecturas se hicieron en un espectrofotómetro de plasma acoplado ICP - AES modelo Liberty II Varian Secuencial.

### 3.5.4.3. Análisis de las muestras de suelos

- ✓ El pH se determinó con una relación suelo-agua de 1:2 y leído en potenciómetro.
- ✓ Conductividad eléctrica, se determinó mediante puente de conductividad Wheatstone en el extracto de la pasta.
- ✓ Materia orgánica, se determinó mediante el método de Walkley-Black.
- ✓ Capacidad de intercambio catiónico se determinó mediante cationes intercambiables acetato de amonio 1.0 N pH 7.0 de centrifugación-kjeltec-auto analyzer.
- ✓ Nitrógeno, se determinó mediante arrastre de vapor-semimicro kjedahl.
- ✓ Fósforo, se determinó por el método Olsen.
- ✓ Potasio fue extraído en acetato de amonio 1.0 N pH 7.0 relación 1:20 y determinado por espectrofotometría de emisión de flama.
- ✓ Calcio y Magnesio extraídos en acetato de amonio a 1.0 N pH 7.0 relación 1:20 y determinado por espectrofotometría de absorción atómica.
- ✓ Boro, cobre, fierro, manganeso y zinc fueron determinados por digestión triácida ( $\text{HNO}_3$ ,  $\text{HClO}_4$  -  $\text{HSO}_4$ ) 10 y 3.5 ml, respectivamente). Las lecturas se hicieron en un espectrofotómetro de plasma acoplado ICP - AES modelo Liberty II Varian Secuencial.



### **3.5.5. Calidad del fruto**

#### **3.5.5.1. Toma y manejo de muestra**

Se recolectaron cinco frutos por árbol, tomados completamente al azar de cada uno de los tratamientos, tratando de que la muestra fuera lo más representativa posible.

**Calidad de fruto.** Se analizaron parámetros de calidad del fruto como; sólidos solubles, tamaño y acidez, tomando una muestra de cinco frutos por árbol al momento de la cosecha.

**Tamaño de fruto.** Se evaluó en base al diámetro del fruto (ecuatorial y polar), medidos con vernier.

**Peso individual.** Se obtuvo el peso de cada fruto utilizando una balanza granataria.

**Sólidos solubles totales.** Se analizaron en base a °Brix, lo cual consistió en la toma de una gota homogeneizada que se colocó en un refractómetro previamente calibrado con agua destilada y se registró la lectura.

**Acidez titulable.** Mediante un extractor se obtuvo el jugo de la fruta para su titulación, el cual se filtró con un tamiz; del volumen filtrado se tomó una

alícuota de 10 ml. En un matríz Erlenmeyer de 150 ml se pusieron 5 gotas de fenoftaleína y se procedió a la titulación con NaOH al 0.1 N con agitación continua; el punto final de titulación fue cuando apareció y permaneció un color rosa. Se determinó usando el método de la (Association of Agricultural Chemist, 1980).

### **3. 5. 6. Análisis Estadístico.**

Los datos de las variables evaluadas se analizaron en el paquete computacional: Statistical Análisis System, se realizaron análisis de varianza, comparaciones de medias y correlaciones con  $\alpha = 0.05$  en las variables obtenidas en campo y laboratorio.

En lo que respecta a los datos del análisis de nutrimentos en hojas, éstos se analizaron mediante la técnica de Kenworthy utilizando estándares generados en varias regiones citrícolas de México (Maldonado y Vergara, 1993) y adaptándolo al sistema experto computacional CITRUS Y DIAGFOL (Corona *et al.*, 2000)

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4. 1. Número de frutos amarrado

Con respecto a esta variable se encontraron diferencias estadísticas significativas ( $P=0.05$ ) entre tratamientos al realizar el análisis de varianza (ANAVA). En el cuadro 2 se puede observar que la cantidad de frutos amarrados en los árboles de los tratamientos que fueron anillados en diferentes épocas son estadísticamente diferentes al compararlos con los no anillados (testigo y aplicación de AG<sub>3</sub>); éstos resultados pueden deberse a que se removi6 el floema de una porci6n del tallo por lo que hubo una barrera f6sica que impidi6 el paso de los carbohidratos y otras sustancias hacia las ra6ces, con lo que se provoc6 una redistribuci6n de ellos, los cuales tendieron a acumularse en la parte a6rea y 6sto pudo provocar un mayor amarre de fruto, debido a que aument6 el n6mero de flores y adem6s redujo la abscisi6n de fruto Cohen (1981), Noel (1970), Goren y Monselise (1971), Lewis y McCarty (1973), Goell y Cohen (1981), Krezdorn (1961), Agust6 *et al.* (1992), Rabe y Van (1996) y Mataa (1998). Al respecto Rosemberg y Gardiaz6bal (1991) se6alan que las flores de los 6rboles anillados tienen un mayor porcentaje de tubos pol6nicos desarrollados, que posteriormente penetran al 6vulo, lo cu6l les

permite suponer que el incremento en el contenido de carbohidratos que ocurre después del anillado es el factor responsable del incremento del desarrollo de tubos polínicos desarrollados en flores de ramas anilladas lo que provoca un mayor amarre de fruto. Cabe mencionar que Wallerstein *et al.* (1973) indican que la mayor concentración de carbohidratos en la parte aérea genera una mayor cantidad de giberelinas endógenas y ésto es lo que pude mejorar el amarre de fruto.

En este trabajo, al comparar las tres épocas de anillado, se mostró que la respuesta fue prácticamente la misma debido posiblemente a que no hubo una diferencia grande en los tiempos de realizar los anillados coincidiendo con Agusti *et al.* (1992) y Krezdorn (1961).

Con respecto a los árboles del tratamiento con aplicación de ácido giberélico (AG<sub>3</sub>) a una concentración de 20 mg·L<sup>-1</sup>, los resultados obtenidos no muestran diferencias estadísticas significativas al compararlos con el testigo, esto probablemente debido a que la concentración usada no fue suficiente para estimular el desarrollo de un mayor número de frutos partenocárpicos como es sugerido por Talón *et al.* (1992).

Cuadro 2. Efecto de anillado en diferentes épocas y aplicación de ácido giberélico (AG<sub>3</sub>) en el peso promedio de fruto en tangerina 'Mónica' en Álamo, Veracruz.

| Tratamiento                                            | No. de Fruto/<br>árbol   | Peso promedio<br>del fruto/ árbol (g) | Producción/<br>árbol<br>( Kg ) |
|--------------------------------------------------------|--------------------------|---------------------------------------|--------------------------------|
| Testigo                                                | 127.14    b <sup>z</sup> | 289.04    a                           | 43.41    b                     |
| Anillado<br>Antes de floración                         | 1007.20    a             | 195.90    b                           | 197.79    a                    |
| Anillado<br>Inicio de floración                        | 925.86    a              | 204.51    b                           | 185.88    a                    |
| Anillado<br>Plena floración                            | 1034.71    a             | 197.23    b                           | 203.35    a                    |
| Aplicación de AG <sub>3</sub><br>20 mg·l <sup>-1</sup> | 196.57    b              | 241.80    b                           | 67.60    b                     |
| Anillado + AG <sub>3</sub><br>Antes de floración       | 765.57    a              | 205.77    a                           | 145.03    a                    |
| Anillado + AG <sub>3</sub><br>Inicio de floración      | 1033.29    a             | 194.81    a                           | 192.48    a                    |
| Anillado + AG <sub>3</sub><br>Plena floración          | 1095.29    a             | 209.66    a                           | 243.51    a                    |

<sup>z</sup>Valores dentro de columnas seguidas por la misma letra son estadísticamente iguales de acuerdo a la prueba de medias de Tukey ( $P \leq 0.05$ ).

En relación a los árboles de los tratamientos de anillado en diferentes épocas más aplicación de (AG<sub>3</sub>) a 20 mg·L<sup>-1</sup> resultaron ser estadísticamente igual entre sí pero diferentes al testigo, siendo el mejor tratamiento los árboles de

los tratamientos anillados en plena floración + (AG<sub>3</sub>) a 20 mg·L<sup>-1</sup> incrementando la producción de 6 a 7 veces con respecto al testigo (Figura 2).

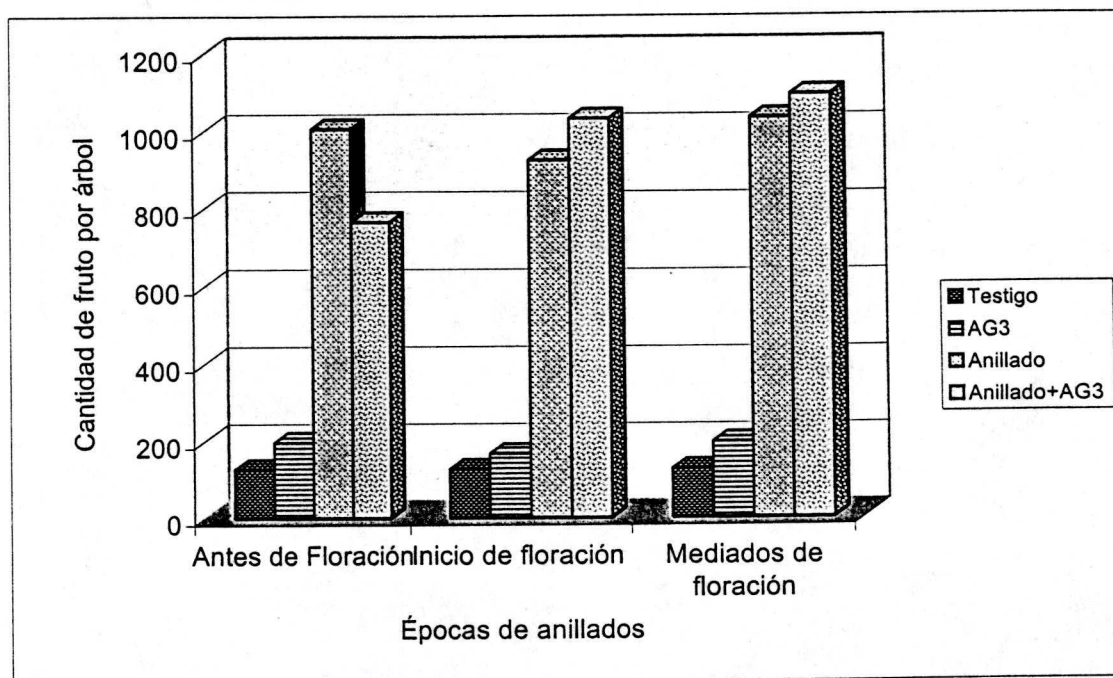


Figura 2. Efecto de anillado en diferentes épocas y aplicación de ácido giberélico en el numero de frutos amarrados en árboles de tangerina 'Mónica'

## 4.2. Producción

En el cuadro 2 se puede observar con respecto a ésta variable que las tendencias de los resultados fueron similares a los de frutos amarrados existiendo una correlación positiva de ( $r= 0.9152$ ), con una probabilidad del 5%, lo que indica que al aumentar el número de frutos amarrados incrementa la producción. También se puede observar que la producción por efecto del anillado se incrementó fuertemente llegando a ser hasta 6 a 7 veces mayor que

la producción del testigo. El aumento en producción de árboles anillados fue debido a un incremento en el número de frutos amarrados por árbol ya que en el testigo hubo una disminución visual de frutitos. Así mismo la concentración de carbohidratos y el buen contenido nutrimental de los árboles de acuerdo al análisis foliar (cuadros 7 y 9), durante la época posterior a plena floración, provocó un buen amarre y desarrollo de fruto, coincidiendo esto con los resultados obtenidos por Agusti *et al.* (1992), Agusti y Almela (1995) y Wright (1998).

#### **4.3. Efecto del anillado sobre el contenido de azúcares**

##### **4.3.1. Azúcares solubles totales**

Al analizar el comportamiento del contenido de azúcares solubles totales en las muestras foliares de tangerina 'Mónica', se observó (Cuadro 3) que en la fecha de muestreo al inicio de floración (22 de feb 98), no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos estudiados. Esto puede ser debido a que la mayoría de los árboles aún no tenían aplicados los tratamientos, sin embargo en la última evaluación de cosecha (marzo 99), tampoco se encontraron diferencias significativas, pero al comparar los datos de éstos dos muestreos se observa la gran diferencia que existe entre uno y otro, siendo más bajo el contenido de azúcares totales en hojas en los del muestreo de cosecha (marzo 99) (Cuadro 3), existiendo una correlación negativa de  $-0.7997$  lo cuál indica que a mayor número de frutos y/o producción menor es el



contenido de azúcares totales en hojas, esto debido probablemente a que los carbohidratos se movilizaron a los órganos demandantes (frutos) coincidiendo con los trabajos realizados por García-Luis *et al.* (1995) y Smith (1976).

Cuadro 3. Efecto del anillado en la concentración de azúcares solubles totales en hojas de tangerina 'Mónica' en Álamo, Veracruz.

| Tratamientos                                           | mg·g <sup>-1</sup> en peso fresco   |                       |
|--------------------------------------------------------|-------------------------------------|-----------------------|
|                                                        | Inicio de floración<br>(febrero 98) | Cosecha<br>(marzo 99) |
| Testigo                                                | 21.37 a <sup>z</sup>                | 14.48 a               |
| Anillado antes de floración                            | 24.11 a                             | 12.61 a               |
| Anillado al inicio de floración                        | 19.39 a                             | 12.94 a               |
| Anillado en plena floración                            | 20.55 a                             | 14.21 a               |
| Aplicación de AG <sub>3</sub> (20 mg·L <sup>-1</sup> ) | 21.74 a                             | 15.22 a               |
| Anillado + AG <sub>3</sub> antes de floración          | 19.96 a                             | 13.03 a               |
| Anillado + AG <sub>3</sub> al inicio de floración      | 20.42 a                             | 12.94 a               |
| Anillado + AG <sub>3</sub> en Plena floración          | 20.37 a                             | 12.32 a               |

<sup>z</sup>Valores dentro de columnas seguidas por la misma letra son estadísticamente iguales de acuerdo a la prueba de medias de Tukey ( $P \leq 0.05$ ).

En la Figura 3 se puede observar como se da la fluctuación de azúcares totales por efecto de anillado en los árboles de los tratamientos testigo y

anillados antes de floración en tangerina 'Mónica', en base a los diferentes fechas de muestreos y análisis de hojas (07 y 22 de feb, 15 de marzo del 98 y 17 de marzo 99) mismas que coinciden con las etapas fenológicas como son antes de floración, inicio de floración, plena floración y cosecha respectivamente. En árboles anillados antes de floración se puede notar un incremento en el contenido de azúcares totales en hojas, 15 días después del anillado y posteriormente cómo va disminuyendo por efecto de los órganos demandantes coincidiendo con Schaffer *et al.* (1985). Mientras que los árboles testigo la tendencia estuvo regida en base a la demanda que era menor que la de los tratamientos con anillado ya que la producción fue mayor que éstos.

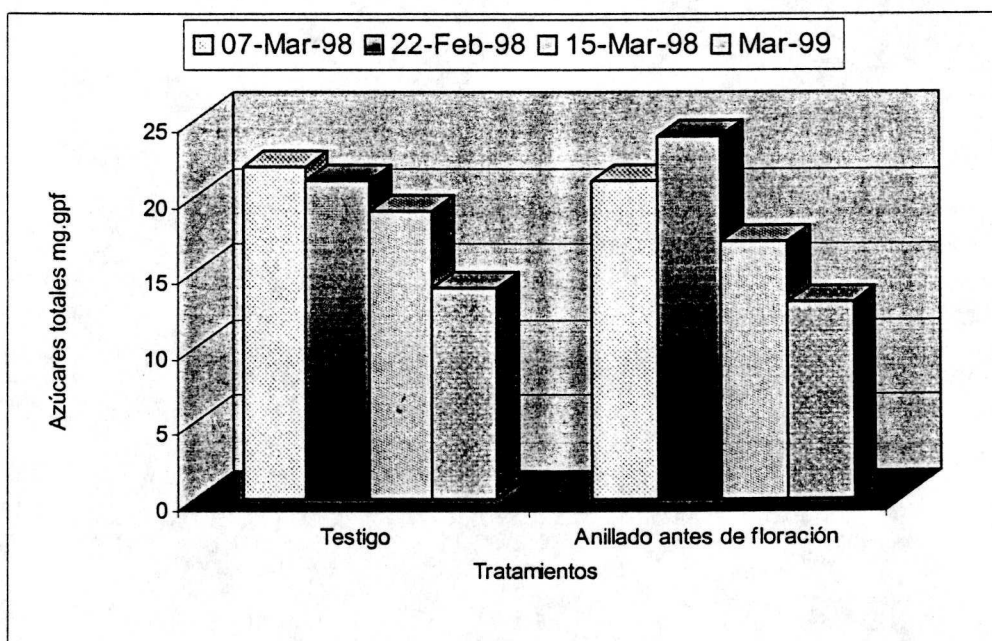


Figura 3. Fluctuación de azúcares totales por efecto de anillado en tangerina 'Mónica'.

#### **4.3.2. Azúcares reductores**

En el cuadro 4 se puede observar que el contenido de azúcares reductores en hojas de tangerina 'Mónica' al inicio de floración (22 de feb 98) no mostraron diferencias significativas estadísticamente, también se puede notar que revelaron tendencias similares a los azúcares solubles totales. Sin embargo al comparar los resultados de inicio de floración (22 de feb 98) contra los de cosecha (15 de marzo 99) se observó una disminución en el contenido de azúcares reductores, esto probablemente debido a que los azúcares reductores en el período de alta actividad metabólica las hojas son fuente y la mayor proporción de azúcares que se sintetizan en ellas son los de transporte (sacarosa y sorbitol) que se exportan a zonas de demanda (Moing *et al.*, 1992).

Cuadro 4. Efecto del anillado en la concentración de azúcares reductores en hojas de tangerina 'Mónica' en Álamo, Veracruz.

| Tratamientos                                           | mg·g <sup>-1</sup> en peso fresco |                |          |   |
|--------------------------------------------------------|-----------------------------------|----------------|----------|---|
|                                                        | Febrero 98                        |                | Marzo 99 |   |
| Testigo                                                | 8.45                              | a <sup>z</sup> | 2.86     | a |
| Anillado antes de floración                            | 8.77                              | a              | 2.79     | a |
| Anillado al inicio de floración                        | 8.50                              | a              | 2.58     | a |
| Anillado en plena floración                            | 7.84                              | a              | 2.55     | a |
| Aplicación de AG <sub>3</sub> (20 mg·L <sup>-1</sup> ) | 8.43                              | a              | 3.16     | a |
| Anillado + AG <sub>3</sub> antes de floración          | 6.25                              | a              | 3.14     | a |
| Anillado + AG <sub>3</sub> al inicio de floración      | 7.10                              | a              | 2.78     | a |
| Anillado + AG <sub>3</sub> en Plena floración          | 7.25                              | a              | 2.86     | a |

<sup>z</sup>Valores dentro de columnas seguidas por la misma letra son estadísticamente iguales de acuerdo a la prueba de medias de Tukey ( $P \leq 0.05$ ).

#### 4.4. Calidad de fruto

##### 4.4.1. Tamaño de fruto

En el cuadro 5 se presentan los resultados obtenidos en el tamaño del fruto de tangerina 'Mónica', encontrándose diferencias estadísticas significativas al 5% entre los árboles de los tratamientos que recibieron anillado y los no anillados (testigo y aplicación de  $AG_3$  20 mg·L<sup>-1</sup>). Con respecto a los árboles de los tratamientos que recibieron solamente anillado en las diferentes épocas, no se encontraron diferencias estadísticas entre ellos; así mismo, entre los árboles de los tratamientos que recibieron anillados en diferentes épocas más aplicación de ácido giberélico, se encontró que existe correlación ( $r$ ) de -0.6639 con un porcentaje del 5%, lo que indica que a medida que aumenta el número de frutos disminuye su tamaño, esto posiblemente debido a que aumenta la competencia por nutrientes y carbohidratos entre los frutos en desarrollo y sea la causa de la relación inversa encontrada entre número de frutos por árbol y su tamaño final, sin embargo esto apenas explica el 50% de la variabilidad encontrada (Agusti *et al.*; citado por Agusti y Almela 1995). Cuando el número de frutos por árbol es muy elevado, estos adquieren un mínimo tamaño, que para un amplio intervalo, no depende del número de frutos sino de la dotación genética del cultivar (Goldschmidt y Monselise, 1977). La implicación de los carbohidratos en los fenómenos de competencia parece obvia pero no ha podido ser confirmada convincentemente (Agusti y Almela 1995). Los

fenómenos de competencia nutricional no son los únicos ni los más importantes factores determinantes del tamaño final del fruto; la capacidad de crecimiento de éste se ha mostrado decisiva en el resultado final. La posibilidad de una competencia activa por auxinas endógenas durante los primeros estados de la fase lineal se ha manifestado como factor decisivo (El-Otmani *et al.*, 1993). Sin embargo el efecto de los anillados en cítricos no siempre tiene el mismo efecto, ya que depende de la época en que se realiza, se ha encontrado que el anillado en verano (principalmente durante junio y agosto) incrementa el tamaño de los frutos, mientras que el anillado a la mitad de floración reducen el tamaño del fruto (Cohen, 1984b y Hochberg *et al.*, 1977). En nuestros resultados se encontraron frutos más pequeños en los árboles anillados sobretodo porque éstos tuvieron 6 a 7 veces más producción se supone que por esta razón se dio competencia por carbohidratos, auxinas y giberelinas.

Cuadro 5. Efecto de anillado en diferentes épocas y aplicación de ácido giberélico (AG<sub>3</sub>) en la calidad del fruto.

| Tratamiento                                              | Tamaño<br>ecuatorial<br>(cm) | TSS <sup>¶</sup><br>(°Brix) | % Acidez | Relación<br>SST/<br>Acidez |
|----------------------------------------------------------|------------------------------|-----------------------------|----------|----------------------------|
| Testigo                                                  | 8.70 a <sup>z</sup>          | 10.73 a                     | 0.59 a   | 18.53 a                    |
| Anillado<br>Antes de floración                           | 7.66 b                       | 10.77 a                     | 0.61 a   | 17.75 a                    |
| Anillado<br>Inicio de floración                          | 7.75 b                       | 10.87 a                     | 0.62 a   | 17.64 a                    |
| Anillado<br>Plena floración                              | 7.71 b                       | 11.18 a                     | 0.61 a   | 17.74 a                    |
| Aplicación de AG <sub>3</sub><br>20 mg·l <sup>-1</sup>   | 8.53 a                       | 11.11 a                     | 0.63 a   | 17.83 a                    |
| Anillado + AG <sub>3</sub><br>Antes de floración         | 7.79 b                       | 10.83 a                     | 0.62 a   | 17.61 a                    |
| Anillado + AG <sub>3</sub><br>Plena floración            | 7.63 b                       | 11.07 a                     | 0.60 a   | 18.29 a                    |
| Anillado + AG <sub>3</sub><br>Iniciación de<br>floración | 7.87 b                       | 10.90 a                     | 0.61 a   | 18.0 a                     |

<sup>z</sup>Valores dentro de columnas seguidas por la misma letra son estadísticamente iguales de acuerdo a la prueba de medias de Tukey ( $P \leq 0.05$ ).

<sup>¶</sup> Sólidos solubles totales.



#### **4.4.2. Sólidos solubles totales**

Con respecto a ésta variable, se encontró que el efecto del anillado en el contenido de sólidos solubles totales (TSS) en fruto, resultó ser igual estadísticamente entre tratamientos (Cuadro 5), lo cuál indica que en éste trabajo el anillado en diferentes épocas y la aplicación de ácido giberélico, no afectó la calidad del fruto. Esto debido probablemente a que la cantidad de almidón y nutrimentos en el árbol fueron suficientes para que no existiera variación en ésta variable, coincidiendo con los trabajos realizados en cítricos por Goren y Monselise (1971), Cohen (1984a) y Krezdorn (1968); quienes tampoco se encontraron efecto apreciable en la calidad interna del fruto.

#### **4.4.3. Acidéz titlable**

Se puede observar que no existieron diferencias estadísticas significativas en la acidez titlable de frutos de tangerina 'Mónica' (Cuadro 5), lo que indica que probablemente el anillado y el ácido giberélico no influyen en el contenido de ácido cítrico. Esto puede ser debido a que los carbohidratos y nutrimentos disponibles por la planta son suficientes para que no disminuyan en su calidad los frutos. Con respecto a la relación TSS/acidez titlable nos indica que los frutos son dulces, y siguió el mismo comportamiento entre tratamientos que para acidez titlable (Cuadro 5) coincidiendo con los trabajos realizados en cítricos por Goren y Monselise (1971) y Cohen (1984). Sin embargo Hochberg

*et al.* (1977) demostraron que hay un incremento en acidez titulable (TA) en frutos de toronja, cuando se efectúan los anillados en verano.

#### **4.5. Interpretación del análisis de suelo**

En el cuadro 6 se muestran los resultados del análisis de suelo, su interpretación se da en base a las tablas de comparación de diferentes autores y de acuerdo al método de extracción usado en el laboratorio de Nutrición Vegetal del Colegio de Postgraduados.

Con relación al pH y de acuerdo a la clasificación de Latelier (1967) resultó ser moderadamente alcalino (Cuadro 6). Landon (1984) indicó que cuando el pH es alto, disminuye la disponibilidad de P y B, y pH mayores de 7 son responsables de que se incremente la deficiencia de Zn, Fe, Mn y Cu en las plantas. En los cuadros 7 y 9 se puede observar en el orden nutrimental que las plantas no tuvieron problemas con la disponibilidad de P, pero si se muestra que el Zn, Mn y Fe son de los elementos que requieren las plantas, posiblemente por el pH alcalino que presenta el suelo.

Cuadro 6. Resultados del análisis de suelo de la huerta de tangerina 'Mónica' dónde fue realizado el experimento, ubicada en Álamo Veracruz.

| Muestra  | PH   | C. E. | M. O % | NT % | P ppm | K Meq/100g | Ca Meq/100g | Mg Meq/100g | Meq/100g CIC | B ppm | Cu ppm | Fe ppm | Mn ppm | Zn ppm |
|----------|------|-------|--------|------|-------|------------|-------------|-------------|--------------|-------|--------|--------|--------|--------|
| 1        | 7.75 | 0.51  | 3.30   | 0.24 | 6.32  | 1.089      | 35.5        | 4.00        | 43.15        | 0.21  | 1.52   | 1.46   | 2.71   | 6.26   |
| 2        | 7.75 | 0.44  | 2.62   | 0.21 | 6.28  | 0.690      | 35.0        | 4.50        | 41.38        | 0.16  | 0.44   | 1.29   | 2.39   | 5.96   |
| 3        | 7.75 | 0.34  | 2.20   | 0.16 | 4.18  | 0.690      | 35.0        | 4.50        | 40.00        | 0.14  | 0.90   | 1.29   | 2.25   | 6.10   |
| promedio | 7.75 | 0.43  | 2.70   | 0.20 | 5.59  | 0.82       | 35.2        | 4.30        | 41.50        | 0.17  | 0.95   | 1.35   | 2.45   | 6.10   |

Conductividad eléctrica de acuerdo a los resultados (Cuadro 6) y en base a la clasificación de Richards (1962), significa que en general el suelo tiene poca alcalinidad.

El contenido de materia orgánica resultó ser moderadamente rico; el porcentaje de nitrógeno resultó ser extremadamente rico; el P fue mediano, de acuerdo a la clasificación extractable por Morgan; en base a la tabla de clasificación para cationes extractables con solución Morgan el K resultó ser extremadamente pobre, el Ca medianamente pobre y el Mg resultó ser mediano (Moreno, 1978). El boro extractado en agua caliente está en niveles bajos (adaptado de Reisenauer *et al.*, 1973); de acuerdo a la clasificación para Zn, Fe, Cu, y Mn extractable en DTPA (Viets y Lindsay, 1973) el Cu se encuentra marginal, el Fe se encuentra deficiente, el Mn adecuado y el Zn adecuado.

#### **4.6. Diagnóstico nutrimental mediante la técnica de Kenworthy del primer muestreo antes de floración (Febrero de 1998).**

Con respecto al primer muestreo y de acuerdo a la técnica de balance de Kenworthy, usando valores estándar generados para frutales cítricos en la región de Álamo, Veracruz (Maldonado y Vergara, 1993), se encontró en los árboles involucrados, que algunos elementos estaban en condiciones abajo del normal (Ca, Fe y Mn); normal (N, K, Mg y Cu); arriba de lo normal (P) y el zinc es el único nutrimento que presenta deficiencia (Cuadro 7). Estos resultados

coinciden con los reportados (1993) para la zona de Álamo por Maldonado y Vergara. Por otra parte el Boro se encuentra en condiciones de suficiencia, según la tabla comparativa de elementos de Faust (1989) para mandarinas y tangerinas.

Esto debido probablemente a que el primer muestreo se realizó antes de la aplicación de los tratamientos, haciendo mención que los árboles muestreados, en varios ciclos anteriores generalmente su producción fue escasa o nula.

De acuerdo a los índices de balance calculados para los valores de análisis foliar (Cuadro 7) el requerimiento nutrimental general de los árboles de tangerina 'Mónica' bajo experimento, en forma descendente es  $Zn > Ca > Mn > Fe > Mg > N > Cu > K > P$ . Esto es, que los elementos que aparecen al principio son los mas requeridos en los árboles mientras que los que son menos requeridos aparecen al final. El mayor requerimiento de metales, se puede deber al pH del suelo, que es alcalino (Cuadro 7).

Cuadro 7. Diagnóstico nutrimental mediante la técnica de Kenworthy en hojas de tangerina 'Mónica' (*Citrus sp.*). Muestreo realizado antes de floración (febrero de 1998) en el municipio de Álamo, Veracruz.

| TRAT |    | COMPOSICIÓN MINERAL |        |        |       |        |       |       |       |       | ORDEN                   |  |
|------|----|---------------------|--------|--------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------------------------|--|
|      |    | %                   |        |        |       |        | PPM   |       |       |       |                         |  |
|      |    | N                   | P      | K      | Ca    | Mg     | Fe    | Cu    | Mn    | Zn    |                         |  |
| 1    | CN | 2.04                | 0.21   | 1.83   | 2.38  | 0.35   | 39.33 | 8.60  | 13.80 | 12.83 | Zn>Ca>Mn>Fe>N>Cu>Mg>K>P |  |
|      | IB | 84.77               | 118.7  | 125.07 | 67.3  | 84.58  | 69.79 | 96.78 | 66.93 | 43.89 |                         |  |
|      | C  | N                   | AN     | AN     | BN    | N      | BN    | N     | BN    | DEF   |                         |  |
| 2    | CN | 2.30                | 0.28   | 1.72   | 2.89  | 0.46   | 56.37 | 9.10  | 12.60 | 14.8  | Zn>Mn>Ca>Fe>N>Cu>Mg>K>P |  |
|      | IB | 94.43               | 148.62 | 119.32 | 75.17 | 101.54 | 77.61 | 97.93 | 66.15 | 46.12 |                         |  |
|      | C  | N                   | AN     | AN     | BN    | N      | BN    | N     | BN    | DEF   |                         |  |
| 3    | CN | 2.00                | 0.25   | 1.83   | 2.04  | 0.45   | 44.20 | 8.33  | 14.5  | 14.00 | Zn>Ca>Mn>Fe>N>Cu>Mg>K>P |  |
|      | IB | 86.26               | 137.40 | 125.07 | 62.06 | 100.00 | 71.30 | 96.14 | 67.38 | 45.21 |                         |  |
|      | C  | N                   | AN     | AN     | BN    | N      | BN    | N     | BN    | DEF   |                         |  |
| 4    | CN | 2.28                | 0.20   | 1.32   | 2.64  | 0.98   | 45.00 | 7.50  | 14.17 | 14.50 | Zn>Mn>Ca>Fe>N>Cu>K>P>Mg |  |
|      | IB | 94.35               | 118.7  | 98.43  | 71.31 | 181.74 | 72.30 | 94.24 | 67.16 | 45.78 |                         |  |
|      | C  | N                   | AN     | N      | BN    | EXC    | BN    | N     | BN    | DEF   |                         |  |
| 5    | CN | 2.16                | 0.22   | 1.63   | 2.2   | 0.39   | 47.33 | 7.60  | 14.8  | 14.8  | Zn>Ca>Mn>Fe>Mg>N>Cu>K>P |  |
|      | IB | 89.95               | 126.18 | 114.62 | 64.53 | 90.75  | 73.47 | 94.48 | 67.57 | 46.12 |                         |  |
|      | C  | N                   | AN     | N      | BN    | N      | BN    | N     | BN    | DEF   |                         |  |
| 6    | CN | 2.18                | 0.22   | 1.79   | 2.51  | 0.38   | 47.50 | 8.60  | 13.37 | 14.50 | Zn>Mn>Ca>Fe>Mg>N>Cu>K>P |  |
|      | IB | 89.97               | 126.18 | 122.90 | 69.31 | 89.20  | 73.55 | 97.78 | 66.63 | 45.78 |                         |  |
|      | C  | N                   | AN     | AN     | BN    | N      | BN    | N     | BN    | DEF   |                         |  |
| 7    | CN | 1.83                | 0.21   | 1.54   | 1.88  | 0.39   | 44.17 | 7.83  | 12.17 | 12.83 | Zn>Ca>Mn>Fe>N>Mg>Cu>K>P |  |
|      | IB | 76.97               | 122.44 | 109.92 | 59.59 | 90.75  | 72.02 | 94.99 | 95.89 | 43.89 |                         |  |
|      | C  | BN                  | AN     | N      | BN    | N      | BN    | N     | BN    | DEF   |                         |  |
| 8    | CN | 2.08                | 0.20   | 1.72   | 2.07  | 0.41   | 46.60 | 7.17  | 13.5  | 14.00 | Zn>Ca>Mn>Fe>N>Cu>Mg>K>P |  |
|      | IB | 86.26               | 118.70 | 119.32 | 62.52 | 93.83  | 73.02 | 93.48 | 66.74 | 45.21 |                         |  |
|      | C  | N                   | AN     | AN     | BN    | N      | BN    | N     | BN    | DEF   |                         |  |

CN = Composición Nutrimental; IB = Índice de Balance de Kenworthy; C = Condición; ORD = Orden de requerimiento nutrimental.

Condición: DE = Deficiente BN = Debajo del Normal N = Normal AN = Arriba del Normal EXC = Exceso.

Tratamientos:

1 = Testigo

2 = Anillado antes de floración

3 = Inicio de floración

4 = Plena floración

5 = Aplicación de AG<sub>3</sub> 20 mg.L<sup>-1</sup>

6 = Anillado antes de floración + Aplicación de AG<sub>3</sub> 20 mg.L<sup>-1</sup>

7 = Inicio de floración + Aplicación de AG<sub>3</sub> 20 mg.L<sup>-1</sup>

8 = Plena floración + Aplicación de AG<sub>3</sub> 20 mg.L<sup>-1</sup>

#### **4. 6.1. Análisis estadístico nutrimental en hojas del primer muestreo antes de floración (feb 98).**

En los análisis de los datos obtenidos también se incluyó la comparación de medias estadísticas para lo referente al contenido nutrimental, debido a que la técnica Kenworthy sólo da una visión general acerca de los elementos que se encuentran deficientes, debajo de los normal, normales, arriba de lo normal y en exceso, y no es posible evaluar el efecto de los tratamientos sobre el contenido nutrimental en forma cuantitativa.

Los resultados obtenidos en el análisis estadístico y prueba de medias de Tukey al 5% del contenido nutrimental foliar de los elementos evaluados, muestran que no existen diferencias significativas estadísticas entre los diferentes tratamientos (Cuadro 8). Esto debido a que todavía no había efecto de los tratamientos, lo cual confirma la homogeneidad de los árboles del lote experimental al inicio del mismo.

Cuadro 8. Cantidad de nutrimentos en hojas de árboles de tangerina 'Mónica' antes de los tratamientos de anillado y aplicación de ácido giberélico en Álamo Veracruz, primer muestreo febrero de 1998.

| Tratamiento                                            | N<br>(%)            | P<br>(%) | K<br>(%) | Ca<br>(%) | Mg<br>(%) | Cu<br>(ppm) | Fe<br>(ppm) | B<br>(ppm) | Mn<br>(ppm) | Zn<br>(ppm) |
|--------------------------------------------------------|---------------------|----------|----------|-----------|-----------|-------------|-------------|------------|-------------|-------------|
| Testigo                                                | 2.04 a <sup>z</sup> | 0.21 a   | 1.83 a   | 2.38 a    | 0.35 a    | 8.60 a      | 39.33 a     | 60.0 a     | 13.80 a     | 12.83 a     |
| Anillado<br>Antes de floración                         | 2.30 a              | 0.28 a   | 1.72 a   | 2.89 a    | 0.46 a    | 9.10 a      | 56.37 a     | 58.20 a    | 12.60 a     | 14.80 a     |
| Anillado<br>Inicio de floración                        | 2.00 a              | 0.25 a   | 1.83 a   | 2.04 a    | 0.45 a    | 8.33 a      | 44.20 a     | 57.00 a    | 14.50 a     | 14.00 a     |
| Anillado<br>Plena floración                            | 2.28 a              | 0.20 a   | 1.32 a   | 2.64 a    | 0.98 a    | 7.50 a      | 45.00 a     | 48.20 a    | 14.17 a     | 14.50 a     |
| Aplicación de AG <sub>3</sub><br>20 mg·L <sup>-1</sup> | 2.16 a              | 0.22 a   | 1.63 a   | 2.20 a    | 0.39 a    | 7.60 a      | 47.33 a     | 51.20 a    | 14.80 a     | 14.80 a     |
| Anillado + AG <sub>3</sub><br>Antes de floración       | 2.18 a              | 0.22 a   | 1.79 a   | 2.51 a    | 0.38 a    | 8.60 a      | 47.50 a     | 57.00 a    | 13.37 a     | 14.50 a     |
| Anillado + AG <sub>3</sub><br>Plena floración          | 1.83 a              | 0.21 a   | 1.54 a   | 1.88 a    | 0.39 a    | 7.83 a      | 44.17 a     | 51.20 a    | 12.17 a     | 12.83 a     |
| Anillado + AG <sub>3</sub><br>Inicio de floración      | 2.08 a              | 0.20 a   | 1.72 a   | 2.07 a    | 0.41 a    | 7.12 a      | 46.60 a     | 53.20 a    | 13.50 a     | 14.00 a     |

<sup>z</sup>Valores dentro de columnas seguidas por la misma letra son estadísticamente iguales de acuerdo a la prueba de medias de Tukey ( $P \leq 0.05$ ).



#### **4. 7. Diagnostico nutrimental mediante la técnica de Kenworthy del segundo muestreo al final de cosecha (marzo 1999).**

Con relación a los resultados del análisis de nutrimentos del segundo muestreo y de acuerdo a la técnica de balance Kenworthy, se refleja que no existen deficiencias en los nutrimentos examinados de los árboles sometidos a diferentes tratamientos, ya que muestran que existen elementos abajo del normal (Ca, Mg, Fe y Mn); normal (N, K y Cu); arriba de lo normal (P) y el Zn es el único nutrimento que presenta deficiencia (Cuadro 9). Al comparar éstos resultados con los del primer muestreo, se observan resultados muy similares, a excepción del Mg y el K, que se encontraron al inicio en condiciones normales y pasaron a condiciones de deficiencia en el segundo muestreo, en el caso del Mg para los tratamientos 2, 4, 5, 6, 7 y 8 mientras que el testigo permaneció igual; y el K en los tratamientos 3, 5 y 8, pasó de normal en el primer muestreo a bajo de lo normal en el segundo muestreo (Cuadro 9) . Esto debido probablemente a que éste elemento fue el que mayor demanda tuvo por los frutos (Legaz y Primo, 1990).

Las diferencias entre el primer muestreo y el segundo muestreo de los nutrimentos Mg y K puede ser debido a que los árboles de estos tratamientos son los que mayor producción mostraron por efecto del anillado (Cuadro 9). El comportamiento del Mg coincide con lo indicado por Reitz (1983) quien menciona que la deficiencia de éste elemento en cítricos se presenta en hojas

maduras y por lo general en las ramas de los árboles que han fructificado generosamente, lo cuál puede ser debido a que éste elemento se transporta de las hojas mas viejas a las más jóvenes y después a los órganos de almacenamiento (Salisbury y Ross, 1994). También estos resultados sugieren que su deficiencia puede ser debido a la presencia de una alta concentración de P como se muestra en cuadro 9, tal y como lo indica Smith (1966).

La deficiencia de Zn puede ser debido al efecto sinérgico que presenta con respecto al Mg, mientras que su relación con el Cu es inversa, tal y como lo menciona Smith (citado por Vitti, 1992). Aunque también puede ser debido a la presencia de fósforo como se observa en el Cuadro 9 (Chapman, 1988).

Al basarse en los índices de balance calculados para los valores de análisis foliar (Cuadro 9) en forma general, el orden de requerimiento nutrimental es el siguiente: Zn> Mg> Mn> Fe> Ca> K> Cu> N> P presentados de menor a mayor. Se puede observar en lo general que en el segundo muestreo, el Mg, Mn y K se hacen mas necesarios.

#### **4.7.1. Análisis estadístico nutrimental en hojas del segundo muestreo (marzo 1999).**

Con respecto a la segunda fecha de muestreo foliar no se encontraron diferencias estadísticamente entre tratamientos (Cuadro 10), probablemente

debido a que la mayoría de los nutrimentos analizados se transportan por xilema (Kato, 1986; Vitti, 1992; Du Plessis, 1992) y fueron suficientes para mantener la producción en todos los árboles sometidos a tratamientos de anillado y aplicación de  $AG_3$ . Al comparar los resultados del primer muestreo con los del segundo se puede observar que la mayoría de los elementos tuvieron diferentes tendencias; el N, Ca, Fe, B, Mn, y Zn se incrementaron ligeramente en todos los tratamientos, mientras que el K, Mg, Cu, y P tendieron a disminuir. Esto probablemente debido a que el K, Mg, P y Cu son nutrimentos que son fácilmente translocados a los órganos demandantes, como ya se discutió anteriormente.

En cuanto a la tendencia numérica de las medias del primero contra el segundo muestreo, se puede observar una disminución del Mg y un incremento de Ca lo cual pudo ser debido al antagonismo que existe entre éstos (Serge y Raymond, 1979), por otro lado también pudo ser debido a que el Mg disminuyó por la edad fisiológica de la hoja esto debido a que éste elemento se transloca de hojas maduras a hojas jóvenes y posteriormente a órganos de almacenamiento contrariamente al comportamiento del Ca como lo menciona Salisbury y Ross (1994).

Cuadro 9. Diagnóstico nutrimental mediante la técnica de Kenworthy en hojas de tangerina 'Mónica'. Muestreo realizado el 17 de marzo 1999 en el municipio de Álamo, Veracruz.

| TRAT |    | COMPOSICIÓN MINERAL |        |       |       |       |       |       |       |       | ORDEN                   |
|------|----|---------------------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------------------------|
|      |    | %                   |        |       |       |       | PPM   |       |       |       |                         |
|      |    | N                   | P      | K     | Ca    | Mg    | Fe    | Cu    | Mn    | Zn    |                         |
| 1    | CN | 2.72                | 0.21   | 1.28  | 2.95  | 0.29  | 56.40 | 7.00  | 24.60 | 19.20 | Zn>Mg>Mn>Fe>Ca>K>Cu>N>P |
|      | IB | 110.18              | 123.19 | 96.30 | 76.16 | 74.71 | 77.64 | 93.09 | 73.84 | 51.09 |                         |
|      | C  | N                   | AN     | N     | BN    | BN    | BN    | N     | BN    | AN    |                         |
| 2    | CN | 2.47                | 0.21   | 0.99  | 3.21  | 0.21  | 51.20 | 6.00  | 15.60 | 16.60 | Zn>Mg>Mn>Ca>K>Cu>Fe>N>P |
|      | IB | 100.74              | 121.69 | 80.99 | 80.11 | 62.99 | 75.71 | 90.79 | 68.08 | 48.15 |                         |
|      | C  | N                   | AN     | BN    | BN    | BN    | BN    | N     | BN    | DEF   |                         |
| 3    | CN | 2.53                | 0.16   | 1.00  | 2.80  | 0.18  | 46.20 | 6.00  | 13.80 | 16.00 | Zn>Mg>Ca>Mn>Fe>K>Cu>P>N |
|      | IB | 103.12              | 102.90 | 81.51 | 73.78 | 58.67 | 72.95 | 90.79 | 66.93 | 47.47 |                         |
|      | C  | N                   | N      | BN    | BN    | BN    | BN    | N     | BN    | DEF   |                         |
| 4    | CN | 2.20                | 0.21   | 0.90  | 2.80  | 0.23  | 47.80 | 6.80  | 18.20 | 25.60 | Zn>Mg>Mn>Ca>K>Fe>N>Cu>P |
|      | IB | 90.72               | 118.7  | 76.50 | 73.78 | 66.07 | 74.23 | 92.63 | 69.74 | 58.52 |                         |
|      | C  | N                   | AN     | BN    | BN    | BN    | BN    | N     | BN    | BN    |                         |
| 5    | CN | 2.65                | 0.22   | 1.10  | 2.80  | 0.22  | 52.80 | 5.60  | 19.6  | 16.00 | Zn>Mg>Mn>Ca>K>Cu>N>P>Fe |
|      | IB | 107.43              | 126.18 | 86.94 | 73.78 | 64.53 | 75.72 | 89.87 | 70.64 | 47.47 |                         |
|      | C  | N                   | AN     | N     | BN    | BN    | BN    | N     | BN    | DEF   |                         |
| 6    | CN | 2.50                | 0.20   | 1.00  | 3.40  | 0.23  | 46.80 | 5.40  | 16.20 | 16.80 | Zn>Mg>Mn>Fe>Ca>Cu>K>N>P |
|      | IB | 101.86              | 118.70 | 86.94 | 83.04 | 66.07 | 73.23 | 89.41 | 68.46 | 48.38 |                         |
|      | C  | AN                  | AN     | N     | N     | BN    | BN    | N     | BN    | DEF   |                         |
| 7    | CN | 2.41                | 0.19   | 1.14  | 3.02  | 0.21  | 52.2  | 5.60  | 14.60 | 15.00 | Zn>Mg>Mn>Fe>Ca>K>Cu>N>P |
|      | IB | 98.51               | 116.46 | 89.03 | 77.11 | 62.37 | 75.71 | 89.87 | 67.44 | 46.34 |                         |
|      | C  | N                   | N      | N     | BN    | BN    | BN    | N     | BN    | DEF   |                         |
| 8    | CN | 2.58                | 0.20   | 1.01  | 3.45  | 0.21  | 48.30 | 6.00  | 15.20 | 20.60 | Zn>Mg>Mn>K>Fe>Ca>Cu>N>P |
|      | IB | 104.8               | 118.70 | 82.14 | 83.84 | 63.6  | 73.92 | 90.80 | 67.82 | 52.67 |                         |
|      | C  | N                   | AN     | BN    | BN    | BN    | BN    | N     | BN    | BN    |                         |

CN = Composición Nutrimental; IB = Índice de Balance de Kenworthy; C = Condición; ORD = Orden de requerimiento nutrimental.

Condición: DE = Deficiente BN = Debajo del Normal N = Normal AN = Arriba del Normal EXC = Exceso.

#### Tratamientos:

1 = Testigo

2 = Anillado antes de floración

3 = Inicio de floración

4 = Plena floración

5 = Aplicación de AG<sub>3</sub> 20 mg.L<sup>-1</sup>

6 = Anillado antes de floración + Aplicación de AG<sub>3</sub> 20 mg.L<sup>-1</sup>

7 = Inicio de floración + Aplicación de AG<sub>3</sub> 20 mg.L<sup>-1</sup>

8 = Plena floración + Aplicación de AG<sub>3</sub> 20 mg.L<sup>-1</sup>

Cuadro 10. Cantidad de nutrimentos en hojas de árboles de tangerina 'Mónica' con tratamientos de anillado y aplicación de ácido giberélico segundo muestreo cosecha (marzo 99).

| Tratamiento                                            | N<br>(%)            | P<br>(%) | K<br>(%) | Ca<br>(%) | Mg<br>(%) | Cu<br>(ppm) | Fe<br>(ppm) | B<br>(ppm) | Mn<br>(ppm) | Zn<br>(ppm) |
|--------------------------------------------------------|---------------------|----------|----------|-----------|-----------|-------------|-------------|------------|-------------|-------------|
| Testigo                                                | 2.72 a <sup>z</sup> | 0.21 a   | 1.28 a   | 2.95 a    | 0.29 a    | 7.00 a      | 56.40 a     | 59.40 a    | 24.60 a     | 19.20 a     |
| Anillado<br>Antes de floración                         | 2.47 a              | 0.21 a   | 0.99 a   | 3.21 a    | 0.21 a    | 6.00 a      | 51.20 a     | 52.00 a    | 15.60 a     | 16.60 a     |
| Anillado<br>Inicio de floración                        | 2.53 a              | 0.16 a   | 1.00 a   | 2.76 a    | 0.18 a    | 6.00 a      | 46.20 a     | 48.60 a    | 13.80 a     | 16.00 a     |
| Anillado<br>Plena floración                            | 2.20 a              | 0.21 a   | 0.87 a   | 2.80 a    | 0.23 a    | 6.80 a      | 47.80 a     | 56.20 a    | 18.20 a     | 25.60 a     |
| Aplicación de AG <sub>3</sub><br>20 mg·L <sup>-1</sup> | 2.65 a              | 0.22 a   | 1.01 a   | 2.83 a    | 0.22 a    | 5.60 a      | 52.80 a     | 52.00 a    | 19.60 a     | 16.00 a     |
| Anillado + AG <sub>3</sub><br>Antes de floración       | 2.50 a              | 0.20 a   | 1.00 a   | 3.44 a    | 0.23 a    | 5.40 a      | 46.80 a     | 59.00 a    | 16.20 a     | 16.80 a     |
| Anillado + AG <sub>3</sub><br>Inicio de floración      | 2.41 a              | 0.19 a   | 1.14 a   | 3.02 a    | 0.21 a    | 5.60 a      | 52.20 a     | 53.40 a    | 14.60 a     | 15.00 a     |
| Anillado + AG <sub>3</sub><br>Plena floración          | 2.58 a              | 0.20 a   | 1.01 a   | 3.45 a    | 0.21 a    | 6.00 a      | 48.30 a     | 55.60 a    | 15.20 a     | 20.60 a     |

<sup>z</sup> Valores dentro de columnas seguidas por la misma letra son estadísticamente iguales de acuerdo a la prueba de medias de Tukey ( $P \leq 0.05$ ).

## V. CONCLUSIONES

Con base en los resultados obtenidos en el presente trabajo se puede concluir lo siguiente.

Árboles de tangerina 'Mónica' anillados al tronco a mediados de floración incrementaron significativamente el número de frutos amarrados, y consecuentemente la producción.

Las aspersiones de ácido giberélico ( $AG_3$ )  $20\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$  en plena floración, no incremento significativamente el amarre de fruto en árboles de tangerina 'Mónica'.

La combinación de los tratamientos anillados y  $AG_3$  no tienen efecto sinérgico.

El anillado al tallo en árboles de tangerina 'Mónica' provoca acumulación de azúcares solubles totales y reductores en las hojas después de 15 días de efectuado.

Anillados en tangerina 'Mónica' durante plena floración reducen tamaño de fruto significativamente, mientras que en el contenido de sólidos solubles totales (SST), porcentaje de acidez (TA) y la relación SST/TA no manifestaron diferencias significativas.

Con respecto al contenido de nutrimentos (N, P, K, Ca, Mg, B, Cu, Fe, Mn y Zn) en hojas de tangerina 'Mónica', el anillado y aplicaciones de AG<sub>3</sub> durante plena floración, manifestaron ser estadísticamente igual.

En cuanto a las diferentes fechas de anillados estudiadas en árboles de tangerina 'Mónica', en el presente trabajo, no se encontraron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos.



## VI. LITERATURA CITADA

- Agusti, M., F. García-Martí and J. L. Guardiola. 1982. Gibberellic acid and fruit set in sweet orange. *Scientia Hort.* 17:257-264.
- Agusti, M., V. Almela. 1992. Aplicación de fitorreguladores en citricultura. Edit. AEDOS. España. 260 p.
- Agusti, M., V. Almela and J. Ponds. 1992. Effects of girdling on alternate bearing in citrus. *J. Hort. Sci.* 67(2): 203-210.
- Agusti, M., V. Almela and J. Ponds. 1995. Mejora de la calidad de fruto como objetivo prioritario de la citricultura española. *Revista Chapingo, Horticultura* 4: 21-27.
- Association of Official Agricultural Chemist. 1980. Tentative methods of analysis. Washington.
- Bangerth, F. 1974. Second discussion meeting on bitter pit in apples. *Acta Hortic.* 45: 43-52.
- Barber, S. A. and P. G. Ozanne. 1970. Autoradiographic evidence for the differential effect of four plants species in altering the calcium content of the rhizosphere soil. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 34: 635-637.
- Borrás, R., J. L. Tadeo and P. Millo. 1984. Seasonal carbohydrate changes in two sweet orange varieties of the navel group. *Scientia Hort.* 24: 143-149.
- Borroto, N. C. y A. Borroto de la Torre. 1991. *Citricultura Tropical*. Ediciones ENPES. Tomo I. La Habana, Cuba.
- Bidwell, R. G. S. 1979. *Fisiología vegetal*. AGT Editor. México, D. F. 784 p.
- Brosh, P. and S. P. Monselise. 1977. Increasing yields of 'Topez' mandarin by gibberellin and girdling in the presence of 'Minneola' pollinizers. *Scient. Hort.* 7: 369-372.



- Cohen, A. 1981. Recent developments in girdling of citrus trees. *Proc. Int. Soc. Citriculture*. pp. 196-199.
- Cohen, A. 1984a. Citrus fruit enlargement by means of summer girdling. *J. Hort. Sci.* 59(1): 119-125.
- Cohen, A. 1984b. Effect of girdling date on fruit size of Marsh seedless grapefruit. *J. Hort. Sci.* 59(4): 567-573.
- Coggins, C. W., H. Z. Hield, and M. J. Garber. 1960. The influence of potassium gibberellate on Valencia orange trees and fruit. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 76: 193-198.
- Corona, S. T., Almaguer V. Y R. M. Maldonado T. 2000. Sistema computarizado experto en diagnóstico nutrimental en Cítricos. Terra. En Prensa.
- Crane, J. C. 1965. Growth substances in fruit setting development. *Ann. Rev. Plant Physiology*. 15: 303-326.
- Curti-Díaz, S. A. 1991. Sistemas de producción de cítricos en la zona norte de Veracruz. Memorias sobre sistemas de producción en cítricos. Universidad Autónoma de Chapingo. PIISI.
- Chapman, H. D. 1968. The nutrition of citrus. *In*: Rehuther, W.; L. D. Batchelor and H. J. Weber (Editor). Citrus industry. Vol II. Anatomy, physiology, genetics and reproduction. University of California, División of Agricultural Sci., Berkeley.
- Del Rivero, M. J. 1968. Los estados de carencia de los agríos. Ediciones Mundi-Prensa Madrid, España.
- Du Plessis, S. F. 1992. Relationship between nutritional elements, yield and fruit quality of citrus tree. International Seminar on Citrus Physiology. Bebedouro, Sao Paulo, Brazil, august 10-13. pp. 139-158
- El-Otmani, M. C. Ben Ismail, A. Ait Oubahou and M. Achouri. 1992. Growth regulators use on Clementine mandarin to improve fruit set. *Proc. Int. Citriculture*. 1: 500-508.
- El-Otmani, M. C., M. Agustí, M. Aznar, V. Almela. 1993. Improving the size of 'Fortune' mandarin fruits by the auxin 2, 4-DP. *Sci. Hort.* 55: 283-290.
- Erner, Y. 1988. Effects of girdling on the differentiation of inflorescence types and fruit set in Shamouti orange trees. *Israel J. Bot.* 37: 173-180.
- Faust, M. 1989. Physiology of temperate zone fruit trees. John Wiley & Sons. New York. 338 p.

- Fernández-Escobar, R., R. Martin, P. López-Olivares and M. Paz Suárez. 1987. Girdling as a means of increasing fruit size and earliness in peach and nectarine cultivares. *J. Hort. Sci.* 62(4): 463-468.
- Franciosi, T. R. and M. A. Ponce. 1970. Influencia del ácido giberélico en el amarre y desarrollo de los frutos del naranjo Washington navel. *Pro. Trop. Reg. Amer. Hort. Sci.* 14: 101-117.
- Furr, J. R. and W. W. Armstrong. 1956. Flower introduction in grapefruit in the Coachella Vvallely, California. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 67: 176-182.
- García, M. E. 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köpen. Tercera edición. U. N. A. M. México. 252 p.
- García-Luis, A., F. Fornes and J. L. Guardiola, 1995. Leaf carbohydrates and flower formation in citrus. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 120 (2): 222-227.
- García-Martínez, J. L. and M. A. García-Papi. 1979. The influence of giberellic acid, 2,4-D dichlorophenoxy acetic acid and 6-benzilaminopurine on fruit-set of 'Clementine' mandarin. *Scientia Hort.* 10: 285-293.
- Goell, A. and A. Cohen. 1981. Combining irrigation regimes with girdling techniques in citrus trees. *Proc. Int. Soc. Citriculture* 2: 514-518.
- Goldschmidt, E., N. Aschkenazi, Y. Herzano, A. Schaffer and S. P. Monselise. 1985. A role for carbohydrate levels in the control of flowering in citrus. *Scientia Hort.* 26: 159-166.
- Goldschmidt, E. and A. Golomb. 1982. The carbohydrate balance of alternate-bearing citrus trees and the significance of reserves for flowering and fruiting. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 107(2): 206-208.
- Goldschmidt, E. and S. P. Monselise. 1977. Physiological assumptions toward the development of a citrus fruiting, model. *Proc. Int. Soc. Citriculture* 2: 668-672
- Goren, R., E. E. Goldschmidt and S. P. Monselise, 1971. Hormonal balance in bark and leaves of Shamouti orange trees (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck) in relation to ringing. *J. Hort. Sci.* 46: 443-451.
- Goren, R., M. Huberman, and J. Riov, 1992. Effects of girdling on the yield of 'Nova' (Clementine X 'Orlando' Tangelo) and 'Niva' ('Valencia' x 'Wilking'). *Proc. Int. Soc. Citriculture* 1: 493-499.
- Goren, R. and S. P. Monselise. 1971. Effects of ringing on yields of low-bearing orange trees (*Citrus sinensis*. (L.) Osbeck). *J. Hort. Sci.* 46: 435-441.

- Greenberg, J., S. P. Monselise and E. E. Goldschmidt. 1987. Improvement of gibberellin efficiency in prolonging the citrus harvest season by the surfactant L-77. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 112(4): 625-629.
- Guardiola, J. L. 1997. Amarre del fruto. Partenocarpia. pp 20-29. *In*. Memorias Primer Curso Nacional de Avances Citrícolas y Celebración del Día del Citricultor. 19, 20 y 21 de noviembre. Martínez de la Torre, Ver. Méx.
- Hochberg, R.; S. P. Monselise and J. Costo. 1977. Summer girdling and 2,4-D effects on grape fruit sizes. *HortScience* 12(3): 228.
- Jones, J. B, B. Wolf and H. A. Mills. 1991. *Plant Analysis Handbook*. A practical sampling, preparation, analysis and interpretation guide. Editorial Micro-Macro Publishing, Inc. USA.
- Kato, T. 1986. Nitrogen metabolism and utilization in citrus *In*. J. Janick (ed) *Horticultural Reviews* 8: 181-216.
- Kenworthy, A. L. 1961. Interpreting the balance of nutrient elements in leaves of fruit trees. *In*: Walter Rewther (ed). *Plant analysis and fertilizer problems*. Publicación No. 8. Am. Inst. of Biol. Sci. Washinton D. C. pp 381-393.
- Kenworthy, A. L. 1967. Plant analysis and interpretation of analysis for horticultural crops. *In*: M. Stelly (ed). *Soil testing and plant analysis*, special publicación No. 2. Madison, Wis., USA. pp. 59-75.
- Kenworthy, A. L. 1973. Leaf analysis as an aid in fertilizing orchard. *In*: Walsh, L. M. and Beaton, J. D. (eds). *Soil Testing and Plant Analysis*. Soil Sci. Soc. Amer. Madison Wi. USA. pp. 381-393.
- Kretdorn, A. H. 1961. Girdling to increase fruit set use it cautiously: *Citrus Industry*. 42(7): 20-21.
- Kretdorn, A. H. and M. Cohen. 1962. The influence of chemicals fruit set sprays on yield and quality of citrus. *Proc. Fla. State Hort. Soc.* 75:53-60.
- Kretdorn, A. H. and D. C. Jernberg. 1977. Field evaluation of growth regulators for fruit set. *Proc. Int. Soc. Citriculture* 2:660-663.
- Landon, J. R. 1984. *Booker tropical soil manual*. Booker Agriculture International Limited, Londres, Inglaterra.
- Lavon, R., E. Goldschmidt, R. Salomon and A. Frank. 1995. Effect of potassium, magnesium, and calcium deficiencies on carbohydrate pools and metabolism in *Citrus* leaves. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 120(1): 54-58.

- Legaz, P. F. Y M. E. Primo. 1990. Normas para la fertilización de los agrios. Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias. Dirección General de Innovación de Tecnología. Folleto de divulgación 5-88. 29 p.
- Leopold, A. C. 1964. Plant growth and development. McGraw-Hill, Inc. 466 p.
- Letelier, A. E. 1967. Manual de fertilización para Chile. Banco del Estado, Santiago, Chile.
- Lewis, L. N. and C. D. McCarty. 1973. Pruning and girdling of citrus. The Citrus Industry, Vol III (Reuther, W., Ed). University of California, Berkeley, USA, 211-229.
- Maldonado, T. R y Vergara S. M, 1993. Diagnóstico nutrimental de naranja (*Citrus cinensis* L. (Osbeck) en varias regiones cítricas de México. Memorias II. Sobre sistemas de producción de cítricos. Universidad Autónoma Chapingo, Programa interdepartamental de Investigación y Servicio en Citricultura (PIISCI) pp 111-121.
- Mataa. M., S. Tminaga, I. Kosaki. 1998. The effect of time of girdling on carbohydrate contents and fruiting in Ponkan mandarin (*Citrus reticulata* Blanco). Sci. Hort. 73: 203-211.
- Mata, B. I. y P. M. Manjarrez. 1976. Problemas de fructificación en mandarino cv. Santa Mónica en un área citrícola de Veracruz. Centro de Enseñanza, Experimentación e Investigación Frutícola de la CONAFRUT. Jalapa, Veracruz. 18p.
- Marschner, H. 1986. Mineral nutrition of higher plants. Academic Press. USA. pp. 411-420.
- Mengel, K., and E. A. Kirkby. 1978. Principles of plants nutrition. International Potash Institute Bern. Swizerland. Pp. 347-351.
- Meyer, B. S., D. B. Anderson, R. H. Bohning and D. G. Fratianne. 1973. Introduction to plant physiology (2ª Ed) D. Van Nostrand Company New York . pp. 314-315.
- Moing, A. F., F. Carbone, M. H. Rashad and J. P. Gaudillere. 1992. Carbon fluxes in mature Peach Leaves. Plant Physiol. 100: 1878-1884.
- Monselise, S. P. 1979. The use of growth regulators in citriculture; a review. Sci. Hort. 11: 151-162.
- Monselise, S. P., R. Goren and I. Wallerstein. 1972. Girdling effects on orange fruit set and young fruit abscission. HortScience 7(5): 514-515.

- Moreno, D. R. 1978. Clasificación del pH del suelo, contenido de sales y nutrimentos asimilables. INIA-SARH; México, DF.
- Nelson, N. 1944. A photometric adaptation of the Somogyi method for the determination of glucose. J. Biol. Chem. 153: 395-380.
- Noel, A. R. A. 1970. The girdled tree. Bot. Rev. 36(2):162-195.
- Peng, Y. H. and E. Rabe. 1996. Effect of summer trunk girdling on fruit quality, maturation, yield, fruit size and tree performance in 'Mihowase' satsumas. J. Hort. Sci. 71(4): 581-589.
- Pérez, B. and S. P. Monselise, 1977. Increasing yields of 'Topaz' mandarin by gibberellin and girdling in the presence of 'Minneola' pollinizers. Sci. Hort. 7: 369-372.
- Praloran J. C. 1977. Los Agrios. Primera edición. Editorial Blume. Barcelona, España. pp. 17- 99.
- Pratt, R. M. 1983. Guía de Florida sobre insectos y enfermedades y trastornos de la nutrición en los frutos cítricos. 4ª edición. Editorial Limusa. México. 199 p.
- Rabe, E. and P. J. Van Rensburg. 1996. Gibberellic acid sprays, girdling, flower thinning and potassium applications affect fruit splitting and yield in the 'Ellendale' tangor. J. Hort. Sci. 71(2): 195-203.
- Randhawa, G. S., J. P. Singh and H. S. Dhuria. 1959. Effect of GA<sub>3</sub>, 2,4-D acid and 2,4, 5-T acid on fruit set, drop, size and total yield of sweet oranges. The Indian J. Hort. Vol. 19(3-4): 83-91.
- Reitz, H. J. 1983. Deficiencia de Magnesio. pp. 47-48. *IN*. Guía de Florida sobre insectos y enfermedades y trastornos de la nutrición en los frutos cítricos. Pratt, M. R. 1983. 4ª edición. Editorial Limusa. México. 199 p.
- Richards, IL. A. 1962. Diagnóstico y rehabilitación de suelos sodicos. Traducción al español por N Sánchez D. *et al*. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas.
- Rosemberg, G. F. Gardizabal. 1991. Anillado y raleo. En. El cultivo del palto. Universidad católica de Valparaíso. Facultad de agronomía. Chile. pp. 149-155.
- SAGAR. 1998. Centro de estadística agropecuaria, datos básicos del sistema nacional de información agropecuaria, balance al primer trimestre del 1998. Editorial. Alianza para el campo.



- Salisbury, F. B. Y C. W. Ross. 1994. Fisiología vegetal. Grupo Editorial Interamericana. USA. pp. 142-143.
- Sanz, A., C. Monerri, J. Gonzalez-Ferrer and J. L. Guardiola. 1987. Changes in carbohydrates and mineral elements in Citrus leaves during flowering and fruit set. *Physiol. Plant.* 69: 93-98.
- Schaffer, A., E. Goldschmidt, R. Goren, and D. Galili, 1985. Fruit set and carbohydrate status in alternate nonalternate bearing *Citrus* cultivars. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 110(4): 574-578.
- Schneider, H. 1954. Effect of trunk girdling on phloem of trunk of sweet orange trees on sour orange rootstock. *Hilgardia* 22(16): 593-601.
- Smith, P. F. 1976. Collapse of 'Murcott' tangerine trees. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 101(1): 23-25.
- Smith, P. F. 1966a. Citrus nutrition. *In: Temperate and tropical fruit nutrition.* Childers, N. F. (Ed.) Rutgers University, New Jersey.
- Somogyi, M. 1952. Notes and sugar determination. *J. Biol. Chem.* 195:19-23.
- Soost, R. K. and R. K. Burnett. 1961. Effects of gibberellin on yields and fruit characteristics of Clementine mandarin. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 77: 194-201.
- Sumner, M. E. And F. C. Boswell. 1981. Alleviating nutrient stress. *In: Arking G. F. H. M. Taylor. Ed. Modifying the root environment to reduce crops stress.* Amer. Soc. Agr. Eng. Monograph 4.
- Talon M., L. Zacarias and E. Primo-Millo. 1992). Role of gibberellins in parthenocarpic development of seedless mandarins. *Proc. Int. Soc. Citriculture* 1: 485-488.
- Viets, F. G. and W. L. Lindsay. 1973. Testing soils for zinc, copper, magnese, and iron, pp. 153-172. *In: L. M. Walsh y J. D. Bealon (eds). Soil testing and plant analisis. Revised edition.* Soil Science Society of Aerica, Madison Wisconsin.
- Vitti, G. C. 1992. Nutrition and growth of citrus plants. *In. International Seminar on Citrus Physiology.* Bebedouro, Sao Paulo, Brazil, august 10-13. 139-158.
- Wallerstein, I., R. Goren. 1978a. Effect of ringing on root starvation in sour orange seedlings. *J. Hort. Sci.* 53: 109-113.

- Wallerstein, I., R. Goren and Monselise. 1978b. Rapid and slow traslocation of  $^{14}\text{C}$ -sucrose and  $^{14}\text{C}$ -assimilates in *Citrus* and *Phaseolus* with special reference to ringing effect. J. Hort. Sci. 53(3): 203-208.
- Wallerstein, I., R. Goren and S. P. Monselise. 1973. Seasonal changes in gibberellic-like substances in 'Shamouti' orange (*C. sinensis* Osb.) trees in relation to rining. J. Hort. Sci. 48: 75-82.
- Witham, F. H.; D. F. Blaydes, and R. M. Devlin. 1971. Experiments in plant physiology. Van Nostrand Reinhold Company. New York. USA. 245 p.
- Wright, G. C. 1998. Girdling lemons to improve fruit size and set in Southern Arizona. HortScience 33(3): 498.
- Wutscher, H. K. and P. F. Smith. 1993. Citrus. *In*: Nutrient deficiencies & toxicities in crop plants. W. F. Bennett (Editor). APS PRESS. St. Paul, Minnesota. USA.



## VII. APÉNDICES

Apéndice 1A. Preparación de los reactivos para la determinación de azúcares por el método colorimétrico de Nelson-Somogyi.

### 1. Reactivo de cobre

Solución A:

En 800 ml de agua destilada disolver poco a poco y uno por uno:

25 g de carbonato de sodio ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ )  
25 g de tartrato de sodio y potasio  
20 g de bicarbonato de sodio ( $\text{NaHCO}_3$ )  
200 g de sulfato de sodio anhidro ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ )

Llevar a un litro y filtrar si es necesario. Almacenar a 20°C.

Solución B:

Disolver 15 g de sulfato de cobre ( $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ) en 100 ml de agua destilada, agregar dos gotas de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  concentrado por cada 100 ml de solución.

### 2. Reactivo de Arsenomolibdato:

Disolver 25 g de molibdato de amonio [ $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ ] en 450 ml de agua destilada más 21 ml de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  concentrado.

Disolver por separado 3 g de arseniato de sodio ( $\text{NaHAsO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ) en 25 ml de agua destilada.

Mezclar los dos reactivos anteriores. Colocar el reactivo resultante en frasco color ámbar en una estufa a 37°C durante 24 horas (coloración amarilla, reactivo bueno; coloración verde, el reactivo no sirve)