



# **COLEGIO DE POSTGRADUADOS**

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

**CAMPUS MONTECILLO**

**POSTGRADO DE RECURSOS GENÉTICOS Y PRODUCTIVIDAD**

**FRUTICULTURA**

**PROHEDIONA DE CALCIO, NITROGENO Y RAYADO DE RAMAS EN  
EL CRECIMIENTO DE BROTES VEGETATIVOS Y FLORACIÓN DE  
OTOÑO DE LIMA PERSA**

**ALEJANDRO LOYO GARCIA**

**T E S I S**

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL**

**PARA OBTENER EL GRADO DE**

**MAESTRO EN CIENCIAS**

**MONTECILLO, TEXCOCO, EDO. DE MÉXICO**

**2010**

La presente tesis titulada: “**PROHEXADIONA DE CALCIO, NITROGENO Y RAYADO DE RAMAS EN EL CRECIMIENTO DE BROTES VEGETATIVOS Y FLORACIÓN DE OTOÑO DE LIMA PERSA**” realizada por el alumno **Alejandro Loyo García**, bajo la dirección del consejo particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

**MAESTRO EN CIENCIAS  
RECURSOS GENÉTICOS Y PRODUCTIVIDAD  
FRUTICULTURA**

**CONSEJO PARTICULAR**

**CONSEJERO:**



**Dr. Alfredo López Jiménez**

**ASESOR:**



**Dr. Ángel Villegas Monter**

**ASESOR:**



**Dr. Alejandro F. Barrientos Priego**

**Montecillo Texcoco, México, agosto de 2010**

## **AGRADECIMIENTOS**

Al Dr. Alfredo López Jiménez por su confianza, amistad y su valiosa colaboración en la dirección del trabajo.

Al Dr. Ángel Villegas Monter por sus enseñanzas, su disponibilidad y sugerencias en el trabajo de campo, así como sus comentarios en la revisión del artículo.

Al Dr. Alejandro F. Barrientos Priego por su confianza, sugerencias en la investigación.

Al M.C David Jaen Contreras por su colaboración en los análisis de laboratorio, su amistad y el apoyo que me brindó en todo momento.

Al Sr. Arturo López Veloz por su disposición y ayuda para el uso de material y equipo de laboratorio.

A los profesores de la Especialidad de Fruticultura por su amistad y enseñanzas.

Al personal administrativo de la Especialidad de Fruticultura por su disposición y amistad.

Al pueblo de México que a través del CONACYT me brindó el apoyo económico para realizar mis estudios.

A todas las personas que apoyaron la realización de mi maestría y que involuntariamente no mencioné.

## DEDICATORIA

A mis padres Donato Loyo Martínez y Melita García Cessa por darme la vida, cariño y apoyo en todo momento.

A mi hermano Enrique por su apoyo en todo momento.

Con mucho cariño para mi novia Hever Rincón Croda, por su amor, comprensión, apoyo y tolerancia en los momentos más difíciles.

A mis abuelos, tíos y primos, mis recuerdos con cariño.

A mi amigo José Vicente Retureta Hernández por su amistad, comprensión y apoyo moral.

A mis amigas Elisa del Carmen Martínez Ochoa y María Emma Morales Gutiérrez por su amistad y apoyo incondicional en todo momento.

## CONTENIDO

<b>LISTA DE FIGURAS.....</b>	<b>iv</b>
<b>LISTA DE CUADROS.....</b>	<b>v</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>vi</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>vii</b>
<b>I. INTRODUCCION GENERAL.....</b>	<b>1</b>
<b>II. REVISIÓN DE LITERATURA.....</b>	<b>3</b>
2.1 Floración de los Cítricos.....	3
2.2 Factores que promueven la Floración.....	4
2.2.1 Carbohidratos.....	4
2.2.2 Reguladores de crecimiento.....	5
2.2.3 Temperatura.....	5
2.2.4 Humedad del suelo.....	6
2.2.5 Carga de frutos.....	6
2.3 Practicas para Estimular Floración en Cítricos.....	7
2.3.1 Estrés hídrico.....	7
2.3.2 Anillado.....	8
2.3.3 Aplicación de reguladores de crecimiento.....	9
2.3.4 Fertilización al suelo.....	11
2.3.5 Fertilización foliar.....	11
2.3.5.1 Urea.....	12
2.3.5.2 Nitratos.....	12
2.3.6 Poda.....	13
<b>III. EXPERIMENTO 1.....</b>	<b>14</b>
3.1 Introducción.....	14

3.2	Objetivos.....	15
3.3	Hipótesis.....	15
<b>4.</b>	<b>MATERIALES Y METODOS.....</b>	<b>16</b>
4.1	Sitio Experimental.....	16
4.2	Material Vegetativo.....	16
4.3	Manejo del Huerto.....	16
4.4	Tratamientos.....	17
4.5	Diseño Experimental.....	18
4.6	Variables Evaluadas.....	18
4.6.1	Aumento en longitud de brotes.....	19
4.6.2	Número de entrenudos.....	19
4.6.3	Número de flores.....	20
4.6.4	Concentración de almidón en brotes.....	20
4.6.5	Concentración nutrimental en hojas.....	20
4.6.5.1	Nitrógeno.....	21
4.6.5.2	Fosforo.....	22
4.6.5.3	Potasio.....	22
4.6.5.4	Calcio.....	22
4.6.5.5	Magnesio.....	22
4.7	Análisis estadístico.....	23
<b>5.</b>	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>24</b>
5.1	Aumento en Longitud de Brotes.....	24
5.2	Número de Entrenudos.....	26
5.3	Número de Flores.....	27
5.4	Concentración de Almidón en Brotes.....	29

5.5 Concentración Nutricional en Hojas.....	31
<b>6. CONCLUSIONES.....</b>	<b>33</b>
<b>VII. EXPERIMENTO 2.....</b>	<b>34</b>
7.1 Introducción.....	34
7.2 Objetivos.....	35
7.3 Hipótesis.....	35
<b>8. MATERIALES Y METODOS.....</b>	<b>36</b>
8.1 Manejo del Huerto.....	36
8.2 Tratamientos.....	36
8.3 Diseño Experimental.....	37
8.4 Variables Evaluadas.....	38
8.4.1 Número de brotes.....	38
8.4.2 Iniciación floral.....	38
8.4.3 Número de flores.....	39
8.4.4 Amarre de fruto.....	39
8.5 Análisis Estadístico.....	39
<b>9. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>40</b>
9.1 Número de Brotes.....	40
9.2 Iniciación Floral.....	42
9.3 Número de Flores.....	46
9.4 Amarre de Fruto.....	48
<b>10. CONCLUSIONES.....</b>	<b>50</b>
<b>XI. LITERATURA CITADA.....</b>	<b>51</b>
<b>APÉNDICE.....</b>	<b>66</b>

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1. Aumento en longitud de brotes del 24 de septiembre y 19 de noviembre de 2007 por efecto de tratamientos. Barras con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, 0.05).....25
- Figura 2. Número de entrenudos del primer (agosto 2007) y segundo (enero 2008) flujo vegetativo de lima Persa por efecto de tratamientos, los valores son medias  $\pm$  error (n=10) estándar.....27
- Figura 3. Fenología de lima Persa en el periodo 2007-2008 en Cuitlahuac, Ver.
- Figura 4. Número de flores en 10 brotes de lima Persa por efecto de tratamientos, los valores son prueba de medias. Barras con la misma letra no son significativamente diferentes (Tukey, 0.05).....28
- Figura 5. Concentración de almidón en brotes de lima Persa en dos fechas de muestreo (24 de septiembre y 28 de diciembre de 2007).....29
- Figura 6. Número de brotes promovidos por la poda del 3 de julio y 13 de agosto del 2008 en Cuitlahuac, Ver.....30
- Figura 7. Meristemo vegetativo apical de brote de lima Persa del tratamiento 5 muestreado el 26 de diciembre de 2008 en Cuitlahuac, Ver.....41
- Figura 8. Meristemo vegetativo apical de lima Persa del tratamiento 2 muestreado el 10 de enero de 2009 en Cuitlahuac, Ver.....43
- Figura 9. Número de flores por efecto de la fecha de poda, de aplicación de Pro-Ca, de rayado de ramas y la interacción de los tres factores.....46
- Figura 10. Fenología de lima Persa (*Citrus latifolia* Tan.) / 'Volkameriana' (*Citrus volkameriana* Ten. & Pasq.) en el periodo 2008-2009 en Cuitlahuac, Ver.....47
- Figura 11. Porcentaje de frutos amarrados por tratamiento.....49

**LISTA DE CUADROS**

Cuadro 1. Tratamientos y fechas de aplicación a árboles de lima Persa en Cuitlahuac, Ver., 2007.....	17
Cuadro 2. Número y longitud de brotes evaluados en 10 brotes del flujo de agosto de lima Persa en enero de 2008.....	26
Cuadro 3. Concentración de N, P, K, Ca y Mg en hojas de lima Persa en dos fechas de muestreo (24 de septiembre y 28 de diciembre), en Cuitlahuac, Ver.....	32
Cuadro 4. Tratamientos y fechas de aplicación a árboles de lima Persa, en Cuitlahuac, Ver.....	36
Cuadro 5. Fase del meristemo apical de yemas terminales de lima Persa del muestreo del 26 de diciembre de 2008 y 10 de enero de 2009 en Cuitlahuac, Ver.....	45

## RESUMEN

En el estado de Veracruz, Méx. existen numerosas plantaciones de lima Persa injertado sobre limón Volkameriano (*Citrus volkameriana* Ten. y Pasq.) que es un portainjerto vigoroso, por ello, el crecimiento de los árboles se controla para aumentar su eficiencia, mejorar la producción y producir fruta en épocas de temporada baja para aprovechar los altos precios de venta en el mercado nacional. El objetivo del presente trabajo fue incrementar la floración en brotes de otoño en los meses de octubre y noviembre mediante la aplicación de podas, un retardante del crecimiento, fertilizaciones foliares nitrogenadas y rayado de ramas. El estudio se hizo en árboles de lima Persa de siete años de edad. Dos experimentos fueron realizados, en el primero, se aplicó en diferentes fechas de 2007 los tratamientos con prohexadiona de calcio ( $500 \text{ mg L}^{-1}$ ), urea ( $10 \text{ g L}^{-1}$ ), nitrato de calcio ( $10 \text{ g L}^{-1}$ ) y rayado de ramas. La floración no se adelantó con los tratamientos ya que se presentó a principios de diciembre, sin embargo se incrementó el número de flores en los 10 brotes muestreados por árbol siendo el mejor tratamiento la aplicación de prohexadiona de calcio combinado con urea aplicada el 15 y 30 de noviembre y rayado de ramas (18.6 flores). Por otro lado, prohexadiona de calcio inhibió el crecimiento en longitud del brote 54 % con dos aplicaciones y 62 % con tres aplicaciones respecto al testigo. El segundo experimento fue en 2008, con el objetivo de adelantar la fecha de floración en octubre y noviembre, se evaluó dos fechas de poda, y aplicación de prohexadiona de calcio ( $500 \text{ mg L}^{-1}$ ) y de rayado de ramas. Se presentó mayor número de brotes vegetativos con la poda realizada en agosto (30.2) que la de julio (24.6); la antesis en brotes de otoño evaluados fue el 17 de enero de 2009, no se identificó el momento de la iniciación floral, sin embargo se reportó aumento en el número de flores en 10 brotes (13) con los tratamientos de poda de julio combinado con prohexadiona de calcio y rayado de ramas.

## ABSTRACT

In the state of Veracruz, Mexico, there are many Persian lime budded on 'Volkamer' lemon (*Citrus volkameriana* Ten. y Pasq.) plantations that require their production to be controlled to increase efficiency, reduce costs and produce fruit out of season, so that producers can obtain higher selling prices in the national market. The aim of this study was to increase the autumn flowering shoots in the months of October and November by the application of pruning, growth retardants, foliar fertilization and girdling. The study was conducted in Persian lime trees seven years old, the research was divided into two experiments: the first was applied at different dates during 2007 prohexadione-calcium ( $500 \text{ mg L}^{-1}$ ) combined with urea ( $10 \text{ g L}^{-1}$ ), calcium nitrate ( $10 \text{ g L}^{-1}$ ), and girdling. Treatments did not reduce time to Flowering and it happened from the first week of December in the sprouts evaluated. However, the number of flowers increased and the best results were obtained with the treatments of two applications of prohexadione-calcium combined with urea applied on 15<sup>th</sup> and 30<sup>th</sup> of November and girdling (18.6 flowers) while the control produced 0.4 flowers only. Two applications of prohexadione-calcium reduced the sprout length in 54 % and three applications 62 % respectaly compared with the control. The second experiment was in 2008, with the objetive to advantace the flowering date was evaluated two times of pruning, foliar applications of prohexadione-calcium ( $500 \text{ mg L}^{-1}$ ) and girdling. The best time of pruning to generated more vegetative shoots was the August (30.2) than in July (24.6). Flowering was presented on 17<sup>th</sup> January of 2009, did not identify the time of floral initiation, but with the treatements of pruning in July combined with prohexadione-calcium and girdling reported increase in the number of flowers in 10 shoots (13).

## I. INTRODUCCIÓN GENERAL

La lima Persa o limón sin semilla, conocido en otros países con los nombres de limón Persa o Tahití es un frutal que se cultiva en México ocupando 58 mil hectáreas de superficie (SIAP-SAGARPA, 2008), donde crece, florece y fructifica la mayor parte del año. Sin embargo, el periodo de mayor cosecha se registra en el periodo de mayo a octubre y el de menor producción se extiende de enero a marzo (Curti-Díaz, 1996), por lo tanto el precio de la fruta en este último periodo es mucho mayor que en el resto del año, esto crea la necesidad de modificar el manejo del cultivo para intensificar la floración en los meses de octubre y noviembre, y que al amarrar los frutos, se incrementara la producción teniendo como consecuencia mejoras para el productor.

Existen varios antecedentes en cítricos donde señalan el efecto de algunas prácticas culturales para estimular iniciación floral, sin embargo aunque se encuentran resultados satisfactorios en naranja y mandarina, la lima Persa enfrenta grandes retos debido a las diferentes condiciones ambientales donde se cultiva y a las varias épocas de floración que presenta al año.

La iniciación floral es el primer cambio físico que presentan los meristemas vegetativos a reproductivos, y se identifican con el aplanamiento del domo en el meristemo vegetativo (Agustí, 2004). Conocer el momento cuando ocurre la iniciación floral, permite analizar cuáles son los tiempos, factores ambientales o culturales que provocan que la inducción floral se presente. Se ha demostrado que la inducción floral esta influenciada por la acumulación de carbohidratos (Goldschmidt *et al.* 1985), disminución de la concentración

de ácido giberélico (Monselise y Halevy, 1964) y bajas temperaturas (18°C) (Davenport, 1990). Por lo que una opción viable en el manejo de la lima Persa para estimular la iniciación floral e incrementar la floración en épocas de baja producción es utilizar técnicas de forzado que promuevan las condiciones mencionadas anteriormente, por lo tanto, se plantearon dos experimentos; el primero consistió en aplicar un inhibidor de giberelinas (prohexadiona de calcio), aspersiones foliares de nitrógeno (urea y nitrato de calcio) y rayado de ramas en diferentes fechas para incrementar la floración a finales de otoño; el segundo, probar diferentes fechas de poda, aplicaciones de prohexadiona de calcio y rayado de ramas para adelantar la floración de lima Persa en brotes de otoño.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1 Floración de los Cítricos

En los cítricos, el periodo de inducción, iniciación y diferenciación de meristemas vegetativos a reproductivos ocurre de dos a tres semanas antes de que se presente la floración (Borroto y Borroto, 1991). Las condiciones ambientales junto con el manejo del frutal y la historia productiva del árbol determinan la época de brotación, intensidad y distribución de las floraciones (Agustí, 2000).

La lima Persa (*Citrus latifolia* Tan.) es un frutal siempre-verde, el cual, en los climas tropicales y en condiciones adecuadas de humedad, puede producir flores durante todo el año, sin embargo, estas se presentan en diferentes intensidades, concentrando los periodos de máxima floración en febrero-marzo y junio-agosto (Curti-Díaz, 1996).

En la región de Papantla, Veracruz, donde el clima es cálido húmedo con temperatura media anual de 20.8 °C y precipitación pluvial media anual de 1,160 mm, Rodríguez y Juárez (1988) señalan que en árboles de lima Persa ocurren hasta cinco brotaciones vegetativas durante el año, de las cuales cuatro presentaron floración siendo la de mayor abundancia en junio y julio. Por su parte Curti-Díaz (1996) indica que pueden existir de cuatro a seis brotaciones florales siendo la de mayor abundancia en el periodo de enero a marzo.

## **2.2 Factores que Promueven Floración**

Los cítricos que se desarrollan en condiciones tropicales pueden presentar varias floraciones al año (Curti-Díaz, 1996). Este comportamiento se debe a las condiciones climáticas, a la historia productiva y manejo del huerto así como la genética del cultivar (Curti-Díaz, 2009). Por otro lado investigaciones realizadas por Goldschmidt *et al.* (1985) indican que la inducción de la floración es influenciada por la acumulación de carbohidratos, disminución de la concentración de ácido giberélico (Monselise y Halevy, 1964) y por efecto de bajas temperaturas (18°C) (Davenport, 1990). Estos y otros factores que promueven la floración en los cítricos se abordan a continuación.

### **2.2.1 Carbohidratos**

Las hojas maduras son necesarias para que ocurra la diferenciación floral (Pimienta, 1985). Los carbohidratos se producen en las hojas como resultado de la fotosíntesis (Díaz, 2002) siendo la fuente de energía para la formación de ramas, frutos y sitios de demanda (Salisbury y Ross, 2000).

La diferenciación floral en los cítricos y el amarre de fruto se ha relacionado directamente con altas concentraciones de carbohidratos presentes en la planta (Goldschmidt y Golomb, 1982). Lovatt *et al.* (1988) encontraron correlación positiva entre el número de brotes florales y el nivel de carbohidratos en hojas de naranjo.

### 2.2.2 Reguladores del crecimiento

La inducción de la floración está relacionada con cambios en los niveles de los reguladores de crecimiento endógeno. Se ha reportado que la giberelinas inhiben la inducción de la floración provocando escasa diferenciación floral (Monselise *et al.*, 1972) mientras que la aplicación de retardantes del crecimiento como el PBZ incrementan la densidad de las flores (González y Borroto, 1987; Santos *et al.*, 2004).

### 2.2.3 Temperatura

En las zonas subtropicales la inducción de la floración en los cítricos está asociada a un periodo de bajas temperaturas (8-15 °C) (Southwick y Davenport, 1986; Lovatt *et al.*, 1988) factor que se puede relacionar como una condición parcial de estrés debido a que la floración es favorecida al detener el crecimiento del sistema radical por el efecto de las bajas temperaturas limitándose indirectamente el nivel endógeno de giberelinas en la copa (Goldschmidt *et al.*, 1985). Sin embargo, no solo los niveles de hormonas presentan efectos. La respuesta de los cítricos a bajas temperaturas (15 a 18 °C por ocho horas en el día y 10 a 13 °C en 16 horas por la noche) genera cambios químicos en compuestos nitrogenados y almidón en los árboles, estos cambios influyen positivamente en la inducción floral (Díaz, 2002).

En naranja 'Valencia' (Hall *et al.*, 1977) reportan que al mantener frío el suelo y temperatura del invernadero a 20/15 °C (día/noche) la floración se presenta con mayor densidad que los árboles tratados con temperaturas cálidas (30/15 °C, día/noche).

#### **2.2.4 Humedad del suelo**

La falta de humedad en el suelo es un factor que promueve floración ya que se produce cambios en el contenido de nitrógeno amoniacal en las hojas, el cual aumenta en comparación con el encontrado en árboles con riego (Díaz, 2002); Se ha demostrado que someter a los cítricos a la ausencia de humedad por 30 o 45 días se promueve floración a los 10 días posteriores al primer riego (Borroto *et al.*, 1981). Esto sugiere que en tales condiciones otro factor o compuesto es limitante para promover la inducción floral (Díaz, 2002).

En condiciones tropicales uno de los factores inductores de la floración es el estrés hídrico; este regula la época, la intensidad, la duración y distribución de la floración (Davenport, 1990). Como lo reportan Southwick y Davenport (1986) al mantener árboles de lima Persa a  $-2.0$  MPa por 90 días se promueve floración dos semanas después de aplicar riego.

#### **2.2.5 Carga de frutos**

La presencia excesiva de frutos en los árboles tienen efecto negativo en la inducción floral debido a la competencia de metabolitos (Díaz, 2002). Observando el comportamiento del naranjo Moss (1971) reporta que ramas con frutos inhiben la producción de flores en yemas laterales. Sin embargo no solo es el efecto del fruto si no también la presencia de semillas que sintetizan las giberelinas que son traslocadas hacia los meristemas manteniéndolos vegetativos (Monselise, 1973).

## 2.3 Practicas para Estimular la Floración en Cítricos

El obtener frutas fuera de la temporada normal de su producción, empleando prácticas de producción forzada para estimular floración, representa la opción más adecuada para extender el periodo de cosecha de los frutales y comercializar con mayores ventajas económicas en los mercados nacionales e internacionales (Becerril y Rodríguez, 1989).

### 2.3.1 Estrés hídrico

La inducción del estrés hídrico o sequía es importante en los árboles frutales, ya que está relacionado indirectamente con la inducción floral al alterar procesos fisiológicos tales como la división y elongación celular (Acevedo *et al.*, 1971), síntesis de ABA (Cornish y Zeevaart, 1984), apertura estomatal (Henson *et al.*, 1989), asimilación de CO<sub>2</sub> (Robinson *et al.*, 1988), y acumulación de carbohidratos (Handa *et al.*, 1983).

La sequia puede inducir la floración, debido a la inhibición del crecimiento de la raíz seguido por cambios en el balance hormonal del árbol (Nir *et al.*, 1972). Las plantas sometidas a sequía realizan ajuste osmótico, que les permite sobrevivir sin gasto de energía (Hsiao, 1973). Conforme el estrés hídrico se acentúa, hay una reducción en la concentración de almidón y sacarosa, mientras que los azúcares como el sorbitol y glucosa se incrementan (Wang y Stutle, 1992).

Para promover floración en los cítricos el estrés hídrico debe durar aproximadamente un mes, variando en ocasiones por las condiciones climáticas y las características físicas del suelo (Barbera *et al.*, 1985). Tal y como se demostró aplicando estrés hídrico en

plantas de uno a dos años de edad de lima Persa injertada en *Citrus macrophylla* bajo invernadero, en esta condición Southwick y Davenport (1986) reportaron desarrollo de brotes florales (93.1 a 93.5%) dos semanas después de haber mantenido el árbol a -3.5 Mpa por 4 o 5 semanas.

### 2.3.2 Anillado

El anillado de ramas o tallo en frutales perenifolios es una práctica antigua usada para manipular el crecimiento vegetativo del árbol, la floración y el desarrollo del fruto (Davie *et al.*, 1995).

El anillado consiste en la remoción de corteza del tallo o rama en forma de anillo; lo anterior provoca bloqueo temporal de traslocación de los fotosintatos de las hojas a la raíz y resulta en la detención del crecimiento y acumulación de carbohidratos y hormonas en los tejidos situados arriba de la incisión (Schaper y Chacko, 1993; Davie *et al.*, 1995; McNeil y Parsons, 2003; Urban *et al.*, 2004; Mostafa y Salch, 2006). Sin embargo esta práctica puede causar efectos adversos como la caída de flores y frutos, formación de frutos pequeños, muerte de ramas y árboles (Ariza *et al.*, 2004). Agustí (2000) menciona que el tamaño del anillo puede variar según el ancho de la corteza extraída que en general es mayor a 2 mm, una variante del anillado es el rayado de ramas o tallo que tiene la ventaja de que produce menor daño debido a que solo se realiza un corte de 1 mm de ancho alrededor de toda la rama sin la extracción de un anillo de corteza, por lo que cicatriza con mayor facilidad.

La eficacia del anillado, en cítricos, depende de la edad fisiológica de los brotes y época en que se realiza (Simões *et al.*, 1999). En naranjo 'Salustiana' y mandarino 'Satsuma', Agustí (1988) observó que el rayado aumenta la floración, y que la época influye en la respuesta para el hemisferio norte, siendo a fines del mes de julio y durante el mes de agosto para el hemisferio norte la época en donde se obtiene el mayor aumento de floración. También observó que el rayado en verano reduce el número de brotes vegetativos en ambas especies cuando se incrementa la floración con el rayado.

### **2.3.3 Aplicación de reguladores de crecimiento**

La aplicación de reguladores de crecimiento puede afectar procesos fisiológicos de las plantas, como la brotación vegetativa. El etefón aplicado al follaje a fines de enero y principios de febrero, usando las dosis de 500 y 1000  $\mu\text{L L}^{-1}$ , incrementó el número de yemas vegetativas, mixtas y florales en naranjo 'Valencia Late' lo anterior promovió un incremento en la producción de frutos (González y Borroto, 1987). Espinoza y Almaguer (1992) promovieron brotación vegetativa y floral en lima Persa a los 40 días de haber aplicado 500  $\mu\text{L L}^{-1}$  de etefón a finales de octubre. Por su parte Curti-Díaz *et al.* (1997) usando Ethrel a 500  $\mu\text{L L}^{-1}$  asperjado a principios de septiembre no encontraron respuesta en el número de yemas florales correspondientes a la producción de frutos en invierno.

En cítricos,  $\text{AG}_3$  rompe el letargo de las yemas vegetativas asperjando en cualquier época del año (Cooper y Peynado, 1958). Curti-Díaz *et al.* (1990) aplicaron  $\text{AG}_3$  a la dosis de 25  $\text{mg L}^{-1}$  a árboles de naranja el 12 y 26 de diciembre esto retrasó la brotación de yemas florales de invierno. Cuando las giberelinas se aplican a los cítricos cerca de la

época en la cual se empiezan a diferenciar las yemas florales, se reduce considerablemente la cantidad de flores formadas, debido a que las giberelinas promueven el crecimiento vegetativo e inhiben la inducción floral (Davenport, 1990; citado por Santos *et al.*, 2004).

La utilización de fitorreguladores antagónicos a la síntesis de giberelinas tienen como objetivo promover la floración en los cítricos (El-Otmani *et al.*, 2000). Se ha demostrado que el reducir los niveles de giberelinas son pre-requisitos para la formación de flores en cítricos (Guardiola *et al.*, 1982). Uno de los fitorreguladores más utilizado es el Paclobutrazol o PBZ (Rademacher, 2000) que junto con bajas temperaturas (16°C) incrementan la floración hasta en 214% con concentraciones de 819 mg L<sup>-1</sup> (Monteiro da Cruz *et al.*, 2008). Recientemente, se ha reportado a la Prohexadiona de calcio (Pro-Ca) como un biorregulador que actúa inhibiendo la biosíntesis de giberelinas sin toxicidad y que tiene una persistencia limitada de cuatro semanas (Evans *et al.*, 1997; Fallahi, 1999; Greene, 1999). Aunque su mecanismo de acción no está definido totalmente desde el punto de vista hormonal endógeno (Costa *et al.*, 2004). En un estudio realizado en cítricos (*Citrus paradisi* cv. Duncan, *C. reticulata* Blanco cv. Sun Cha Sha, *C. macrophylla*, *C. aurantium*, *C. paradisi* x *Poncirus trifoliata* y *C. paradisi* injertado en Smooth Flat Seville) por Stover *et al.* (2004) reportan que dos aplicaciones de 500 mg L<sup>-1</sup> de Pro-Ca, a pH 3.5 a intervalos de cuatro semanas redujeron el crecimiento de todos los brotes vegetativos en los primeros tres meses, la inhibición de la longitud de los brotes fue de 40 %.

La Pro-Ca es un inhibidor de dioxigenasas, y tiene gran actividad como retardante de crecimiento interfiriendo con la biosíntesis de giberelinas (Winkler, 1997; Bubán *et al.*, 2004). La inhibición de la síntesis de giberelinas mediante la Pro-Ca parece es el

resultado de la competencia por el sitio activo de las enzimas hidrolasas, involucradas en la etapa final de la síntesis de giberelinas (Costa *et al.*, 2004). En esta síntesis, la Pro-Ca actúa en la hidroxilación 3 $\beta$ . Como consecuencia de esto, se reducen los niveles de GA<sub>1</sub> (activa), lo que conlleva a la acumulación de su precursor GA<sub>20</sub> (inactiva) (Evans *et al.*, 1997).

### **2.3.4 Fertilización a suelo**

La productividad de los árboles tiene relación directa con la nutrición adecuada para que los procesos bioquímicos esenciales ocurran de manera normal (Díaz, 2002). En Veracruz Curti-Díaz *et al.*, (1997) encontraron que al aplicar 97 g de N al suelo en dos periodos (28 g en abril y 69 g en mayo) incrementaron 2.1 t ha<sup>-1</sup> la cosecha de naranja en julio mientras que en el año siguiente lograron incrementar la producción en 52% aplicando 80 g de N en la segunda quincena de mayo. Mientras que en lima Persa Curti-Díaz (2009) incrementó la producción de invierno en 106 % fertilizando con 800 g de N por árbol (320 g en enero y 480 g en agosto) junto con el despunte de brotes en el mes de mayo.

### **2.3.5 Fertilización foliar**

Las aspersiones de nutrimentos minerales dirigidas al follaje brinda un método de suministro en estados críticos de deficiencias son 30 veces más rápidas y eficientes que el método de aplicación al suelo, sin embargo el periodo de efecto es temporal (Lovatt, 2000). Gómez *et al.* (1994) observaron una respuesta muy satisfactoria de los cítricos a las aspersiones foliares de nutrimentos. Albrigo (2004) encontró que el nitrógeno y potasio

son importantes para la inducción floral de los cítricos. Los fertilizantes que se han usado con éxito son:

#### **2.3.5.1 Urea**

El nitrógeno, es importante para la inducción floral de los cítricos. (Albrigo, 2004) Aplicaciones foliares de urea en solución con agua al 1.6 % en julio estimulan la iniciación e intensidad floral en mandarina 'Clementina' (El-Otmani, 2004). Acosta *et al.*, (1993) encontraron incremento de  $\text{NH}_3\text{NH}_4^+$  en hojas aplicando urea ( $0.1 \text{ kg planta}^{-1}$ ) con bajo contenido de biuret en toronja 'Marsh'. Resultados similares reportaron Ali y Lovatt (1994) quienes además encontraron correlaciones positivas entre los niveles de compuestos de N como poliaminas y  $\text{NH}_3\text{NH}_4^+$  en hojas, de ahí que ambos se pueden considerar como indicadores de la magnitud de la floración.

#### **2.3.5.2 Nitratos**

Realizando aspersiones foliares de  $\text{KNO}_3$  disuelto en agua al 6 %, Medina-Urrutia y Alcalde-Blanco (1993) reportaron que tres aplicaciones a intervalos de 15 días, a partir de septiembre hay promoción de brotes vegetativos y florales de limón mexicano a los 30 días. Se sugiere que el  $\text{KNO}_3$  interviene en la formación de la metionina, aminoácido precursor del etileno que es una hormona involucrada en la floración (Maiti *et al.* 1972, citado por Cárdenas y Rojas, 2003)

En la actualidad, el  $\text{KNO}_3$  es usado comercialmente para el adelanto de la floración en mango y cítricos. Sin embargo, este producto es caro y de venta restringida. Rojas (1996)

demonstró que en mango 'Haden', el nitrato de calcio  $[\text{Ca}(\text{NO}_3)_2]$  provoca efecto de inducción e intensidad floral similar al  $\text{KNO}_3$ , sin embargo el  $\text{KNO}_3$  aplicado al 6 % es mas efectivo que el  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  en la misma dosis.

### 2.3.6 Poda

La poda de fructificación permite mejorar la distribución de nutrimentos entre las ramas, permitiendo el crecimiento y desarrollo de nuevos flujos vegetativos los cuales son sitios potencialmente reproductivos (Agustí, 2000). Experimentos realizados en *Citrus aurantifolia* Swingle, Ghawade *et al.* (2002) reportan que los brotes laterales promovidos por despuntes o podas presentaron más del 80% de floración en comparación con los apicales. En experimentos de despunte de brotes vegetativos de lima Persa realizados en Papantla, Ver. Curti-Díaz, (1996) observó que podar entre los meses de marzo a julio se promueve el crecimiento vegetativo a los 30 días después de haber realizado la práctica, mientras que despuntes de brotes entre octubre y noviembre no generaron brotes vegetativos. Sin embargo, el mismo autor señala que el número de frutos presentes en el árbol influye directamente en la brotación vegetativa; la abundancia de frutos reduce la intensidad de brotes vegetativos inducidos por la poda.

### III. EXPERIMENTO 1

#### 3.1 Introducción

En Veracruz, Méx., la cosecha de lima Persa durante los meses invierno es la más escasa del año, debido a la baja producción de flores que ocurren en los meses de octubre a diciembre. Estas floraciones están determinadas en un lugar por condiciones ambientales y el manejo del huerto que influyen en la producción todo el año.

En la actualidad existen alternativas para solventar el problema de baja producción en algunos frutales en épocas específicas mediante el uso de técnicas de forzado como el estrés hídrico, defoliación y aplicación de reguladores de crecimiento, entre otras prácticas, permitiendo obtener fruta de calidad fuera del período de estacionalidad de la cosecha, sin embargo, estas no siempre presentan el mismo efecto en intensificar floración, debido a que los frutales responden diferente a las condiciones ambientales donde se encuentran.

Tomando en cuenta que Curti-Díaz (2009), incremento floración y producción de frutos en febrero y marzo con aplicaciones de urea al suelo en dos fechas y el despunte de brotes en mayo, junto con la acumulación de carbohidratos y detención del crecimiento por efecto del anillado de ramas que incrementa las floraciones en cítricos (Goldschimidt *et al.*, 1985; Erner, 1988), se plantea el siguiente experimento con el objetivo de conocer los efectos del inhibidor de giberelinas prohexadiona de calcio, que al reducir el tamaño de los brotes e inhibir giberelinas, junto con las aplicaciones foliares de urea y nitrato de calcio en diferentes fechas y el rayado de ramas se podrá incrementar la floración en otoño de lima Persa en Cuitlahuac, Ver.

### 3.2 Objetivos

- Evaluar el efecto de prohexadiona de calcio, urea, nitrato de calcio y rayado de ramas en el momento que ocurre la floración de lima Persa.
- Conocer el efecto de prohexadiona de calcio, urea, nitrato de calcio y rayado de ramas en la inhibición de longitud de brotes vegetativos de lima Persa.
- Conocer el efecto de prohexadiona de calcio, urea, nitrato de calcio y rayado de ramas en la producción de flores en brotes vegetativos del flujo de otoño.

### 3.3 Hipótesis

- La prohexadiona de calcio reduce el crecimiento longitudinal de los brotes vegetativos de lima Persa.
- La aplicación de prohexadiona de calcio, urea, nitrato de calcio y rayado de ramas en árboles de lima Persa incrementan el número de flores en brotes vegetativos de agosto.

## 4. MATERIALES Y MÉTODOS

### 4.1 Sitio Experimental

El experimento se llevó a cabo en el municipio de Cuitlahuac, Ver., Méx., en un huerto comercial ubicado a 18°47'13.43"N y 96°41'52.90"O, y altitud de 318 m. En este lugar el clima es cálido-seco, la temperatura promedio anual es de 25.2 °C y la precipitación media anual de 2612.2 mm (INAFED, 2005). Este experimento se realizó de 2007 a 2008.

### 4.2 Material Vegetativo

Se utilizaron árboles de siete años de edad de lima Persa (*Citrus latifolia* Tan.), injertados en limón Volkameriano (*Citrus volkameriana* Ten. y Pasq.), plantados a distancias de 6 x 7 m y en suelo: franco con pH de 6.3, profundidad de 3.5 m y pendiente menor de 2 %.

El estudio consta de dos experimentos cuyas características se indican a continuación.

### 4.3 Manejo del Huerto

Los árboles fueron podados del 13 al 17 de agosto de 2007 haciendo aclareo y despunte de brotes. La fertilización vía suelo se realizó en la segunda semana de septiembre, aplicando 14 g N, 28 g P, 34 g K y 100 g ZnSO<sub>4</sub> por árbol, las malezas se controlaron manualmente con la frecuencia requerida. En promedio, cada 20 días se regó por el método de riego rodado durante los años de estudio. Se presentaron

problemas de escama de nieve (*Unaspis citri*) en el mes de diciembre, la cual se controló mediante la aplicación de la mezcla de dimetoato ( $2.5 \text{ mg L}^{-1}$ ) y citrolina ( $1.5 \text{ mg L}^{-1}$ ).

#### 4.4 Tratamientos

**Cuadro 1. Tratamientos y fechas de aplicación a árboles de lima Persa en Cuitlahuac, Ver., 2007.**

Tratamientos	Prohexadiona de calcio	Urea	Nitrato de calcio	Rayado de ramas
	$1.8 \text{ g L}^{-1}$	$10 \text{ g L}^{-1}$		
1	25 Sep. y 15 Oct.	30 Oct. y 15 Nov.		30 Nov.
2	25 Sep. y 15 Oct.	15 Nov y 30 Nov.		30 Nov.
3	25 Sep. y 15 Oct.		30 Oct. y 15 Nov	30 Nov.
4	25 Sep. y 15 Oct.		15 Nov. y 30 Nov.	30 Nov.
5	25 Sep. y 15 Oct.	30 Oct. y 15 Nov.		
6	25 Sep. y 15 Oct.	15 Nov. y 30 Nov.		
7	25 Sep. y 15 Oct.		30 Oct. y 15 Nov.	
8	25 Sep. y 15 Oct.		15 Nov. y 30 Nov.	
9	25 Sep. y 15 Oct.			
10	25 Sep., 15 Oct. y 5 Nov.	20 Nov. y 5 Dic.		
11	25 Sep., 15 Oct. y 5 Nov.		20 Nov. y 5 Dic.	
12	25 Sep., 15 Oct. y 5 Nov.			
13				

Las aspersiones foliares se realizaron a las de 7:30 hrs. con una aspersora manual de 20 L, hasta cubrimiento total de las hojas del árbol, en las siguientes dosis:

**Prohexadiona de calcio (Pro-Ca).** Se aplicó 7.2 g de producto comercial Apogee® disueltos en 4 L de agua por árbol (equivalente a  $500 \text{ mg L}^{-1}$  de i.a.). El pH de la solución fue de 4, este se ajustó con el producto comercial Dap-Plus® que además es un adherente y surfactante. La primera aplicación se realizó cuando los brotes, promovidos por la poda realizada en agosto, median aproximadamente 15 cm de longitud, el número y fechas de aplicación se indican en el Cuadro 1.

**Urea y nitrato de calcio.** Se asperjaron soluciones de 40 g de urea ( $10 \text{ g L}^{-1}$  de Nitrocel-45®) o 40 g de nitrato de calcio ( $10 \text{ g L}^{-1}$  de Ultra-Sol Calcio®) por árbol, ambos fertilizantes fueron disueltos en 4 L de agua, el pH se ajustó a 6 con el producto comercial Dap-Plus®. El número y fechas de aplicación se indican en el Cuadro 1.

**Rayado de ramas.** De cada árbol se seleccionaron dos o tres ramas principales, a las cuales se les realizó una incisión de 1 mm de diámetro circundando la rama, 10 cm arriba del punto de inserción con el tallo principal. Esta práctica se realizó el 30 de noviembre.

#### **4.5 Diseño Experimental**

Se utilizó el diseño completamente al azar con 12 tratamientos más un testigo y cinco repeticiones para un total de 65 árboles. La unidad experimental fueron 10 brotes por árbol para las variables aumento en longitud de brotes, número de entrenudos y número de flores; tres brotes para la variable concentración de almidón en brotes y 30 hojas para la concentración nutrimental.

#### **4.6 Variables Evaluadas**

En septiembre de 2007 se etiquetaron al azar 10 brotes vegetativos en crecimiento por árbol, distribuidos en la periferia de la copa. En estos brotes se evaluaron las variables aumento en longitud de brotes, número de entrenudos y número de flores.

En el mismo mes se etiquetaron 50 brotes por árbol ubicados en la periferia del árbol con las mismas características que los anteriores para evaluar las variables: concentración de almidón en brotes y concentración de N, P, K, Ca y Mg en hojas.

#### **4.6.1 Aumento en longitud de brotes**

El aumento en longitud del brote se determinó con una cinta métrica, midiendo la longitud de 10 brotes seleccionados, un día antes de cada aplicación de Pro-Ca: 24 de septiembre, 14 de octubre y 4 de noviembre de 2007.

Se calculó el aumento en longitud obtenido restando la longitud promedio de 10 brotes reportada el 4 de noviembre de 2007 menos la evaluada el 24 de septiembre de 2007.

En enero de 2008 se midió el número y longitud de los nuevos brotes que crecieron exclusivamente sobre los 10 brotes marcados.

#### **4.6.2 Número de entrenudos**

El número de entrenudos se cuantificó en las mismas fechas que el aumento en longitud de brotes, contando los nudos formados en 10 cm del ápice a la base del brote. De la misma manera se contó sobre los brotes de enero de 2008.

#### **4.6.3 Número de flores**

El número de flores fue cuantificado en base al número de flores formadas en 10 brotes vegetativos marcados por árbol. El conteo se realizó cuando el 50 % de los brotes evaluados presentó antesis (28 de diciembre de 2007).

#### **4.6.4 Concentración de almidón en brotes**

La determinación de almidón se hizo tres brotes, de los 50 marcados por árbol. De cada brote se cortó 10 cm en el tercio medio de cada brote, la primera evaluación se realizó 24 de septiembre y la segunda el 28 de diciembre.

Los brotes se lavaron y enjuagaron con agua destilada, luego se secaron en una estufa con aire circulante (70 °C, 48 h). Posteriormente se molieron en molino de acero inoxidable. La concentración de almidón se determinó por el método de Herrera y Huber (1989).

#### **4.6.5 Concentración nutrimental en hojas**

Se muestrearon al azar 30 hojas colocadas en la quinta o sexta posición contando del ápice a la base de los 50 brotes marcados por árbol. En el caso de los árboles cuyas ramas recibieron la práctica de rayado, solo se muestrearon las hojas de brotes ubicados en tales ramas.

Se efectuaron dos muestreos, el primero fue antes de la primera aplicación de Pro-Ca (24 de septiembre) y el segundo cuando el 50 % de los brotes donde se evaluó número de flores presentaron floración (28 de diciembre).

En el laboratorio de nutrición de frutales de Fruticultura Campus Montecillo fueron realizados los análisis. Las hojas de los muestreadas se lavaron con agua común y enjuagaron con agua destilada, después se pusieron a secar en una estufa con aire circulante (70 °C, 48 h). Posteriormente, las muestras fueron molidas en un molino de acero inoxidable.

La liberación de los elementos P, K, Ca y Mg, se hizo por medio de a extracción húmeda, esta se logró una vez que las muestras desprendieron humo blanco y el digestado se observó transparente.

#### **4.6.5.1 Nitrógeno**

La determinación de nitrógeno foliar se realizó por el método Micro-kjeldahl (Bremer, 1965). El N se digesto a temperatura máxima de 340 °C hasta que las muestras tomaron la tonalidad azul-verdoso claro.

#### **4.6.5.2 Fósforo**

La concentración de P se determinó por el método del vanadato-molibdato amarillo según Chapman y Pratt (1973) en un espectrofotómetro modelo Spectronic 20 de Bauch & Lomb.

#### **4.6.5.3 Potasio**

El análisis de potasio se realizó por el método de fotometría de llama (Malavolta *et al.*, 1989).

#### **4.6.5.4 Calcio**

Las concentraciones de Ca se determinaron por espectrofotometría de absorción atómica (Bradfield y Spencer, 1965).

#### **4.6.5.5 Magnesio**

El análisis de Mg se determinó por espectrofotometría de absorción atómica (Bradfield y Spencer, 1965).

#### **4.7 Análisis Estadístico**

Los datos fueron analizados mediante análisis de varianza, y cuando hubo efectos significativos se aplicó la prueba de comparación de medias de Tukey ( $\alpha = 0.05$ ), utilizando el programa estadístico SAS versión 9.0 (SAS, 2002).

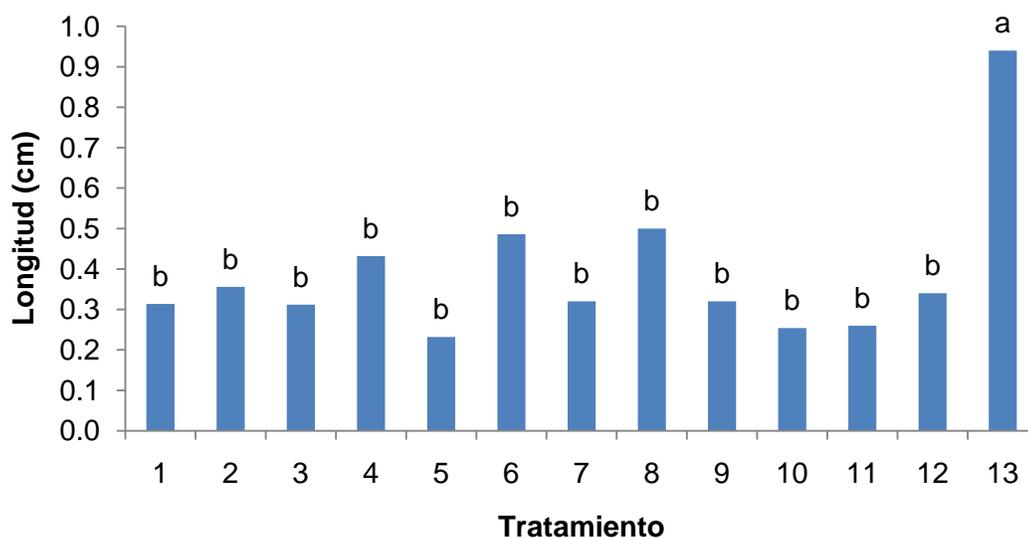
## 5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 5.1 Aumento en Longitud de Brotes

La poda promovió el inicio del crecimiento vegetativo, el cual ocurrió aproximadamente 12 días después de la realización, el crecimiento de brotes se detuvo a los 44 días en promedio.

El aumento en longitud de los brotes del 24 de septiembre al 19 de noviembre fue significativamente diferente entre tratamientos (Tukey, 0.05) (Figura 1). La aplicación de Pro-Ca inhibió el crecimiento con la primera aplicación, no teniendo efecto la segunda y tercera aplicación, según se puede observar en el Cuadro 1a, en los tratamientos 9, 12 y 13; La diferencia con respecto al testigo fue 54 % (dos aplicaciones) y 62 % (tres aplicaciones). El porcentaje de inhibición no fue similar al que reportaron Stover *et al.* (2004) quienes emplearon la misma dosis que en este estudio. También, Costa *et al.*, (2004) al aplicar concentraciones de 125, 175 y 250 mg L<sup>-1</sup> en brotes de manzano de 0.5 y 2 cm reportó inhibición de crecimiento hasta en 84% en comparación al testigo y Basak (2004) aplicando 125 mg L<sup>-1</sup> inhibió 63% el crecimiento de brotes de manzano 'Elstar' /M9.

Las practicas de rayado de ramas y la solución de urea o nitrato de calcio asperjados al follaje adicionalmente a la aplicación del inhibidor de giberelinas (Pro-Ca) no tuvieron efecto significativo en el aumento de los brotes vegetativos del flujo de agosto (Figura 1).



**Figura 1. Aumento en longitud de brotes del 24 de septiembre y 19 de noviembre de 2007 por efecto de tratamientos. Barras con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, 0.05).**

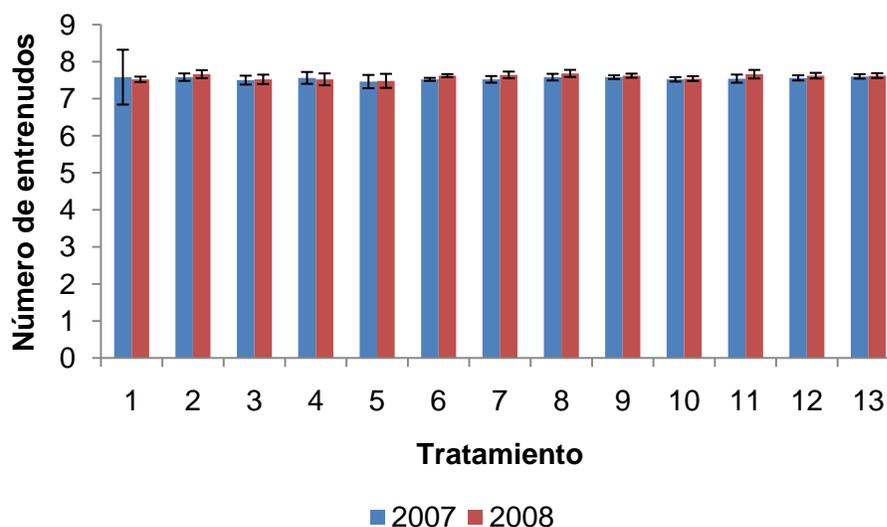
Los árboles presentaron nuevo flujo de brotes a partir del 12 de enero del 2008 y detuvieron el crecimiento de manera natural a los 52 días en promedio. Los tratamientos con Pro-Ca solo o con rayado de ramas, aplicación de urea y  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  en 2008 no tuvieron efecto en reducir el crecimiento en longitud de los brotes, tampoco en el número de brotes (Cuadro 2). Lo anterior muestra que Pro-Ca no tuvo efecto residual, además si se considera que inhibió el crecimiento de los brotes con la primera aplicación, entonces se confirma que el efecto activo dura de tres a cuatro semanas como lo señala Miller (2002).

**Cuadro 2. Número y longitud de brotes evaluados en 10 brotes del flujo de agosto de lima Persa en enero de 2008.**

Tratamiento	Número de brotes	Longitud de brotes
1	6.2	31.91
2	6.4	31.00
3	3.2	23.37
4	8.6	28.9
5	5.4	25.97
6	5.4	25.23
7	7.2	27.05
8	5.6	33.93
9	9.4	25.70
10	5.6	38.18
11	6.2	37.95
12	6.4	33.25
13	7.4	35.42
CV	56.888	45.027
DMS	7.979	30.255

## 5.2 Número de Entrenudos

El número de entrenudos no presentó diferencias significativas (Tukey, 0.05) en ningún flujo de crecimiento evaluado (agosto de 2007 y enero 2008) (Figura 2) por la aplicación de Pro-Ca, urea,  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  y rayado de ramas, esto difiere con lo reportado por Ramírez *et al.* (2006) que aplicaron  $250 \text{ mg L}^{-1}$  de Pro-Ca en arboles de manzano (*Malus domestica* Borkh) redujeron la longitud de entrenudos.

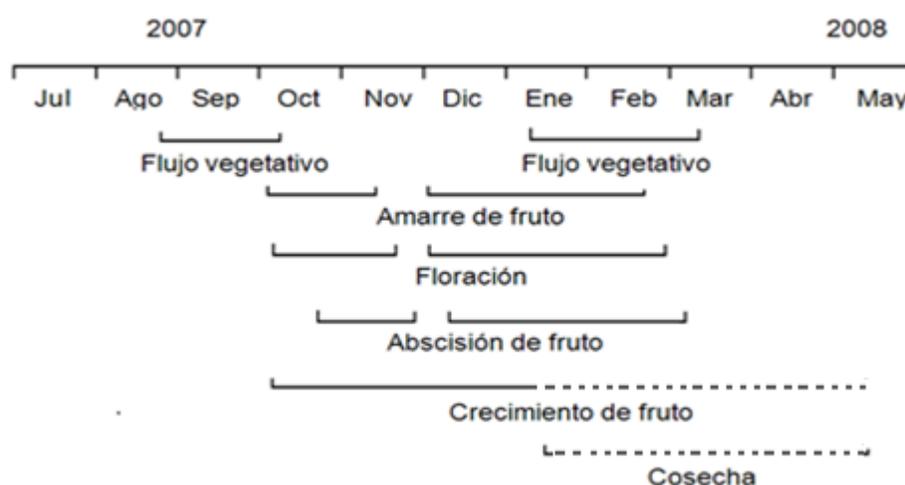


**Figura 2. Número de entrenudos del primer (agosto 2007) y segundo (enero 2008) flujo vegetativo de lima Persa por efecto de tratamientos, los valores son medias  $\pm$  error (n=10) estándar.**

### 5.3 Número de Flores

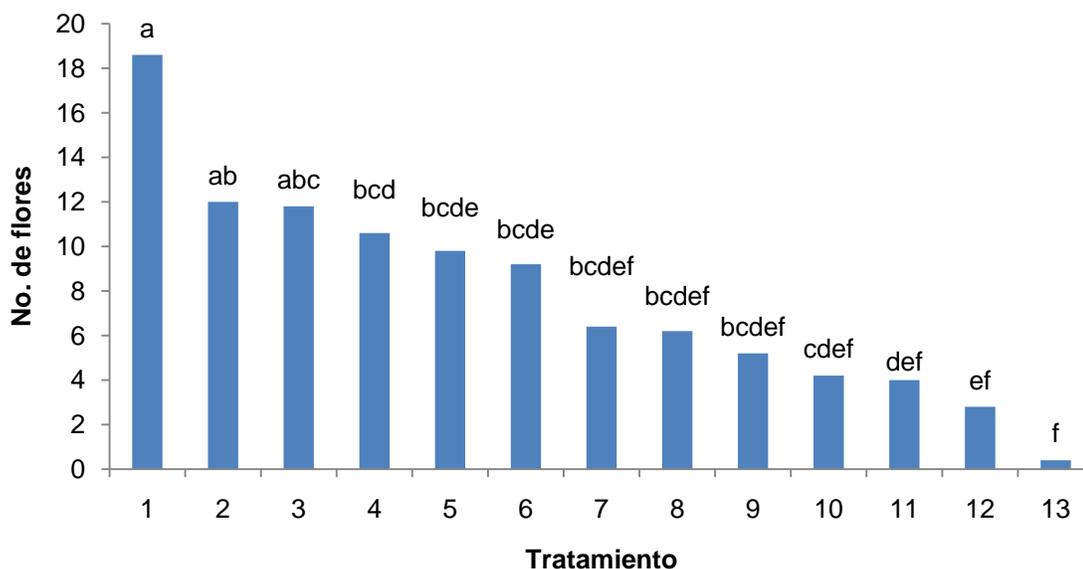
La floración inició el 4 de diciembre de 2007 (Figura 3). Aunque ningún tratamiento adelantó la floración de lima Persa, si propiciaron diferencias estadísticas significativas en el número de flores producidas (Tukey, 0.05) (Figura 4) siendo el mejor tratamiento Pro-Ca aplicada dos veces con rayado de ramas y urea aplicada el 30 de octubre y 15 de noviembre (tratamiento 1) (18.6 flores en 10 brotes por árbol) que fue igual estadísticamente a los tratamientos 2 y 3 (12 y 11.8 flores). Esto sugiere que para adelantar la floración en los meses de octubre y noviembre además de aplicar un inhibidor de la síntesis de giberelinas tal es el caso de Pro-Ca y practicas promotoras de floración como el rayado de ramas y fertilización de urea vía foliar, es necesario podar antes de agosto, para que los brotes promovidos por la poda alcancen un estado de madurez

adecuado para recibir el estímulo inductor como lo señala Curti-Díaz (1996). Otro factor relevante que podría explicar la variación de la floración, sería el número de frutos que tiene el árbol, ya que su abundancia reduce la intensidad floral como lo reportan Goldschmidt *et al.* (1985) quienes observaron que en mandarina 'Murcott' la presencia de frutos en el árbol influye en la floración reduciendo de 190 hasta 680 flores por rama; sin embargo, esta variable no fue registrada en este trabajo.



**Figura 3. Fenología de lima Persa en el periodo 2007-2008 en Cuitlahuac, Ver.**

Descontando el efecto de dos aplicaciones de Pro-Ca en el número de flores (tratamiento 9) en los tratamientos que interactuaron con urea, nitrato de calcio y rayado de ramas (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 y 8). El rayado de ramas aumentó el número de flores en 8.8, 2.8, 5.4 y 4.4 en los tratamientos 1, 2, 3 y 4 respectivamente. Esto indica que al impedir el intercambio de metabolitos hacia la raíz y mantener estos en la parte superior mejoran la producción de flores (Chun-Yao *et al.*, 2003). Sin embargo, los mejores efectos fueron con la interacción de urea o nitrato de calcio en cualquier fecha de aplicación, siendo la urea aplicada el 30 de octubre y 15 de noviembre junto con el rayado de ramas la interacción que tuvo mayor número de flores (13.4) (Figura 4).



**Figura 4. Número de flores en 10 brotes de lima Persa por efecto de tratamientos, los valores son prueba de medias. Barras con la misma letra no son significativamente diferentes (Tukey, 0.05).**

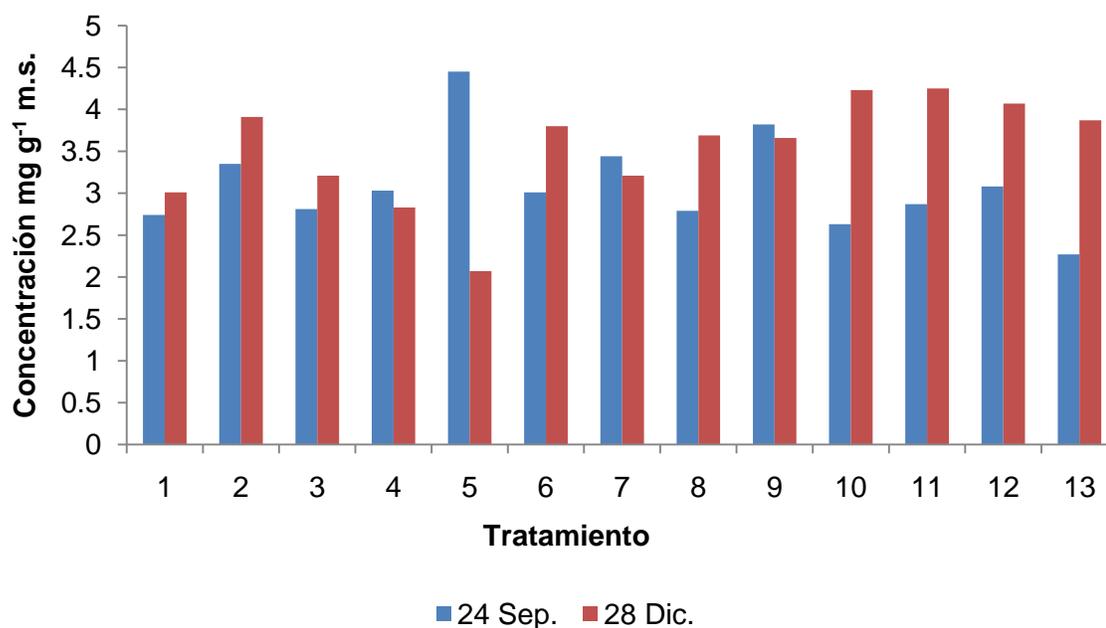
En el presente estudio se registraron temperaturas menores a 18 °C a partir del 23 de octubre hasta el inicio de floración (Figura 1a), la temperatura mínima promedio en este periodo fue 16.96 °C y humedad relativa de 81.97% (Figura 2a) (INIFAP, 2007). Se conoce que la influencia de la temperatura sobre la inducción de floración en los cítricos esta estrechamente relacionada como lo demostraron Southwick y Davenport (1986) que al mantener temperaturas de 18/10 °C (día/noche) durante dos semanas indujo la formación de brotes florales en lima Persa a los 35 días.

#### **5.4 Concentración de Almidón en Brotes**

Las concentraciones de almidón en brotes, registrada antes de la aplicación de los tratamientos (24 de septiembre) y en plena floración (28 de diciembre) no presentaron

diferencias estadísticas significativas (Tukey, 0.05) (Figura 5). Sin embargo, la concentración de almidón en brotes del segundo muestreo se incrementó con respecto al primero, excepto los tratamientos 4, 5, 7 y 9 (Figura 5). El incremento en la concentración muestra que hay acumulación de reservas en los ápices de los brotes cuando ocurre la floración. Estas reservas de carbohidratos son utilizadas principalmente para el desarrollo de las estructuras reproductivas, mientras que la fotosíntesis, desarrollada en hojas maduras, es utilizada en los crecimientos vegetativos como lo indica Akao *et al.* (1981), citados por Goldschmidt (1999).

Los tratamientos que presentaron menor concentración de almidón posiblemente fue debido a la carga de frutos presentes en el árbol durante el manejo del experimento la cual no fue cuantificada.



**Figura 5. Concentración de almidón en brotes de lima Persa en dos fechas de muestreo (24 de septiembre y 28 de diciembre de 2007).**

Los brotes de los árboles cuyas ramas se les hizo la practica de rayado, presentaron menor incremento en la concentración de almidón (de 0.27 a 0.56 mg kg<sup>-1</sup> m.s.) que los no rayados (de 0.79 a 1.6 mg kg<sup>-1</sup> m.s.). Esto probablemente fue debido a la demanda de las estructuras reproductivas, ya que los tratamientos con rayado presentaron mayor número de flores en brotes (de 52.6 a 97.8 %). Esto concuerda con Goldschmidt *et al.* (1985) que reportaron que al realizar rayado en árboles de naranja se incrementó la floración en 55 % con respecto al testigo describiendo que, tanto las giberelinas como la acumulación de carbohidratos juegan un papel importante en el control de la floración.

### 5.5 Concentración Nutricional en Hojas

La concentración de N, P, K, Ca y Mg antes de aplicar los tratamientos (24 de septiembre) y después de iniciada la floración (28 de diciembre) no presentaron diferencias significativas (Tukey, 0.05). Con base a la clasificación de Orth y Campbell citado por Curti-Díaz *et al.* (2000) las concentraciones óptimas para lima Persa en hojas que alcanzaron su crecimiento y desarrollo total son: 24.0 g kg<sup>-1</sup> m.s (N), 2.5 g kg<sup>-1</sup> m.s (P), 15.0 g kg<sup>-1</sup> m. s. (K), 37.0 g kg<sup>-1</sup> m. s.(Ca) y 1.8 g kg<sup>-1</sup> m. s. (Mg). Si se comparan las concentraciones de N, P y Ca del 24 de septiembre estos se ubican por debajo del óptimo reportado por Orth y Campbell citados por Curti-Díaz *et al.* (2000), pero las hojas muestreadas tenían aproximadamente 42 días de formadas por lo cual no habían alcanzado su crecimiento total. El K y Mg por otra parte estuvieron por arriba del óptimo (Cuadro 3).

**Cuadro 3. Concentración de N, P, K, Ca y Mg en hojas de lima Persa en dos fechas de muestreo (24 de septiembre y 28 de diciembre), en Cuitlahuac, Ver.**

Tratamiento	24-sep					28-dic				
	N	P	K	Ca	Mg	N	P	K	Ca	Mg
	g kg <sup>-1</sup> m. s.					g kg <sup>-1</sup> m. s.				
1	24.6	1.4	33.1	18.9	3.9	30.0	1.7	30.2	22.8	5.1
2	26.1	1.4	33.6	18.1	6.1	30.3	1.5	25.9	25.5	7.5
3	22.4	1.3	29.8	20.1	4.3	29.4	1.7	23.3	21.3	6.2
4	24.7	1.5	28.0	22.2	5.9	33.6	1.7	28.9	26.1	7.3
5	23.8	1.9	30.8	16.6	4.2	30.3	1.7	26.1	28.1	7.3
6	17.5	3.7	33.1	17.5	4.2	27.4	1.9	31.8	25.7	7.3
7	21.9	1.8	30.7	17.0	4.8	25.8	1.7	29.9	25.2	11.1
8	20.9	1.3	32.7	17.3	6.0	30.7	1.6	29.4	20.5	7.4
9	22.4	1.2	29.5	17.9	5.7	28.0	1.7	27.8	30.0	12.3
10	20.7	1.3	30.4	18.5	7.4	29.7	1.6	25.1	17.2	4.4
11	22.0	1.3	31.9	19.7	5.8	28.6	1.7	30.3	22.6	7.2
12	21.0	3.2	29.3	19.4	5.5	27.6	1.5	25.2	20.5	7.1
13	22.0	1.3	32.8	20.5	5.9	29.4	1.7	28.9	22.0	4.9

Con respecto al muestreo realizado después de la floración N, P, Ca y Mg presentaron incremento en las concentraciones en la mayoría de los tratamientos ya que el proceso de desarrollo floral e inicio de formación del fruto induce aumentos en la concentración de estos elementos (Abdalla *et al.*, 1986). Sin embargo la concentración de K disminuyó posiblemente debido a que es un elemento móvil en la planta y bajo condiciones de deficiencia es transportado a las hojas nuevas conforme se desarrolla la planta como lo mencionan Abdalla *et al.* (1986).

En general y de acuerdo a los óptimos establecidos por Orth y Campbell citados por Curti-Díaz *et al.* (2000) los árboles se encontraban en su mayoría en los intervalos de suficiencia, con excepción del Ca no mostraron deficiencias.

## 6. CONCLUSIONES

El inhibidor de la síntesis de giberelinas prohexadiona de calcio inhibió el crecimiento vegetativo de los brotes de lima Persa.

Los brotes que tuvieron mayor densidad de flores fueron los que recibieron los tratamientos de prohexadiona de calcio, rayado y aplicaciones de urea foliar. Sin embargo aunque se obtuvo floración a principios de diciembre, no es suficiente para obtener cosecha a principios de febrero.

El rayado influyó en el incremento de la floración sin embargo este redujo las concentraciones de N, P, K, Ca y Mg en hojas y las concentraciones de almidón en brotes.

La aplicación foliar de los fertilizantes urea y nitrato de calcio influyó únicamente en el N ya que en los demás elementos no se presentó incremento en su concentración.

## VII. EXPERIMENTO 2

### 7.1 Introducción

La iniciación floral es el primer cambio físico que presentan los meristemas vegetativos para ser reproductivos y se identifican con aplanamiento del domo apical (Agustí, 2004). Conocer el momento ocurre la iniciación floral, permite conocer la época y factores ambientales o culturales están asociadas a la inducción floral. Aunque se ha demostrado que la iniciación floral está influenciada por la acumulación de carbohidratos (Goldschmidt *et al.* 1985), disminución de la concentración de ácido giberélico (Monselise y Halevy, 1964) y bajas temperaturas (18°C) (Davenport, 1990).

En el experimento de 2007 se concluyó que la poda en agosto y la aplicación de los tratamientos con prohexadiona de calcio, urea vía foliar y el rayado de ramas realizados, si bien promovieron floración durante la primera semana de diciembre y considerando que el periodo de flor a fruto de lima persa tarda 110 días, no es posible obtener cosechas provenientes de esta floración. Debido a este resultado se planteó el segundo experimento con la finalidad de adelantar la floración mediante el adelanto de la fecha de los tratamientos de poda, aplicación de prohexadiona de calcio y rayado de ramas los cuales podrían estimular floraciones sobre brotes en los meses de octubre y noviembre, y así obtener producción de frutos en febrero y marzo.

## 7.2 Objetivos

- Identificar anatómicamente la época cuando ocurre la iniciación floral en los brotes de verano de lima Persa por efecto de tratamientos inductores de la floración.
- Conocer si la fecha de poda, de prohexadiona de calcio y de anillado de ramas tiene influencia en la época de brotación, densidad floral y amarre de frutos en brotes de verano.
- Evaluar el efecto de la fecha poda en la producción de brotes vegetativos.

## 7.3 Hipótesis

- La fecha de poda, de aplicación de prohexadiona de calcio y del anillado de ramas tienen influencia en el tiempo que ocurre la iniciación floral en brotes de verano de lima Persa.
- La fecha de poda, de aplicación de prohexadiona de calcio y del anillado de ramas incrementan el número de flores y amarre de fruto en que se promuevan por la poda.

## 8. MATERIALES Y METODOS

El segundo experimento se llevó a cabo en el mismo huerto que el experimento uno, de julio de 2008 a marzo de 2009.

### 8.1 Manejo del Huerto

Se seleccionaron 40 árboles de los usados en el experimento uno y se mantuvieron con podas ligeras cortando exclusivamente brotes vegetativos vigorosos (chupones) desde el mes de marzo a mayo de 2008. Se fertilizó en el mes de septiembre con la misma fórmula y dosis del año 2007, el control de malezas se realizó manualmente con la frecuencia requerida, se aplicó riego rodado a los árboles cada 20 días.

### 8.2 Tratamientos

**Cuadro 4. Tratamientos y fechas de aplicación a árboles de lima Persa, en Cuitlahuac, Ver.**

Tratamientos	Poda	Pro-Ca 500 mg L <sup>-1</sup>	Rayado de ramas
1	3 Jul.		
2	3 Jul.		8 Ago.
3	3 Jul.	8 Ago.	
4	3 Jul.	8 Ago.	8 Ago.
5	13 Ago.		
6	13 Ago.		17 Sep.
7	13 Ago.	17 Sep.	
8	13 Ago.	17 Sep.	17 Sep.

**Poda.** La poda consistió en el despunte de brotes, eliminación de brotes vigorosos (chupones) y ramas mal distribuidas. La fecha de poda se muestra en el Cuadro 4.

**Rayado de ramas.** Se seleccionaron dos o tres ramas principales por árbol, en cada una se hizo un corte de 1 mm de profundidad circundando la rama seleccionada formando un anillo por rama, 10 cm arriba del punto de inserción con el tallo principal. La fecha de realización se indica en el Cuadro 4.

**Prohexadiona de calcio.** Se aplicó una solución de 7.2 g ( $1.8 \text{ g L}^{-1}$  equivalente a  $500 \text{ mg L}^{-1}$  de i.a.) de producto comercial Apogee® disueltos en 4 L de agua. El pH de la solución se ajustó a 4 con el producto comercial Dap-Plus®. Se asperjó la solución cuando los brotes median 15 cm aproximadamente (35 y 36 días después de las podas de julio y agosto respectivamente), con una aspersora manual de 20 L, hasta cubrimiento total del árbol. La fecha de realización se indica en el Cuadro 4.

### 8.3 Diseño Experimental

El diseño fue completamente al azar con ocho tratamientos y cinco repeticiones para un total de 40 árboles. La unidad experimental: fue un árbol para el número de brotes, tres yemas apicales de cada árbol para la variable tiempo de iniciación floral y 10 brotes por árbol para número de flores y amarre de frutos.

## **8.4 Variables Evaluadas**

### **8.4.1 Número de brotes**

Se cuantificó el número de brotes vegetativos en crecimiento ubicados en la periferia de la copa del árbol que brotaron después de podar.

### **8.4.2 Iniciación floral**

Para determinar el tiempo de iniciación floral se marcaron 30 brotes vegetativos en crecimiento ubicados en la periferia de la copa del árbol. Se muestreó tres brotes por árbol, el corte 2 cm ubicado del ápice a la base del brote, cada 15 días a partir del 26 de septiembre hasta el 10 de enero de 2009, fecha previa a la antesis (17 de enero).

Las yemas de la fracción cortada se colocaron en frascos con 5 ml de FAA (10 % formaldehído al 40 % + 50 % alcohol etílico al 95 % + 5 % ácido acético glacial + 35 % agua destilada), posteriormente en el laboratorio se lavaron con agua destilada y se depositaron en recipientes con 5 ml de GAA (25 % glicerol + 50 % alcohol etílico al 95 % + 25 % agua destilada) para su conservación.

La metodología de disección de yemas, deshidratación, inclusión en parafina, corte-montaje y tinción con safranina y verde fijo (Johansen, 1940), se realizó únicamente en dos fechas de muestreo previas a la floración (26 de diciembre de 2008 y 10 de enero de 2009).

### 8.4.3 Número de flores

En 10 brotes vegetativos en crecimiento por árbol producto de la poda del 3 de julio y 13 de agosto en donde se evaluó el número de flores producidas en brotes cuando el 50 % de los brotes marcados presentaron antesis.

### 8.4.4 Amarre de fruto

Se contabilizó el número de frutos presentes en los 10 brotes marcados por árbol donde se evaluó número de flores, cuando los frutos tuvieron 2.5 cm de diámetro aproximado (32 días después que se cuantificó el número de flores en brotes).

Esta variable se determinó mediante la siguiente ecuación:

$$\% \text{ amarre de fruto} = \frac{\text{Número de frutos}}{\text{Número de flores}} (100)$$

Los valores se transformaron a valores angulares (raíz cuadrada).

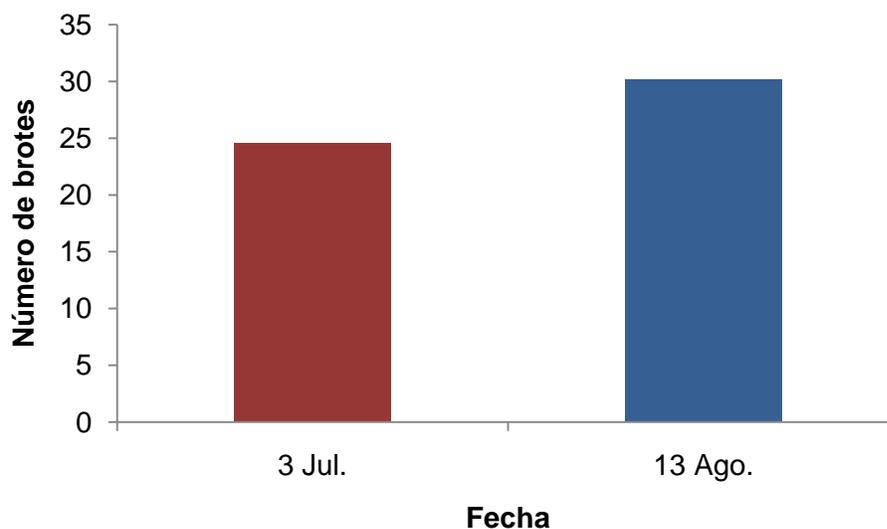
## 8.5 Análisis Estadístico

Las variables número de brotes, número de flores y amarre de frutos se sometieron a análisis de varianza y se aplicó la prueba de comparación de medias de Tukey ( $\alpha=0.05$ ), mediante el programa estadístico SAS versión 9.0 (SAS, 2002).

## 9. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 9.1 Número de Brotes

El número de brotes promovidos por la poda del 3 de julio y del 13 de agosto no fueron significativamente diferentes entre la fecha de poda (Tukey, 0.05) (Figura 6). Sin embargo la poda del 13 de agosto promovió mayor número de brotes vegetativos ubicados en la periferia del árbol (30.2) que la poda realizada el 3 de julio (24.6) (Figura 6). Esto pudiera explicarse por el desgaste del árbol al perder sitios de reserva situados en brotes vigorosos o chupones y al promover nuevos brotes por el efecto de las podas realizadas de marzo a mayo de 2008 como parte del manejo del huerto. Tomando en cuenta que los árboles de los cítricos ajustan su crecimiento radical en periodos alternos con los crecimientos aéreos como lo indica Borroto y Borroto (1991), las podas ligeras y frecuentes antes de iniciar el experimento influyeron en el vigor y tiempo de recuperación del árbol hasta el inicio de los tratamientos de poda, y esto se reflejó en bajo número brotes en el 2008.



**Figura 6. Número de brotes promovidos por la poda del 3 de julio y 13 de agosto del 2008. En Cuitlahuac, Ver.**

El número de brotes surgidos por la poda de julio y agosto en 2008, fue menor a los formados por influencia de la poda realizada del 13 al 17 de agosto de 2007 al menos hubo 60 brotes por árbol. Posiblemente esto fue del el manejo previo del huerto durante los meses de marzo a mayo de 2008, y las condiciones de humedad en el suelo (no evaluada), temperatura y humedad relativa reportadas después de la poda y antes del inicio de los crecimientos vegetativos, presentando temperatura media y humedad relativa promedio de 24.8 °C y 85.21 % (del 13 al 25 de agosto de 2007), y 27.13 °C y 74.44 % (del 13 al 31 de agosto de 2008) (Figura 1a, 2a, 3a y 4a).

## 9.2 Iniciación Floral

Aún cuando se muestrearon yemas desde el 26 de septiembre de 2008, dentro de los objetivos de la investigación fue observar en qué momento los meristemas presentaban el aplanamiento del domo para determinar que la iniciación floral ocurrió, se decidió observar cortes anatómicos de las muestras del 26 de diciembre de 2008 (Figura 7) y 10 de enero de 2009 (Figura 8) debido que en lima Persa, la iniciación y diferenciación floral se reporta que ocurre de 2 a 3 semanas antes de la brotación floral (Campbell, 1979, citado por Pérez, 2007). Los brotes evaluados en esta investigación presentaron flores el 17 de enero de 2009. En ambos muestreos se encontró que el 100 % de los meristemas estaban en estado vegetativo (Cuadro 5), posiblemente el pequeño número de muestras por tratamiento (15 yemas) debido al bajo número de brotes que surgieron después de podar, no permitió evaluar más yemas, lo que redujo la probabilidad de encontrar un meristemo en proceso de iniciación o diferenciación floral.

El meristemo en fase vegetativa tiene forma de domo, el cual está compuesto de 2 a 3 capas de células en división activa, siendo la más externa la capa epidérmica L1, a la subepidérmica L2 y el corpus o L3, que es un grupo de capas de células que está por debajo de la túnica (L1 y L2) y se dividen en todos los planos (anticlinal, periclinal y oblicua) (Figura 7) (Sharman y Fletcher, 2002).



**Figura 7. Meristemo vegetativo apical de brote de lima Persa del tratamiento 5 muestreado el 26 de diciembre de 2008 en Cuitlahuac, Ver.**

La iniciación floral comprende los primeros cambios funcionales y estructurales que dan lugar a la formación de ápices florales (Sívori *et al.*, 1980). En la transformación del meristemo vegetativo a floral, se observa intensa división celular en la zona periférica y en la central del meristemo (Figura 8), lo que provoca una organización celular diferente a la del meristemo vegetativo (Bernier *et al.*, 1981) provocando el aplanamiento del domo (Agusti, 2004).

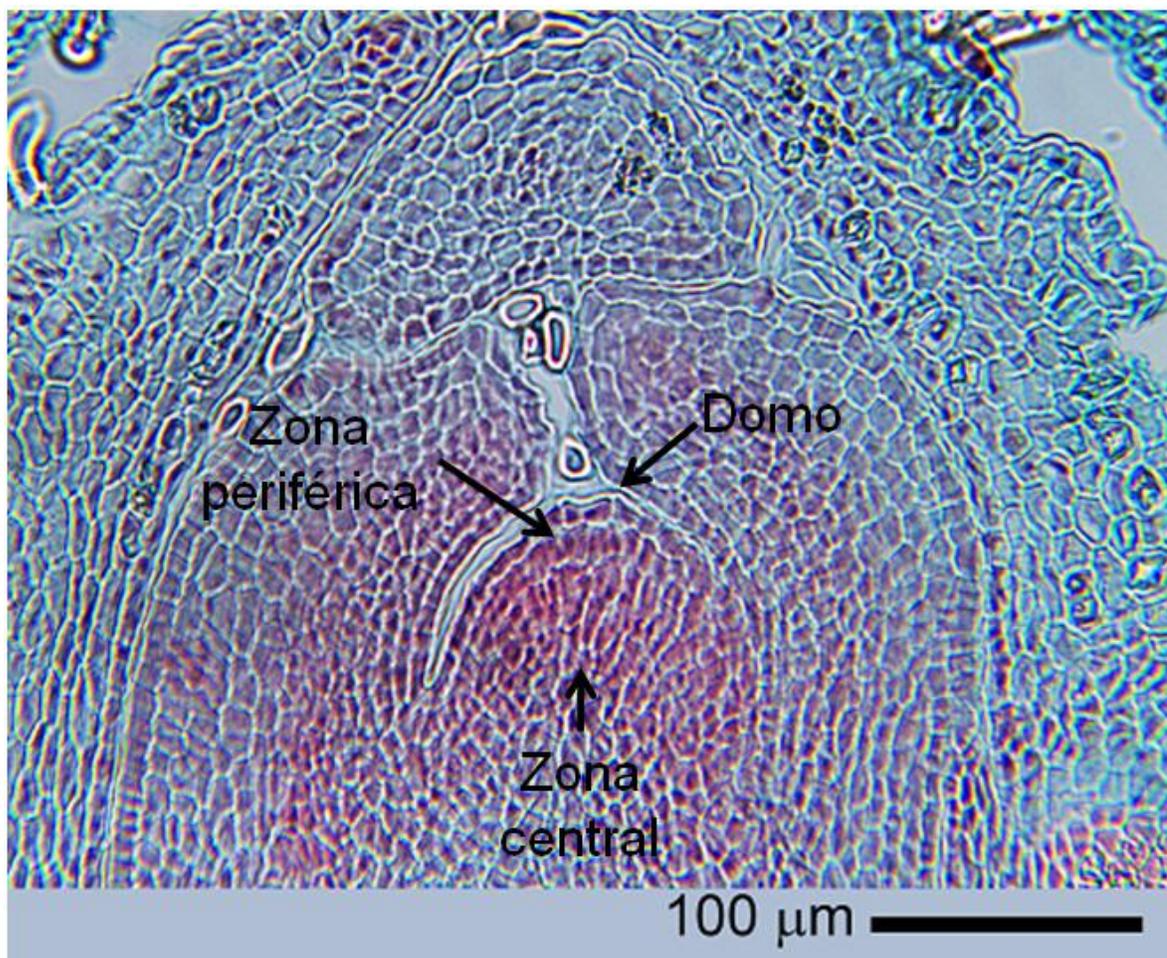


Figura 8. Meristemo vegetativo apical de lima Persa del tratamiento 2 muestreado el 10 de enero de 2009 en Cuitlahuac, Ver.

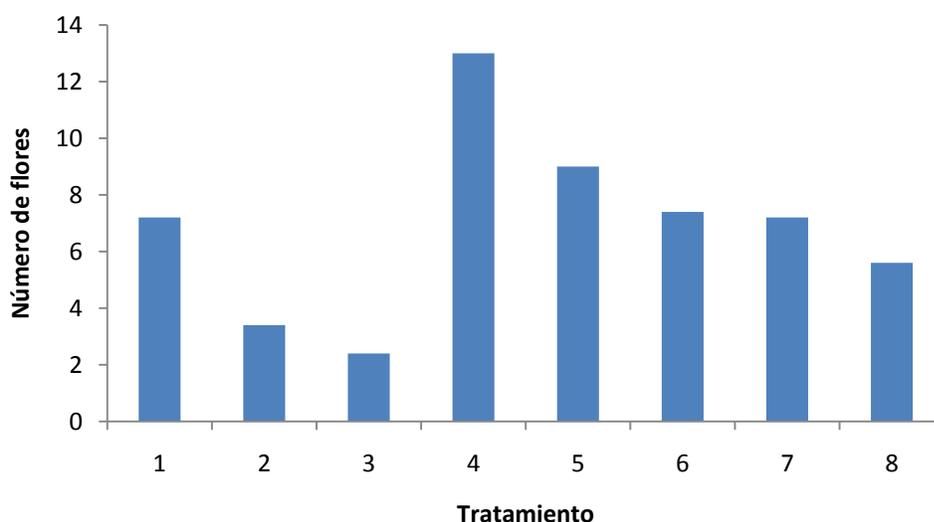
**Cuadro 5. Fase del meristemo apical de yemas terminales de lima Persa del muestreo del 26 de diciembre de 2008 y 10 de enero de 2009 en Cuitlahuac, Ver.**

Tratamiento	No. de árbol	Repetición			Porcentaje de meristemos		Repetición			Porcentaje de meristemos	
		1	2	3	Vegetativo	Iniciados	1	2	3	Vegetativo	Iniciados
		26 de diciembre de 2008					10 de enero de 2009				
1	1	V	V	V	100	0	V	V	V	100	0
	5	V	V	V	100	0	V	V	V	100	0
	15	V	V	V	100	0	V	V	V	100	0
	23	V	V	V	100	0	V	V	V	100	0
	64	V	V	V	100	0	V	V	V	100	0
2	4	V	V	V	100	0	V	V	V	100	0
	8	V	V	V	100	0	V	V	V	100	0
	10	V	V	V	100	0	V	V	V	100	0
	20	V	V	V	100	0	V	V	V	100	0
	41	V	V	V	100	0	V	V	V	100	0
3	2	V	V	V	100	0	V	V	V	100	0
	14	V	V	V	100	0	V	V	V	100	0
	19	V	V	V	100	0	V	V	V	100	0
	40	V	V	V	100	0	V	V	V	100	0
	52	V	V	V	100	0	V	V	V	100	0
4	7	V	V	V	100	0	V	V	V	100	0
	24	V	V	V	100	0	V	V	V	100	0
	30	V	V	V	100	0	V	V	V	100	0
	47	V	V	V	100	0	V	V	V	100	0
	53	V	V	V	100	0	V	V	V	100	0
5	12	V	V	V	100	0	V	V	V	100	0
	17	V	V	V	100	0	V	V	V	100	0
	22	V	V	V	100	0	V	V	V	100	0
	29	V	V	V	100	0	V	V	V	100	0
	31	V	V	V	100	0	V	V	V	100	0
6	28	V	V	V	100	0	V	V	V	100	0
	34	V	V	V	100	0	V	V	V	100	0
	46	V	V	V	100	0	V	V	V	100	0
	49	V	V	V	100	0	V	V	V	100	0
	68	V	V	V	100	0	V	V	V	100	0
7	25	V	V	V	100	0	V	V	V	100	0
	32	V	V	V	100	0	V	V	V	100	0
	39	V	V	V	100	0	V	V	V	100	0
	44	V	V	V	100	0	V	V	V	100	0
	67	V	V	V	100	0	V	V	V	100	0
8	6	V	V	V	100	0	V	V	V	100	0
	21	V	V	V	100	0	V	V	V	100	0
	26	V	V	V	100	0	V	V	V	100	0
	35	V	V	V	100	0	V	V	V	100	0
	51	V	V	V	100	0	V	V	V	100	0

V= vegetativo

### 9.3 Número de Flores

La floración en los 10 brotes muestreados se presentó el 17 de enero del 2009; aunque no se encontró diferencias significativas entre tratamientos (Tukey, 0.05) (Figura 9), cuantitativamente el tratamiento 4 tuvo mayor número flores (13 flores) en los 10 brotes muestreados y el tratamiento 3 fue el que tuvo menos flores (solo se encontraron dos flores) (Figura 9).



**Figura 9. Número de flores por efecto de la fecha de poda, de aplicación de Pro-Ca, de rayado de ramas y la interacción de los tres factores.**

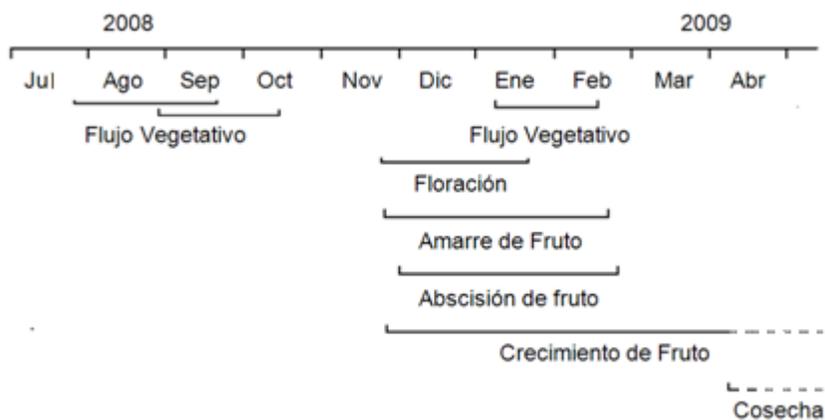
Los brotes generados por la poda del 13 de agosto produjeron mayor número de flores en 10 brotes (7.3 flores) que los obtenidos con la poda del 3 de julio (6.5 flores). Esta respuesta se debe posiblemente al manejo del huerto previo a las fechas de poda, en donde los árboles podados el 3 de julio no alcanzaron a reponerse tanto como los árboles podados el 13 de agosto, esta práctica previa a las podas generó brotes que al

cortarse redujo el área fotosintética y la producción y acumulación de carbohidratos (Díaz, 2002).

La poda del 3 de julio más rayado de ramas o Pro-Ca, no promovió aumento en el número de flores en brotes comparados con solo poda (tratamiento 1). Sin embargo la interacción rayado de ramas y Pro-Ca con la poda del 3 julio aumentaron 4.1 flores en 10 brotes en relación a solo poda. En los tratamientos con poda de agosto más rayado o con Pro-Ca no aumentaron el número de flores en brotes comparadas con el solo poda del 13 de agosto (9 flores).

La floración que ocurrió en este experimento fue menor que la reportada en el experimento uno, posiblemente el manejo del huerto previo a las podas o la ausencia de aplicaciones de fuentes nitrogenadas (urea y nitrato de calcio) influyó en el incremento de número de flores en brotes, tampoco el adelanto de las fechas de poda, aspersiones de Pro-Ca y rayado de ramas adelantó la fecha de floración en octubre y noviembre.

**Figura 10. Fenología de lima Persa (*Citrus latifolia* Tan.) / 'Volkameriana' (*Citrus volkameriana* Ten. & Pasq.) en el periodo 2008-2009 en Cuitlahuac, Ver.**

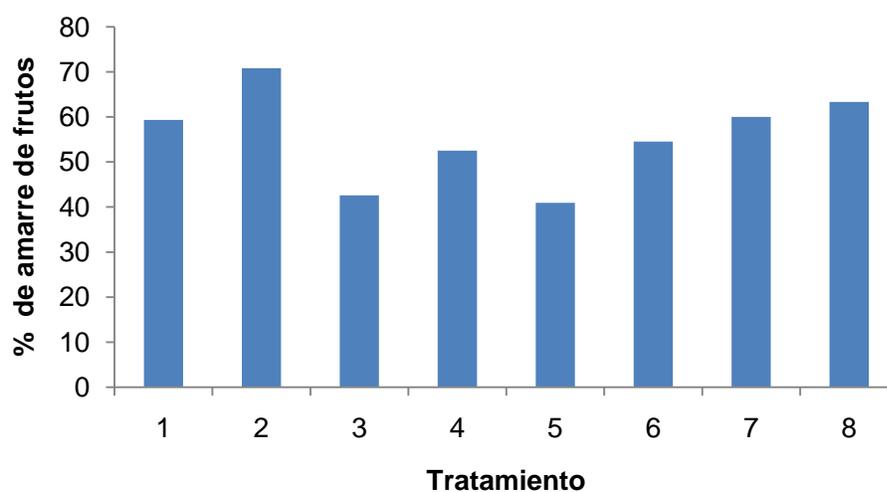


En lima Persa Curti-Díaz (1996) señala que la poda en cualquier época del año puede producir solamente brotes vegetativos sin inducir floración, por lo que se requiere factores que promuevan la iniciación floral. En la actual investigación el manejo antes de la aplicación de los tratamientos y las condiciones ambientales durante la investigación pudo influir en la época de iniciación floral y número de flores obtenida (Figura 10).

Las temperaturas mínimas reportadas por el Datta Logger (MOVO) menores a 21 °C antes del inicio de la floración (24 de diciembre) fueron del periodo del 17 de noviembre al 16 de diciembre de 2008 con temperaturas entre 20.57 y 13.32 °C. Siendo la temperatura media en este periodo de 19.5 °C (Figura 3a). La humedad relativa en los días de bajas temperaturas se mantuvo de 82 a 87 % (Figura 4a).

#### **9.4 Amarre de Fruto**

El amarre del fruto se cuantificó el 18 de febrero cuando los frutos median 2.5 cm de diámetro aproximado. No se encontraron diferencias significativas en los tratamientos (Tukey, 0.05), sin embargo los tratamientos que reportaron menor caída de fruto fueron el tratamiento 2 (70 %) y el tratamiento 8 (63 %). Los demás tratamientos (1, 3, 4, 5, 6 y 7) presentaron amarre de frutos de 40 a 54% (Figura 11). Aunque Agustí (1988) menciona que el rayado incrementa floración en cítricos y reduce el porcentaje de amarre de fruto, los tratamientos con rayado de ramas 2, 6 y 8 exceptuando el 4, tuvieron mayor amarre de fruto que los tratamientos de solo poda (1 y 5) (Figura 11).



**Figura 11. Porcentaje de frutos amarrados por tratamiento.**

Después de la brotación floral en los brotes muestreados (17 de enero) las condiciones ambientales del huerto durante el amarre de frutos (18 de enero al 18 de febrero) se mantuvo en promedio en temperaturas de 18.9 a 25.7 °C (Figura 3a) y humedad relativa de 70 a 93 % (Figura 4a).

## 10. CONCLUSIONES

En los cortes anatómicos que se efectuaron de las yemas, no se observó cuándo ocurre la iniciación floral, se sugiere que para determinar la iniciación floral en lima Persa se debe muestrear más de tres repeticiones por árbol para aumentar la posibilidad de encontrar meristemas en fase de transición vegetativa a reproductiva.

La poda de despunte y aclareo realizada en agosto promovió mayor número de brotes vegetativos que la poda en julio, debido a la realización de podas ligeras y continuas en el árbol en los meses previos a la poda, redujo la capacidad de formación de nuevos brotes en el árbol.

El inhibidor de crecimiento prohexadiona de calcio y rayado de ramas influyen en la producción de flores. Sin embargo las diferencias no fueron significativas y no adelantaron la floración a los meses de octubre y noviembre.

Los tratamientos que presentaron rayado de ramas tuvieron mayor amarre de fruto en brotes de otoño.

## XI. LITERATURA CITADA

- Abdalla, K. M., M. A. Meligi, A. H. Hussein and T. A. Ahmed. 1986. Mineral aspects of floral development in citrus change in floral nitrogen, potassium and phosphorus. *Acta Horticulturae* 175:199-207.
- Acevedo E., T. C. Hsiao and D. W. Henderson. 1971. Immediate and subsequent growth responses of maize leaves to changes in water status. *Plant Physiology* 48:631-636.
- Acosta J., F., N. Nieves, M. Escalona, C. Espinosa, J. González, C. Borroto, M. Blanco, R. Rodríguez, y A. González, A. 1993. Algunas consideraciones sobre el efecto de las aplicaciones de urea foliar en la floración de la toronja 'Marsh'. *Memorias II Sobre Sistemas de Producción en Cítricos*. Chapingo, México. pp: 184-190.
- Agustí, M. 1988. Rayado y estímulo de la floración en los agrios. Su aplicación Agronómica. *Acta de horticultura* 1:39-44.
- Agustí, M. 2000. *Citricultura*. Ed. Mundi-Prensa, Madrid, España. 391 p.
- Agustí, M. 2004. *Fruticultura*. Ed. Mundi-Prensa, Madrid, España. 494 p.
- Albrigo, G. L. and V. G. Saúco. 2004. Flower bud induction, flowering and fruit-set of some tropical and subtropical fruit tree with special reference to citrus. *Acta Horticulturae* 632:81-87.

- Ali, A. G. and C. J. Lovatt. 1994. Winter application of low biuret urea to foliage of 'Washington' navel orange increased yield. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 119:1144-1150.
- Espinoza J. R. y V. G. Almaguer. 1992. Promoción de la floración fuera de época en limón 'Persa' (*Citrus latifolia* Tan.) en Martínez de la Torre, Ver., Méx. *Chapingo* 78:133-136.
- Ariza F., R., Cruzaley S., R., Vázquez G., E., Barrios A., A. y Alarcón C., N. 2004. Efecto de las labores culturales en la producción y calidad del limón mexicano de invierno. *Revista Fitotecnia Mexicana* 27:73-76.
- Barbera, G., B. Kicascui and G, Fatta. 1985. Effects of water stress on lemon summer bloom: the forzata technique in the Sicilian citrus industry. *Acta Horticulturae* 171:391-397.
- Basak, A. 2004. Growth and fruiting of 'Elstar' apple trees in response to prohexadione calcium depending on the rootstock. *Acta Horticulturae* 653:117-125.
- Becerra R., S. 1988. Características de la brotación y floración del limón mexicano (*Citrus aurantifolia* Swin.) en Colima. Resúmenes del XII Congreso de la Sociedad Mexicana de Fitogenética. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 113p.

- Becerril R., A. E. y J. Rodríguez A. 1989. Producción forzada en frutales de clima templado. En Simposium: Producción Forzada en Frutales. Memorias. Centro de Fruticultura. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México pp: 5-8.
- Bernier, G., J. M. Kinet, and R. M. Sachs. 1981. The physiology of flowering. Vol II. CRS Press. Boca Raton, Florida. 230 p.
- Borroto, C. G., V. M. López y O. Hidalgo. 1981. Efecto del stress hídrico y la presencia de frutos de la cosecha anterior sobre el rendimiento de los naranjos valencia. En: Memorias del Primer Congreso Nacional de Cítricos y otros Frutales. La Habana, Cuba. pp: 409-426.
- Borroto N., C. y Borroto de la T., A. 1991. Citricultura tropical. Tomo I. Ed. ENPES, La Habana, Cuba, pp: 67-69.
- Bradfield, E. G. and D. Spencer. 1965. Leaf analysis as a guide to the nutrition of fruit crops: Determination of magnesium, zinc and copper by atomic absorption spectroscopy. Journal of the Science of Food and Agriculture 16:33-38.
- Bremer, J. M. 1965. Total nitrogen. In: Methods and soils analysis. C.A. Black (Ed). Part. 2. American Society of Agronomy. Madison, Wisconsin. pp: 1149-1178.

- Bubán, T., Foldes, L., Fekete, Z. and Rademacher W., 2004. Effectiveness of the resistance inducer prohexadione-Ca against fireblight in shoots of apple trees inoculated with *Erwinia amylovora*. Bulletin OEPP/EPPO Bulletin 34:369-376.
- Cárdenas, K. y E. Rojas. 2003. Efecto del paclobutrazol y los nitratos de potasio y calcio sobre el desarrollo del mango 'Tommy Atkins'. Biagro 15:83-90.
- Chapman, H. D., and P. E. Pratt. 1973. Métodos de análisis para suelos, planta y agua. Trad. Del ingles por: A. Cont. Editorial Trillas. México. 195 p.
- Cooper, W. C. and Peynado. 1958. Effect of gibberelic acid on growth and dormancy in citrus. Proceedings of the American Society for Horticultural Science 72:284-289.
- Cornish, K and J. A. D. Zeevaart. 1984. Abscisic acid metabolism in relation to water stress and leaf age in *Xanthium strumarium*. Plant Physiology 76:1029-1035.
- Costa, G., E. Sabatini. F. Spinelle. C. Andreotti. C. Bomben and G. Vizzoto. 2004. Two years of application of P-Ca on apple: Effect on vegetative and cropping performance, fruit quality, return bloom and residual effect. Acta Horticulturae 653:49-57.
- Curti-Díaz, S. A. 1996. El despunte de brotes y el desarrollo del limón Persa. Agrociencia 30:405-409.

- Curti-Díaz S. A. 2009. Experiencias para incrementar la producción de naranjo y limón Persa durante los periodos de mayor rentabilidad en Veracruz. En: Simposium Nacional de Producción Forzada en Frutales. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, México. pp: 26-30.
- Curti-Díaz, S. A., R. A. Parra Q. y R. Mosqueda V. 1990. Desfasamiento de la época de cosecha en cítricos. En: Memorias de la Tercera Reunión Anual del CIFAP. Veracruz, Ver. pp: 69-74.
- Curti-Díaz, S. A., R. Mosqueda V. y M. A. Rodríguez P. 1997. Acido giberelico, acido cloroetilfosfonico y urea en la floración y rendimiento del naranjo 'Valencia'. *Agrociencia* 31:297-303.
- Davenport T. L. 1990. Citrus Flowering. *Horticultural Reviews* 8:349-408.
- Davie, S. J., Stassen, P. J. C. and Walt, M. 1995. Girdling for increased Hass fruit size and its effect on carbohydrate production and storage. *Proceedings of the World Avocado Congress III* pp: 25-28.
- Díaz D. H. 2002. Fisiología de árboles frutales. Ed. AGT Editor, S. A. México, D.F. pp: 114-353.
- El-Otmani, M., Ait-Oubahou, A. , Lovatt, C. J. , Fatima-Zahra, T. and B. Lmoufid. 2004. Improved use of foliar urea on 'Clementine' mandarin to manipulate cropping in a sustainable system. *Acta Horticulturae* 632:167-175.

- El-Otmani, M., C. W. Coggins., M. Agusti and C. J. Lovatt. 2000. Plant growth regulators. In citriculture: world current uses. *Critical Reviews in Plant Science* 5:395-447.
- Embleton, T. W. and W. W. Jones. 1974. Foliar applied nitrogen for citrus fertilization. *Journal Environment Quality* 3:388-392.
- Erner, Y. 1988. Effects of girdling on the differentiation of inflorescence types and fruit set in 'Shamouti' orange trees. *Israel Journal of Botany* 37:173-180.
- Evans, R. R., J. R. Evans, and W. Rademacher. 1997. Prohexadione calcium for suppression of vegetative growth in eastern apples. *Acta Horticulturae* 451:663-666.
- Fallahi, E. 1999. Metabolism, action and use of BAS-125W in apples. *HortScience* 34:1192-1193.
- Fishler, M., E. E. Goldschmidt and S. P. Monselise. 1983. Leaf area and fruit size on girdled grapefruit branches. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 108:219-221.
- Frometa, E., M. Alvarez y E. Howell. 1980. Fenología en Citricos. III. Lima Persa (*Citrus latifolia* Tan.). *Agrotecnia de Cuba* 12:1-10.

- Garcia-Luis, A., F. Fornes, and J. L. Guardiola. 1995. Leaf carbohydrates and flower formation in citrus. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 120:222-227.
- Ghawade, S. M., D. M. Panchbhai, B. J. Jadhao, S. R. Katole and S. M. Dadmal. 2002. Flowering behaviour of 'Kagzi' lime (*Citrus aurantifolia* Swingle) under sub-humid tropical climate. *Agricultural Science Digest* 22:252-254.
- Goldschmidt, E. E. 1999. Carbohydrate supply as a critical factor for citrus fruit development and productivity. *HortScience* 34:1020-1024.
- Goldschmidt, E. E. and A. Golomb. 1982. The carbohydrate balance of alternate-bearing citrus trees and the significance of reserves for flowering and fruiting. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 107:206-208.
- Goldschmidt, E. E., N. Aschkenazi, Y. Herzano, A. A. Schaffer, and S. P. Monselise. 1985. A role for carbohydrate levels in the control of flowering in citrus. *Scientia Horticulturae* 26:159-166.
- Gómez C., M. A., R. Schwentesius R. y A. Barrera G. 1994. El limón Persa en México, una opción para el trópico. Universidad Autónoma Chapingo, CIESTAAM México. pp: 18-24.
- González, J., and C. G. Borroto. 1987. Use of plant growth regulators to control flowering in citrus. *Biology Plantarum* 29:342-349.

- Goren, R. , Jona, R. and Monselise, S. P. 1971. Further studies on the effect of nucleic acids on shoot and flower formation in citrus trees. *Botanical Gazette* 132:332-336.
- Greene, D. 1999. The growth management and fruit quality of apple trees treated with prohexadione-calcium. *HortScience* 34:1209-1212.
- Griggs D., Hedden P., Temple-Smith K., and Rademacher W. 1991. Inhibition of gibberellin 2-hydroxylases by acyclohexanedione derivatives. *Phytochemistry* 30:2513–2517.
- Guardiola, J. L., C. Monerri, and M. Agusti. 1982. The inhibitory effect of gibberellin on flowering in citrus. *Physiol Plant* 55:136-142.
- Haas, A. R. G. 1949. Experimental application of urea to lemon leaves. *California Citrog* 34:286-318.
- Hall, A. E., M. M. A. Khairi and C. W. Asbell. 1977. Air and soil temperature effects on flowering of citrus. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 102:261-263.
- Handa, S., R. A. Bressan, A. K. Handa, N. C. Carpita and P. M. Hasega. 1983. Solutes contributing to osmotic adjustment in cultured plant cells adapted to water stress. *Plant Physiology* 16:129-133.

- Henson, I. E., C. R. Jenson and N. C. Turner. 1989. Leaf gas exchange and water relations in lupins and wheat: Abscisic acid and drought induced stomatal closure. *Australian Journal of Plant Physiology* 16:429-442.
- Herrera, S. R., and Huber, J. T. 1989. Influence of varying protein and starch degradabilities on performance of lactating cows. *Journal of Dairy Science*. 72: 1477-1483.
- Hilgeman, R. H., J. A. Dunlap and G. C. Sharples. 1967. Effect of time of harvest of Valencia oranges on leaf carbohydrate content and subsequent set of fruit. *Proceedings of the American Society for Horticultural Science* 90:110-116.
- Hsiao, T. C. 1973. Plant responses to water stress. *Annual Review of Plant Physiology* 24:519-570.
- INAFED. 2005. Enciclopedia de los municipios de México: Estado de Veracruz Ignacio de la Llave, Cuitlahuac. Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal, Gobierno del Estado de Veracruz.
- INIFAP. 2007. Red nacional de estaciones estatales agroecológicas: estación El Nanche-CODEPA, Municipio de Cuitlahuac, Ver. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. <http://clima.inifap.gob.mx/redclima /clima /est.aspx?numest=36321>
- Johansen, D. A. 1940. *Plant Microtechnique*. Ed. MacGraw-Hill. Estados Unidos. 523 p.

- Jones, W. W., and T. W. Embleton. 1965. Urea Foliage sprays. *California Citrog* 50:355-359.
- Lovatt, C. J. 2000. Management of foliar fertilization. *Revista Terra* 17:257-264.
- Lovatt, C. J., Zheng, Y. S. and Hake, K. D. 1988. Demonstration of a change in nitrogen metabolism influencing flower initiation in citrus. *Israel Journal of Botany* 37:181-188.
- Malavolta, E., G. Vitti e de Oliveira, S. 1989. Avalicao do estado nutricional das plantas. Associacao Brasileira. Para Pesquisa da Potassa e do Fosfato (POTAFOS). Piracicaba, SP. Brasil. 201 pp.
- McNeil, R. and Parsons, G. 2003. Girdling of Hass avocado trees to increase fruit yield and income in "off" years in a California Coastal Valley. *Proceedings V World Avocado Congress* pp: 263-265.
- Medina-Urrutia, V. M., and Alcalde-Blanco, S. 1993. Seasonal variations in macronutrient concentrations of leaves of Mexican lime and Persian lime on various rootstocks. *Proceedings of the Tropical Region, American Society for Horticultural Science* 23:87-91.
- Miller, S. S. 2002. Prohexadione-calcium controls vegetative shoot growth in apple. *Journal of Tree Fruit Production* 3:11-28.

- Monselise, S. P. 1973. Recent advances in the understanding of flower formation in fruit trees and its hormonal control. *Acta Horticulturae* 34:157-166.
- Monselise, S. P. and Halevy, A. H. 1964. Chemical inhibition and promotion of citrus bud induction. *Proc. Amer. Society Horticultural Science* 84:141-146.
- Monselise, S. P., R. Goren and I. Wallerstein. 1972. Girdling effects on orange fruit set and young fruit abscission. *Hortscience* 7:314-315.
- Monteiro da Cruz, M do Céu., D. Lopes de Siqueira., L. C. Chamhum S. e P. R. Cecon. 2008. Influência do paclobutrazol e da temperatura ambiente sobre o florescimento e frutificação da limeira ácida 'Tahiti'. *Ciência e Agrotecnologia* 32:1148-1153.
- Morales G., M. E. 2010. Época de iniciación floral y reguladores de crecimiento exógenos en brotación floral, amarre de fruto, azúcares soluble, rendimiento y rentabilidad en litchi 'Brewster'. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados. México. 110 p.
- Moss, G.I. 1971. The effect of fruit on flowering in relation to biennial bearing in sweet orange (*Citrus sinensis*). *Journal of Horticultural Science* 46:177-184.
- Mostafa, E. A. M. and M. M. S. Salch. 2006. Response of balady mandarin trees to girdling and potassium sprays under sandy soil conditions. *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences* 2:137-141.

- Mostert, P. G. and J. L. Zyl Van. 2000. Gains in citrus fruit quality through regulated irrigation. *Acta Horticulturae* 516:123-130.
- Nir, I., R. Goren and B. Leshem. 1972. Effects of water stress, gibberellic acid and 2-chloroethyl-trimethylammonium chloride (CCC) on flower differentiation in Eureka lemon trees. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 97:774-778.
- Pérez G., A. 2007. Producción forzada de limón Persa (*Citrus latifolia* Tan.) en Yucatán. En: XI Simposium Internacional de Citricultura, (Cd. Victoria Tamaulipas, México 17-19 de mayo 2007). pp: 14-18.
- Pimienta B., E. 1985. Diferenciación floral en especies frutales perennes. *Fitotecnia* 7:154-179.
- Rademacher, W. 2000. Growth retardants: effects on gibberellins biosynthesis and other metabolic pathways. *Annual Review Plant Physiology Plant Molecular Biology* 51:501-531.
- Robinson, S. P., W. J. R. Grant and B. R. Loveys. 1988. Stomatal limitation of photosynthesis in abscisic acid-treated and in water stressed leaves measured at elevated CO<sub>2</sub>. *Australian Journal of Plant Physiology* 15:495-503.

- Rodríguez A., J. 1989 Mejoramiento genético para producción forzada. En Simposium: Producción Forzada en Frutales. Memorias. Centro de Fruticultura. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México pp: 13-16.
- Rodríguez M., R. y G. Juárez J. 1988. Estudio fenológico del limón Persa (*Citrus latifolia* Tan.) en Papantla, Veracruz. Resúmenes de XII Congreso de la Sociedad Mexicana de Fitogenética. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 103 p.
- Rojas, E. 1996. Efecto del nitrato de calcio en la brotación floral y vegetativa del mango (*Mangifera indica* L.) cv. Haden. Rev. Fac. Agron. 22:37-45.
- Salisbury, F. B and W. C. Ross. 2000. Fisiología de las plantas, células:agua, soluciones y superficies. Ed. Thomson Editores Spain. Magallanes, Madrid. 240 p.
- Santos, C. H. dos, Klar, A. E., Grassi Filho, H., Rodrigues, J. D. e Pierre, F. C. 2004. Indução do florescimento e crescimento de tangerineira 'Poncã' (*Citrus reticulata* Blanco) em função da irrigação e da aplicação de paclobutrazol. Revista Brasileira de Fruticultura 26:8-12.
- SAS. 2002. SAS User's Guide. Version. 9.0, SAS Institute Inc. Cary, NC. USA.
- Schaper, H. and Chacko, E. K. 1993. Effect of irradiance, leaf age, chlorophyll content and branch-girdling on gas exchange of cashew (*Anacardium occidentale* L.) leaves. Journal of Horticultural Science 68:541-550.

Sharma, V. and Fletcher, J. 2002. Maintenance of Shoot and floral meristem cell proliferation and fate. *Plant Physiology* 129:33-39.

SIAP-SAGARPA. 2008. Servicio de información agroalimentaria y pesca-Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Anuario Estadístico de la Producción Agrícola. Disponible *In:*<http://www.siap.sagarpa.gob.mx>

Simões J., A. R., Mourão F., F. A. A. de, Araújo, P. S. R. de; Piedade, S. M. S. de; Jacomino, Â. P. 1999. Avaliação de frutos de laranjeira 'Pera' em função dos anelamentos de ramos em diferentes épocas. *Scientia Agricola* 56:529-535.

Sívori, E. M., E. R. Montaldi y O. H. Caso. 1980. *Fisiología Vegetal*. Hemisferio Sur, Argentina. pp:561-599.

Southwick, M. S. and T. L. Davenport. 1986. Characterization of water stress and low temperature effects on flower induction citrus. *Plant Physiology* 81:26-29.

Stover, E. W., S. M. Ciliento and M. E. Myers. 2004. Response of six citrus genotypes to Prohexadione-Ca. *The Plant Growth Regulation Society of America* 32(2):86. *In:* [http://www.pgrsa.org/PGRSA\\_Quarterly/V32N02.pdf](http://www.pgrsa.org/PGRSA_Quarterly/V32N02.pdf)

- Urban, L., Léchaudel, M. and Lu, P. 2004. Effect of fruit load and girdling on leaf photosynthesis in *Mangifera indica* L. *Journal of Experimental Botany* 55:2075-2085.
- Wang, Z., and G. W. Stutle. 1992. The role of carbohydrates in active osmotic adjustment in apple under water stress. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 7:816-823.
- Winkler, V. W. 1997. Reduced risk concept for prohexadione-calcium, a vegetative growth control plant growth regulator in apples. *Acta Horticulturae* 451:667-671.