



# **COLEGIO DE POSTGRADUADOS**

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

**CAMPUS MONTECILLO**

POSTGRADO EN RECURSOS GENÉTICOS Y PRODUCTIVIDAD

**FISIOLOGÍA VEGETAL**

**CAMBIOS EN CRECIMIENTO, PRODUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE  
MATERIA SECA POR EFECTO DE PROMOTORES DE BROTAÇÃO  
EN DURAZNO**

**ELOY CANALES SOSA**

**T E S I S**

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL  
PARA OBTENER EL GRADO DE:

**MAESTRO EN CIENCIAS**

MONTECILLO, TEXCOCO, ESTADO DE MÉXICO

2008

La presente tesis, titulada: **Cambios en crecimiento, producción y distribución de materia seca por efecto de promotores de brotación en durazno**, realizada por el alumno: **Eloy Canales Sosa**, 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**

**FISIOLOGÍA VEGETAL**

**COSEJO PARTICULAR**

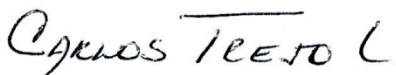
Consejero:



---

Dr. Guillermo Calderón Zavala

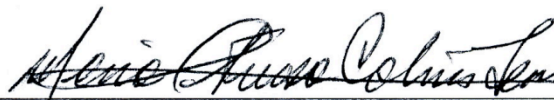
Asesor:



---

Dr. Carlos Trejo López

Asesor:



---

Dra. Ma. Teresa Colinas León

Montecillo, Texcoco, Estado de México, Octubre de 2008

# CAMBIOS EN CRECIMIENTO, PRODUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE MATERIA SECA POR EFECTO DE PROMOTORES DE BROTAÇÃO EN DURAZNO

Eloy Canales Sosa, M. C.

Colegio de Postgraduados, 2008

Para ofrecer un mejor producto para inducir brotación en durazno, además de la necesidad de nuevos y más eficientes promotores de brotación, es importante documentar su efecto sobre la fisiología de la planta completa y la respuesta en crecimiento. Por lo anterior, el objetivo de esta investigación fue estudiar la respuesta en el crecimiento y acumulación y partición de materia seca, así como la producción de fruto en plantas completas de durazno sometidas a aplicación de promotores de brotación, con lo que se altera su fenología. Para ello se utilizaron árboles de 1 año de edad, creciendo en contenedores de plástico; se aplicaron los siguientes tratamientos: 1) TDZ 200 mg·L<sup>-1</sup> + aceite 2%, 2) Dormex<sup>®</sup> 0.5% + aceite 2%, 3) Erger<sup>®</sup>-G 6%, 4) Erger<sup>®</sup>-G 6% + CaNO<sub>3</sub> 12%, 5) Erger<sup>®</sup>-G 2% + aceite 2% y 6) testigo (sin aplicar). En brotación, los tres promotores muestran ser efectivos, pero en brotación floral el TDZ fue significativamente superior. El crecimiento de nuevos brotes, hojas y frutos, así como la calidad de éstos, no se afectaron de manera significativa por los promotores de la brotación. La acumulación total de materia seca fue mayor con los tratamientos con Erger<sup>®</sup>-G, pero con éstos se redujo la producción de fruto. La distribución de materia seca por órganos también se afectó significativamente; el compuesto nitrogenado Erger<sup>®</sup>-G en combinación con nitrato de calcio incrementó de manera significativa el área foliar total por árbol y la materia seca acumulada por hojas, pero aun así, produjo el menor número de frutos, rendimiento y peso seco acumulado en frutos por planta; mientras que con la aplicación de Thidiazurón (Revent<sup>®</sup>) se redujo significativamente el peso seco total por planta, pero la distribución relativa de materia seca hacia frutos no se redujo significativamente.

**Palabras clave:** *Prunus persica*, brotación, planta completa, crecimiento de fruto, partición de materia seca.

# CHANGES IN GROWTH, PRODUCTION AND DRY MATTER PARTITIONING AFFECTED BY BUDBREAKING PROMOTERS IN PEACH

Eloy Canales Sosa, M. C.

Colegio de Postgraduados, 2008

In order to make available a better product to induce budbreak in peach, in addition to the need of new and efficient budbreakers, it is important to clarify their effect on the whole tree physiology and growth response. The objective of this research was to study the growth response and dry matter accumulation and partitioning, as well as fruit yield per tree in peach trees affected by budbreakers application which induce changes in their phenology. Treatments applied on 1-year old potted peach trees were: 1) TDZ 200 mg·L<sup>-1</sup> + oil 2%, 2) Dormex<sup>®</sup> 0.5% + oil 2%, 3) Erger<sup>®</sup>-G 6%, 4) Erger<sup>®</sup>-G 6% + CaNO<sub>3</sub> 12%, 5) Erger<sup>®</sup>-G 2% + oil 2% and 6) control (with no application). The results indicated that treatments 1, 2 and 3 were highly effective promoting budbreak of peach, but floral budbreak was significantly superior with TDZ application. Shoot, leaf and fruit growth, as well as fruit quality were not significantly affected by budbreaking treatments. Total dry matter accumulation was higher in treatments containing Erger<sup>®</sup>-G but these treatments reduced fruit production per tree. Dry matter partitioning to plant components was also affected by treatments; sprays of Erger<sup>®</sup>-G and calcium nitrate increased total leaf area and dry matter partitioned to leaves, but the lowest number of fruits per tree and, consequently, lowest fruit yield and fruit dry weight were obtained in trees with this treatment. On the other hand, total dry weight per tree was significantly reduced with Thidiazuron (Revent<sup>®</sup>) application, but relative dry matter partitioned to fruits was not affected.

**Key words:** *Prunus persica*, budbreak, whole tree, fruit growth, dry matter partitioning.

## **AGRADECIMIENTOS**

A los mexicanos que con sus impuestos y a través del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) y el Colegio de Postgraduados han financiado mis estudios de maestría, gracias.

Al Colegio de Postgraduados y a la orientación de Fisiología Vegetal, por permitirme trascender en mi formación académica.

Dr. Guillermo Calderón Zavala, por su esfuerzo, dedicación, tiempo y apoyo brindado, así como por sus acertadas sugerencias en la ejecución y revisión de este trabajo de investigación, pero sobre todo por su paciencia, le agradezco por ello.

Al Dr. Carlos Trejo López, por su incondicional apoyo para la realización de la presente investigación y por la revisión y sugerencias para la redacción de la tesis.

A la Dra. Ma. Teresa Colinas León, por su valiosa participación en la revisión, corrección y sugerencias del presente trabajo.

Al M.C. Antonio García Esteva por su apoyo y por las facilidades de uso del integrador de área foliar y las estufas utilizadas en esta investigación.

Por tu invaluable apoyo en la realización de la presente investigación, gracias, M. C. Ana Magali Sánchez Pérez.

A todos y cada uno de mis compañeros y amigos del Colegio de Postgraduados, porque gracias a ellos tuve una estancia muy agradable e inolvidable en dicha institución.

A todas aquellas personas, llámense Familiar, Profesor (a), Amigo (a) o Compañero (a), que de una u otra manera me han apoyado, aun en la distancia.

**A TODOS USTEDES, MIL GRACIAS...**

## DEDICATORIA

Este trabajo tiene dedicatoria especial a mi padre **Gerardo Canales Peralta**, que aunque ya no está a mi lado, siempre me brindó todo su apoyo y confianza en cada una de mis metas y a mi madre **Emigdia Sosa Flores** quien siempre me alienta a ser una persona de bien. Los quiero y los querré siempre.

A mis hermanos: Lourdes, Miguel, Emilia, Angélica, Gerardo, Adriana, Fernando y Javier, porque somos y seremos una familia ejemplar, para ustedes con mucho cariño.

A usted abuelita Lupe (Guadalupe Flores Díaz), por su ejemplo de vida que me alienta a seguir superándome.

## CONTENIDO

	Página
<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>II. REVISIÓN DE LITERATURA</b> .....	4
2.1. Producción forzada .....	4
2.1.1. Generalidades.....	4
2.1.2. Producción forzada en frutales de clima templado.....	5
2.1.3. Principales técnicas utilizadas .....	6
2.2. Balance de carbono y crecimiento.....	13
2.2.1. Factores que afectan el balance de carbono .....	14
2.2.2. Factores que afectan la fuente de carbono .....	15
2.2.3. Factores que afectan la demanda de carbono .....	18
2.3. Partición de materia seca/carbono.....	21
2.3.1. Generalidades.....	21
2.3.2. Principales factores que afectan la partición de carbono.....	22
<b>III. MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	29
3.1. Ubicación del experimento .....	29
3.2. Material vegetal.....	29
3.3. Tratamientos y diseño experimental.....	30
3.3.1. Tratamientos.....	30
3.3.2. Diseño experimental.....	31
3.4. Manejo del experimento .....	31
3.5. Mediciones y variables.....	32
3.5.1. Brotación.....	32
3.5.2. Número de flores y amarre de frutos .....	33
3.5.3. Crecimiento.....	33
3.5.4. Materia seca.....	33
3.5.5. Área foliar y peso específico de hoja .....	33
3.5.6. Producción.....	34
3.5.7. Calidad de fruto .....	34

	<b>Página</b>
<b>IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>35</b>
4.1. Brotación.....	35
4.1.1. Brotación vegetativa.....	35
4.1.2. Brotación floral.....	38
4.2. Número de flores y amarre de frutos .....	42
4.3. Crecimiento.....	45
4.3.1. Longitud de brotes vegetativos del año.....	45
4.3.2. Longitud y ancho de hoja.....	47
4.3.3. Diámetro del fruto.....	49
4.4. Acumulación y distribución de materia seca .....	51
4.4.1. Acumulación de materia seca.....	51
4.4.2. Distribución de materia seca.....	52
4.5. Área foliar y peso específico de hoja .....	57
4.6. Producción.....	59
4.6.1. Frutos por árbol antes del raleo, frutos cosechados y rendimiento por árbol.....	59
4.7. Calidad de fruto .....	64
4.8. Discusión general.....	67
<b>V. CONCLUSIONES.....</b>	<b>70</b>
<b>VI. LITERATURA CITADA .....</b>	<b>72</b>
<b>VII. APÉNDICE.....</b>	<b>85</b>
7.1. Cuadros.....	85
7.2. Figuras.....	89



## LISTA DE CUADROS Y FIGURAS

### Cuadros en el texto

	<b>Página</b>
<b>Cuadro 1.</b> Tratamientos aplicados el 02 de febrero de 2007 en durazno ‘Oro Azteca Mejorado’, en Montecillo, Texcoco, México.....	30
<b>Cuadro 2.</b> Efecto de la aplicación de promotores de brotación en la brotación vegetativa de durazno ‘Oro Azteca Mejorado’ en tres muestreos realizados después de la aplicación (DDA) de los tratamientos en Montecillo, Texcoco, México.....	37
<b>Cuadro 3.</b> Efecto de la aplicación de promotores de brotación en la brotación floral de durazno ‘Oro Azteca Mejorado’ en tres muestreos realizados después de la aplicación (DDA) de los tratamientos en Montecillo, Texcoco, México.....	40
<b>Cuadro 4.</b> Efecto de la aplicación de promotores de brotación en el número de flores por rama mixta (al 30 de marzo de 2007) y en el amarre de fruto (al 15 de abril de 2007) de durazno ‘Oro Azteca Mejorado’ cultivado en Montecillo, Texcoco, México.....	43
<b>Cuadro 5.</b> Efecto de la aplicación de promotores de brotación en el crecimiento de brotes vegetativos del año de durazno ‘Oro Azteca Mejorado’, en tres muestreos realizados después de la aplicación (DDA) de los tratamientos en Montecillo, Texcoco, México.....	47
<b>Cuadro 6.</b> Efecto de la aplicación de promotores de brotación en el crecimiento longitudinal de la hoja (cm) en durazno ‘Oro Azteca Mejorado’, en tres muestreos realizados después de la aplicación (DDA) de los tratamientos en Montecillo, Texcoco, México.....	48

<b>Cuadro 7.</b> Efecto de la aplicación de promotores de brotación en el crecimiento del ancho de la hoja (cm) en durazno ‘Oro Azteca Mejorado’, en tres muestreos realizados después de la aplicación (DDA) de los tratamientos en Montecillo, Texcoco, México.....	49
<b>Cuadro 8.</b> Efecto de la aplicación de promotores de brotación en el diámetro de fruto (cm) de durazno ‘Oro Azteca Mejorado’ en tres muestreos realizados después de la aplicación (DDA) de los tratamientos en Montecillo, Texcoco, México.....	50
<b>Cuadro 9.</b> Efecto de la aplicación de promotores de brotación en acumulación de materia seca (g) total (MST), así como en raíces menores a 5 mm (R<5), raíces mayores a 5 mm (R>5) y madera mayor de un año (M>A) en árboles de durazno ‘Oro Azteca Mejorado’ cultivados en Montecillo, México.....	53
<b>Cuadro 10.</b> Efecto de la aplicación de promotores de brotación en la acumulación de la materia seca (g) de madera del año (MA), hoja (H) y fruto (F) en árboles de durazno ‘Oro Azteca Mejorado’ cultivados en Montecillo, Texcoco, México.....	55
<b>Cuadro 11.</b> Efecto de la aplicación de promotores de brotación en el porcentaje de distribución de la materia seca (%) en raíz menor a 5 mm (R<5), raíz mayor a 5 mm (R>5), madera mayor a un año (M>A), madera del año (MA), hoja (H), fruto (F) y materia seca total (MST) de árboles jóvenes de durazno ‘Oro Azteca Mejorado’ cultivados en Montecillo, Texcoco, México.....	56

	<b>Página</b>
<b>Cuadro 12.</b> Efecto de la aplicación de promotores de brotación en el área foliar total (AF) y peso específico de hoja (PEH) por árbol de durazno ‘Oro Azteca Mejorado’ cultivado en Montecillo, Texcoco, México.....	58
<b>Cuadro 13.</b> Efecto de la aplicación de promotores de brotación en la producción: frutos por árbol antes del raleo (FAAR), frutos cosechados (FC) y rendimiento por árbol (RA) en durazno ‘Oro Azteca Mejorado’ cultivado en Montecillo, Texcoco, México.....	60
<b>Cuadro 14.</b> Efecto de la aplicación de promotores de brotación en la calidad del fruto: peso (P, g), diámetro ecuatorial (DE, cm), diámetro polar (DP, cm), contenido de sólidos solubles totales (SST, °Brix) y firmeza (F, kg·cm <sup>-2</sup> ) de durazno ‘Oro Azteca Mejorado’ cultivado en Montecillo, Texcoco, México. Datos de la producción del corte del 01 y 8 de junio de 2007.....	64

## Figuras en el texto

### Página

- Figura 1.** Dinámica de brotación vegetativa por efecto de aplicación de promotores de brotación, aplicados el 7 de febrero de 2007 en durazno ‘Oro Azteca Mejorado’, en Montecillo, Texcoco, México. Tratamientos: 1) TDZ 200 mg·L<sup>-1</sup> + aceite 2%, 2) Dormex<sup>®</sup> 0.5% + aceite 2%, 3) Erger<sup>®</sup>-G 6%, 4) Erger<sup>®</sup>-G 6% + CaNO<sub>3</sub> 12%, 5) Erger<sup>®</sup>-G 2% + aceite 2% y 6) testigo (sin aplicar). Cada punto es el promedio de 8 repeticiones..... 36
- Figura 2.** Dinámica de brotación floral por efecto de aplicación de promotores de brotación aplicados el 7 de febrero de 2007 en durazno ‘Oro Azteca Mejorado’, en Motecillo, Texcoco, México. Tratamientos: 1) TDZ 200 mg·L<sup>-1</sup> + aceite 2%, 2) Dormex<sup>®</sup> 0.5% + aceite 2%, 3) Erger<sup>®</sup>-G 6%, 4) Erger<sup>®</sup>-G 6% + CaNO<sub>3</sub>12%, 5) Erger<sup>®</sup>-G 2% + aceite 2% y 6) testigo (sin aplicar). Cada punto es el promedio de 8 repeticiones..... 39
- Figura 3.** Dinámica del crecimiento de brotes vegetativos del año por efecto de promotores de brotación aplicados el 7 de febrero de 2007 en durazno ‘Oro Azteca Mejorado’, en Motecillo, Texcoco, México. Tratamientos: 1) TDZ 200 mg·L<sup>-1</sup> + aceite 2%, 2) Dormex<sup>®</sup> 0.5% + aceite 2%, 3) Erger<sup>®</sup>-G 6%, 4) Erger<sup>®</sup>-G 6% + CaNO<sub>3</sub> 12%, 5) Erger<sup>®</sup>-G 2% + aceite 2% y 6) testigo (sin aplicar). Cada punto es el promedio de 8 repeticiones..... 46
- Figura 4.** Efecto de aplicaciones de promotores de brotación en la acumulación de materia seca total de árboles jóvenes de durazno ‘Oro Azteca Mejorado’ cultivados en Montecillo, Texcoco, México. Tratamientos: 1) TDZ 200 mg·L<sup>-1</sup> + aceite 2%, 2) Dormex<sup>®</sup> 0.5% + aceite 2%, 3) Erger<sup>®</sup>-G 6%, 4) Erger<sup>®</sup>-G 6% + CaNO<sub>3</sub> 12%, 5) Erger<sup>®</sup>-G 2% + aceite 2% y 6) testigo (sin aplicar)..... 52

## Cuadros en el apéndice

	Página
<b>Cuadro A-1.</b> Valor del cuadrado medio del error (CME), coeficiente de determinación (R-Cuadrada), coeficiente de variación (CV), probabilidad de F ( $Pr>F$ ) y prueba de significancia del modelo (F) para las variables de brotación de árboles de durazno ‘Oro Azteca Mejorado’ cultivados en Montecillo, Texcoco, México.....	85
<b>Cuadro A-2.</b> Valor del cuadrado medio del error (CME), coeficiente de determinación (R-Cuadrada), coeficiente de variación (CV), probabilidad de F ( $Pr>F$ ) y prueba de significancia del modelo (F) para las variables: número de flores y amarre de fruto de árboles de durazno ‘Oro Azteca Mejorado’ cultivados en Montecillo, Texcoco, México.....	85
<b>Cuadro A-3.</b> Valor del cuadrado medio del error (CME), coeficiente de determinación (R-Cuadrada), coeficiente de variación (CV), probabilidad de F ( $Pr>F$ ) y prueba de significancia del modelo (F) para las variables de crecimiento de árboles de durazno ‘Oro Azteca Mejorado’ cultivados en Montecillo, Texcoco, México.....	86
<b>Cuadro A-4.</b> Valor del cuadrado medio del error (CME), coeficiente de determinación (R-Cuadrada), coeficiente de variación (CV), probabilidad de F ( $Pr>F$ ) y prueba de significancia del modelo (F) para las variables de materia seca de árboles de durazno ‘Oro Azteca Mejorado’ cultivados en Montecillo, Texcoco, México.....	87

<p><b>Cuadro A-5.</b> Valor del cuadrado medio del error (CME), coeficiente de determinación (R-Cuadrada), coeficiente de variación (CV), probabilidad de F (<math>Pr&gt;F</math>) y prueba de significancia del modelo (F) para las variables: área foliar y peso específico de hoja de árboles de durazno ‘Oro Azteca Mejorado’ cultivados en Montecillo, Texcoco, México.....</p>	87
<p><b>Cuadro A-6.</b> Valor del cuadrado medio del error (CME), coeficiente de determinación (R-Cuadrada), coeficiente de variación (CV), probabilidad de F (<math>Pr&gt;F</math>) y prueba de significancia del modelo (F) para las variables de producción de árboles de durazno ‘Oro Azteca Mejorado’ cultivados en Montecillo, Texcoco, México.....</p>	88
<p><b>Cuadro A-7.</b> Valor del cuadrado medio del error (CME), coeficiente de determinación (R-Cuadrada), coeficiente de variación (CV), probabilidad de F (<math>Pr&gt;F</math>) y prueba de significancia del modelo (F) para las variables de la calidad del fruto de árboles de durazno ‘Oro Azteca Mejorado’ cultivados en Montecillo, Texcoco, México.....</p>	88

## Figuras en el apéndice

	Página
<b>Figura A-1.</b> Dinámica del crecimiento longitudinal de la hoja por efecto de promotores de brotación aplicados el 7 de febrero de 2007 en durazno ‘Oro Azteca Mejorado’ en Motecillo, Texcoco, México. Tratamientos: 1) TDZ 200 mg·L <sup>-1</sup> + aceite 2%, 2) Dormex <sup>®</sup> 0.5% + aceite 2%, 3) Erger <sup>®</sup> -G 6%, 4) Erger <sup>®</sup> -G 6% + CaNO <sub>3</sub> 12%, 5) Erger <sup>®</sup> -G 2% + aceite 2% y 6) testigo (sin aplicar). Cada punto es el promedio de 24 hojas.....	89
<b>Figura A-2.</b> Dinámica del crecimiento en ancho de la hoja por efecto de promotores de brotación aplicados el 7 de febrero de 2007 en durazno ‘Oro Azteca Mejorado’, en Motecillo, Texcoco, México. Tratamientos: 1) TDZ 200 mg·L <sup>-1</sup> + aceite 2%, 2) Dormex <sup>®</sup> 0.5% + aceite 2%, 3) Erger <sup>®</sup> -G 6%, 4) Erger <sup>®</sup> -G 6% + CaNO <sub>3</sub> 12%, 5) Erger <sup>®</sup> -G 2% + aceite 2% y 6) testigo (sin aplicar). Cada punto es el promedio de 24 hojas.....	90
<b>Figura A-3.</b> Dinámica del crecimiento en diámetro del fruto por efecto de promotores de brotación aplicados el 7 de febrero de 2007 en durazno ‘Oro Azteca Mejorado’, en Motecillo, Texcoco, México. Tratamientos: 1) TDZ 200 mg·L <sup>-1</sup> + aceite 2%, 2) Dormex <sup>®</sup> 0.5% + aceite 2%, 3) Erger <sup>®</sup> -G 6%, 4) Erger <sup>®</sup> -G 6% + CaNO <sub>3</sub> 12%, 5) Erger <sup>®</sup> -G 2% + aceite 2% y 6) testigo (sin aplicar). Cada punto es el promedio de 24 frutos.....	91

## I. INTRODUCCIÓN

La producción forzada de durazno se inició en México gracias al bajo requerimiento de frío de las variedades introducidas desde hace unas tres décadas. Y lo que es más importante, cuando las plantas se cultivan en las zonas subtropicales de varios estados como Michoacán, Edo. de México y Morelos, entre otros, se puede lograr una producción abundante sin que la planta entre en endoletargo debido a lo benigno de los inviernos en los que las temperaturas prevalecientes son suficientes para crecimiento y producción. Es así como se logra la producción en la temporada en que la fruta es más demandada y los precios son mejores.

Las técnicas de producción forzada de durazno tienen como base una combinación de poda, aplicación de productos defoliantes y aplicación de productos promotores de brotación así como el manejo de riego y fertilización. La investigación científica dirigida al entendimiento de las respuestas fisiológicas de la planta bajo estas tecnologías ha sido relativamente lenta y escasa, mientras que ha habido una acelerada evolución tecnológica del sistema de producción forzada, así como del ambiente competitivo con fruta de importación en la época invernal y primeros meses de primavera.

Ante esto, la utilización de compuestos promotores de brotación ha ido ganando terreno en las regiones productoras de durazno, ya sea para adelantar, uniformizar o concentrar la brotación de los árboles. En el mercado existen diversos productos utilizados para inducir brotación; sin embargo, la Cianamida de Hidrógeno es uno de los productos ampliamente usados en el cultivo de durazno, pero en los últimos años, el Thidiazurón o TDZ es el que ha logrado posicionarse como una mejor alternativa para promover brotación de durazno, superando incluso la efectividad observada con la Cianamida de Hidrógeno (Calderón y Rodríguez, 1996; 2000). Aun con esto, es evidente la necesidad de contar con productos alternativos eficientes como promotores, que además de ser inocuos con el medio ambiente, sean lo menos perjudiciales en la planta y que le permitan a ésta alterar lo menos posible el desarrollo normal, o bien que permitan incrementar el vigor de ésta.



La producción fuera de temporada propicia problemas fisiológicos relacionados con respuestas inestables en los frutales (Soria *et al.*, 1993), así como cambios en el almacenamiento de nutrimentos y sustancias de reserva (Rivas, 2003). Esto trae como consecuencia un efecto negativo en el rendimiento, puesto que Greer *et al.* (2002) reportaron que el mayor rendimiento en manzano, se obtienen en árboles con reservas altas de carbohidratos y si éstas disminuyeran por efecto de la utilización de promotores de brotación, se reduciría considerablemente el rendimiento y consecuentemente habría un desgaste paulatino de la planta. Lo anterior llevaría a una reducción de su vida útil productiva, ya que de manera general, los frutales perennes requieren de una buena cantidad de reservas de carbono y otros nutrimentos para poder apoyar el crecimiento inicial en primavera (Lakso *et al.*, 1999).

Por lo anterior, existe la necesidad de aclarar en qué grado se puede afectar tanto la producción, como la acumulación y distribución de la materia seca con la utilización de promotores de brotación. También existe el interés de encontrar nuevas alternativas de productos para promover brotación, así como de encontrar el que afecte lo menos posible la fisiología de la planta de durazno, específicamente en crecimiento y producción, además de la partición y acumulación de la materia seca, que es el referente del grado de reservas de la planta.

En esta investigación se hace el estudio de partición de materia seca a nivel de toda la planta, considerando todos los órganos de ésta y así contribuir a documentar un poco más sobre lo que sucede en la partición y acumulación de la materia seca en una planta sometida al forzamiento de brotación mediante la utilización de compuestos estimulantes químicos.

Por todo ello, en la presente investigación se evalúan los productos más usados en durazno (TDZ y Cianamida de Hidrógeno), además de incluir un nuevo producto de reciente introducción en el mercado nacional, cuya formulación es a base de nitrógeno orgánico (1%), nitrógeno inorgánico (nítrico 5% y amoniacal 5%) y 50% de carbono orgánico de origen biológico (Erger<sup>®</sup>-G), al cual se le atribuyen efectos como

promotor de brotación, pero no ha sido suficientemente probado en durazno, el cual representaría un alternativa nueva para inducir brotación.

Para probar la hipótesis de que la aplicación de promotores de brotación altera el crecimiento, la producción, así como la partición y acumulación de la materia seca hacia los diferentes órganos de la planta, se estableció el presente trabajo con el objetivo general de estudiar el crecimiento y la respuesta de la planta de durazno en su partición y acumulación de materia seca, así como la producción de fruto por efecto de aplicación de promotores químicos de brotación.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1. Producción forzada

#### 2.1.1. Generalidades

Rodríguez (1989a) define la “producción forzada” como la obtención de cosechas en épocas no comunes y/o en plantas con adaptación a diferentes condiciones climáticas a las del lugar de origen. Este sistema de producción tiene como propósito la obtención de cosechas en épocas y lugares donde regularmente no se produce, mediante la utilización de diversas técnicas de manejo a través de sus efectos sobre el balance entre el crecimiento vegetativo y crecimiento reproductivo (Rodríguez, 1989b; Becerril y Rodríguez, 1989).

Entre más lejos esté de las condiciones climáticas ideales una especie, mayor será la duración de las fases de desarrollo, el crecimiento es más lento y será mayor el esfuerzo que invierta la planta para enfrentar los factores ambientales que conduzcan al éxito del cultivo; es por esto la importancia que tiene la elección del cultivar y las técnicas culturales para enfrentar las características del medio y que influyen en la fisiología de la planta (Campos *et al*, 2001). La producción forzada ha permitido aumentar la producción de frutales de clima templado en las regiones subtropicales de México. En el subtrópico se puede ampliar el periodo de cosecha de frutales de clima templado, normalmente cosechados de julio a octubre, a los meses de noviembre a marzo (Campos *et al.*, 2001). De esta forma, la producción forzada representa una excelente alternativa para conseguir ingresos económicos halagadores (Soria *et al.*, 1993).

En condiciones de campo, aplicar esta técnica de producción requiere un conocimiento amplio de la fisiología de la floración y de los factores que influyen sobre ésta; también es de suma importancia conocer el material genético con el que se pretende trabajar (Rodríguez, 1989a). En cuanto a la efectividad de las prácticas de este sistema de producción, es importante la época en que se realicen y la frecuencia, dosis o compuestos utilizados, para de esta forma lograr los efectos buscados, ya que el proceso de iniciación floral se dará siempre y cuando los

estímulos ambientales relacionados coincidan con una determinada condición endógena y fisiológica de la planta (Becerril y Rodríguez, 1989).

### **2.1.2. Producción forzada en frutales de clima templado**

En México, el cultivo de frutales de clima templado se realiza en la mayoría de los casos en forma tradicional, dando lugar a épocas de producción definidas; sin embargo, éstas pueden modificarse por efecto de la latitud y/o altura (Vidal *et al.*, 1992), lo que genera una serie de problemas, principalmente por una mala adaptación en zonas de transición, en donde el clima y el suelo no son los más adecuados (Marroquín y Aguilar, 1992). Lo anterior implica que en la mayoría de los casos, la rentabilidad de estos frutales se vea disminuida por efecto de la concentración de cosecha en cierta época del año, y con ello, el consecuente descenso del precio de venta (Vidal *et al.*, 1992).

Aun cuando el proceso natural fisiológico de la entrada y salida del endoletargo en los frutales caducifolios resulta crítico para su explotación comercial, no es un requisito indispensable que deba cumplirse. Diversas experiencias en zonas tropicales y subtropicales, evidencian que bajo ciertas condiciones climáticas y con prácticas adecuadas de manejo, se puede evitar que los frutales entren en endoletargo. Con esto, no se hace necesario satisfacer el requerimiento de frío y el árbol se puede mantener en actividad continua para tener hasta dos cosechas por año (Díaz, 2002).

Para evitar que las yemas entren en estado de endoletargo y con ello la necesidad de satisfacer el requerimiento de frío, se utilizan varias prácticas de manejo que deben realizarse en momentos específicos. Por las características de las especies y cultivares, el sistema podrá variar en cuanto a época de utilización de una determinada práctica (Díaz, 2002).

La producción forzada en frutales caducifolios en México, así como en diversas partes del mundo, ha sido enfocada principalmente a tres opciones: 1) adelantar, 2) retrasar la producción respecto a la época normal en el país y 3) tratar de lograr dos

producciones por año. El caso más común, hasta ahora, es el de anticipar la producción mediante el adelanto de la brotación después del letargo (Becerril y Rodríguez, 1989), o impedir la entrada a letargo, promoviendo una brotación a finales de otoño o a principio de invierno en lugares subtropicales (Calderón y Rodríguez, 2000).

Para realizar la práctica de producción forzada en frutales de clima templado, el cultivar a explotar debe ser considerado como uno de los componentes más importantes (Vidal *et al.*, 1992). En cuanto a las características que debe reunir un material a utilizar, según Rodríguez (1989b), son:

1. Formación rápida de yemas florales.
2. Amarre alto de yemas florales.
3. Amarre de yemas florales bajo condiciones de temperaturas altas.
4. Periodo corto de flor a fruto (70 – 90 días).
5. Requerimiento bajo de frío (cercano a la acumulación del lugar).
6. Crecimiento vegetativo moderado
7. Requerimiento bajo de calor post-defoliación

Estos serían los requisitos ideales que debiera cumplir una planta para obtener mejores resultados al someterla al sistema de producción forzada; sin embargo, es prácticamente imposible llegar a obtener una planta con todas estas características, por dos razones: a) porque la tecnología de la producción está cambiando continuamente y b) porque usualmente el mejoramiento genético tiene muy poco impulso en relación a otras áreas de investigación. Por esta razón, el mejoramiento genético debe centrarse en algunos de los factores que son más importantes en la generación de este tipo de planta (Rodríguez, 1989b).

### **2.1.3. Principales técnicas utilizadas**

Los frutales caducifolios de mayor éxito a nivel comercial en el desfasamiento de la cosecha han sido durazno, zarzamora, frambuesa, vid y ciruelo. Sin embargo, hay grandes posibilidades en otros frutales caducifolios y en muchas zonas

subtropicales, ya que no sólo se tendría fruta en un periodo mayor durante el año, sino que se tendría la oportunidad de exportar (Almaguer, 1997). Para lograr lo anterior es necesario utilizar adecuadamente las diferentes prácticas de manejo que comprende el sistema de producción forzada.

#### **2.1.3.1. Prácticas culturales**

**Poda.** La brotación en zonas subtropicales es manipulada con épocas de poda (Campos *et al.*, 2001). En general la poda se utiliza para regular el balance entre el crecimiento vegetativo y reproductivo, cuya respuesta depende del tipo de poda y de la época de realización, así como del portainjerto, la edad y vigor del cultivar. La poda puede ser de invierno o de verano (Campos *et al.*, 2001).

La poda de verano, se realiza principalmente en plantaciones intensivas, con la finalidad de eliminar el crecimiento vegetativo excesivo y así mejorar la calidad del fruto mediante la remoción selectiva de partes vegetativas (Mika, 1986), manteniendo así, un balance entre crecimiento vegetativo y reproductivo (Campos *et al.*, 2001). Por otro lado, la poda de invierno debe realizarse en promedio una semana después de la defoliación y consiste en un raleo, despunte y acomodo de ramas mal ubicadas, suprimiendo de esta manera la dominancia apical, promoviendo mayor brotación de yemas laterales (Campos *et al.*, 2001), además de mejorar las estructuras reproductivas, mantener el porte y controlar brotaciones (Mika, 1986).

**Anillado.** Esta práctica favorece el amarre de frutos, estimula la floración y el desarrollo y maduración de frutos (Vidal *et al.*, 1992 y Campos *et al.*, 2001). Su efecto se basa en el incremento de la cantidad de carbohidratos en la planta y de reguladores de crecimiento, ocasionado por un cambio en la distribución de los asimilados. Sin embargo, el efecto de esta práctica depende de varios factores, como son: la época en que se realice, anchura del corte, tiempo de cicatrización, especie y cultivar (Campos *et al.*, 2001).

**Defoliación.** Esta es una de las técnicas principales de producción forzada en caducifolios, utilizada para evitar que la planta entre en estado de letargo y para

promover una brotación rápida y uniforme; siempre y cuando ésta se haga en la fase fenológica adecuada (Becerril y Rodríguez, 1989). La defoliación puede hacerse en forma manual o química, y sin duda la más utilizada por lo práctico que resulta, es la forma química; en durazno se utiliza el sulfato de cobre al (0.3%) o sulfato de zinc (3%) más urea (5%) (Campos *et al.*, 2001).

La defoliación química puede tener un efecto negativo sobre el amarre de frutos si se realiza prematuramente, ya que entre mayor sea el tiempo que prevalezcan las hojas en el árbol, hay una acumulación mayor de reservas indispensables para el amarre de frutos, como lo demostraron Rumayor *et al.* (1997) en manzano. En el mismo frutal, Martínez *et al.* (1997) observaron que las defoliaciones tempranas retrasan la brotación en primavera. Por su parte, Soria *et al.* (1993) mencionaron que en durazno una defoliación rápida, probablemente no permite una adecuada traslocación de nutrimentos desde las hojas a las zonas de reserva, limitando principalmente la movilización del K. Además, una defoliación temprana puede afectar o hasta evitar la diferenciación floral; en contraste, si es tardía, reduce la brotación floral (Edwards, 1987).

**Manejo del agua.** Al respecto, Saure (1985) mencionó que la interrupción de riego fomenta el desarrollo de las yemas ya iniciadas y suspende temporalmente la dominancia apical. Mientras que un riego posterior al letargo reactiva el crecimiento (Campos *et al.*, 2001).

De manera general, el manejo del agua en la producción forzada consiste en suspender el riego inmediatamente después de la cosecha para favorecer la maduración de la madera y de las yemas; El restablecimiento del riego debe hacerse entre los tres y siete días antes de la aplicación de los promotores de la brotación o del tiempo de la brotación deseada (Campos *et al.*, 2001).

**Fertilización.** En la producción forzada de frutales se presentan muchos problemas con respuestas inestables, sobre todo con el amarre de frutos, que tiene una estrecha relación con el nivel nutrimental (Soria *et al.*, 1993). Respecto a los

nutrimentos, se ha demostrado que la formación óptima de yemas florales se puede obtener mediante una juiciosa fertilización en interacción con podas, manejo y prácticas de irrigación de acuerdo con la respuesta del cultivar (Ryugo, 1990).

Campos *et al.* (2001), sugieren fertilizar tomando como base análisis foliares y edáficos. En general recomiendan aplicar una dosis de 10-20-20 según la edad, más 20 a 30 g de boro y de 100 a 500 g de magnesio por árbol. Por otra parte, en el INIFAP de Uruapan Michoacán (2005) dan recomendaciones de fertilización mineral (N, P, K), utilizando de 520 a 700 g·árbol<sup>-1</sup> de urea como fuente de N, en dos aplicaciones, la primera en la floración y la segunda 45 días después; sin embargo, el N puede ser aplicado hasta la fase final del endurecimiento del hueso. Para abastecimiento de P, recomiendan utilizar 350 g·árbol<sup>-1</sup> de superfosfato de calcio triple aplicado al inicio de la floración, o bien al inicio del periodo de lluvias, y como fuente de K, recomiendan aplicar en el mismo periodo, 270 g·árbol<sup>-1</sup> de cloruro de potasio.

Soria *et al.* (1993) encontraron que N, P y Mg son elementos principalmente involucrados en los procesos de diferenciación de yemas, y con aplicaciones de Dormex<sup>®</sup> (Cianamida de Hidrógeno) en concentraciones de 1.5 a 2.5 ml·L<sup>-1</sup> (como fuente de N), en combinación con 3 ml de Bayfolán<sup>®</sup> mejora el nivel nutrimental generando, además de una buena diferenciación, un importante incremento en el amarre de frutos.

### **2.1.3.2. Promotores de brotación**

Son sustancias químicas que se aplican a dosis bajas y promueven la brotación de las yemas, aunque éstas no hayan completado su requerimiento de frío (Almaguer, 1997).

La obtención de una brotación uniforme de calidad, se logra cuando el requerimiento de frío específico de cada cultivar es cubierto por el ambiente. Sin embargo, en lugares con inviernos benignos con baja y variable acumulación de frío de un año a otro, se presenta en los frutales caducifolios una brotación tardía, caída de yemas,



etapas fenológicas sobrepuestas, floraciones prolongadas y defoliaciones tardías (Calderón y Rodríguez, 1998), esto conlleva a una disminución en la producción final (Luna *et al.*, 1998). Así, el uso de los productos que estimulen la brotación en árboles frutales pueden ser una alternativa para adelantar, aumentar y uniformizar la apertura de yemas florales (Campos *et al.*, 2001).

Los resultados de la inducción de brotación se ven afectados por diversos factores, como son: sitio de producción, especie, producto, dosis, época de aplicación, hora de aplicación, entre otros (Campos *et al.*, 2001). No obstante, compuestos como nitrato de potasio ( $\text{KNO}_3$ ), Cianamida de Hidrógeno ( $\text{CN}_2\text{H}_2$ ), entre otros, pueden tener más de un modo de acción y estos efectos pueden ser confundidos con otras condiciones fisiológicas del árbol y factores ambientales (George y Nissen, 1993), por lo que se deben considerar estos aspectos a la hora de sacar conclusiones.

Existe una variedad amplia de productos químicos utilizados para inducir floración en frutales y según Campos *et al.* (2001) éstos se agrupan en:

1. Fertilizantes: Nitrato de Potasio ( $\text{KNO}_3$ ) y nitrógeno foliar.
2. Aceites: aceite invernal (citroclina) y aceite parafínico (Saf-T-Side<sup>®</sup>).
3. Cianamidas: de calcio e hidrógeno (Dormex<sup>®</sup>).
4. Reguladores de crecimiento: giberelinas (Activol<sup>®</sup>, Biogim<sup>®</sup>, Promalina<sup>®</sup>), citocininas (CPPU, TDZ), etileno (Ethrel<sup>®</sup>).

Sin embargo, en durazno, los productos comúnmente usados son: Dormex<sup>®</sup> (Cianamida de Hidrógeno) (0.5 a 1.5%), Thidiazurón (200 a 250  $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ ) y citrolina emulsificada (2 a 6%) (Calderón y Rodríguez, 2000; Campos *et al.*, 2001; Gutiérrez, 2002; Rivas, 2003).

**La Cianamida de Hidrógeno ( $\text{CN}_2\text{H}_2$ ).** Es una sustancia química corrosiva y tóxica (Calderón y Rodríguez, 1996), catalogada como de alta eficacia para inducir la brotación en durazno (Erez, 1987); sin embargo, a dosis mayores de 0.5% puede causar fitotoxicidad, sobre todo si se aplica en un periodo cercano a la brotación o en inviernos cálidos y fríos (Zegbe y Rumayor, 1992).

El producto comercial más utilizado como fuente de Cianamida de Hidrógeno es el **Dormex<sup>®</sup>**, el cual contiene 49% de Cianamida de Hidrógeno y 35% de N en forma cianamídica, que puede ser absorbido directamente por las yemas en letargo y por las hojas. Este compuesto se descompone vía urea, amonio y nitrato, por lo que resultaría factible utilizarlo como fuente de N en concentraciones bajas asperjado sobre el follaje (Amberger, 1984); esto fue corroborado por Calderón *et al.* (1997), cuando vieron que Dormex<sup>®</sup> aplicado al 0.25% incrementó la concentración de N foliar, mostrando una mayor efectividad que la aplicación de urea. Por otro lado, Soria *et al.* (1993) encontraron que al combinar Dormex<sup>®</sup> con Bayfolán<sup>®</sup>, aumenta el grado de diferenciación de yemas florales y amarre de frutos, además de incrementar la concentración de N un año después de la aplicación de los tratamientos. En durazno, el Dormex<sup>®</sup> se utiliza comúnmente en combinación con citrolina, en una dosificación de 0.5% y 2% respectivamente, aunque también se utiliza sólo a dosis de entre 1 y 1.5% (Campos *et al.*, 2001).

Al parecer, el modo de acción de la Cianamida de Hidrógeno tiene que ver con la reducción de la actividad catalítica en los brotes inactivos, activando indirectamente la actividad de los procesos oxidativos involucrados en la brotación (Shulman *et al.*, 1986). Al ser la Cianamida de Hidrógeno un compuesto nitrogenado, puede formar iones nitrógeno, produciendo una actividad similar a otro compuesto nitrogenado aplicado foliarmente (George y Nissen, 1993).

**Thidiazurón (TDZ).** Es un producto químico con acción citocinínica, capaz de romper el endoletargo (Wang *et al.*, 1994) y de reducir el número de unidades frío requeridas para lograr brotación de yemas (Faust *et al.*, 1991). Al respecto, Calderón y Rodríguez (1996, 2000), confirmaron que en durazno la aplicación de TDZ efectivamente promueve brotación de yemas, consiguiendo superar en el adelanto de la floración a la Cianamida de Hidrógeno.

Por otra parte, Alvarado *et al.* (2000) encontraron que al aplicar dosis de 100 mg·L<sup>-1</sup> de TDZ en ciruelo japonés, se incrementa el diámetro del ovario y el grosor de la pared del ovario de la yema floral en brotación.

Calderón y Rodríguez (2000), reportan que el Thidiazurón es una excelente alternativa para inducir brotación en durazno y ciruelo japonés, y que utilizar  $250 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$  en combinación con aceite mineral al 2% resulta muy eficiente, superando notablemente a plantas tratadas con Cianamida de Hidrógeno ( $5 \text{ ml}\cdot\text{L}^{-1}$  + aceite mineral).

El Thidiazurón (N-phenyl-N'-1,2,3-thidiazol-5-ylurea) (TDZ) es un producto químico con una actividad similar a las citocininas, capaz de romper el paraletargo en manzano (Liu *et al.*, 1993) y de reducir el número de unidades frío requeridas para lograr la brotación de yemas (Faust *et al.*, 1991). Sin embargo, la acción que produce este producto se da de manera localizada; es decir, su efecto se da en el sitio de aplicación (Wang *et al.*, 1991a), por lo que la aplicación debe ser dirigida a las yemas.

La acción del Thidiazurón tiene que ver con la modificación en la permeabilidad de la membrana, modificando la tasa de los esteroides libres en los lípidos de la membrana (Wang y Faust, 1988); más tarde (en 1990) los mismos autores reportaron, que al exponer las yemas de manzana a bajas temperaturas, se presenta un incremento en la insaturación de los ácidos grasos de los lípidos presentes en la membrana, cambiando la composición de las cabezas polares, incrementando el contenido de fosfolípidos de la membrana y cambiando también los niveles de esteroides; además observaron que la proporción esteroides-fosfolípidos disminuyó durante la brotación.

Faust *et al.* (1991) mencionan que las yemas que están en estado de letargo contienen menor cantidad de agua libre en relación al contenido de agua estructural; sin embargo, al realizar aplicaciones de TDZ cuando el requerimiento de frío es cubierto en más de la mitad, el contenido de agua libre se incrementa y la estructural disminuye. Este fenómeno se observa cuando se completa el requerimiento de frío, por lo que el TDZ puede ser considerado como una muy buena alternativa a la falta de acumulación de frío.

Por otro lado, Wang *et al.* (1991b) mencionaron que el incremento de la actividad de la enzima superóxido dismutasa (SOD) está estrechamente relacionada con la brotación de las yemas de manzano en respuesta a la acumulación de radicales libres y que el TDZ influye en el incremento de la actividad de dicha enzima. La SOD, evita un posible efecto tóxico por los radicales libres y puede ser necesaria para inducir brotación en manzano.

**Erger<sup>®</sup>-G.** Es un producto comercial desarrollado y usado en Europa y actualmente está siendo introducido en EUA y México; está elaborado a base de nitrógeno orgánico (1%), nitrógeno inorgánico (nítrico 5% y amoniacal 5%) y 50% de carbono orgánico de origen biológico y se le atribuye una acción bioestimulante como compensador de frío, recomendado para uva, manzano y cereza, cuya utilización se recomienda en combinación con nitrato de calcio y no debe ser utilizado en combinación con insecticidas, fungicidas, herbicidas, reguladores de crecimiento, zinc, cobre, componentes de nitrógeno orgánico o aceite derivado de petróleo (Valagro S. P. A. Agricultura Farm), (Anónimo, 2003). Este producto no ha sido probado en durazno, por tanto no hay reportes de su efecto en este frutal.

## **2.2. Balance de carbono y crecimiento**

Las condiciones ambientales y particularmente los potenciales de crecimiento de los frutales, contribuyen a incrementar el rendimiento (Esparza *et al.*, 2002); sin embargo, es el balance de carbono de los árboles frutales lo que determina la productividad de las plantas (Corelli-Grappadelli *et al.*, 2004), puesto que la captación de carbono representa el principal factor de productividad agrícola (Goldschmidt y Lakso, 2005). Por consiguiente, es de suma importancia el estudio del balance de carbono para entender las respuestas fisiológicas de los árboles a las condiciones ambientales (Corelli-Grappadelli *et al.*, 2004).

Balance de carbono se refiere a la interacción de la fuente y demanda (relación fuente-demanda) de carbono capturado por los diferentes órganos vegetales de los árboles, en diferentes tiempos durante la estación de crecimiento. Este balance es afectado por el crecimiento vegetativo y reproductivo del árbol, y es pues, un factor

determinante del potencial productivo de los árboles frutales (Corelli-Grappadelli y Lakso, 2004).

El crecimiento es definido básicamente por la proporción de la ganancia y la pérdida de carbono, pero es claro que la ganancia de carbono se relaciona más con la tasa de crecimiento; sin embargo, la relación que existe entre la ganancia y la pérdida de carbono es afectada por cualquier tipo de estrés. Por consiguiente, es necesario entender el impacto que puede tener un estrés sobre una planta en la dinámica del flujo de carbono y de esta forma comprender la manera en que se desestabiliza el balance de carbono en todo el organismo (Nilsen y Orcutt, 1996).

### **2.2.1. Factores que afectan el balance de carbono**

De acuerdo a la definición del término, los factores que afectan el balance de carbono, son precisamente aquellos que interfieren de alguna manera con la relación fuente-demanda de carbono. Por lo anterior, es de suma importancia considerar la relación fuente-demanda entre hojas y frutos, puesto que la cosecha genera una competencia alta por fotosíntatos y productos de reserva, y esta competencia repercute en la fisiología total de la planta (Ryugo, 1993).

El crecimiento del fruto, rendimientos y manutención del cultivo depende del balance de la fuente de carbohidratos en relación a la demanda de los mismos por los frutos, hojas, tallos y raíces en crecimiento (Lakso y Nyrop, 2002); así pues, una limitación puede ocurrir en algún periodo, dependiendo del balance entre la fuente y la demanda, así como la competencia con otros puntos en crecimiento (Lakso *et al.*, 1998).

**Fuente de carbono.** Las hojas, y en menor medida, los tallos verdes y los frutos inmaduros abastecen al resto de la planta con compuestos orgánicos de carbono. Sin embargo, otros, tales como raíces y semillas también sintetizan sustancias que son exportadas a otras partes del árbol. Así pues, los órganos que sintetizan y exportan sustancias son los llamados fuentes (Ryugo, 1993). Pero la principal fuente que interviene en el desarrollo son las hojas maduras. Souty *et al.* (1998)

reportaron que en durazno al disminuir la cantidad de hojas por unidad de fruto, disminuye notablemente el tamaño del mismo, además de que mantiene un sabor ácido al finalizar su desarrollo.

Goldschmidt y Lakso (2005) consideran que la fuente de carbón está constituida por la fotosíntesis anual más algunas reservas de carbono, las cuales podrían movilizarse para complementar la actividad de crecimiento anual, principalmente en primavera, aunque las reservas también podrían estar disponibles posteriormente, particularmente bajo condiciones de estrés. Según Esparza *et al.* (1999), la asimilación de carbono representa a la fuente, la cual es afectada por los siguientes factores: radiación solar (luz), temperatura, intercepción de luz por parte de los árboles y tasa fotosintética foliar.

**La demanda de carbono.** Está representado por las regiones que necesariamente importan foto-asimilados para su desarrollo, como frutos, raíces, tallos, brotes nuevos y hasta follaje joven (Ryugo, 1993). Esta situación está determinada por la respiración y crecimiento que se da en los diferentes órganos (Esparza *et al.*, 1999). El crecimiento del dosel y raíces requieren de una adecuada fuente de carbono para mantener en buenas condiciones la productividad de los árboles. La demanda puede ser incrementada rápidamente por la presencia excesiva de frutos y su tasa exponencial de crecimiento. Sin embargo, la producción de frutos de calidad es prioridad, la cual es afectada por la presencia de brotes en desarrollo, que son una demanda potencial de carbono y el daño es mayor si hay incidencia de luz baja (Lakso *et al.*, 1999).

## **2.2.2. Factores que afectan la fuente de carbono**

### **2.2.2.1. Luz**

El primer paso para un rendimiento potencial es la captura de la luz solar para cubrir las necesidades de energía. Muchos factores están involucrados en la determinación de captura de la luz solar, éstos incluyen los espacios entre hilera, espacio entre árboles, altura y forma del árbol y la densidad del cultivo (Lakso *et al.*, 1997).

La luz desempeña un papel importante en la fijación de carbono; la sombra retrasa el tiempo en que los brotes en crecimiento pasan de ser importadores netos a exportadores netos que convierten el carbono a compuestos (fotoasimilados), los cuales son los primeros en contribuir en el crecimiento del fruto, y debido al papel de la luz, mantener un cultivo bien expuesto al estímulo es imprescindible para asegurar la fuente apropiada de carbono inicial al fruto (Correlli Grappadelli y Lakso, 2004). Durante el período inicial después de la floración, cuando el número final de frutos se establece y ocurre la división celular en éstos, la abscisión puede ser causada por luz baja o temperaturas altas (Lakso *et al*, 2001). Por su parte, Byers *et al.* (1991) demostraron en manzano que a los 30 días después de la floración, la caída de los frutos se incrementa con luz muy baja, si ello ocurre por más de dos días consecutivos.

El desarrollo del fruto se limita cuando la intensidad lumínica es baja (Bepete y Lakso, 1998). Los esfuerzos para incrementar la intercepción de luz por medio de densidades de plantación altas generalmente tienen dificultades debido a que se tienen densidad excesiva de dosel, calidad de fruto pobre y dificultades de manejo. Una alternativa que ha resultado efectiva, es la conducción del dosel en forma de V o de Y para incrementar la intercepción de luz y rendimiento (Lakso *et al.*, 1999).

#### **2.2.2.2. Temperatura**

La temperatura afecta la fotosíntesis, fotorespiración y respiración, por lo que los aspectos del metabolismo, crecimiento y desarrollo de la planta, inclusive la floración son alterados por los cambios en ella. Para la fotosíntesis neta de la hoja de la mayoría de plantas C<sub>3</sub>, la temperatura óptima está entre 20 y 35°C en niveles ambientales de CO<sub>2</sub> y saturación de luz. La fotorespiración se incrementa a temperaturas de 30 °C debido a la disminución de la solubilidad de CO<sub>2</sub> y especificidad de la Rubisco (Jiao *et al.*, 1997).

En la primera etapa de desarrollo del fruto, la temperatura es determinante en el tamaño del mismo, probablemente vía una estimulación de división celular, aunque

no es seguro que esta evidencia se mantenga hasta el final de la cosecha (Corelli-Grappadelli y Lakso, 2004).

### **2.2.2.3. Intercepción de luz**

Un potencial inherente para obtener una productividad alta de materia seca y frutos, se debe a la capacidad que se tenga para interceptar una cantidad alta de radiación por un periodo suficientemente largo, al igual que el período de vida de hojas para producción de órganos con costos de producción relativamente bajos. En huertos más longevos y doseles densos, los cambios en el área foliar pueden tener un pequeño efecto en la intercepción de luz por árbol, de modo que la tasa fotosintética puede ser el principal regulador de las variaciones en el CO<sub>2</sub> fijado por árbol (Lakso *et al.*, 1999).

Las hojas superiores en plantas dispuestas más o menos horizontales pueden llegar al punto de saturación por luz y además pueden también sombrear a las hojas inferiores, por lo que éstas no tendrán la suficiente luz, propiciado esto, una desventaja fotosintética en el total de la planta; para evitar dicho problema, lo ideal sería tener un índice de área foliar que permita optimizar la absorción de luz y por ende la fotosíntesis (Salisbury y Ross, 1994).

La intercepción de luz tiene gran impacto en los rendimientos. Una baja iluminación en un principio del crecimiento podría causar aborto de fruto en durazno y manzano. Cerca de la cosecha, la poca luminosidad podría causar pérdida del tamaño, color, sólidos solubles y otras características importantes de la calidad del fruto (Corelli-Grappadelli y Lakso, 2004).

### **2.2.2.4. Tasa fotosintética y área foliar**

El potencial fisiológico de la hoja sólo refleja una porción del total de la capacidad de captación de carbono de una planta. La superficie foliar de la planta por unidad de superficie de terreno (índice de área foliar) es también una variable importante. Teóricamente, un método para lograr la producción máxima, consistiría en una planta exponiendo tantas hojas como sea posible en un área de terreno para permitir mayor



entrada de la radiación fotosintéticamente activa. Por supuesto, las primeras hojas interceptan la mayor cantidad de luz y las siguientes probablemente menos que las otras. El índice de área foliar óptimo de una planta sería cuando todas las hojas de la misma puedan tener una contribución positiva al absorber carbono (Mooney, 1972).

Es común medir la tasa de saturación lumínica de la fotosíntesis por unidad de área foliar y típicamente se ha encontrado que se da a  $\approx 15-22 \mu\text{moles}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  en manzana y que consecuentemente, una tasa extrema de fotosíntesis por unidad de área foliar no representa una garantía para un potencial alto de productividad (Lakso *et al.*, 1999).

La importancia relativa de los cambios en la tasa fotosintética foliar versus área foliar, aparentemente puede cambiar con la edad del árbol, densidad de la copa, y quizás otros estreses. En huertos nuevos, especialmente con árboles jóvenes, la intercepción de luz por árbol tiende a estar correlacionada con el área foliar del mismo; así, los cambios que se presenten en el área foliar serán de suma importancia (Lakso *et al.*, 1999).

### **2.2.3. Factores que afectan la demanda de carbono.**

#### **2.2.3.1. Respiración**

El carbono se pierde en las plantas como  $\text{CO}_2$  en la respiración y como carbono orgánico en defoliación, lixiviación y volatilización. Entre estos procesos, la fracción más grande de carbono reducido es la pérdida de  $\text{CO}_2$  en la respiración. Se ha estimado que hasta el 50% o más del carbono total fotosintetizado se pierde como  $\text{CO}_2$  en la respiración aerobia (Nilsen y Orcutt, 1996).

El total de carbono reducido en las plantas puede tener tres funciones principales: 1) para mantener la función celular, 2) para la construcción de estructuras y 3) una porción de ATP producto de la respiración que es utilizada por iones de entrada y de transporte (Nilsen y Orcutt, 1996).

La respiración es afectada por la luz, aunque esa influencia sea indirecta, pues a menor cantidad de luz, menor fotosíntesis, lo que limita la producción de

carbohidratos que son el combustible de la respiración; sin embargo, los principales factores que afectan a la respiración son: la temperatura, concentraciones de sales, estrés por agua, disponibilidad de nutrientes y contaminantes atmosféricos. De hecho, algún factor ambiental que pudiera afectar el crecimiento tendría un efecto en la respiración (Nilsen y Orcutt, 1996), por ejemplo la temperatura, que a medida que aumenta, incrementa la respiración, con ello, una continua pérdida de carbohidratos y una acelerada tasa de crecimiento (Johnson y Lakso, 1986b).

La tasa respiratoria más baja se da cuando la planta está en estado de letargo; en contraste, la tasa máxima de respiración se da cuando las hojas emergen de los brotes. Es posible que en este tiempo se de la máxima movilidad de reservas hacia esos puntos de crecimiento, complementando la fuente de fotosíntesis; esto lo observaron Butler y Landsberg (1981) en manzano. Una vez que la fotosíntesis comienza, disminuye inmediatamente la tasa de respiración por unidad de superficie foliar, a pesar del alto nivel de actividad del árbol en el periodo de post-floración, cuando se incrementa la fructificación y los brotes comienzan a elongarse. La disminución continúa, a una tasa mucho más baja a través de las fases de desarrollo. Así, la tasa de respiración foliar es alta cuando las hojas son jóvenes y después decrece (Butler y Landsberg, 1981). Por otro lado, Johnson y Lakso (1986a) reportan que la respiración tiene un efecto significativo en el balance de carbono del árbol, especialmente durante la primera fase de crecimiento del fruto de manzano, y que en el crecimiento de los brotes aparentemente los cambios en la respiración afectan en pequeña proporción.

#### **2.2.3.2. Crecimiento**

El flujo del carbono durante el crecimiento inicial está determinado por las reservas de la planta que son movilizadas a la zona de crecimiento y por los fotosintatos recientemente producidos provenientes de la fotosíntesis (Johnson y Lakso, 1986a). Por tal motivo, el crecimiento depende de la disponibilidad de asimilados (Génard *et al.*, 1998).

Durante el crecimiento de la planta, se producen hojas nuevas, las cuales reducen la luz que llega a las hojas más bajas. La ganancia fotosintética de las hojas más bajas puede ser menor que su costo de mantenimiento; esto se da por la competencia que se genera por luz en el interior de la copa, dando lugar a una actividad fotosintética baja de este tipo de hojas, la cual pudiera ser insuficiente para su propio mantenimiento (Mooney, 1972).

El balance de carbono en un brote creciendo, aparentemente es afectado por pequeños cambios de las tasas de respiración, pero es alterado sustancialmente por cambios reductivos de la tasa fotosintética. No solo se reduce la exportación de carbohidratos por un tiempo determinado, sino que el total de importación de las reservas puede incrementarse en algunos momentos; esto hace pensar que el balance de carbono de los brotes puede tener diferencias significativas bajo diferentes condiciones climáticas, en las cuales la fotosíntesis se reduce y la respiración se incrementa (Johnson y Lakso, 1986a).

Por otro lado, en manzano, en las primeras semanas después de floración, el crecimiento de los brotes representa una prioridad alta de demanda, y ellos pueden incluso atraer el carbono fijado por las hojas de brotes pequeños después de la floración (Corelli-Grappadelli y Lakso, 2004). Esto mismo fue observado en manzano por Johnson y Lakso (1986a), quienes reportaron que los brotes cortos demandan cantidades mayores de carbohidratos que el resto de la planta durante ese periodo inicial.

El crecimiento del fruto es definido como un cambio irreversible en el peso y tamaño; sin embargo, para que esto suceda se necesita de recursos energéticos derivados en parte de las reservas, para el inicio del crecimiento y bajo algunas circunstancias también en las fases posteriores. Pero la mayor energía que es utilizada para el desarrollo del fruto, es la que se produce vía fotosíntesis. Toda esa energía utilizada se puede expresar como un costo de producción por gramo de fruto (Corelli-Grappadelli y Lakso, 2004), razón por la cual, el crecimiento del fruto representa un importantísimo punto de demanda.

El crecimiento de cualquier órgano es afectado por las condiciones ambientales. Así, diferentes sitios de crecimiento pueden entenderse por la interacción de la combinación de cultivar/portainjerto con el medio ambiente, que involucran el régimen de temperatura, características del suelo, disponibilidad de agua, disponibilidad de luz, etc., (Corelli-Grappadelli y Lakso, 2004).

En durazno, los períodos en los cuales la fuente de carbono es una limitante son las primeras 4 ó 5 semanas después de la floración completa (cuando el crecimiento de fruto se da principalmente por división celular), y en la última parte del crecimiento por elongación celular, hasta la cosecha (Corelli-Grappadelli y Lakso, 2004).

## **2.3. Partición de materia seca/carbono**

### **2.3.1. Generalidades**

La partición de materia seca es un indicador de la distribución de carbono (foto-asimilados) hacia los distintos puntos de demanda en crecimiento, por lo que puede considerarse como un parámetro muy importante en la determinación de la productividad (García y Guardiola, 2003).

Aunque la respuesta fotosintética y respiratoria determinan la cantidad de carbono disponible para crecimiento de los diferentes órganos componentes de las plantas, el rendimiento real de fruto depende de la partición de ese carbono hacia sus componentes; y esa partición es afectada en gran medida por las prácticas de manejo, factores ambientales, principalmente por la temperatura (García y Guardiola, 2003), luz, agua (Flore y Layne, 1999), por la fuerza de demanda (potencial de crecimiento de los órganos) y la proximidad de la fuente (Esparza *et al.*, 1999); asimismo, la carga de frutos también afecta la partición de recursos (foto-asimilados) entre el crecimiento vegetativo y reproductivo (Corelli-Grappadelli y Lakso, 2004; Flore y Layne, 1999).

Existen varias etapas en la partición de productos fotosintéticos. En el desarrollo de la hoja, los foto-asimilados son repartidos como material exportado y material destinado para el crecimiento de la misma hoja o como almacén temporal. Los foto-

asimilados exportados son repartidos entre diferentes puntos de demanda, y la competencia entre los órganos que demandan asimilados es determinada, en parte, por la capacidad intrínseca de demanda de los órganos (Ho, 1988), así como por el vigor del árbol, el cual es afectado por el cultivar, nutrición, estado hídrico y producción (Lakso *et al.*, 1999).

## **2.3.2. Principales factores que afectan la partición de carbono**

### **2.3.2.1. Practicas de manejo**

Con la estimulación de crecimiento por riegos, aplicación de fertilizante nitrogenado, podas o aplicaciones de ácido giberélico, se disminuye la conversión de brotes vegetativos a reproductivos. Por otro lado los factores que disminuyen el vigor, promueven la iniciación de brotes florales; estos factores pueden ser, por ejemplo, periodos de sequía, cosecha, aplicación de retardantes del crecimiento, etc., (Flore y Layne, 1999), aunque la influencia de una reducción en el vigor de la planta también inhibe el crecimiento vegetativo y de la raíz en durazno (Inglese *et al.*, 2001).

Por otro lado, Wardlaw (1990), menciona que una nutrición diferente, repercute en la acumulación de carbohidratos de reserva en los tallos y en las hojas, lo que indica que el crecimiento es más afectado que la fotosíntesis debido a que la baja acumulación de carbohidratos en condiciones de mala nutrición es consecuencia de una reducción de las tasas fotosintéticas.

La poda también es una práctica común que propicia una reducción en el crecimiento de la raíz, disminuyendo su potencial de demanda por foto-asimilados, para llegar a ser un demandante inferior a la de los frutos. No obstante, la proporción de raíz-dosel no cambia por efecto de la poda, puesto que la reducción de crecimiento de la copa y de la raíz genera una distribución de fructificación acorde a los componentes de raíz y la copa (Inglese *et al.*, 2001).

Lakso *et al.* (1999), mencionan que el total del crecimiento de un árbol responde directamente a los tratamientos que se le practiquen; además agregan que rendimientos altos por hectárea son posibles por una combinación de índices altos

de cosecha y alta producción de materia seca en el huerto, resultado de una buena fertilización, protección contra plagas, podas, raleos y diseño del huerto (Lakso *et al.*, 1999), lo que hace pensar que la aplicación de promotores de brotación podrían jugar un papel muy importante en la acumulación de materia seca y modificar los rendimientos esperados.

La acumulación de la materia seca se ve reducida con la excesiva producción de frutos en durazno y más aún si dicha carga se mantiene por más de un año (Inglese *et al.*, 2001). De este modo se deduce que con muchos frutos por árbol puede bajar la productividad de éste (Lakso *et al.*, 1999); esto porque cuando la producción de frutos es alta, el crecimiento de brotes y hojas se reduce, al igual que el diámetro del tallo y consecuentemente el crecimiento, tanto reproductivo como vegetativo, del siguiente año se reduce significativamente (Flore y Layne, 1999), es decir, el desarrollo y crecimiento total de la planta, así como al grado de fructificación, son finalmente una función de la acumulación, distribución y uso de carbohidratos y recursos minerales (DeJong, 1999).

#### **2.3.2.2. Temperatura**

Las temperaturas bajas pueden causar cambios en la partición de la materia seca entre los órganos en crecimiento, y también en la acumulación de almidón y carbohidratos solubles; tan es así que es posible que el crecimiento sea más sensible a las temperaturas bajas, afectando de manera crítica a la fotosíntesis. Una reducción en la fotosíntesis foliar debido a una caída de la temperatura, se relaciona con un aumento en el almacén de fotosíntatos, resultado del crecimiento lento y de una demanda baja de foto-asimilados debido a la temperatura baja, en lugar de un efecto directo de la temperatura en la función de la hoja (Wardlaw, 1990).

Por lo anterior, es importante considerar una buena condición fotosintética para maximizar la acumulación de materia seca, la cual se logra entre los 20 y 35°C para la mayoría de la plantas  $C_3$  (Jiao *et al.*, 1997), temperatura a la cual se incrementa la importación y exportación de carbohidratos (Jonson y Lakso, 1986b). A temperaturas superiores a los 35°C, inician los problemas con la producción de ATP y NADPH,

limitando con esto la fijación de CO<sub>2</sub>, por lo que la formación de la ribulosa bifosfato se vuelve un factor limitante y con una temperatura extremosa (mayor a 47°C), los fotosistemas de este tipo de plantas (C<sub>3</sub>) son destruidos (Salisbury y Ross, 1994) y consecuentemente, la importación y exportación de carbono entre los órganos de la planta se afecta drásticamente.

Así pues, el efecto de temperatura en la partición de carbono es muy importante, pero no hay reportes en la literatura de trabajos experimentales específicos en busca de la respuesta directa a la temperatura. Los efectos de la temperatura en varios de los componentes del balance de carbón se mencionaron anteriormente. En la generación de modelos fisiológicos de cultivos, la temperatura es un componente ambiental imprescindible y esencial pues es necesario para calcular el balance de carbono, cuyos componentes (fotosíntesis de planta completa y la respiración de órganos) son altamente sensibles a la temperatura (Lakso *et al.*, 2001). La demanda máxima de crecimiento se ajusta también por temperatura.

La dificultad de controlar temperatura en el campo en condiciones de descarga de radiación total, trabajar con árboles frutales grandes y la dificultad de separar los efectos de la temperatura, de efectos de otros factores, son las razones principales de la falta de estudios sobre efectos de temperatura sobre balance y partición de carbono en árboles frutales (Calderón, 2005).

### **2.3.2.3. Luz**

La luz puede tener un efecto considerable en el crecimiento vegetativo y reproductivo de los árboles, por lo que el rendimiento se relaciona íntimamente con el total de intercepción de luz por unidad de área foliar. Durante el desarrollo del fruto, el sombreado disminuye el rendimiento, el tamaño, color y sólidos solubles del fruto, incluso puede inducir la caída del fruto. El efecto es más pronunciado si la proporción de hoja-fruto está cerca del umbral (Flore y Layne, 1999).

Los climas más productivos son aquellos con abundante radiación solar, incrementándose el crecimiento por tiempo más largo por la alta energía lumínica

que se capta por cada estación de crecimiento, sin embargo, la distribución de luz dentro de un huerto es crítica, aun dándole un buen manejo (Lakso y Robinson, 1997). La intercepción de luz puede ser significativamente mejorada con sistemas de densidades altas; sin embargo, genera una serie de consecuencias, como es el incremento del costo de plantación etc., (Robinson y Lakso, 1991).

Del total de la fotosíntesis de la copa generada por la captación de luz, una proporción alta puede estar disponible para los frutos al final de su desarrollo. Al inicio de la etapa de desarrollo, hay una competencia muy fuerte por el carbono entre los puntos demandantes. Este es un periodo crítico para el potencial de rendimiento y tamaño del fruto (Lakso *et al*, 1998). Un buen manejo de la forma de la copa, propicia una mejor exposición hacia la luz del follaje durante la estación de crecimiento (Correlli-Grappadelli *et al.*, 1994).

#### **2.3.2.4. Agua**

La sequía influye en la partición de la materia seca entre órganos en competencia y depende en gran parte de la estación, el clima y los órganos con alto potencial demandante. Si la sequía ocurre en primavera, cuando el desarrollo vegetativo es alto y relativamente bajo el desarrollo reproductivo, es el crecimiento vegetativo el primero en sufrir la alteración por falta de agua. A principios de la primavera las raíces tienen prioridad para crecer, seguido por el crecimiento de los brotes vegetativos. Durante el segundo estado de crecimiento del fruto, cuando la acumulación de materia seca es más baja, el desarrollo vegetativo se incrementa por aplicaciones de agua y se suprime por sequía, con pequeños efectos en el desarrollo del fruto. En contraste, en la tercera etapa de desarrollo, el fruto es notablemente afectado por sequías al igual que los brotes vegetativos. En general, los diferentes órganos son afectados por sequía en el siguiente orden: crecimiento foliar>extensión radical>emergencia foliar>diámetro del tallo (Flore y Layne, 1999).

Bajo condiciones de sequía, el nivel de carbohidratos solubles en las hojas se incrementa en algunas especies. Esta acumulación u osmoregulación en las hojas de las plantas en estrés por agua, es probablemente el resultado de una reducción



del crecimiento y de una lenta utilización de carbohidratos por deficiencia de agua. Sin embargo, la respuesta a la sequía depende del estado de desarrollo de la planta (Wardlaw, 1990).

#### **2.3.2.5. Potencial de crecimiento**

La partición de carbono ocurre a nivel intracelular, pero afecta a toda la planta; esto es determinado por la abundancia de tejidos fuente y demanda. La eficiencia en el control de la partición de carbono asimilado es crucial para la productividad de una planta. El control de la partición de carbono es el resultado de varios factores actuando a nivel celular, hoja o sistema, los cuales están afectando la demanda de carbono en los diferentes órganos (Pessaraki, 1997).

En general, zonas de demanda son competencia y los foto-asimilados son distribuidos en todos esos puntos de acumulación de materia seca (Hopkins, 1999); sin embargo, el potencial de la demanda de órganos individuales varía con el tiempo anual y edad de la planta, puesto que la demanda potencial del crecimiento y el patrón de desarrollo estacional de la planta cambian con el tiempo. Por lo anterior, el alto potencial de crecimiento de los órganos está estrechamente relacionado con el rendimiento de los cultivos (Hopkins, 1999).

La demanda para la producción y partición de materia seca se demuestra de tres maneras: 1) por incremento en la tasa fotosintética neta o un retardo en la disminución de la tasa fotosintética; 2) incremento en la traslocación de carbono a las partes altamente demandantes; y 3) mayor producción de materia seca por unidad de área foliar, cuando se comparan árboles en producción con árboles sin producción (Flore y Layne, 1999).

En plantas poco demandantes, la tasa fotosintética también se reduce cuando la demanda por carbohidratos disminuye, por ejemplo, después de una fuerte cosecha (Lambers *et al.*, 1998). Flore y Layne (1999) mencionan que una excesiva actividad de la fuente o carencia de actividad de puntos de almacenamiento demandantes,

pueden conducir a la acumulación de foto-asimilados en la hoja, promoviendo la inhibición de la tasa fotosintética.

Generalmente las raíces y los brotes representan competencia por los recursos de asimilados; no obstante, los órganos de la parte aérea son los que tienen prioridad (Flore y Layne, 1999), esto por ser órganos con potenciales de demanda más alta que la región radical.

En la fase inicial de desarrollo del fruto, es cuando la demanda de foto-asimilados es mayor, esto por la gran actividad metabólica que se da en la división celular (Flore y Layne, 1999).

#### **2.3.2.6. Distancia de la fuente**

La translocación de foto-asimilados es facilitada por las conexiones vasculares entre los puntos fuentes y los de demanda. Diversos experimentos demuestran que los foto-asimilados se mueven preferentemente hacia hojas de almacén, que son hojas demandantes más directamente conectadas con las hojas fuente (Hopkins, 1999).

Una típica distribución de los foto-asimilados se da de la siguiente manera: las hojas fuente de carbono de la parte superior los dirigen a los brotes apicales y para hojas jóvenes creciendo, las hojas fuente de carbono localizadas en la parte media del dosel dirigen los foto-asimilados al tallo, y las hojas fuente localizadas en la región basal del dosel los dirigen a la parte baja del tallo y raíces. Por su parte, el fruto puede ser suministrado de carbono por hojas fuente localizadas en ambas direcciones, ya que este órgano tiene prioridad ante los órganos vegetativos en cuanto a suministro de fotosíntatos (Wardlaw, 1990), además de que su proximidad con la fuente de asimilados también lo favorece (DeJong, 1999).

#### **2.3.1.4. Carga de frutos**

Muchas observaciones indican que los frutos tienen prioridad sobre otros puntos de crecimiento. El tamaño del fruto es dependiente de la proporción hoja-fruto (Flore y Layne, 1999); por tanto, el tamaño del fruto es dependiente de la carga de la cosecha, pues cuando la máxima fuente es superada por la demanda de frutos,

éstos son limitados ampliamente en su crecimiento (Lakso *et al.*, 2001), ya que si la demanda por fruto es multiplicado por el número de frutos por árbol, ello puede ser comparado con la fotosíntesis del dosel (Lakso *et al.*, 1998). Corelli-Grappadelli y Lakso, (2004) mencionan que alta carga de cosecha representa una tasa fotosintética baja por fruto, que se refleja en una visible reducción del tamaño del mismo. Frutos de árboles con una carga normal, son probablemente más afectados por la limitación de las fuentes de carbono al inicio de su desarrollo; esto ocurre cuando la copa está creciendo, el potencial completo fotosintético de las hojas no se ha alcanzado y el crecimiento vegetativo está compitiendo por los recursos (Lakso *et al.*, 2001).

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Ubicación del experimento

El experimento se llevó a cabo en el huerto experimental “San José” del Colegio de Postgraduados, en Montecillo, Texcoco, México; geográficamente se encuentra a una altitud de 2240 msnm, a una latitud de 19° 29' Norte y 98° 53' de longitud oeste. El clima predominante es templado, el más seco de los subhúmedos, con una temperatura promedio de 15.3°C y una precipitación pluvial anual de 574.25 mm anuales (García, 1988); sin embargo, según la estación meteorológica del Colegio de Postgraduados, a partir del año 2000 la temperatura ha fluctuado entre 16 y 17°C y la precipitación entre 444 y 446 mm anuales.

#### 3.2. Material vegetal

Se trabajó con plantas de durazno de la variedad ‘Oro Azteca Mejorado’ (CP 95-1C), que requiere 250 unidades frío y 105 días de flor a fruto. Produce frutos redondos, con 90% de chapeo, vellosoidad corta, textura firme ( $1.1 \text{ kg}\cdot\text{cm}^{-2}$ ), bajo potencial de oscurecimiento de la pulpa ( $\text{PO} = 2.8$ ) e inferior a ‘Diamante’, muy buen sabor, con valores altos en la relación SST/AT (19.4). En una evaluación, en Coatepec de Harinas y Temascaltepec, Edo. de México, de árboles de porte medio desde su tercer año hasta el quinto de edad establecidos a distancias de 4.5 m entre hileras y 1.5 m entre árboles ( $1481 \text{ árboles}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) y conducidos en Ypsilon, se obtuvo un buen amarre de frutos, con tamaño promedio de alrededor de 90 g y producción promedio de 13 kg por árbol (Calderón *et al.*, 2007).

Con el objetivo de facilitar los estudios de partición de materia seca, incluyendo el sistema radical, los árboles estuvieron creciendo a campo abierto en contenedores de plástico (macetas de 40 L). Se utilizaron plantas jóvenes, de un año de edad (edad del injerto), éstas se plantaron en la primavera de 2006 con el manejo necesario para la obtención de árboles listos para producir al año siguiente (2007). El sustrato utilizado para el desarrollo de las plantas consistió en una mezcla de agrolita, turba de pantano (Peat Moss) y suelo del lugar, en una relación de 1:1:3; el suelo fue del campo experimental del huerto “San José”, cuya textura es arcillo-

arenosa, con una densidad aparente de  $1.39 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ , conductividad eléctrica de  $0.55 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$  (Rivas, 2003), pH de 6.36 y una proporción de materia orgánica baja, de  $4.4 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$  (Parra, 1999).

### 3.3. Tratamientos y diseño experimental

#### 3.3.1. Tratamientos

Los tratamientos (Cuadro 1) consistieron en aplicaciones de productos promotores de brotación comerciales: Thidiazurón (Revent<sup>®</sup>, 200 g de i. a. $\cdot\text{L}^{-1}$ , de BAYER), Cianamida de Hidrógeno (Dorméx<sup>®</sup>, 49% de i. a. cianamida de hidrógeno, de BASF) y Erger<sup>®</sup>-G (de Valagro S. p. A. Agricultura Farm), producto nuevo en el mercado que está elaborado a base de nitrógeno orgánico (1%), nitrógeno inorgánico (nítrico 5% y amoniacal 5%) y 50% de carbono orgánico de origen biológico.

**Cuadro 1.** Tratamientos aplicados el 02 de febrero de 2007 en durazno ‘Oro Azteca Mejorado’, en Montecillo, Texcoco, México.

Número	Tratamiento
1.	TDZ $200 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ (1 ml Revent <sup>®</sup> $\cdot\text{L}^{-1}$ ) + aceite 2% ( $20 \text{ ml}\cdot\text{L}^{-1}$ )
2.	Dorméx <sup>®</sup> 0.5% ( $5 \text{ ml}\cdot\text{L}^{-1}$ ) + aceite 2% ( $20 \text{ ml}\cdot\text{L}^{-1}$ )
3.	Erger <sup>®</sup> -G 6% ( $60 \text{ ml}\cdot\text{L}^{-1}$ )
4.	Erger <sup>®</sup> -G 6% ( $60 \text{ ml}\cdot\text{L}^{-1}$ ) + Nitrato de Ca 12% ( $120 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ )
5.	Erger <sup>®</sup> -G 2% ( $20 \text{ ml}\cdot\text{L}^{-1}$ ) + aceite 2% ( $20 \text{ ml}\cdot\text{L}^{-1}$ )
6.	Testigo (sin aplicación)

El aceite utilizado en los tratamientos indicados fue aceite vegetal comestible emulsificado con Inex<sup>®</sup> en la proporción 50 ml por 2 L de aceite.

Los tratamientos se aplicaron el 2 de febrero del 2007 con ayuda de una mochila aspersora manual con capacidad de 15 L. La aplicación se llevó a cabo por la mañana para evitar evaporación, empapando completamente los árboles correspondientes hasta el punto de goteo, y para evitar contacto de la solución asperjada con otro árbol no perteneciente a la dosis aplicada, se utilizó un plástico como pantalla protectora.

### 3.3.2. Diseño experimental

Se utilizó un diseño completamente al azar con 8 repeticiones, la unidad experimental estuvo representada por un árbol, sumando un total de 48 plantas utilizadas en este experimento. En la determinación de partición de materia seca, cálculo de área foliar y peso específico de hoja se consideraron en el muestreo destructivo final 5 repeticiones. A los datos obtenidos se les realizó un análisis estadístico con el programa SAS<sup>®</sup>, obteniendo ANOVAS y comparación múltiple de medias mediante la prueba de Tukey con un  $\alpha$  igual a 0.05. El modelo estadístico utilizado para las variables evaluadas fue el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

$Y_{ij}$  = respuesta de la variable X con el i-ésimo tratamiento, en la j-ésima repetición.

$\mu$  = media general común a todas las unidades antes de aplicar los tratamientos.

$T_i$  = Efecto del i-ésimo tratamiento.

$E_{ij}$  = Error experimental de en la j-ésima repetición del i-ésimo tratamiento.

### 3.4. Manejo del experimento

**Poda:** Después de trasplantar los árboles de un año de edad a las macetas utilizadas para efecto del estudio, se les dio un despunte para promover la brotación de yemas laterales, esta actividad se realizó en mayo del 2006. En octubre se realizó un despunte y aclareo de ramas para promover una maduración de ramas capaces de producir yemas florales. En enero de 2007 se hizo una poda de fructificación consistente básicamente en un despunte de ramas para promover una brotación equilibrada en el ciclo por empezar.

**Raleo de fruto:** el día 18 de abril de 2007 se realizó un aclareo de frutos, aplicando el criterio de dejar una separación mínima de 10-12 cm entre dos frutos. El raleo de frutos es absolutamente necesario en la producción comercial para obtener frutos de tamaño comercial aceptable. Antes del raleo de frutos, se hizo la cuantificación del número de frutos por árbol para estimar el porcentaje final de amarre.

**Riegos:** Estos se realizaron periódicamente y los intervalos de riego estuvieron determinados por las condiciones del ambiente. La cantidad de agua aplicada cada vez fue siempre similar para todos los árboles. Durante los meses de mayo-septiembre de 2006, se les aplicó alrededor de dos riegos por semana. Para los meses octubre-diciembre de 2006, se aplicó básicamente un riego por semana para evitar que con una mayor humedad pudieran ser más precoces en la brotación, lo que pudiera provocar el daño de los brotes y flores en el periodo de más alta probabilidad de ocurrencia de heladas, que es enero y febrero. En enero y febrero del 2007, se aplicaron dos riegos por semana; sin embargo, para los meses de marzo-mayo fue necesaria la aplicación de riegos cada tercer día, para evitar que los árboles entraran en estrés por sequía y para favorecer un adecuado crecimiento de fruto. También se hicieron lavados frecuentes de la copa de los árboles (parte aérea), utilizando agua simple, en los meses de marzo a mayo de 2007 con el fin de remover el polvo acumulado y controlar un poco la dispersión de ácaros.

**Fertilización:** De mayo a septiembre de 2006 se aplicó una combinación 1:1 de urea (46% de N) y NitrofosKa<sup>®</sup> (12% de N, 12% de P y 17% de K), proporcionándole a cada planta 24 g cada 15 días para promover el vigor de los árboles. Con la misma periodicidad se realizaron aplicaciones foliares de Bayfolan Forte<sup>®</sup> en combinación con un fungicida (Manzate<sup>®</sup>) para prevenir enfermedades. Después de la aplicación de los tratamientos (2 de febrero del 2007), se realizaron dos aplicaciones más de fertilizante al suelo en los meses de marzo y abril de 2007, al tiempo que se continuaron las aplicaciones de Bayfolan Forte<sup>®</sup> y Manzate<sup>®</sup> cada 15 días, pero a finales de abril y todo mayo, se hicieron estas aspersiones en forma semanal.

### **3.5. Mediciones y variables**

#### **3.5.1. Brotación**

Se seleccionaron al azar 3 ramas mixtas representativas por cada árbol, en las cuales se cuantificó en forma semanal el número de yemas vegetativas por un lado, y florales por otro para determinar la dinámica de la brotación en porcentaje de yemas abiertas con base en 10 nudos de cada rama, comenzando el conteo 4 nudos después de la base.

### **3.5.2. Número de flores y amarre de frutos**

Se calculó con base en la brotación de flores de cada rama marcada para la dinámica de la brotación floral; antes del raleo de frutos, se contaron los frutos creciendo el día 15 de abril de 2007 y con estos datos se calculó el porcentaje del amarre de frutos con base en el número total de flores.

### **3.5.3. Crecimiento**

Se llevaron a cabo mediciones semanales del crecimiento de brotes vegetativos del año (longitud), de hojas (largo y ancho) y de fruto (diámetro ecuatorial); las primeras con una regla y la última con ayuda de un vernier digital. Para las mediciones del crecimiento de brotes vegetativos del año, se seleccionaron tres brotes al azar por árbol, de los cuales se tomó también una hoja al azar para la medición de ésta a partir de su emergencia, pero antes de su desdoblamiento; es decir, se usaron tres hojas por repetición; para las mediciones de fruto se seleccionaron al azar 3 frutos por repetición, dando un total de 24 frutos por tratamiento.

### **3.5.4. Materia seca**

Al final de la cosecha (133 días después de la aplicación de los tratamientos), los diferentes órganos de la planta se separaron y disectaron para llevarse a peso seco constante en una estufa BLUE-M Modelo 326-F de laboratorio a 70° C. Se separaron hojas, frutos, madera del año y madera mayor de un año, así como raíces, las cuales se separaron en raíces menores y mayores de 5 mm de diámetro. El peso seco de frutos fue el acumulado de todos los cortes de frutos cosechados.

### **3.5.5. Área foliar y peso específico de hoja**

Con un integrador electrónico de área foliar Modelo LI-3100 (LI-COR, Inc., Lincoln, Nebraska) se determinó el área foliar de muestras de 1, 2, 3, 4 y 5 hojas frescas por cada repetición, las cuales se pesaron en una balanza digital. Con base en ecuaciones de regresión determinadas usando la relación área foliar ( $m^2$ ) y peso fresco obtenida de las muestras para cada tratamiento, se calculó el área foliar total por árbol a partir del peso fresco total de todas las hojas del árbol sustituido en la



ecuación de la regresión respectiva de cada tratamiento. El peso específico de hoja se determinó al dividir el peso seco total entre el área foliar ( $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$ ).

### **3.5.6. Producción**

En la producción se consideraron tres parámetros: 1) Frutos por árbol antes del raleo, éstos se contabilizaron uno a uno en cada árbol de cada tratamiento; 2) Número de frutos maduros cosechados por árbol, obtenidos mediante el conteo de los frutos de cada cosecha, la cual inició el 18 de mayo y culminó el 15 de junio de 2007; y 3) Rendimiento ( $\text{kg}\cdot\text{árbol}^{-1}$ ), el cual se obtuvo de la suma del peso de frutos cosechados en cada corte con ayuda de una balanza digital PRECISA Modelo XB-2200C.

### **3.5.7. Calidad de fruto**

En el pico de producción (1 y 8 de junio de 2007) se determinó la calidad de fruto, para lo cual se utilizaron tres frutos por cada repetición (cada árbol). Las variables de calidad evaluadas fueron las siguientes: 1) Peso de fruto, que se obtuvo con ayuda de una balanza digital PRECISA Modelo XB-2200C, cuya medición se expresó en gramos; 2) Diámetro ecuatorial y polar, para lo cual se utilizó un vernier digital y se expresaron en cm; 3) Sólidos solubles totales (Grados Brix), se obtuvieron con un refractómetro automático ATAGO Modelo PR-100, el cual se calibró con agua destilada; para esta variable se tomaron los dos lados del fruto y 4) Firmeza, se obtuvo con un texturómetro digital universal WAGNER Modelo FDV-30 con un puntal cónico de 0.8 mm para medir la fuerza de penetración ( $\text{kg}\cdot\text{cm}^{-2}$ ), al igual que en los °Brix, esta medición se realizó en las dos caras ecuatoriales para la obtención de un promedio y así tener una mayor confiabilidad.

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los promotores de brotación son considerados reguladores de crecimiento, sintéticos o naturales (aceite de soya), puesto que son capaces de alterar la fisiología de la planta y cuya respuesta a las aplicaciones de éstos, frecuentemente es inconsistente e impredecible (Williamson y Lyrene, 2004), por lo que conocer la respuesta a los promotores de brotación más utilizados en el cultivo de durazno es elemental.

Hay diversos y variados reportes sobre la respuesta de las yemas de diferentes frutales a aplicaciones de TDZ y Cianamida de Hidrógeno, no así para Erger<sup>®</sup>-G; sin embargo, según Llamas *et al.* (2002) tal diversidad de resultados se debe a que existen múltiples componentes del letargo de yemas, ya que éstas pueden responder de manera muy variada a los promotores de brotación; por ello, muchas veces se dificulta la obtención de resultados consistentes.

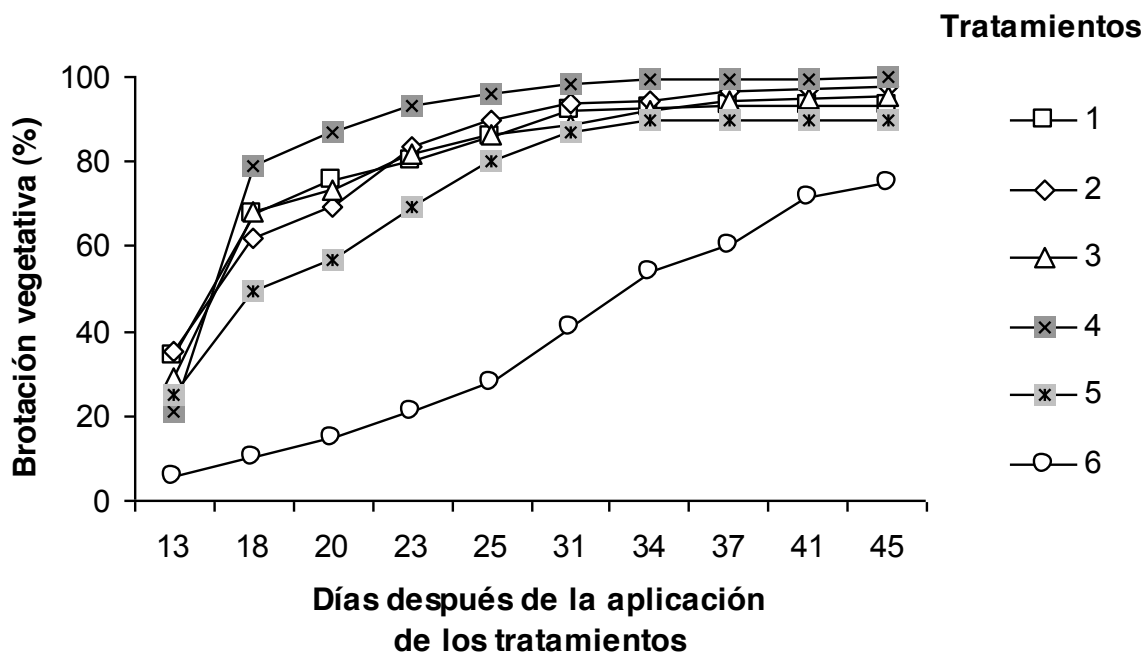
### 4.1. Brotación

#### 4.1.1. Brotación vegetativa

La aplicación de los tratamientos se realizó el 2 de febrero del 2007 en árboles de un año de edad (después del crecimiento del injerto en vivero) y el registro de la dinámica de brotación inició a los 13 días después de la aplicación (15 de febrero de 2007), la cual se estabilizó a los 45 días después de la aplicación de los tratamientos (DDAT) (Figura 1).

A los 13 DDAT, el mayor porcentaje de brotación vegetativa correspondió al tratamiento 2 con 35.4%, seguido por los tratamientos 1 y 3, con 34 y 28.8% respectivamente; sin embargo, a partir de los 31 DDAT ya no se observaron diferencias significativas entre los tratamientos con productos promotores de brotación. No obstante, es importante señalar que el tratamiento 4 (Erger<sup>®</sup>-G 6% + CaNO<sub>3</sub> 12%) fue el más sobresaliente, e incluso alcanzó una brotación del 100% a los 45 DDAT. En todos los tratamientos con productos promotores se obtuvo un buen porcentaje de brotación vegetativa, tan es así que el de menor efecto de éstos fue el

tratamiento 5 con un 89.6%, en contraste, el testigo (sin aplicación) sólo alcanzó el 75% (Cuadro 2).



**Figura 1.** Dinámica de brotación vegetativa por efecto de aplicación de promotores de brotación, aplicados el 7 de febrero de 2007 en durazno ‘Oro Azteca Mejorado’, en Montecillo, Texcoco, México. Tratamientos: 1) TDZ 200 mg·L<sup>-1</sup> + aceite 2%, 2) Dormex<sup>®</sup> 0.5% + aceite 2%, 3) Erger<sup>®</sup>-G 6%, 4) Erger<sup>®</sup>-G 6% + CaNO<sub>3</sub> 12%, 5) Erger<sup>®</sup>-G 2% + aceite 2% y 6) testigo (sin aplicar). Cada punto es el promedio de 8 repeticiones.

Respecto a los productos comúnmente utilizados para promover la brotación, Revent<sup>®</sup> (TDZ) y Dormex<sup>®</sup> (Cianamida de Hidrógeno), el segundo generó una tendencia mayor de brotación vegetativa, aunque sin diferencias significativas entre ambos. Esto confirma lo que dice Erez (1987), de que la Cianamida de Hidrógeno es uno de los productos más efectivos para promover la brotación, siendo el segundo mejor en promover la brotación vegetativa en la presente investigación. Resultados similares observaron Calderón y Rodríguez (1996) en durazno ‘Diamante’, donde el porcentaje de brotación vegetativa sí presenta una mejor respuesta con la utilización de Dormex<sup>®</sup> en comparación al TDZ y el testigo. En el 2000, Calderón y Rodríguez

reportaron en este mismo cultivo, que la Cianamida de Hidrógeno (0.5%, 5 ml·L<sup>-1</sup>) resultó ser mejor significativamente con un 99% de brotación vegetativa contra un 87.6% con aplicaciones de TDZ (250 mg·L<sup>-1</sup>), mientras que el testigo sólo tuvo una brotación del 6.4%.

**Cuadro 2.** Efecto de la aplicación de promotores de brotación en la brotación vegetativa de durazno ‘Oro Azteca Mejorado’ en tres muestreos realizados después de la aplicación (DDA) de los tratamientos en Montecillo, Texcoco, México.

Tratamiento	Brotación vegetativa (%)		
	13 DDA	25 DDA	45 DDA
1. TDZ 200 mg·L <sup>-1</sup> (1 ml Revent <sup>®</sup> ·L <sup>-1</sup> ) + aceite 2%	34.0 a <sup>z</sup>	85.9 a	93.3 a
2. Dormex <sup>®</sup> 0.5% + aceite 2%	35.4 a	89.6 a	97.9 a
3. Erger <sup>®</sup> -G 6%	28.8 ab	86.3 a	95.4 a
4. Erger <sup>®</sup> -G 6% + Nitrato de Ca 12%	21.3 ab	96.3 a	100 a
5. Erger <sup>®</sup> -G 2% + aceite 2%	25.0 ab	80.0 a	89.6 a
6. Testigo (sin aplicación)	6.6 b	27.7 b	75.0 b
Diferencia mínima significativa	22.74	20.37	13.75

<sup>z</sup> Medias con la misma letra dentro de las columnas indican que no hay diferencias estadísticas significativas (Tukey,  $\alpha=0.05$ ).

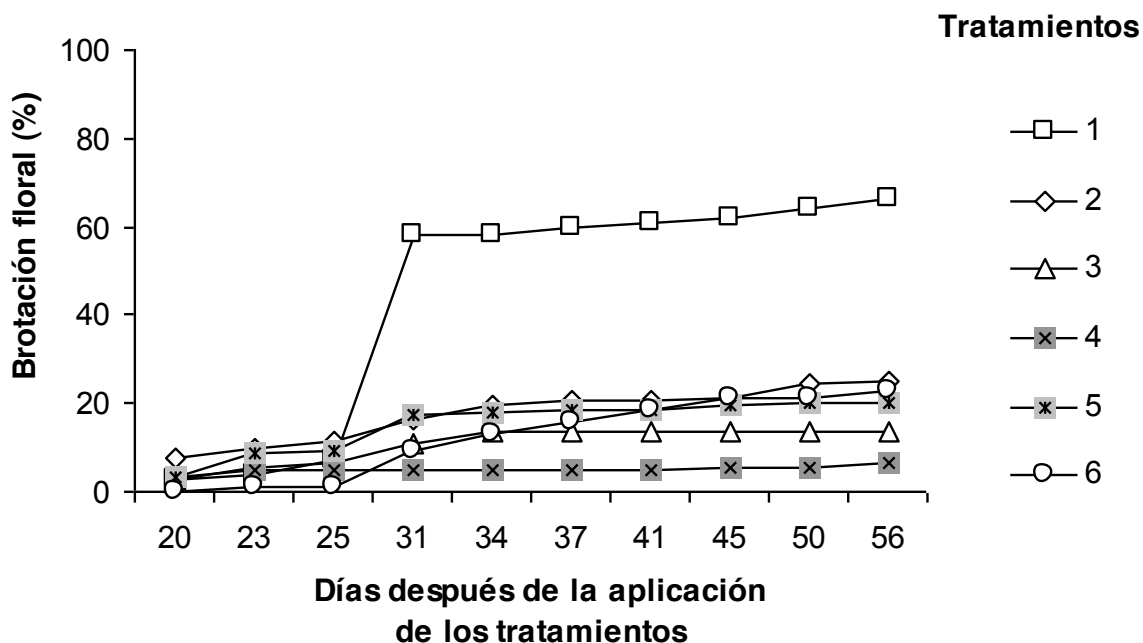
Al parecer, la Cianamida de Hidrógeno genera una mayor activación metabólica en las yemas vegetativas, lo cual promovió un mayor porcentaje de brotación con respecto al testigo (sin aplicar). Llamas *et al.* (2002) encontraron que la actividad metabólica es afectada positivamente en manzano al aplicar 10, 15 y 20 ml·L<sup>-1</sup> de Cianamida de Hidrógeno en laboratorio, superando al tratamiento testigo en un 19.6% y además, con dosis de 15 ml·L<sup>-1</sup> aumenta un 16.6% la velocidad de respiración. El 100% de brotación vegetativa lograda con el tratamiento Erger<sup>®</sup>-G 6% + CaNO<sub>3</sub>12% (tratamiento 4) podría indicar que supera o iguala, a la Cianamida de Hidrógeno en la activación metabólica que propicia la brotación vegetativa; sin embargo, Calderón y Rodríguez en el 2000 reportaron también una brotación vegetativa alta (99%) en durazno con aplicaciones de 0.5% (5 ml·L<sup>-1</sup>) de Cianamida de Hidrógeno.

Cabe mencionar que Erger<sup>®</sup>-G es un producto de reciente introducción en el mercado nacional, pero no ha sido suficientemente probado en el cultivo de durazno, por tanto, no se tiene evidencia científica reportada de su efecto en este cultivo; sin embargo, por los resultados que se muestran en la Figura 1 y el Cuadro 2, se puede observar que en la inducción de brotación vegetativa, es un producto que muestra ser un excelente candidato. Erger<sup>®</sup>-G 6% + CaNO<sub>3</sub> 12% (tratamiento 4) mostró su efectividad para promover la brotación vegetativa a partir de los 18 DDA (Figura 1) e incluso la tendencia de brotación alcanzada con Erger<sup>®</sup>-G más nitrato de calcio es mayor a la promovida por TDZ y Cianamida de Hidrógeno, productos comúnmente usados en durazno (Figura 1), aunque estadísticamente, sin diferencias significativas entre ambos (Cuadro 2). Al final de la brotación, Erger<sup>®</sup>-G + CaNO<sub>3</sub> alcanzó el 100% de brotación, superando significativamente al testigo con un 25% (Cuadro 2).

#### **4.1.2. Brotación floral**

El uso de productos que estimulen la brotación en árboles frutales representan una alternativa para adelantar, aumentar y uniformizar la apertura de yemas florales (Campos *et al.*, 2001). En durazno, los productos comúnmente usados son: Dormex<sup>®</sup> (Cianamida de Hidrógeno) (0.5 a 2%) y Thidiazurón (200 a 250 mg·L<sup>-1</sup>) en combinación con citrolina emulsificada (2%) (Rivas, 2003; Campos *et al.*, 2001 y Gutiérrez, 2002), mismos que se evaluaron en la presente investigación, pero además se incluyó un nuevo producto en el mercado, Erger<sup>®</sup>-G, cuya formulación está hecha a base de compuestos nitrogenados.

En la Figura 2 puede observarse la tendencia de la brotación floral a partir de los 20 hasta los 56 días después de la aplicación de los tratamientos (DDAT). Para esta variable se realizó el ANOVA de los datos obtenidos a los 20, 37 y 56 DDAT, de los cuales sólo en el primer muestreo no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos, mientras que para el segundo y tercer muestreo si se registraron diferencias significativas entre ellos con un  $\alpha=0.01$  (Cuadro A-1).



**Figura 2.** Dinámica de brotación floral por efecto de aplicación de promotores de brotación aplicados el 7 de febrero de 2007 en durazno ‘Oro Azteca Mejorado’, en Motecillo, Texcoco, México. Tratamientos: 1) TDZ 200 mg·L<sup>-1</sup> + aceite 2%, 2) Dormex<sup>®</sup> 0.5% + aceite 2%, 3) Erger<sup>®</sup>-G 6%, 4) Erger<sup>®</sup>-G 6% + CaNO<sub>3</sub> 12%, 5) Erger<sup>®</sup>-G 2% + aceite 2% y 6) testigo (sin aplicar). Cada punto es el promedio de 8 repeticiones.

En la Figura 2 se observa con claridad una ligera superioridad de los tratamientos que involucran la aplicación de los promotores de brotación (T1, T2, T3, T4 y T5) con respecto al tratamiento testigo (sin aplicación), siendo el tratamiento 2 (Dormex<sup>®</sup> 0.5% + aceite 2%) el que presenta un porcentaje mayor hasta los 25 DDAT; pero a los 31 días, el tratamiento 1 (TDZ 200 mg·L<sup>-1</sup> + aceite 2%) fue muy superior, alcanzando casi el 60% de brotación, mientras que los demás tratamientos oscilaron entre el 5 al 18%; es decir, el tratamiento 1 supera significativamente ( $\alpha = 0.01$ ) al resto de los tratamientos (Cuadro A-1), mientras que estos últimos no tuvieron diferencia significativa entre ellos (Cuadro 3). Esta tendencia se mantuvo hasta finalizar la brotación floral (56 DDAT) (Figura 2).

**Cuadro 3.** Efecto de la aplicación de promotores de brotación en la brotación floral de durazno ‘Oro Azteca Mejorado’ en tres muestreos realizados después de la aplicación (DDA) de los tratamientos en Montecillo, Texcoco, México.

Tratamiento	Brotación floral (%)		
	20 DDA	37 DDA	56 DDA
1. TDZ 200 mg·L <sup>-1</sup> (1 ml Revent <sup>®</sup> ·L <sup>-1</sup> ) + aceite 2%	3.8 a <sup>z</sup>	60.0 a	66.3 a
2. Dormex <sup>®</sup> 0.5% + aceite 2%	9.6 a	20.4 b	25.0 b
3. Erger <sup>®</sup> -G 6%	5.6 a	13.8 b	13.8 b
4. Erger <sup>®</sup> -G 6% + Nitrato de Ca 12%	5.0 a	5.0 b	6.3 b
5. Erger <sup>®</sup> -G 2% + aceite 2%	8.5 a	18.5 b	20.0 b
6. Testigo (sin aplicación)	1.3 a	15.8 b	22.5 b
Diferencia mínima significativa	14.21	22.79	23.03

<sup>z</sup> Medias con la misma letra dentro de las columnas indican que no hay diferencias estadísticas significativas (Tukey,  $\alpha=0.05$ ).

Estos resultados demuestran que el TDZ en combinación con aceite mineral sigue siendo la mejor opción para promover floración en durazno, como se constata en múltiples investigaciones. Calderón y Rodríguez (1996) en durazno ‘Diamante’ no observaron diferencias significativas en el porcentaje de brotación floral entre el TDZ (250 ml·L<sup>-1</sup>) y Dormex<sup>®</sup> (0.5%), no así para el adelanto de la floración, en donde el TDZ fue mejor que Dormex<sup>®</sup>, superándolo con 2 días; más tarde, en el año 2000 constataron lo observado, encontrando que el TDZ y la Cianamida de Hidrógeno a dosis de 250 mg·L<sup>-1</sup> y 5 ml·L<sup>-1</sup> respectivamente, en combinación con 2% de aceite mineral, generaron un efecto sin diferencias significativas en la brotación floral, con un 89 y 86% a los 30 y 33 DDAT respectivamente, favorable al TDZ y ambos muy por arriba del testigo.

De igual manera, Alvarado *et al.* (2000) encontraron que en ciruelo japonés el TDZ es tan efectivo como la Cianamida de Hidrógeno para inducir brotación y adelantar el inicio de la floración, la época de floración plena y acortar el tiempo entre estas dos etapas. En el mismo cultivo, Luna *et al.* (1998) reportaron un porcentaje menor al 30% de brotación floral con TDZ + citrolina, mientras que con la Cianamida de Hidrógeno + citrolina no se llegó ni al 10% de la brotación floral, pero ambos tratamientos superaron al testigo. Por su parte, Campos (1997) reportó que 150 ml·L<sup>-1</sup>

<sup>1</sup> de TDZ más 3% de Saf-T-Side<sup>®</sup> promovió hasta un 99 y 83% de brotación vegetativa y floral respectivamente, la cual baja al aumentar la dosis, pero dicha floración según Calderón y Rodríguez (1998) puede adelantarse por más de 20 días de la floración normal con la misma combinación (TDZ + Sat-T-Side<sup>®</sup>).

La misma tendencia se muestra en el cultivo de manzano; por ejemplo, González (1997) con dosis de 0.2% de TDZ, logró un 92.8% de brotación vegetativa y un 86.2% de brotación floral, superando significativamente al testigo. Por su parte, Reyes *et al.* (1998) mencionaron que el TDZ es mejor que la Cianamida de Hidrógeno para inducir la floración en este cultivo.

Fue evidente la superioridad registrada del tratamiento 1 (TDZ 200 mg·L<sup>-1</sup> + aceite 2%) en el presente estudio, no solo superando al tratamiento a base de Cianamida de Hidrógeno (Dormex<sup>®</sup>), sino también al resto de los tratamientos.

Aun con el resultado obtenido, múltiples investigaciones respaldan al Dormex<sup>®</sup> como un producto muy confiable para inducir floración, pero con la desventaja de ser tóxico para el humano. Al respecto, Villegas *et al.* (1998) encontraron que en manzano la Cianamida de Hidrógeno muestra una tendencia lineal positiva al aumento en la concentración del producto, y en las investigaciones realizadas por Calderón y Rodríguez (1996 y 2000) en durazno 'Diamante' y Alvarado *et al.* (2000) y Luna *et al.* (1998) en ciruelo japonés, aunque reportan diferencias desfavorables para la Cianamida de Hidrógeno en comparación con el TDZ, no es mucha la diferencia entre ambos para promover floración; sin embargo, en esta investigación no resultó así, habiendo una amplia diferencia a favor del TDZ en el porcentaje de brotación floral en comparación con el Dormex<sup>®</sup> y los otros tratamientos.

La poca respuesta de la brotación del durazno a la aplicación del Dormex<sup>®</sup> pudo deberse al tiempo de aplicación, pues la respuesta observada en chabacano con tratamientos de Cianamida de Hidrógeno, varían según la concentración, tiempo de aplicación y tipo de yema, así como su estado de desarrollo (Bartolini *et al.*, 1997), tendiendo a ser menos efectiva cuando el estado fisiológico de las yemas está muy



avanzado (Siller-Cepeda *et al.*, 1992). Lo anterior pudo ser la causa de la baja respuesta del Dormex<sup>®</sup> en la brotación floral, puesto que la aplicación de los tratamientos se realizó el 2 de febrero, y para entonces las yemas de la variedad de durazno utilizada podrían ya estar en un estado fisiológico muy avanzado debido al bajo requerimiento de frío de la misma.

En general, se puede observar (Figura 2 y Cuadro 3) que la brotación floral total presentada a los 56 DDAT es muy baja, siendo mayor la inducción con TDZ 200 mg·L<sup>-1</sup> + aceite 2%, con apenas un 66.3%, mientras que los otros tratamientos no llegaron ni al 30%. Este resultado pudiera deberse a la edad de la planta con la que se trabajó (1 año de edad), puesto que en árboles jóvenes el desarrollo vegetativo es aun muy fuerte y lógicamente la brotación floral se ve un tanto afectada por la prioridad del desarrollo de la planta.

Otro punto a destacar en el porcentaje final de la brotación floral, es que los tres tratamientos a base de Erger<sup>®</sup>-G mostraron un porcentaje menor de flores al producido por el testigo, aunque sin diferencias significativas, en donde la menor brotación a los 56 DDAT, fue en el tratamiento 4 (Erger<sup>®</sup>-G 6% + Nitrato de Ca 12%), alcanzando apenas un 6.3% de la brotación total de las yemas florales muestreadas; sin embargo, también fue con este tratamiento que se alcanzó la máxima brotación vegetativa (100%), lo que indica que además del potencial de desarrollo vegetativo de los árboles por su edad (1 año), la alta cantidad de nitrógeno presente en dicho tratamiento provoca una fuerte brotación vegetativa, inhibiendo la brotación floral, lo cual podría ser la causa principal de esta respuesta.

#### **4.2. Número de flores y amarre de frutos**

La estrecha relación que existe entre estas dos variables es evidente, el análisis de varianza realizado mostró en ambas, diferencias significativas entre los tratamientos con  $\alpha=0.01$  (Cuadro A-2). Estas diferencias pudieran deberse a lo que mencionan Soria *et al.* (1993) en relación a que al inducir la producción fuera de temporada, tienden a presentarse muchos problemas relacionados con respuestas inestables de los frutales, sobre todo en el amarre de frutos, debido a la estrecha relación con el

nivel nutrimental; sin embargo, al realizar el análisis de comparación de medias (Tukey  $\alpha=0.05$ ) se detectaron diferencias entre los tratamientos sólo en la primer variable, no así para el amarre de fruto (Cuadro 4). En contraste, Soria *et al.* (1993) al utilizar 1.5 y 2.5 ml·L<sup>-1</sup> de Dormex<sup>®</sup> (Cianamida de Hidrógeno) en combinación con Bayfolan<sup>®</sup> (3ml·L<sup>-1</sup>) en durazno ‘Flordagold’ obtuvieron un efecto altamente significativo en el amarre del fruto con respecto al testigo con más de 20 frutos de diferencia. No obstante, en cuanto al número de flores abiertas no reportaron diferencias significativas favorables con respecto al testigo, obteniéndose un número ligeramente menor de flores abiertas. Por otro lado, George y Nissen (1993) encontraron que en durazno ‘Flordaprince’, la Cianamida de Hidrógeno redujo considerablemente el amarre del fruto, hasta un 30-44%, posiblemente tal respuesta a la aplicación de la Cianamida de Hidrógeno se deba a que la aplicación no se hace en el momento preciso, pues puede causar daño a las estructuras florales si se hace un poco tarde.

El tratamiento que promovió el mayor número de flores en las ramas muestreadas fue el tratamiento 1 (TDZ 200 mg·L<sup>-1</sup> + aceite 2%), con 19.88 flores, muy por arriba de los demás tratamientos. Por el contrario, el menor número de flores correspondió al tratamiento 4 (Erger<sup>®</sup>-G 6% + CaNO<sub>3</sub> 12%) con apenas 1.13 flores (Cuadro 4).

**Cuadro 4.** Efecto de la aplicación de promotores de brotación en el número de flores por rama mixta (al 30 de marzo de 2007) y en el amarre de fruto (al 15 de abril de 2007) de durazno ‘Oro Azteca Mejorado’ cultivado en Montecillo, Texcoco, México.

Tratamiento	No. de Flores	Amarre de fruto (%)
1. TDZ 200 mg·L <sup>-1</sup> (1 ml Revent <sup>®</sup> ·L <sup>-1</sup> ) + aceite 2%	19.88 a <sup>z</sup>	35.85 a
2. Dormex <sup>®</sup> 0.5% + aceite 2%	6.50 b	25.00 a
3. Erger <sup>®</sup> -G 6%	2.63 b	42.86 a
4. Erger <sup>®</sup> -G 6% + Nitrato de Ca 12%	1.13 b	11.11 a
5. Erger <sup>®</sup> -G 2% + aceite 2%	5.13 b	41.46 a
6. Testigo (sin aplicación)	5.25 b	21.43 a
Diferencia mínima significativa	7.09	39.85

<sup>z</sup> Medias con la misma letra dentro de las columnas indican que no hay diferencias estadísticas significativas (Tukey,  $\alpha=0.05$ ).

Aun con la amplia diferencia entre el tratamiento de mayor y el de menor número de flores, el porcentaje de amarre de frutos no presentó diferencias estadísticas entre los tratamientos (Cuadro 4), lo que hace pensar que el amarre de frutos no depende de la cantidad de flores que brotan, sino más bien de condiciones ambientales favorables y de su adecuada formación (pistilo) a la llegada del polen al estigma, de su oportuna polinización (periodo de polinización efectiva), de un buen desarrollo del tubo polínico, de la falta de fecundación de la ovocélula y de los núcleos polares, así como del aporte adecuado de fotosíntatos cuando el ovario inicia su desarrollo (Agustí, 2004; Díaz, 2002; Ryugo, 1993).

Los resultados obtenidos muestran que estadísticamente, los promotores de brotación no afectaron significativamente al amarre de frutos; sin embargo, si se observaron diferencias numéricas, teniendo que el mayor porcentaje de amarre correspondió al tratamiento 3 (Erger<sup>®</sup>-G 6%) con un 42.86% (en base a 2.63 flores), seguido por el tratamiento 1 (a base de TDZ), el cual tuvo un porcentaje de amarre de 35.85% (con base a 19.88 flores). Lo anterior pondría ser engañoso, pues cuando el porcentaje de amarre se calcula en base a las flores de las ramas muestreadas, no resulta lo mismo calcularlo con base en 2.63 flores (tratamiento 3) que con 19.88 (tratamiento 1), y evidentemente que con un número mayor de flores, el resultado será un porcentaje más confiable y por tanto más deseable. Considerando este razonamiento se puede inferir que en el tratamiento de TDZ 200 mg·L<sup>-1</sup> + aceite 2%, es en el que se tuvo un mejor amarre de frutos, aunque sin diferencias significativas con los demás tratamientos. Al respecto, Calderón y Rodríguez (2000) al trabajar con durazno 'Diamante', también manifestaron que al aplicar TDZ en concentraciones de 250 y 500 mg·L<sup>-1</sup> el porcentaje de amarre es numéricamente mayor con respecto a la aplicación de 5 ml·L<sup>-1</sup> Cianamida de Hidrógeno (Dormex<sup>®</sup>) y al tratamiento sin aplicación (testigo), aunque de igual manera, sin diferencias significativas entre ellos.

Por otro lado, en chabacano, Armas (1997) encontró que se logra aumentar significativamente el número de flores al igual que el amarre de frutos al aplicar una combinación de TDZ 250 ml·L<sup>-1</sup>+ Saf-T-Side<sup>®</sup> 2% en comparación con el tratamiento

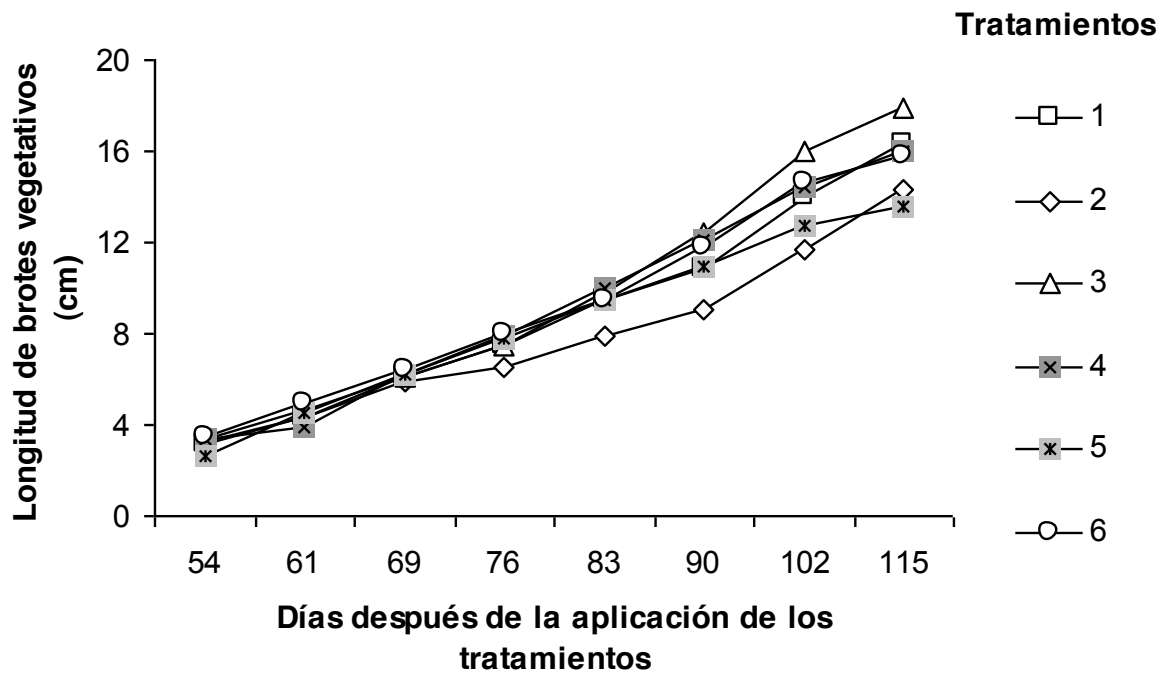
testigo, por lo que se puede reafirmar que efectivamente el TDZ es el que ha demostrado tener una mejor influencia sobre el amarre de frutos y número de flores.

### **4.3. Crecimiento**

#### **4.3.1. Longitud de brotes vegetativos del año**

La dinámica de crecimiento de los brotes se presenta en la Figura 3, donde se observa que el comportamiento de los tratamientos es muy similar, es decir, los promotores de la brotación no influyen de manera considerable en el crecimiento de los brotes vegetativos del año, puesto que al realizar el análisis estadístico (Cuadro A-3) no se observan diferencias significativas en ninguna de las tres fechas muestreadas y analizadas después de la aplicación de los tratamientos (Cuadro 5). Sin embargo, en el mismo Cuadro 5 se puede observar que al final del crecimiento de los brotes vegetativos, el Erger<sup>®</sup>-G 6% solo, es el que numéricamente tiene la mayor longitud de brote (casi 18 cm). Esta respuesta es más evidente en la Figura 3.

En la Figura 3 se observa que el tratamiento 2 (a base de Dormex<sup>®</sup>) se mantiene por debajo de los demás tratamientos hasta los 102 DDAT; no obstante, al final, a los 115 DDAT, el tratamiento 5 es en el que se presentaron los brotes más cortos, con una diferencia de 4.32 cm con el de mayor longitud (tratamiento 3). Por lo anterior, los tratamientos 2 y 5 son los que más afectaron el crecimiento de los brotes, pues sus valores al final del crecimiento (115 DDAT) están por debajo del testigo (sin aplicación), con un diferencia con éste de 1.42 y 2.22 cm respectivamente. En cuanto a la aplicación de TDZ + aceite, se obtuvieron longitudes de brotes más aceptables con respecto al mejor tratamiento (3), con tan sólo una diferencia de 1.61 cm entre ambos.



**Figura 3.** Dinámica del crecimiento de brotes vegetativos del año por efecto de promotores de brotación aplicados el 7 de febrero de 2007 en durazno ‘Oro Azteca Mejorado’, en Motecillo, Texcoco, México. Tratamientos: 1) TDZ 200 mg·L<sup>-1</sup> + aceite 2%, 2) Dormex<sup>®</sup> 0.5% + aceite 2%, 3) Erger<sup>®</sup>-G 6%, 4) Erger<sup>®</sup>-G 6% + CaNO<sub>3</sub> 12%, 5) Erger<sup>®</sup>-G 2% + aceite 2% y 6) testigo (sin aplicar). Cada punto es el promedio de 8 repeticiones.

Aunque en el presente trabajo no se encontraron efectos significativos de los promotores de brotación en la longitud de brotes, Reyes *et al.* (1998) reportaron que en manzano, el TDZ y la Cianamida de Hidrógeno en combinación con citrolina si ejercen un efecto significativo en comparación con el tratamiento testigo.

**Cuadro 5.** Efecto de la aplicación de promotores de brotación en el crecimiento de brotes vegetativos del año de durazno ‘Oro Azteca Mejorado’, en tres muestreos realizados después de la aplicación (DDA) de los tratamientos en Montecillo, Texcoco, México.

Tratamiento	Longitud de brotes vegetativos del año (cm)		
	61 DDA	83 DDA	115 DDA
1. TDZ 200 mg·L <sup>-1</sup> (1 ml Revent <sup>®</sup> ·L <sup>-1</sup> ) + aceite 2%	4.27 a <sup>z</sup>	9.45 a	16.27 a
2. Dormex <sup>®</sup> 0.5% + aceite 2%	4.31 a	7.88 a	14.36 a
3. Erger <sup>®</sup> -G 6%	4.60 a	9.83 a	17.88 a
4. Erger <sup>®</sup> -G 6% + Nitrato de Ca 12%	3.87 a	9.98 a	16.00 a
5. Erger <sup>®</sup> -G 2% + aceite 2%	4.48 a	9.43 a	13.56 a
6. Testigo (sin aplicación)	4.98 a	9.50 a	15.78 a
Diferencia mínima significativa	1.14	3.1	9.76

<sup>z</sup> Medias con la misma letra dentro de las columnas indican que no hay diferencias estadísticas significativas (Tukey,  $\alpha=0.05$ ).

#### 4.3.2. Longitud y ancho de hoja

La longitud de las hojas estadísticamente no fue afectada significativamente por los tratamientos aplicados (Cuadro A-3).

El comportamiento del crecimiento se muestra gráficamente en la Figura A-1, en donde se observa que la tendencia de crecimiento para todos los tratamientos son similares; sin embargo, el T2 (Dormex<sup>®</sup> 0.5% + aceite 2%), es el que se muestra por debajo de los demás durante todos los muestreos.

Aunque la mayoría de los tratamientos muestran, al menos numéricamente, un desarrollo de la longitud de la hoja inferior al testigo, son el TDZ 200 mg·L<sup>-1</sup> + aceite 2% y Dormex<sup>®</sup> 0.5% + aceite 2% los que expresan el mayor efecto negativo con respecto al testigo (10.18 cm), con una diferencia de 0.37 y 0.91 cm, respectivamente (Cuadro 6).

**Cuadro 6.** Efecto de la aplicación de promotores de brotación en el crecimiento longitudinal de la hoja (cm) en durazno ‘Oro Azteca Mejorado’, en tres muestreos realizados después de la aplicación (DDA) de los tratamientos en Montecillo, Texcoco, México.

Tratamiento	Longitud de la hoja (cm)		
	77 DDA	90 DDA	109 DDA
1. TDZ 200 mg·L <sup>-1</sup> (1 ml Revent <sup>®</sup> ·L <sup>-1</sup> ) + aceite 2%	8.18 a <sup>z</sup>	9.30 a	9.81 a
2. Dormex <sup>®</sup> 0.5% + aceite 2%	7.77 a	8.84 a	9.27 a
3. Erger <sup>®</sup> -G 6%	8.80 a	9.54 a	10.06 a
4. Erger <sup>®</sup> -G 6% + Nitrato de Ca 12%	8.92 a	9.91 a	10.38 a
5. Erger <sup>®</sup> -G 2% + aceite 2%	8.49 a	9.53 a	9.97 a
6. Testigo (sin aplicación)	8.76 a	9.73 a	10.18 a
Diferencia mínima significativa	1.5	1.21	1.32

<sup>z</sup> Medias con la misma letra dentro de las columnas indican que no hay diferencias estadísticas significativas (Tukey,  $\alpha=0.05$ ).

Por otro lado, en el ANOVA realizado para el ancho de la hoja (Cuadro A-3) se encontraron diferencias significativas ( $\alpha=0.05$ ) a los 77 y 90 DDAT, no así al final, a los 109 DDAT. Al realizar el análisis de comparación de medias (Tukey,  $\alpha=0.05$ ) se obtuvieron diferencias entre los tratamientos sólo en la primer fecha de muestreo analizada (77 DDAT), no así para las otras dos fechas (Cuadro 7) y en la Figura A-2 se muestra la dinámica de crecimiento del ancho de la hoja.

En el muestreo realizado a los 109 DDAT, cuando el crecimiento del ancho de la hoja finalizó, los tratamientos 2, 3 y 4 fueron los únicos que sobrepasaron numéricamente al testigo (2.98 cm), con un valor no mayor a 0.18 cm (Cuadro 7).

Lo anterior revela que la aplicación de promotores de brotación, no tiene ninguna influencia en el crecimiento de la hoja. De tal manera que el área foliar individual prácticamente no sufre cambios por efecto de los promotores de brotación.

**Cuadro 7.** Efecto de la aplicación de promotores de brotación en el crecimiento del ancho de la hoja (cm) en durazno ‘Oro Azteca Mejorado’, en tres muestreos realizados después de la aplicación (DDA) de los tratamientos en Montecillo, Texcoco, México.

Tratamiento	Ancho de la hoja (cm)		
	77 DDA	90 DDA	109 DDA
1. TDZ 200 mg·L <sup>-1</sup> (1 ml Revent <sup>®</sup> ·L <sup>-1</sup> ) + aceite 2%	2.37 b <sup>z</sup>	2.84 a	2.96 a
2. Dormex <sup>®</sup> 0.5% + aceite 2%	2.33 b	2.78 a	3.00 a
3. Erger <sup>®</sup> -G 6%	2.52 ab	3.04 a	3.12 a
4. Erger <sup>®</sup> -G 6% + Nitrato de Ca 12%	2.62 a	3.05 a	3.16 a
5. Erger <sup>®</sup> -G 2% + aceite 2%	2.47 ab	2.83 a	2.97 a
6. Testigo (sin aplicación)	2.48 ab	2.89 a	2.98 a
Diferencia mínima significativa	0.24	0.28	0.33

<sup>z</sup> Medias con la misma letra dentro de las columnas indican que no hay diferencias estadísticas significativas (Tukey,  $\alpha=0.05$ ).

#### 4.3.3. Diámetro del fruto

El fruto está más expuesto a la limitación de recursos en distintos periodos de crecimiento. En un cultivar de maduración temprana, la limitación de los recursos para el crecimiento del fruto se presenta de las 4 a las 10 semanas después de la floración. En cultivares de maduración tardía, dicha limitación se presenta en los periodos de las 3.5-12 y 18-20 semanas después de la floración (Grossman y DeJong, 1995).

En la presente investigación se observó una disminución en la tasa de crecimiento entre los 78 y 91 DDAT; sin embargo, a partir de los 102 DDAT (casi 7 semanas después de la floración) se observó un marcado incremento del crecimiento (Figura A-3). Este comportamiento parece ser normal, pues el desarrollo del fruto se presenta en tres etapas: en la etapa uno se incrementa la mitosis durante las dos o tres primeras semanas de su desarrollo, provocando un incremento rápido en volumen del pericarpio y luego se reduce drásticamente (Zucconi, 1986; Grange, 1996) para dar paso a la segunda etapa, caracterizada por un incremento escaso en el mesocarpio, al tiempo que la reducción general del crecimiento cesa la elongación celular, tanto en el plano tangencial, como en el longitudinal (Coombe, 1976), en donde el evento más importante en esta etapa es la lignificación del endocarpio, la



cual comienza a finales de la primera etapa y en algunos casos, según la variedad, se prolonga hasta la tercera etapa (Casierra-Posada *et al.*, 2004); y por último la etapa tres, en donde se presenta un incremento rápido de peso en el mesocarpio, la elongación celular continúa, los espacios intercelulares se reducen hasta casi desaparecer al momento de la maduración (Gage y Stutte, 1991).

Las etapas antes descritas, se aprecian con claridad en la Figura A-3 y no se aprecia alguna diferencia significativa entre los tratamientos utilizados. Al hacer el ANOVA con datos obtenidos a los 62, 91 y 124 DDA, se encontró una diferencia significativa ( $\alpha=0.05$ ) en los datos de la primera fecha (62 DDA), no así para las otras dos fechas (Cuadro A-3); y al aplicar la prueba de comparación múltiple de medias (Tukey,  $\alpha=0.05$ ), las cuales se presentan en el Cuadro 8, no se observó ninguna diferencias entre los tratamientos en ninguna de las fechas.

Debe destacarse que el mayor crecimiento del fruto se presentó con la utilización de productos nitrogenados en los tratamientos (4, 5, 2 y 3 respectivamente) aunque las diferencias no fueron significativas (Cuadro 8).

**Cuadro 8.** Efecto de la aplicación de promotores de brotación en el diámetro de fruto (cm) de durazno ‘Oro Azteca Mejorado’ en tres muestreos realizados después de la aplicación (DDA) de los tratamientos en Montecillo, Texcoco, México.

Tratamiento	Diámetro del fruto (cm)		
	62 DDA	91 DDA	124 DDA
1. TDZ 200 mg·L <sup>-1</sup> (1 ml Revent <sup>®</sup> ·L <sup>-1</sup> ) + aceite 2%	1.37 a <sup>z</sup>	2.98 a	4.76 a
2. Dormex 0.5% + aceite 2%	1.38 a	3.21 a	4.93 a
3. Erger <sup>®</sup> -G 6%	1.37 a	3.28 a	4.93 a
4. Erger <sup>®</sup> -G 6% + Nitrato de Ca 12%	1.38 a	3.10 a	5.11 a
5. Erger <sup>®</sup> -G 2% + aceite 2%	1.56 a	3.21 a	5.01 a
6. Testigo (sin aplicación)	1.64 a	2.88 a	4.54 a
Diferencia mínima significativa	0.30	0.60	0.73

<sup>z</sup>Medias con la misma letra dentro de las columnas indican que no hay diferencias estadísticas significativas (Tukey,  $\alpha=0.05$ ).

En relación al efecto mostrado con la utilización de TDZ 200 mg·L<sup>-1</sup> + aceite 2%, concuerda con lo reportado por Cano y Rodríguez (1996), quienes al trabajar con ciruelo japonés encontraron que el TDZ, aun cuando es comprobada su acción como citocinina, no refleja tal efecto en el tamaño del fruto. Por otro lado, Aksoy *et al.* (1995) reportan que el Dormex<sup>®</sup> (Cianamida de Hidrógeno) si es capaz de promover frutos más grandes en chabacano comparado con el testigo utilizado, efecto que también se vio en el presente trabajo, aunque sin diferencias significativas (Cuadro 8).

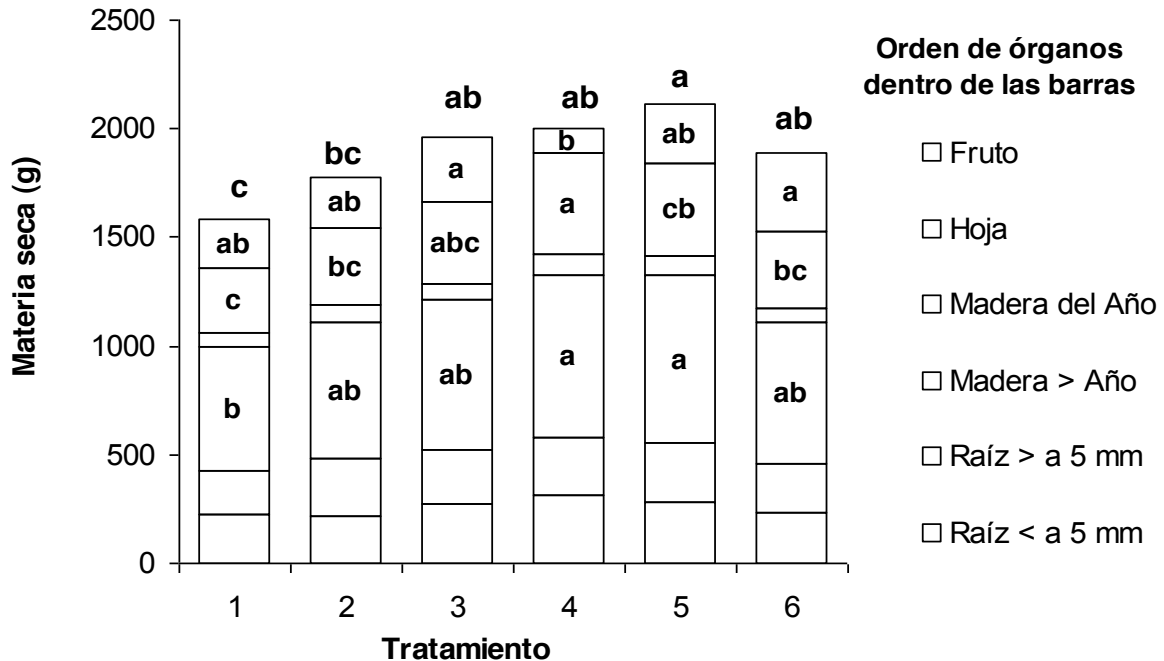
#### **4.4. Acumulación y distribución de materia seca**

Un apropiado balance del crecimiento vegetativo y reproductivo se requiere para maximizar los rendimientos de frutos de alta calidad (Williamson y Lyrene, 2004); sin embargo, Minchin y Lacoïnte (2005) mencionan que en plantas completas, las tasas de flujo de carbono son dependientes no solamente de las propiedades de los puntos de demanda (receptores), sino también de las propiedades del sistema de transporte completo. De ahí la importancia de conocer el efecto de los promotores de la brotación en la acumulación y partición de la materia seca hacia los diferentes órganos de la planta del durazno.

##### **4.4.1. Acumulación de materia seca**

En el análisis de varianza realizado, hubo diferencias altamente significativas entre tratamientos en la variable acumulación total de materia seca por planta (Cuadro A-4). La prueba de comparación de medias de Tukey (Cuadro 9) indicó que los árboles de todos los tratamientos con Erger<sup>®</sup>-G (T3, T4 y T5) y del mismo tratamiento testigo (T6), acumularon significativamente más materia seca en la planta que con el Thidiazurón o TDZ (T1); la diferencia mayor fue de casi 530 g entre T1 (TDZ) y T5 (Erger<sup>®</sup>-G más aceite). El tratamiento 5 (Erger<sup>®</sup>-G más aceite) fue significativamente superior a los tratamientos más comúnmente usados como promotores de la brotación en el cultivo del durazno, que son a base de TDZ (T1) y de Cianamida de Hidrógeno (T2), pero sin diferencias significativas con el testigo (sin aplicación). No hubo diferencias en la acumulación de materia seca total entre aplicar TDZ y la

aplicación de Cianamida de Hidrógeno (Cuadro 9). En la Figura 4 se aprecian de manera gráfica y clara las diferencias aquí expuestas.



**Figura 4.** Efecto de aplicaciones de promotores de brotación en la acumulación de materia seca total de árboles jóvenes de durazno 'Oro Azteca Mejorado' cultivados en Montecillo, Texcoco, México. Tratamientos: 1) TDZ 200 mg·L<sup>-1</sup> + aceite 2%, 2) Dormex® 0.5% + aceite 2%, 3) Erger®-G 6%, 4) Erger®-G 6% + CaNO<sub>3</sub> 12%, 5) Erger®-G 2% + aceite 2% y 6) testigo (sin aplicar).

#### 4.4.2. Distribución de materia seca

Al analizar estadísticamente la acumulación de materia seca por cada órgano de la planta, se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos en raíces menores a 5 mm (de diámetro), madera mayor de un año, hojas y frutos, no así para raíces mayores de 5 mm ni para la madera del año (Cuadro A-4).

Al aplicar la prueba de comparación múltiple de medias entre los tratamientos (Tukey,  $\alpha=0.5$ ), se encontró que las diferencias estadísticamente significativas sólo se mantuvieron en las variables madera mayor de un año, hojas y frutos; para el

resto de las variables, no se observaron diferencias significativas por efecto de los promotores de brotación estudiados (Cuadro 9 y 10).

En la raíz menor a 5 mm, el tratamiento que promovió un mayor porcentaje de acumulación de materia seca corresponde a la aplicación de Erger<sup>®</sup>-G más nitrato de calcio (316.2 g); los tratamientos con TDZ y Cianamida de Hidrógeno, mostraron valores de acumulación de materia seca por debajo del testigo, pero sin diferencias estadísticas.

La acumulación mayor de materia seca en raíces con diámetro mayor a 5 mm correspondió al tratamiento de Erger<sup>®</sup>-G más aceite (275.5 g) y el valor menor fue para el tratamiento a base de TDZ (208.2 g), el cual resultó 16.6 g menor que el tratamiento testigo (224.80 g). Todo ello sin diferencias estadísticas significativas (Cuadro 9).

**Cuadro 9.** Efecto de la aplicación de promotores de brotación en acumulación de materia seca (g) total (MST), así como en raíces menores a 5 mm (R<5), raíces mayores a 5 mm (R>5) y madera mayor de un año (M>A) en árboles de durazno ‘Oro Azteca Mejorado’ cultivados en Montecillo, Texcoco, México.

Tratamiento	MST	R<5	R >5	M>A
1. TDZ 200 mg·L <sup>-1</sup> (1 ml Revent <sup>®</sup> ·L <sup>-1</sup> ) + aceite 2%	1582.7 c <sup>z</sup>	221.40 a	208.20 a	570.70 b
2. Dormex <sup>®</sup> 0.5% + aceite 2%	1772.7 bc	219.80 a	258.80 a	630.79 ab
3. Erger <sup>®</sup> -G 6%	1966.5 ab	270.50 a	249.00 a	691.51 ab
4. Erger <sup>®</sup> -G 6% + Nitrato de Ca 12%	2001.5 ab	316.20 a	265.10 a	742.46 a
5. Erger <sup>®</sup> -G 2% + aceite 2%	2111.7 a	280.60 a	275.50 a	772.30 a
6. Testigo (sin aplicación)	1889.5 ab	232.60 a	224.80 a	648.30 ab
Diferencia mínima significativa	310.66	103.21	103.4	149.18

<sup>z</sup> Medias con la misma letra dentro de las columnas indican que no hay diferencias estadísticas significativas (Tukey,  $\alpha=0.05$ ).

Al observar y comparar los valores de peso seco de raíces menores y mayores de 5 mm de diámetro, se aprecia que ambos grupos de raíces acumularon materia seca en proporciones más o menos similares en todos los tratamientos; la diferencia mayor entre ambos tamaños de raíces se observó con el tratamiento a base de

Erger<sup>®</sup>-G más CaNO<sub>3</sub> (T4), con 51 g más de materia seca en raíces menores de 5 mm. Lo anterior probablemente se deba al mayor crecimiento en madera del año y de hojas, pero con un menor crecimiento en materia seca de frutos (Cuadro 10).

En cuanto a la acumulación de materia seca en madera nueva (madera del año), tampoco hubo diferencias entre los tratamientos. Numéricamente hay una diferencia notable entre ellos, siendo el tratamiento 4 el que tuvo la mayor acumulación de materia seca (101.77 g) y nuevamente el tratamiento 1 a base de TDZ (62.41 g) estuvo por abajo del testigo (62.58 g), estas diferencias pueden observarse en el Cuadro 10.

En las variables en las que los tratamientos promotores de brotación si influyeron significativamente en la acumulación de materia seca, se encuentra primeramente la madera mayor de un año. En esta variable, sobresalen los tratamientos a base de Erger<sup>®</sup>-G más aceite (T5) y de CaNO<sub>3</sub> (T4), con 772.3 g y 742.5 g respectivamente, siendo estadística y significativamente mayores al tratamiento con TDZ (T1), pero sin diferencias significativas con el testigo (T6) a pesar de diferencias numéricas de hasta 124 g. Los tratamientos con TDZ, Cianamida de Hidrógeno y Erger<sup>®</sup>-G solo, no fueron significativamente diferentes al testigo, ni entre ellos (Cuadro 9).

En cuanto a la materia seca acumulada en hojas, el tratamiento con mayor efecto en la ganancia de peso seco es el 4 (Erger<sup>®</sup>-G más CaNO<sub>3</sub>), con 459.59 g por planta, seguido por el tratamiento a base de Erger<sup>®</sup>-G más aceite (423.0 g), los cuales se mostraron estadística y significativamente superiores al tratamiento con TDZ (296.27 g) pero sin diferencia con el testigo (354.07 g). Se observa una tendencia muy similar al efecto encontrado de los tratamientos sobre la acumulación de materia seca en la madera mayor de un año de edad, teniendo que los tratamientos con TDZ y Cianamida de Hidrógeno estuvieron numérica y/o significativamente por abajo del tratamiento sin aplicación (Cuadro 10).

**Cuadro 10.** Efecto de la aplicación de promotores de brotación en la acumulación de la materia seca (g) de madera del año (MA), hoja (H) y fruto (F) en árboles de durazno ‘Oro Azteca Mejorado’ cultivados en Montecillo, Texcoco, México.

Tratamiento	MA	H	F
1. TDZ 200 mg·L <sup>-1</sup> (1 ml Revent <sup>®</sup> ·L <sup>-1</sup> ) + aceite 2%	62.41 a <sup>z</sup>	296.27 c	223.69 ab
2. Dormex <sup>®</sup> 0.5% + aceite 2%	83.82 a	346.59 bc	232.86 ab
3. Erger <sup>®</sup> -G 6%	71.54 a	377.79 abc	306.08 a
4. Erger <sup>®</sup> -G 6% + Nitrato de Ca 12%	101.77 a	459.59 a	116.29 b
5. Erger <sup>®</sup> -G 2% + aceite 2%	88.99 a	423.00 ab	271.17 ab
6. Testigo (sin aplicación)	68.52 a	354.07 bc	361.08 a
Diferencia mínima significativa	41.41	99.32	174.64

<sup>z</sup> Medias con la misma letra dentro de las columnas indican que no hay diferencias estadísticas significativas (Tukey,  $\alpha=0.05$ ).

En el Cuadro 10 se muestra que la acumulación de materia seca en fruto tuvo una tendencia diferente a las anteriores, teniendo que estadística y significativamente los mejores tratamientos fueron el testigo (T6) y Erger<sup>®</sup>-G solo (T3), con 361.08 y 306.08 g respectivamente, por el contrario, con el tratamiento de Erger<sup>®</sup>-G más CaNO<sub>3</sub> (T4) sólo se acumuló 116.29 g. Esto puede deberse a la baja cantidad de flores brotadas en éste (T4) y definitivamente también, debido al muy bajo amarre de frutos (Cuadro 4) y al vigoroso crecimiento vegetativo que promovió la combinación de Erger<sup>®</sup>-G más CaNO<sub>3</sub> por la explosiva respuesta en brotación vegetativa (Figura 1).

En la Figura 4 se muestra de manera gráfica la acumulación total de materia seca por planta y su distribución en los diferentes órganos de la planta. En el Cuadro 11 se presenta una comparación de la distribución de la materia seca en porcentaje de los componentes del árbol. Se observa que la distribución de la materia seca en los tratamientos donde se utilizaron los promotores de brotación con respecto al testigo no es muy variable en materia seca de raíces y madera del año. En donde se modificó más fue en la madera mayor de un año, en hojas y en frutos. En frutos se utilizó mayor proporción de materia seca en el tratamiento testigo que en el resto de los tratamientos, tomando en cuenta que en este tratamiento también fue al que se le cosecharon mayor número de frutos. Esto implica que entre mayor número de frutos, se destina una cantidad mayor de materia seca del 100% hacia este órgano y resulta

en mayor índice de cosecha. El menor porcentaje de materia seca destinado a frutos fue en el tratamiento con Erger<sup>®</sup>-G más nitrato de calcio, en el que se tuvieron menos frutos cosechados y un mayor crecimiento de hojas, madera del año y raíces menores 5 mm de diámetro (Cuadro 11).

**Cuadro 11.** Efecto de la aplicación de promotores de brotación en el porcentaje de distribución de la materia seca (%) en raíz menor a 5 mm (R<5), raíz mayor a 5 mm (R>5), madera mayor a un año (M>A), madera del año (MA), hoja (H), fruto (F) y materia seca total (MST) de árboles jóvenes de durazno ‘Oro Azteca Mejorado’ cultivados en Montecillo, Texcoco, México.

Tratamiento	R<5	R>5	M>A	MA	H	F	MST
1. TDZ 200 mg·L <sup>-1</sup> (1 ml Revent <sup>®</sup> ·L <sup>-1</sup> ) + aceite 2%	14	13	36	4	19	14	100
2. Dormex 0.5% + aceite 2%	12	15	36	5	20	13	100
3. Erger <sup>®</sup> -G 6%	14	13	35	4	19	16	100
4. Erger <sup>®</sup> -G 6% + Nitrato de Ca 12%	16	13	37	5	23	6	100
5. Erger <sup>®</sup> -G 2% + aceite 2%	13	13	37	4	20	13	100
6. Testigo (sin aplicación)	12	12	34	4	19	19	100

El mayor desequilibrio en la partición de la materia seca se observó en el tratamiento con Erger<sup>®</sup>-G más CaNO<sub>3</sub>, que a pesar de tener una muy buena acumulación de materia seca total, la acumulación en fruto estuvo muy por debajo del testigo (Cuadros 10 y 11), resultando en índices de cosechas entre 5 y 6%.

Los resultados de acumulación de materia seca se podrían explicar con lo que mencionaron Liu y Heins, (1997), en relación a que la acumulación de peso seco está dado por la cantidad de energía radiante (luz) que las plantas reciben durante su desarrollo. Esto explica el porqué en los tratamientos con Erger<sup>®</sup>-G (3, 4 y 5) se acumuló mayor materia seca, puesto que, como se verá más adelante, estos tratamientos también ayudaron a incrementar el área foliar (Cuadro 12); es decir, hubo una mayor área foliar capturando la radiación fotosintéticamente activa, por lo que probablemente se aumentó la producción de fotosíntatos y finalmente su acumulación en forma de materia seca.

Probablemente, la alta acumulación de materia seca observada en los tratamientos 5, 4 y 3, potencia un mayor rendimiento en una próxima producción, esto basándose en lo que mencionan Greer *et al.* (2002), quienes reportan que los mayores rendimientos en manzano, se obtienen en árboles con reservas más altas de carbohidratos.

Los resultados de esta investigación evidencian que la mayor producción de materia seca está estrechamente relacionada con la utilización de productos nitrogenados para inducir brotación, puesto que éstos fueron los que permitieron una mayor acumulación de materia seca, sobre todo con los tratamientos donde se utilizó Erger<sup>®</sup>-G (5, 4 y 3), en comparación con el TDZ, que tuvo una acumulación total inferior incluso a los árboles testigo. Al respecto, Calderón *et al.* (1997) encontraron que al utilizar Dormex<sup>®</sup> al 0.25% como fertilizante foliar en durazno 'Flordamex' aplicado en agosto y 2% aplicado en septiembre como estimulante, incrementa considerablemente la concentración foliar de nitrógeno, elemento indispensable para la formación de aminoácidos que formarán las proteínas para el desarrollo de la planta, así como para la acumulación de reservas.

#### **4.5. Área foliar y peso específico de hoja**

Al realizar el ANOVA en ambas variables se encontraron diferencias significativas con  $P \leq 0.01$  entre los tratamientos (Cuadro A-5), por lo que se les realizó un análisis de comparación múltiple de medias (Tukey,  $P \leq 0.05$ ), cuyos resultados se presentan en el Cuadro 12 y donde se observa que en la variable que corresponde al área foliar, el tratamiento 4 (Erger<sup>®</sup>-G 6% + Nitrato de Ca 12%) promovió la mayor área foliar, seguido por Erger<sup>®</sup>-G solo y Erger<sup>®</sup>-G más aceite, respectivamente. Estos resultados potencian una buena calidad de fruto y un buen rendimiento, debido a que ambas variables están estrechamente relacionadas con una mayor intercepción de luz por árbol (Flore y Layne, 1999). Sin embargo, en el tratamiento 4 (Erger<sup>®</sup>-G 6% + Nitrato de Ca 12%), en el ciclo de estudio no hubo altos rendimientos, debido a una brotación vegetativa vigorosa que suprimió de manera significativa la brotación floral (Figuras 1 y 2, respectivamente) debido posiblemente a que se trató de árboles muy jóvenes.



**Cuadro 12.** Efecto de la aplicación de promotores de brotación en el área foliar total (AF) y peso específico de hoja (PEH) por árbol de durazno ‘Oro Azteca Mejorado’ cultivado en Montecillo, Texcoco, México.

Tratamiento	AF (m <sup>2</sup> )	PEH (g·m <sup>-2</sup> )
1. TDZ 200 mg·L <sup>-1</sup> (1 ml Revent <sup>®</sup> ·L <sup>-1</sup> ) + aceite 2%	3.63 b <sup>z</sup>	82.04 a
2. Dormex <sup>®</sup> 0.5% + aceite 2%	4.04 b	86.12 a
3. Erger <sup>®</sup> -G 6%	4.71 ab	82.01 a
4. Erger <sup>®</sup> -G 6% + Nitrato de Ca 12%	5.57 a	82.62 a
5. Erger <sup>®</sup> -G 2% + aceite 2%	4.54 ab	93.33 a
6. Testigo (sin aplicación)	4.03 b	87.04 a
Diferencia mínima significativa	1.38	12.59

<sup>z</sup> Medias con la misma letra dentro de las columnas indican que no hay diferencias estadísticas significativas (Tukey,  $\alpha=0.05$ ).

Por otro lado, se observó (Cuadro 12) que el TDZ 200 mg·L<sup>-1</sup> + aceite 2% afectó negativamente, aunque no significativamente, el área foliar respecto al testigo, con una diferencia entre ambos de 0.40 m<sup>2</sup>; mientras que el Dormex<sup>®</sup> 0.5% + aceite 2% no afectó ni positiva ni negativamente al área foliar, puesto que permaneció prácticamente igual al testigo (sin aplicar). Ambos tratamientos (con TDZ y con Cianamida de Hidrógeno) tuvieron un área foliar por árbol significativamente inferior al mejor tratamiento (Erger<sup>®</sup>-G más CaNO<sub>3</sub>).

La magnitud del aparato fotosintético, dada por el área foliar, es un componente determinante de la capacidad fotosintética (tasa neta de intercambio de bióxido de carbono) del árbol completo, que a su vez es componente directo del balance de carbono de la planta (Lakso *et al.*, 1999). Así, es de esperarse que con una mayor área foliar se tenga un balance de carbono mejor por árbol, lo cual está correlacionado con un mayor potencial de crecimiento y acumulación de materia seca (Lakso *et al.*, 1999).

Para el peso específico de hoja (PEH), al aplicar la prueba de comparación de medias de Tukey ( $P \leq 0.05$ ) (Cuadro 12) no se observaron diferencias significativas entre los tratamientos pese a que la prueba de F del ANOVA indicó la existencia de diferencias altamente significativas (Cuadro A-5). Aun cuando en el área foliar si se

presentaron diferencias significativas, tomando en cuenta que el cálculo del PEH se obtuvo dividiendo el peso seco de la hoja (Cuadro 10) entre el área foliar (Cuadro 12), sería de esperarse la existencia de diferencias entre los tratamientos en cuanto a PEH. No obstante, en el Cuadro 12 se destaca que sólo la aplicación de Erger<sup>®</sup>-G 2% más aceite 2% superó numéricamente al testigo, mientras que el resto de los tratamientos se mantuvieron por debajo del mismo. Según Nava (1994), el peso específico de la hoja está estrechamente relacionado con la capacidad de estructuras fotosintéticas de la planta para producir y acumular materia seca por unidad de área foliar (tejido nuevo) y también menciona que los cultivares con menor PEH (generalmente más delgadas) son los que cuentan con mayor número de hojas; sin embargo, en la presente investigación no se observa con claridad tal relación.

#### **4.6. Producción**

##### **4.6.1. Frutos por árbol antes del raleo, frutos cosechados y rendimiento por árbol**

Según Soria *et al.* (1993), al inducir la producción de durazno fuera de temporada, suelen presentarse muchos problemas relacionados con respuestas inestables de los frutales, sobre todo en el amarre de frutos, debido a la estrecha relación con el nivel nutrimental, consecuentemente modificando el número total de frutos por árbol, al igual que el rendimiento final. Lo anterior se comprueba al realizar el ANOVA a las tres variables de producción, pues en todas ellas se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos con  $\alpha=0.01$  (Cuadro A-6).

En el Cuadro 13 se presentan los datos obtenidos después de hacer la prueba de comparación de medias (Tukey,  $\alpha=0.05$ ) de las variables número de frutos por árbol antes del raleo, número de frutos cosechados por árbol y rendimiento por árbol, en los cuales se observan diferentes grupos.

**Cuadro 13.** Efecto de la aplicación de promotores de brotación en la producción: frutos por árbol antes del raleo (FAAR), frutos cosechados (FC) y rendimiento por árbol (RA) en durazno ‘Oro Azteca Mejorado’ cultivado en Montecillo, Texcoco, México.

Tratamiento	FAAR	FC	RA (kg)
1. TDZ 200 mg·L <sup>-1</sup> (1 ml Revent <sup>®</sup> ·L <sup>-1</sup> ) + aceite 2%	100.57 a <sup>2</sup>	36.00 a	1.85 ab
2. Dormex <sup>®</sup> 0.5% + aceite 2%	67.71 ab	27.71 ab	2.08 ab
3. Erger <sup>®</sup> -G 6%	71.00 ab	30.25 ab	2.26 a
4. Erger <sup>®</sup> -G 6% + Nitrato de Ca 12%	27.00 b	10.50 b	0.79 b
5. Erger <sup>®</sup> -G 2% + aceite 2%	62.88 ab	30.75 ab	2.01 ab
6. Testigo (sin aplicación)	118.25 a	51.13 a	3.12 a
Diferencia mínima significativa	62.31	24.83	1.38

<sup>2</sup> Medias con la misma letra dentro de las columnas indican que no hay diferencias estadísticas significativas (Tukey,  $\alpha=0.05$ ).

En la variable de número de frutos por árbol antes del raleo, los mejores tratamientos fueron el 6 (testigo) y 1 (TDZ), con 118.25 y 100.57 frutos respectivamente, con una diferencia de 17.68 frutos entre ambos pero no significativa. El tratamiento con Erger<sup>®</sup>-G + CaNO<sub>3</sub> se mostró significativamente inferior en el número de frutos antes del raleo respecto a los árboles tratados con TDZ y a los no tratados (testigo) (Cuadro 13). Así, el mejor tratamiento promotor de la brotación resulta ser la aplicación de TDZ 200 mg·L<sup>-1</sup> + aceite 2.

Esta variable es más clara con respecto al porcentaje de amarre calculado en función de las flores brotadas de las ramas muestreadas (Cuadro 4) y aunque por medio del conteo de frutos totales obtenidos antes del raleo no se pueda obtener el porcentaje neto del amarre de frutos, por no tener la certeza de las flores totales por árbol; cabe hacer notar que el tratamiento que menos afectó dicho amarre es el de la aplicación de TDZ 200 mg·L<sup>-1</sup> + aceite (T1) (Cuadro 13).

En general, puesto que el número de frutos retenidos hasta antes de hacer el raleo es el número real de frutos amarrados, resultaría ser un dato más verídico que el amarre de frutos calculado en función de muestreos de flores en determinadas ramas, ya que este último, mostrado en el Cuadro 4, es básicamente la proporción de una muestra de flores abiertas que desarrollaron fruto.

La ausencia de diferencias significativas en el porcentaje de flores abiertas que desarrollaron fruto (Cuadro 4) pudo deberse a un error experimental grande, ya que se tuvo un coeficiente de variación demasiado elevado y un coeficiente de determinación muy bajo (Cuadro A-2) y el hecho de que los tratamientos promotores (excepto con la aplicación de Erger<sup>®</sup>-G + CaNO<sub>3</sub>) no tuvieran diferencia significativa en el número total final de frutos amarrados por árbol antes del raleo (Cuadro 13), puede indicar que los tratamientos de la brotación más usados no afectan el amarre de fruto en durazno. Sin embargo, no se puede pasar por alto que el número de frutos amarrados en árboles tratados con Erger<sup>®</sup>-G y nitrato de calcio (T4) si fue estadística y significativamente menor que en árboles testigo. Este hecho pudiera deberse a un desequilibrio nutrimental (Soria *et al.*, 1993) generado por la aplicación de este tratamiento (rico en nitrógeno) promotor de brotación, con el cual se inhibió la floración y el porcentaje de flores que amarraron fruto (Cuadro 4) al incrementarse demasiado el crecimiento vegetativo.

Además, el mayor número de frutos por árbol que se reporta en el Cuadro 13 para los árboles testigo, es el resultado de una floración tardía, ya que esos árboles no tratados tuvieron una brotación floral significativamente baja o atrasada (Figura 2 y Cuadro 3), propiciando mejores condiciones ambientales para el amarre de fruto; también es de señalarse que a pesar de que en el último muestreo, a los 56 DDAT, los árboles testigo tenían una brotación floral apenas por encima del 20% cuando el tratamiento con TDZ tenía cerca del 70%, lo que indica el atraso significativo de la floración del testigo.

En otras investigaciones relacionadas con aplicación de promotores de la brotación, se han encontrado diferentes resultados en cuanto a su efecto en el amarre de frutos; por ejemplo, Armas (1997), en chabacano, encontró que al utilizar 250 ml·L<sup>-1</sup> TDZ + 20% de Saf-T-Side<sup>®</sup> sí se logró un buen amarre de frutos cuando se aplica dos o tres semanas antes de la brotación. Por su parte, George y Nissen (1993) encontraron que en durazno 'Flordaprince' la aplicación de Cianamida de Hidrógeno reduce considerablemente el amarre del fruto, hasta un 30-44%, cuando se combina con nitrato de potasio. En durazno 'Diamante', Calderón y Rodríguez (2000) no

encontraron diferencias significativas en el amarre del fruto utilizando TDZ y Cianamida de Hidrógeno en combinación con aceite mineral, a pesar de que se adelantó la floración en poco más de 30 días con estos últimos tratamientos; sin embargo, todos estos resultados son calculados mediante el número de flores brotadas en ramas muestreadas y es la proporción de flores que desarrollan fruto.

Los frutos cosechados por árbol son los frutos que permanecieron hasta cosecha después del raleo manual menos los caídos por diferentes causas externas (viento, lluvia, fricción etc.) y por causas internas como la competencia entre órganos en crecimiento y probablemente por alguna limitante de carbono necesario para el crecimiento. Los datos obtenidos mostraron una tendencia similar a la mostrada en los frutos por árbol antes del raleo, teniendo que el mayor número de frutos cosechados pertenece a los tratamientos 6 (testigo) y 1 (TDZ), con 51 y 36 frutos cosechados respectivamente, ambos estadísticamente iguales entre sí y al resto de los tratamientos, pero como era de esperarse, significativamente superiores al tratamiento 4 (Erger<sup>®</sup>-G 6% + Nitrato de Ca 12%), que fue el de menor número de frutos cosechados por árbol (Cuadro 13) debido al porcentaje muy bajo de floración obtenida con dicho tratamiento (Figura 2 y Cuadro 3).

En cuanto al rendimiento obtenido por árbol (kg), estadísticamente los mejores tratamientos fueron el testigo (T6) y el Erger<sup>®</sup>-G 6% solo (T3), con 3.12 y 2.26 kg·árbol<sup>-1</sup> respectivamente, seguidos de los tratamientos 2, 5 y 1 en respectivo orden, los cuales mostraron ser estadísticamente iguales a pesar de las diferencias numéricas. En último lugar estuvo el tratamiento a base de Erger<sup>®</sup>-G más CaNO<sub>3</sub> (T4), con sólo 0.79 kg de fruta fresca por árbol (Cuadro 13).

En este caso el TDZ más aceite (T1), ocupa el tercer lugar, aún cuando en el número de frutos cosechados fue superior al obtenido con la aplicación de Erger<sup>®</sup>-G solo (T3) (Cuadro 13). Esto posiblemente se debe a que los frutos obtenidos con Erger<sup>®</sup>-G solo tienden a almacenar mayor cantidad de materia seca (Cuadro 10) debido a un mayor peso promedio de fruto (Cuadro 14). Al respecto, Casierra-Posada *et al.* (2004) encontraron que al finalizar la segunda fase de crecimiento del durazno, los

frutos tienden a incrementar drásticamente la ganancia de peso seco y fresco, la cual dura hasta cosecha, lo que hace pensar que el TDZ adelanta y concentra la floración pero pudiera tener un efecto negativo en la acumulación de materia seca debido a un elevado número de frutos creciendo al mismo tiempo (por la floración concentrada) y por un menor crecimiento vegetativo también encontrado. No obstante, investigaciones en otros cultivos demuestran lo contrario; por ejemplo, en manzano, Reyes *et al.* (1998) encontraron que el TDZ influye significativamente sobre el rendimiento, el cual es superior al utilizar TDZ + citrolina, logrando una producción de 15.87 kg·árbol<sup>-1</sup>, mientras que el testigo produjo sólo 9.07 kg·árbol<sup>-1</sup>. En el mismo frutal, González (1997) reportó un rendimiento de 47 toneladas por hectárea al utilizar dosis del 0.2% de TDZ, en tanto que el testigo sólo produjo 6 toneladas. También en frambuesa se ha encontrado que el TDZ favorece el incremento del rendimiento de hasta 223.5 g·planta<sup>-1</sup> al combinarse con AG<sub>3</sub> (Campos *et al.*, 2001).

Al multiplicar los valores obtenidos del peso fresco en la calidad del fruto (Cuadro 14) por el número de frutos cosechados, se podrían observar rendimientos un tanto diferentes; sin embargo, se recalca que para la determinación de la calidad de frutos se hizo un sólo muestreo de frutos en el pico de producción, mientras que el rendimiento mostrado en el Cuadro 13 es la sumatoria real de los frutos cosechados en todas las fechas de corte o colecta.

En esta investigación el Dormex<sup>®</sup> no ejerció un efecto significativamente positivo sobre el rendimiento. En otro estudio similar, pero con árboles adultos, Zegbe y Rumayor (1992) también reportan que al utilizar Dormex<sup>®</sup> en durazno criollo no se producen efectos significativos en el rendimiento en comparación del testigo, mientras que George y Nissen (1993) encontraron que el rendimiento de durazno 'Flordaprince' se reduce severamente, entre 44 y 75%, al aplicar Dormex<sup>®</sup> en combinación con nitrato de potasio. Por el contrario, Reyes *et al.* (1998) en manzano, reportan un rendimiento de 13.09 kg·árbol<sup>-1</sup> al utilizar Cianamida de Hidrógeno + citrolina, por 9.07 Kg producidos por el testigo. Tal efecto podría deberse a la época de aplicación de este producto, pues su efecto en brotación está en función de la época de aplicación, como lo mencionan Bartolini *et al.* (1997).

En general los datos obtenidos en la presente investigación, que no llegan ni a los 5 kg·árbol<sup>-1</sup>, son muy bajos debido a que se trabajó con plantas muy jóvenes y en comparación al rendimiento normal de la variedad utilizada, que en el tercer año de producción con densidades de 1481 árboles por hectárea, es de alrededor de 12 kg·árbol<sup>-1</sup> (Calderón *et al.*, 2007).

#### 4.7. Calidad de fruto

La calidad del fruto involucra principalmente el peso, el diámetro ecuatorial y polar, contenido de sólidos solubles totales (SST) (°Brix) y la textura, variables que fueron evaluadas en esta investigación. En el análisis de varianza sólo la variable SST (°Brix) presentó diferencias significativas entre los tratamientos con  $\alpha=0.01$ , no así para el resto de las variables evaluadas (Cuadro A-7). Es de aclararse que los frutos utilizados fueron colectados en el pico de la producción, en la tercera y cuarta cosecha de cinco realizadas (01 y 8 de junio de 2007 respectivamente).

En el Cuadro 14 se presentan los datos obtenidos una vez hecho el análisis de comparación medias de los tratamientos (Tukey,  $\alpha=0.05$ ), en donde obviamente sólo en los SST (°Brix) hay diferencias estadísticas entre los tratamientos.

**Cuadro 14.** Efecto de la aplicación de promotores de brotación en la calidad del fruto: peso (P, g), diámetro ecuatorial (DE, cm), diámetro polar (DP, cm), contenido de sólidos solubles totales (SST, °Brix) y firmeza (F, kg·cm<sup>-2</sup>) de durazno ‘Oro Azteca Mejorado’ cultivado en Montecillo, Texcoco, México. Datos de la producción del corte del 01 y 8 de junio de 2007.

Tratamiento	P	DE	DP	SST	F
1. TDZ 200 mg·L <sup>-1</sup> (1 ml Revent <sup>®</sup> ·L <sup>-1</sup> ) + aceite 2%	75.10 a <sup>z</sup>	5.17 a	4.97 a	9.71 b	0.50 a
2. Dormex <sup>®</sup> 0.5% + aceite 2%	86.42 a	5.60 a	5.37 a	9.64 b	0.45 a
3. Erger <sup>®</sup> -G 6%	88.40 a	5.65 a	5.28 a	11.68 ab	0.42 a
4. Erger <sup>®</sup> -G 6% + Nitrato de Ca 12%	86.38 a	5.38 a	4.99 a	12.33 a	0.44 a
5. Erger <sup>®</sup> -G 2% + aceite 2%	76.81 a	5.35 a	5.23 a	11.64 ab	0.44 a
6. Testigo (sin aplicación)	74.14 a	5.33 a	5.04 a	11.68 ab	0.43 a
Diferencia mínima significativa	32.16	0.73	0.61	2.29	0.13

<sup>z</sup> Medias con la misma letra dentro de las columnas indican que no hay diferencias estadísticas significativas (Tukey,  $\alpha=0.05$ ).

El peso obtenido en la evaluación de la calidad del fruto, no mostró diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos; sin embargo, si se detectó que todos los promotores de brotación superaron numéricamente al testigo (sin aplicación). El mejor tratamiento para este caso fue el 3 (Erger<sup>®</sup>-G 6%) con 88.40 g, seguido por el T2 (86.42 g), T4 (86.38 g), T5 (76.14 g), y T1 (75.10 g) (Cuadro 14). Cabe agregar, que el tratamiento a base de TDZ fue el que generó menor aumento en peso del fruto, en cambio, el resto de los promotores cuyo contenido en su formulación incluye nitrógeno, fueron los que generan mayor peso. En un trabajo similar realizado por Aksoy *et al.* (1995) en chabacano, indican que con aplicaciones de Dormex<sup>®</sup> (Cianamida de Hidrógeno) a una concentración del 5% se incrementó el peso fresco del fruto en comparación con el testigo. No obstante, los tratamientos con el fruto de menor peso correspondieron a los árboles cuyo número de frutos cosechados fue mayor, por lo que el menor peso de fruto se puede atribuir a un exceso de carga de fruto (para el tamaño y edad del árbol).

En cuanto al diámetro ecuatorial y polar, no se detectaron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos. Por lo tanto, los tratamientos con menor peso de fruto tuvieron menor dimensión de diámetro.

En los SST (°Brix) sí se observaron diferencias significativas con  $\alpha=0.01$  entre los tratamientos (Cuadro A-7) y en el Cuadro 14 se observa que el valor mayor de esta variable corresponde al tratamiento 4 (Erger<sup>®</sup>-G 6% + Nitrato de Ca 12%) con 12.33%, seguido de T3, T6 y T5 en respectivo orden, ambos estadísticamente iguales; el resto se encuentra por debajo del testigo, siendo los tratamientos más comerciales, con TDZ y Cianamida de Hidrógeno, los que presentaron el menor porcentaje de °Brix, con 9.64% y 9.97% respectivamente. Estos resultados concuerdan con lo que encontraron Cano y Rodríguez (1996) en ciruelo japonés, en relación a que el TDZ no ejerce ningún efecto significativo en °Brix del fruto, además que tendió a disminuir por efecto de este producto.

En relación a la firmeza del fruto no hubo diferencias significativas entre tratamientos; sin embargo, el tratamiento que destacó, al menos numéricamente, fue la aplicación



de TDZ (T1). Los valores de firmeza obtenidos en los 6 tratamientos está muy por debajo de la media registrada, de  $1.1 \text{ kg}\cdot\text{cm}^{-2}$ , para los frutos de la variedad evaluada ('Oro Azteca Mejorado'), reportada por Calderón *et al.* (2007).

El desequilibrio nutrimental que pudiera desencadenarse con la promoción de la brotación fuera de temporada (Soria *et al.*, 1993), es lo que pudiera afectar la calidad final del fruto y varias investigaciones al respecto muestran cambios en la calidad cuando se aplican promotores de la brotación. Aguilar y Marroquín, (1992a y 1992b) al inducir producción forzada en durazno 'Flordagrande' utilizando defoliantes y citrolina, afectaron la firmeza del fruto, los sólidos solubles, el peso y el color del fruto. Otras investigaciones con base en aplicaciones de Dormex<sup>®</sup> (Cianamida de Hidrógeno) a una concentración del 5% en chabacano incrementaron el peso fresco del fruto; sin embargo, el nivel de sólidos solubles totales y el pH del fruto fueron menores; además la acidez del mismo se elevó comparado con el testigo (Aksoy *et al.*, 1995). En cambio, Zegbe y Rumayor (1992) encontraron que en durazno criollo, dicho producto no genera efectos significativos en la calidad del fruto con respecto al testigo.

Por su parte, Cano y Rodríguez (1996) encontraron en ciruelo japonés, que el TDZ no ejerce ningún efecto significativo en cuanto a pH, acidez titulable y °Brix del fruto; no obstante, esta última variable tendió a disminuir por efecto del TDZ, tomando en cuenta como base los árboles sin tratar del experimento.

De esta manera, tal parece que los promotores de la brotación no tienen efecto importante en la calidad del fruto, ni negativa ni positivamente.

#### 4.8. Discusión general

El balance apropiado de brotes vegetativos y reproductivos es necesario para maximizar los rendimientos de frutos de alta calidad (Williamson y Lyrene, 2004); sin embargo, las técnicas empleadas en el forzado de la brotación, incluyendo los promotores de la brotación, tienden a presentar múltiples cambios fisiológicos relacionados con respuestas inestables de los frutales según Soria *et al.* (1993); y ciertamente en la presente investigación se manifestaron dichos cambios.

Parte del objetivo de la presente investigación fue observar el efecto de promotores de brotación sobre la acumulación y partición de la materia seca hacia los diferentes componentes de la planta. Se encontró que los promotores de la brotación utilizados tuvieron efectos diferentes, no solo sobre la acumulación y la partición de la materia seca, sino también en las demás variables evaluadas, los cuales van de efectos ligeros a muy notables, ya sea en forma negativa o positiva en comparación con el tratamiento testigo.

Por ejemplo, en el tratamiento 4 (Erger<sup>®</sup>-G 6% + Nitrato de Ca 120 gr·L<sup>-1</sup>) se obtuvo una buena brotación vegetativa pero muy pobre brotación floral; o el tratamiento 1 (TDZ 200 mg·L<sup>-1</sup> + aceite 2%), que generó una brotación floral alta, pero en cuanto a acumulación de materia seca estuvo muy por debajo, incluso del testigo y la producción en términos de rendimiento fue baja.

Es evidente, de acuerdo a los resultados obtenidos, que los promotores de brotación tienen el mayor efecto en el adelanto de ésta, en la acumulación de la materia seca, en el área foliar por árbol, en el número de frutos amarrados en la planta completa (frutos antes del raleo), rendimiento y la acumulación de sólidos solubles totales (°Brix).

Al parecer el nuevo producto utilizado en este experimento (Erger<sup>®</sup>-G) podría ser una buena alternativa, pues los tratamientos probados, ya sea solo o en combinación con aceite vegetal, mostraron buenos resultados en algunas variables. Hacen falta más trabajos para confirmar su eficacia y observar la consistencia de su efecto. El efecto

positivo de este producto nitrogenado se acentuó en la acumulación de la materia seca, mientras que el tratamiento 1 (TDZ 200 mg·L<sup>-1</sup> + aceite 2%) afectó de manera negativa la acumulación de la misma. En cuanto al tratamiento 4 (Erger<sup>®</sup>-G 6% + Nitrato de Ca 12%), aunque propició una muy buena acumulación de materia seca y área foliar, no sería del todo recomendable, ya que redujo significativamente el rendimiento final por el efecto inhibitorio mostrado en la brotación floral.

En general, Erger<sup>®</sup>-G 2% más aceite 2% (T5) mostró un buen equilibrio en todo el proceso de producción, tanto en promover brotación, como en la acumulación de materia seca y rendimiento. Cabe mencionar que el número final de flores obtenidas fue alrededor de tres veces menor a la promovida por el TDZ más aceite (T1) e igualmente el número total de frutos amarrados (frutos antes del raleo) estuvo muy por debajo del mismo tratamiento. Si se considera que la variedad estudiada se caracteriza por tener un porcentaje alto de amarre de fruto (Calderón *et al.*, 2007), los resultados de este tratamiento indican que sería una buena alternativa para reducir el excesivo porcentaje de amarre, ya que la alta producción de frutos da como resultado frutos pequeños y no aptos para comercializarlos (Stover, 2000), esto por la alta competencia por asimilados y el agotamiento de reservas de carbohidratos (Grossman y DeJong, 1995).

No obstante, si el objetivo es producción en buena cantidad de fruta fuera de época (adelanto), como en la mayoría de las aéreas subtropicales donde se produce durazno, debido a la ausencia de efectos significativos de los tratamientos en la calidad de fruto, el mejor tratamiento es el T1, a base de Thidiazurón y aceite; ello a pesar de que la acumulación materia seca total fue afectada por este tratamiento de manera negativa y significativa.

A pesar de lo mencionado anteriormente, el desequilibrio nutrimental que se puede desencadenar con la inducción de producción fuera de temporada (Soria *et al.* 1993), parece evidente con la disminución de la acumulación de materia seca en la planta de durazno al utilizar TDZ y Cianamida de Hidrógeno. Lo anterior puede ser contraproducente para un siguiente ciclo de producción, pues en durazno se

producen flores en los crecimientos del año anterior y depende del nivel de reservas de carbohidratos. Mantener niveles altos de reservas, posiblemente podría disminuir el desgaste de las plantas al utilizar técnicas de producción forzada, alargando la vida productiva de las mismas (Greer *et al.*, 2002).

Evidentemente, más investigación es necesaria para conocer los efectos del Erger<sup>®</sup>-G y combinaciones posibles en plantas adultas y en plena edad productiva. En el presente estudio, las plantas fueron muy jóvenes, por lo que los resultados obtenidos son una respuesta altamente afectada por la condición de crecimiento vegetativo intenso.

## V. CONCLUSIONES

1. En el presente trabajo el mejor tratamiento para acelerar y concentrar la floración fue la aplicación de Thidiazurón.
2. Los promotores de brotación no influyeron de manera significativa en el crecimiento de brote vegetativo, en las dimensiones de hoja y del fruto en árboles jóvenes de durazno 'Oro Azteca Mejorado'.
3. La acumulación total de materia seca por planta, resultó afectada por la distribución diferencial de la materia seca hacia los diferentes órganos de la planta. Se afectó principalmente la acumulación de materia seca en hojas y frutos.
4. La utilización del producto Erger<sup>®</sup>-G favoreció la acumulación de la materia seca total, mientras que la aplicación de Revent<sup>®</sup> (Thidiazurón) y Dormex<sup>®</sup> (Cianamida de Hidrógeno) redujeron el peso seco total de la planta.
5. El compuesto nitrogenado Erger<sup>®</sup>-G en combinación con nitrato de calcio incrementó de manera significativa el área foliar total por árbol y la materia seca acumulada en hojas pero aun así, redujo significativamente el número de frutos, rendimiento y peso seco acumulado en frutos por planta.
7. Los tratamientos promotores de brotación afectaron el número de flores que brotaron y el número final de frutos amarrados y crecidos por planta, pero no afectaron el porcentaje de flores que amarraron fruto.
8. La calidad de la producción no se ve afectada por los promotores de brotación, a excepción del contenido de sólidos solubles totales (°Brix), en donde el tratamiento con mayor crecimiento foliar (aplicación de Erger<sup>®</sup>-G más nitrato de calcio) mostró frutos con mayor contenido de SST que los tratamientos con TDZ y Cianamida de Hidrógeno.
9. En el tratamiento de Erger<sup>®</sup>-G con aceite tuvo la acumulación mayor de materia seca en la planta completa y se mostró equilibrado en muchas de las variables; sin

embargo, no superó al TDZ en efectividad para promover una brotación floral más concentrada y uniforme.

**10.** La aplicación de Thidiazurón resultó en menor crecimiento en materia seca total por planta debido a un área foliar baja (con menos peso seco total en hojas) y baja materia seca acumulada también en ramas y raíces, aún cuando demostró ser el mejor para inducir brotación floral y un aceptable índice de cosecha, arriba del 14%.

## VI. LITERATURA CITADA

- Aguilar A. I. y L. M. Marroquín A. 1992a. Producción forzada de durazno (*Prunus pérsica* L. Batsch) 'Flordagrande' en Ario de Rosales, Michoacán. II. In: F. Castillo G. y M. Livera M. (eds). Memorias del XIV Congreso Nacional de Fitotecnia. Resúmenes. SOMEFI, A. C. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México. 4 al 9 de octubre. p. 158.
- Aguilar A. I. y L. M. Marroquín A. 1992b. Producción forzada de durazno (*Prunus pérsica* L. Batsch) 'Flordagrande' en Ario de Rosales, Michoacán. III. In: F. Castillo G. y M. Livera M. (eds). Memorias del XIV Congreso Nacional de Fitotecnia. Resúmenes. SOMEFI, A. C. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México. De 4 al 9 de octubre. p. 158.
- Aksoy U., S. Kara, A. Misirch, Z. Can H. 1995. Effect of potassium nitrate and hydrogen cyanamide on apricot. *Acta Horticulturae* 384:431-434.
- Almaguer V. G. 1997. Fruticultura general. Ed. Universidad Autónoma Chapingo. 2a. Edición. México. 366 p.
- Alvarado R. H. E., J. Rodríguez A., G. Calderón Z., y E. Cárdenas S. 2000. El Thidiazuron, la brotación floral y las dimensiones del ovario del ciruelo japonés (*Prunus salicina* L.) 'Shiro'. *Agrociencia* 34: 321-327.
- Amberger A. 1984. Uptake and metabolism hydrogen cyanamide in plants. Proc. Of "Bud Dormancy on Grapevines". International Seminar. University of California. Davis. pp: 5-10.
- Anónimo. 2003. Exploring a new way to start cherries on the path to peak production.  
URL: [http://www.westernfarmerservice.com/images/EdgerPDFfiles/ErgerFinalchanged %2012%2003.pdf](http://www.westernfarmerservice.com/images/EdgerPDFfiles/ErgerFinalchanged%2012%2003.pdf)

- Armas R. R. 1997. Factores que limitan el amarre y apertura de yemas florales en chabacano (*Prunus armeniaca* L.). Tesis de doctorado en ciencias. Especialidad de fruticultura. Colegio de Postgraduados. Montecillos, México.
- Bartolini S., C. Vitagliano, F. Cinelli and G. Scalabrelli. 1997. Effect of hydrogen cyanamide on apricot bud break and catalasa activity. *Acta Horticulturae* 441:159-165.
- Becerril R. A. E. y J. Rodríguez A. 1989. Producción forzada en frutales de clima templado. In: Cano M. R., E. Becerril R., J. Rodríguez A. y H. González R. (ed.). *Memorias del Simposium de Producción Forzada en Frutales*. Colegio de Postgraduados, Montecillo Edo. de México, México. pp. 5-6.
- Bepete M. and A. N. Lakso. 1998. Differential effects of shade on early-season fruit and growth rates in 'Empire' apple. *HortScience* 33: 823-825.
- Butler D. R. and J. J. Landsberg. 1981. Respiration rates of apple trees, estimated by CO<sub>2</sub>-efflux measurements. *Plant, Cell and Environment* 4: 153-159.
- Byers R. E., D. H. Carbaugh, C. N. Presley and T. K. Wolf. 1991. The influence of low light on apple fruit abscission. *Journal of Horticultural Science* 66: 7-18.
- Calderon Z. G. 2005. Temperature effects on fruit and vegetative growth, carbon dioxide exchange and dry matter partitioning in the apple tree. PhD. Dissertation, Cornell University, NY, USA
- Calderón Z. G., R. D. Elías R., E. Canales S. y J. Rodríguez A. 2007. Evaluación de nuevos promotores de brotación y nuevos cultivares para la producción de duraznos en el subtrópico. Memoria de Conferencias del III Congreso Nacional del Sistema Producto Durazno. Ixtapan de la Sal, México. del 6 al 8 de diciembre. pp. 42-55.



- Calderón Z. G. y J. Rodríguez A. 1996. Revent (i. a. Thidiazurón o TDZ), un nuevo estimulador de la brotación para durazno. In J. Sahagun C., P. Ramírez V. y F. Castillo G. (comp.). Memorias del XVI Congreso Nacional de Fitogenética. Notas científicas. SOMEFI, A. C. Montecillo, Edo. de México, México. 4 al 9 de octubre. p. 82.
- Calderón Z. G. y J. Rodríguez A. 1998. Thidiazuron promueve la brotación en el letargo final de yemas florales de ciruelo japonés 'Shiro' (*Prunus salicina* Lindl). Memorias del XVII Congreso Nacional de Fitogenética. Notas científicas. SOMEFI, A. C. y Universidad Autónoma de Guerrero. Acapulco, Guerrero. 5 al 9 de octubre. p. 66.
- Calderón Z. G., J. Rodríguez A., A. E. Becerril R., M. Livera M. y M. T. Colinas L. 1997. Fertilización foliar nitrogenada en la fotosíntesis y el desarrollo de durazno en producción forzada. *Agrociencia* 31: 291-296.
- Calderón Z. G. y J. Rodríguez A. 2000. Thidiazuron (n-phenil-n<sup>1</sup>(1,2,3-thidiazol) urea) as a promoter of budbreak on peach (*Prunus persica* L. Btsch) and japanese plum (*Prunus salicina* Lindl). *Revista Chapingo Serie Horticultura* 6: 117-120.
- Campos R. E. 1997. Promoción de la brotación con TDZ, AG<sub>3</sub> y promalina en ciruelo japonés (*Prunus salicina* Lindl.) 'Shiro' en Chapingo, México. Tesis de licenciatura. Departamento de Fitotecnia. UACH. Chapingo, México. 90 p.
- Campos R. E., Ma. de la C. Espíndola B. y R. B. Muñoz P. 2001. Producción forzada en el subtrópico. Fundación Sánchez Colin-CICTAMEX, S. C. Coatepec, Harinas, México. 38 p.

- Cano M. R. y J. Rodríguez A. 1996. TDZ y su efecto en tamaño de fruto de ciruelo japonés (*Prunus sp.*). 'Methley' y 'Shiro'. In: J. Sahagun C., P. Ramírez V. y F. Castillo G. Memorias del XVI Congreso Nacional de Fitogenética. Notas científicas. SOMEFI, A. C. Montecillo, Edo. De México, México. 4 al 9 de octubre. p. 290.
- Casierra-Posada F., V. E. Barreto y O. L. Fonseca. 2004. Crecimiento de frutos y ramas de duraznero (*Prunus persica* L. Batsch, cv. 'Conservero') en los altiplanos colombianos. *Agronomía Colombiana* 22(1): 40-45.
- Coombe B. G. 1976. The development of fleshy fruits. *Annual Review of Plant Physiology* 27: 207-228.
- Corelli-Grappadelli L., R. Magnani and B. Morandi. 2004. Carbon balance studies in fruit crops and relationships between gas exchange between and membrane functionality, URL: [http://www.agrsci.unibo.it/dicabo/stelloncini/CARBON \\_ BALANCE.htm](http://www.agrsci.unibo.it/dicabo/stelloncini/CARBON_BALANCE.htm)
- Corelli-Grappadelli L., A. N. Lakso and J. A. Flore. 1994. Early patterns of carbohydrates partitioning in exposed and shaded apple branches. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 119: 596-603.
- Corelli-Grappadelli L. and A. N. Lakso. 2004. Fruit development in deciduous tree crops as affected by physiological factors and environmental conditions. *Acta Horticulturae* 636: 425-441.
- DeJong T. M. 1999. Developmental and environmental control of dry-matter partitioning in Peach. *HortScience* 34(6): 1037-1039.
- Díaz M. D. H. 2002. Fisiología de árboles frutales. Editorial AGT EDITOR. S. A. México. 390 p.
- Edwards G. 1987. Producing temperate-zone fruit at low latitudes: avoiding rest and chilling requirement. *HortScience* 22: 1236-1239.

- Erez A. 1987. Chemical control of budbreak. *HortScience* 22: 1240-1243.
- Esparza G., C. Gallegos, A. Rumayor and T. M. DeJong. 2002. Modeling productivity of Zacatecas peaches. *Acta Horticulturae* 852: 21-27.
- Esparza G., T. M. DeJong and Y. L. Grossman. 1999. Modifying 'peach' to model the vegetative and reproductive growth of almonds. *Acta Horticulturae* 499: 91-98.
- Faust M., D. Liu, M. M. Millard and G. W. Stutte. 1991. Bound versus free water in dormant apple buds-A theory for endodormancy. *HortScience* 26: 889-890.
- Flore J. A. and D. R. Layne. 1999. Photoassimilate production and distribution in cherry. *HortScience* 34: 1015-1019.
- Gage J. y G. Stutte. 1991. Developmental indices of peach: An anatomical framework. *HortScience* 26(5): 459-463.
- García E. 1988. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köpen. Instituto de Geografía-UNAM. 217 p.
- García L. A. y J. L. Guardiola. 2003. Transporte en el Floema. En: Azcón- Bieto J. y Talón M. *Fundamentos de Fisiología vegetal* McGRAW-HILL. Tercera reimpresión. Barcelona, España. pp. 65- 82.
- Génard M., L. Pagés and J. Kervella. 1998. A carbon balance model of peach tree growth and development for studying the pruning response. *Tree Physiology* 18: 351-362.
- George A. P. and R. J. Nissen. 1993. Effects of growth regulantors on defoliation, flowering and fruit maturity of the low chill peach cultivar Flordaprince in subtropical Australia. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 33: 787-795.

- Goldschmidt E. E. and A. N. Lakso. 2005. Fruit tree models: scope and limitations. In: Information and Communication Technology (ICT) Development and Adoption: Perspectives of Technological Innovation, (E. Gelb, A. Offer, eds.), European Federation for Information Technologies in Agriculture, Food and the Environment. URL. <http://departments.agri.huji.ac.il/economics/gelb-fruit-8.pdf>.
- González P. M. 1997. Respuesta del manzano 'Golden delicious' a la aplicación de thidiazuron (TDZ) en condiciones de inviernos benignos. VII Congreso Nacional de Horticultura. Culiacán, Sin. México. p. 188.
- Grange R. 1996. Crecimiento del fruto. En: Azcón-Bieto, J. y M. Talón (eds.). Fisiología y bioquímica vegetal. McGraw-Hill, Nueva York. pp. 449-462.
- Greer D. H., J. N. Wünsche and E. A. Halligan. 2002. Influence of postharvest temperatures on leaf gas exchange, carbohydrate reserves and allocations, subsequent budbreak, fruit yield of 'Braeburn' apple (*Malus domestica*) trees. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science* 30: 175-185.
- Grossman Y. L. and T. M. DeJong. 1995. Maximum fruit growth potential and seasonal patterns of resource dynamics during peach growth. *Annals of Botany* 75: 553-560.
- Gutiérrez R. N. 2002. Desarrollo y fisiología del durazno en respuesta al régimen de humedad, portainjerto, manejo de suelo y producción forzada. Tesis de Doctor en Ciencias. Colegio de Postgraduados, Montecillos, México. 249 p.
- Ho C. L. 1988. Metabolism and compartmentation of imported sugars in sink organs in relation to sink strength. *Annual Reviews of Plant Physiology* 39: 355- 378.
- Hopkins W. G. 1999. Introduction to plant physiology. 2a. Edition. Ed. John Wiley & Sons, Inc. United States of America. 512 p.

- Inglese P., T. Caruso, G. Gugliuzza and L. S. Pace. 2001. The effect of crop load and rootstock on dry matter and carbohydrate partitioning in peach trees (*Prunus persica* Batsch). *Acta Horticulturae* 557: 447-451.
- INIFAP. 2005. Guía técnica para el cultivo del durazno en la zona aguacatera de Michoacán. Campo Experimental Uruapan, Michoacán. URL: [http://www.sagarpa.gob.mx/dlg/michoacan/inifap/durazno\\_tdur.pdf](http://www.sagarpa.gob.mx/dlg/michoacan/inifap/durazno_tdur.pdf). México.
- Jiao J., Leonardos, E.D. And Grodzinski, B. 1997. Approaches to Measuring Plant Bioproductivity and Growth. In: Pessaraki, M. Handbook of Photosynthesis. Marcel Dekker . Nueva York. pp 699-716.
- Johnson R. S. and A. N. Lakso. 1986a. Carbon Balance model of a growing apple shoot: I. Development of the model. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 111(2): 160-164.
- Johnson R. S. and A. N. Lakso. 1986b. Carbon Balance model of a growing apple shoot: II. Simulated effects of light and temperature on long and short shoots. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 111(2): 164-169.
- Lakso A. N. and T. L. Robinson. 1997. Principles of orchard systems management optimizing supply, demand and partitioning in apple trees. *Acta Horticulturae*. 451: 405-515.
- Lakso A. N., Corelli-Grappadelli, L., Wünsche J. and Robinson T. 1997. Understanding apple tree productivity- balancing carbohydrate supply and demand. *Compact Fruit Tree* 30:11-17.
- Lakso A. N. and J. P. Nyrop. 2002. Carbon balance modeling approaches to integrating the effects of foliar pests, environment and cultural practices in apple. *Acta Horticulturae* 584: 221-228.
- Lakso A. N., M. Bepete, M. C. Goffinet and L. Corelli-Grappadelli. 1998. Aspects of carbon supply and demand in apple fruits. *Acta Horticulturae* 466: 13-22.

- Lakso A. N., M. D. White and D. S. Tustin. 2001. Simulation modeling of the effects of short and long-term climatic variations on carbon balance of apple trees. *Acta Horticulturae* 557: 473-480.
- Lakso A. N., J. N. Wunsche, J. W. Palmer, and L. C. Grappadelli. 1999. Measurement and modeling of carbon balance of the apple tree. *HortScience* 34 (6): 1040-1047.
- Lambers H., F. S. Chapin III and T. L. Pons. 1998. *Plant Physiological Ecology*. Ed. Springer. 540 p.
- Liu D. M. Faust, M. M. Millard, L. M. J., and G. W. Stutte. 1993. States of water in summer-dormant apple buds determined by proton magnetic resonance imaging. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 118: 632-637.
- Liu B. and R. D. Heins. 1997. Is plant quality related to the ratio of radiant energy to thermal energy? *Acta Horticulturae* 435: 171-181.
- Llamas Ll. J., E. Carvajal M., A. Orozco A., A. Rascón Ch., A. Romo Ch. V. M. Guerrero P., V. A. González H y A. A. Garden B. 2002. Respuesta metabólica y brotación de yemas de manzano por la aplicación de promotores de brotación. *Revista Fitotecnia* 25(4): 411-417.
- Luna C. A., J. Paz S., G. Almaguer V. y J. R. Espinoza E. 1998. Incremento de la brotación de yemas de ciruelo japonés y su relación con el contenido de azúcares y prolina. *Memorias del XVII Congreso Nacional de Fitogenética. Notas científicas. SOMEFI, A. C. y Universidad Autónoma de Guerrero. Acapulco, Guerrero. 5 al 9 de octubre. p. 65.*

- Marroquín A. L. M. y I. Aguilar A. 1992. Producción forzada de durazno (*Prunus pérsica* L. Batsch) 'Flordagrande' en Ario de Rosales, Michoacán. I. In: F. Castillo G. y M. Livera M. (eds). Memorias del XIV Congreso Nacional de Fitotecnia. Resúmenes. SOMEFI, A. C. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México. 4 al 9 de octubre. p. 158.
- Martínez C. A., C. Hermida y A. Rumayor F. 1997. Respuesta a la defoliación química y Dormex a concentraciones bajas en la brotación de manzano. In: Memoria del VII Congreso Nacional de Horticultura. Sociedad mexicana de ciencias Hortícolas A. C. Culiacán, Sinaloa, México. 16 al 20 de marzo. 191. p.
- Mika A. 1986. Physiological responses of fruit trees to pruning. Horticultural Review 8: 337-376.
- Minchin P. E. H. and A. Lacombe. 2005. New understanding on phloem physiology and possible consequences for modelling long-distance carbon transport (P. E. H. Minchin<sup>1</sup> and A. Lacombe). New Phytologist 166: 771-779.
- Mooney H. A. 1972. The carbon balance of plants. Annual Review of Ecology and Systematics 3: 315-346.
- Nava A. J. 1994. Efecto de cuatro portainjertos sobre el comportamiento de dos cultivares de naranja dulce (*Citrus sinensis* L.) en condiciones de vivero. Tesis de maestría en ciencias. Programa de fruticultura. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Estado de México, México. 65 p.
- Nilsen E. T. and D. M. Orcutt. 1996. The physiology of plants under stress, abiotic factors. Ed. John Wiley & Sons, Inc. United States of America. 689 p.
- Parra Q. R. 1997. Crecimiento, relaciones hídricas y nutrimentales en portainjertos de manzano. Tesis de Doctor en Ciencias. Colegio de Postgraduados, Montecillo, México. 148 p.

- Pessarakli M. 1997. Handbook of photosynthesis. Ed. Marcel Dekker, INC. New York. 1027 p.
- Reyes L. A., L. E. Garza D. y H. Macías H. 1998. Efecto del TDZ y CPPU como nuevos compensadores de frío en manzano de altos requerimientos de frío. Memoria de XVII congreso de Fitogenética. Acapulco, Gro. México
- Robinson T. L. and A. N. Lakso. 1991. Bases of yield and production efficiency in apple orchard systems. Journal of the American Society for Horticultural Science 116: 188-194.
- Rodríguez A. J. 1989a. Introducción al Simposium. In: Cano M., R., E. Becerril R., J. Rodríguez A. y H. González R. (ed.). Memorias del Simposium de Producción Forzada en Frutales. Colegio de Postgraduados, Montecillos, México. pp. 13-16.
- Rodríguez A. J. 1989b. Mejoramiento genético para la producción forzada. In: Cano M. R., E. Becerril R., J. Rodríguez A. y H. González R. (ed.). Memorias del Simposium de Producción Forzada en Frutales. Colegio de Postgraduados, Montecillos, México. pp. 13-16.
- Rivas J. I. C. 2003. Fenología, nutrición y almacenamiento de reservas en la producción forzada de durazno 'Flordamex 1' en plantación intensiva en valles altos. Tesis de Maestro en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Montecillos, Texcoco, México. p. 115.
- Rumayor F. A., C. Hermida y A. Martínez C. 1997. Influencia de la defoliación química y el uso de thidiazuron en la brotación de manzano. In: Memoria del VII Congreso Nacional de Horticultura. Sociedad Mexicana de Ciencias Hortícolas A. C. Culiacán, Sinaloa, México. 16 al 20 de marzo. p. 191.
- Ryugo K. 1993. Fruticultura: Ciencia y Arte. Editorial AGT EDITOR, S. A. México. 460 p.



- Ryugo R. 1990. Flowering and fruit set in temperate fruit trees. I: Proceedings of the International Seminar "Off-season Production of Horticultural Crops". FFTC book series No. 41. Taiwán. pp. 21-26.
- Salisbury B. F. and C. Ross, W. 1994. Fisiología vegetal. Grupo editorial Iberoamericana S.A. de C.V. México. D. F. 759 p.
- Saure M. C. 1985. Dormancy release in deciduous fruit trees. Horticultural Review 7: 329-299.
- Shulman Y., Nir G., and Laveve S. 1986. Oxidative processes in bud dormancy and the use of hydrogen cyanamide in breaking dormancy. Acta Horticulturae 179: 141-148.
- Siller-Cepeda J. H., L. H. Fuchigami and T. H. H. Chen. 1992. Hydrogen cyanamide-induced budbreak and phytotoxicity in 'Redhaven' peach buds. HortScience 27:874-876.
- Soria I. N. A., E. Becerril R., J. Rodríguez A., y Ma. T. Colinas L. 1993. Fluctuación nutrimental en durazno con diferentes tratamientos para producción forzada. Agrociencia Serie Fitotecnia 4: 47-48.
- Souty M., M. Reich, G. Albagnac and M. Génard. 1998. Quality of peach fruit in relation to carbon supply. Acta Horticulturae 465: 481-489.
- Stover E. 2000. Relationship of flowering intensity and cropping in fruit species. HortTechnology 10(4): 727-732.
- Vidal L. E., A. E. Becerril R., J. Rodríguez A., Ma. T. Colinas L. y J. Ortega A. 1992. Producción forzada de tres cultivares de durazno bajo un sistema intensivo de producción. II. Crecimiento vegetativo y floración. Agrociencia Serie Fitotecnia 3: 101-110.

- Villegas E. B., H. González O. y M. Aristizábal L. 1998. Efectos del nitrato de potasio ( $\text{KNO}_3$ ) y cianamida hidrogenada (CNH) sobre la brotación de yemas en manzano (*Malus domestica* Borkh.) CV. ANNA. Resumen de investigación. Universidad de Caldas, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Departamento de Fitotecnia. Colombia. p. 2.
- Wang S. Y., H. J. Jiao, and M. Faust. 1991a. Changes in ascorbate, glutathione, and related enzyme activities during thidiazuron-induced bud break of apple. *Physiologia-Plantarum*. 82: 231-236.
- Wang S. Y., H. J. Jiao, and M. Faust. 1991b. Changes in superoxide dismutase activity during thidiazuron-induced lateral budbreak of apple. *HortScience*. 26: 1202-1204
- Wang S. Y. and M. Faust. 1988. Changes of fatty acids and sterols in apple buds during bud break induced by a plant bioregulator, thidiazuron. *Physiologia-Plantarum*. 72: 115-120.
- Wang S. Y. and M. Faust. 1990. Changes of membrane lipids in apple buds during dormancy and budbreak. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 115(5): 802-803.
- Wang S. Y., M. Faust and M. J. Line. 1994. Apical dominance in apple (*Malus domestica* Borkh): The possible role of Indole-3-Acetic Acid (IAA). *J Journal of the American Society for Horticultural Science* 119: 1215-1221.
- Wardlaw I. F. 1990. The control of carbon partitioning in plants. *New Phytologist* 116: 341-381.
- Williamson J. G. and P.M. Lyrene. 2004. Reproductive Growth and Development of Blueberry. Universidad de Florida. URL. <http://edis.ifas.ufl.edu/pdf/HS/HS22000.pdf>

Zegbe D. J. y A. F. Rumayor R. 1992. ¿Cianamida hidrogenada retrasa la floración? Evaluación de yemas florales de duraznero. In: Memoria del VII Congreso Nacional de Horticultura. Sociedad Mexicana de Ciencias Hortícolas A. C. Culiacán, Sinaloa, México. 16 al 20 de marzo. p. 154.

Zucconi F. 1986. Peach. En: Monselise, S.P. (ed.). Handbook of fruit set and development. CRC Press, Boca Ratón, Florida. pp. 303-321.

## VII. APÉNDICE

### 7.1. Cuadros

**Cuadro A-1.** Valor del cuadrado medio del error (CME), coeficiente de determinación ( $R^2$ ), coeficiente de variación (CV), probabilidad de F ( $Pr>F$ ) y prueba de significancia del modelo (F) para las variables de brotación de árboles de durazno 'Oro Azteca Mejorado' cultivados en Montecillo, Texcoco, México.

Variable/DDAT	CME	$R^2$	CV (%)	$Pr>F$	F
Brotación vegetativa					
13	2.32	0.33	60.94	0.0041	**
25	1.86	0.76	17.59	<.0001	**
45	0.85	0.48	10.03	<.0001	**
Brotación Floral					
20	0.91	0.090	169.3	0.5335	NS
37	2.33	0.60	68.61	<.0001	**
56	2.38	0.64	60.20	<.0001	**

DDAT = Días después de la aplicación de los tratamientos; NS = No significativo; \*\* = Significativo con  $\alpha=0.01$

**Cuadro A-2.** Valor del cuadrado medio del error (CME), coeficiente de determinación ( $R^2$ ), coeficiente de variación (CV), probabilidad de F ( $Pr>F$ ) y prueba de significancia del modelo (F) para las variables: número de flores y amarre de fruto de árboles de durazno 'Oro Azteca Mejorado' cultivados en Montecillo, Texcoco, México.

Variable	CME	$R^2$	CV (%)	$Pr>F$	F
Número de flores	22.57	0.66	70.38	<.0001	**
Amarre de fruto	11.77	0.36	155.34	0.0033	**

NS = No significativo; \*\* = Significativo con  $\alpha=0.01$

**Cuadro A-3.** Valor del cuadrado medio del error (CME), coeficiente de determinación ( $R^2$ ), coeficiente de variación (CV), probabilidad de F ( $Pr>F$ ) y prueba de significancia del modelo (F) para las variables de crecimiento de árboles de durazno ‘Oro Azteca Mejorado’ cultivados en Montecillo, Texcoco, México.

Variable/DDAT	CME	$R^2$	CV (%)	$Pr>F$	F
Longitud de brotes vegetativos del año					
61	0.58	0.18	17.21	0.1176	NS
83	4.11	0.11	21.63	0.4345	NS
115	40.59	0.05	40.7	0.8156	NS
Longitud de la hoja					
77	0.96	0.16	11.51	0.2138	NS
90	0.62	8.31	8.31	0.1759	NS
109	0.75	0.15	8.68	0.2302	NS
Ancho de la hoja					
77	0.03	0.29	6.42	0.0151	*
90	0.03	0.27	6.22	0.0233	*
109	0.05	0.14	7.17	0.3006	NS
Diámetro del fruto					
62	0.04	0.24	14.06	0.0357	*
91	0.15	0.14	12.56	0.2887	NS
124	0.23	0.15	9.83	0.2376	NS

DDAT = Días después de la aplicación de los tratamientos; NS = No significativo; \* = Significativo con  $\alpha=0.05$

**Cuadro A-4.** Valor del cuadrado medio del error (CME), coeficiente de determinación ( $R^2$ ), coeficiente de variación (CV), probabilidad de F ( $Pr>F$ ) y prueba de significancia del modelo (F) para las variables de materia seca de árboles de durazno ‘Oro Azteca Mejorado’ cultivados en Montecillo, Texcoco, México.

Variable	CME	$R^2$	CV (%)	Pr>P	F
Raíz menor a 5 mm	2785.75	0.36	20.55	0.0455	*
Raíz mayor a 5 mm	2795.98	0.2	21.41	0.3507	NS
Madera mayor a un año	5819.83	0.5	11.28	0.0036	**
Madera del año	448.45	0.33	26.63	0.0662	NS
Hoja	2579.64	0.58	13.5	0.0006	**
Fruto	13006.06	0.35	45.1	0.0034	**
<b>Materia seca total</b>	<b>25236.98</b>	<b>0.59</b>	<b>8.42</b>	<b>0.0004</b>	<b>**</b>

NS = No significativo; \* = Significativo con un  $\alpha=0.05$ ; \*\*Significativo con  $\alpha=0.01$

**Cuadro A-5.** Valor del cuadrado medio del error (CME), coeficiente de determinación ( $R^2$ ), coeficiente de variación (CV), probabilidad de F ( $Pr>F$ ) y prueba de significancia del modelo (F) para las variables: área foliar y peso específico de hoja de árboles de durazno ‘Oro Azteca Mejorado’ cultivados en Montecillo, Texcoco, México.

Variable	CME	$R^2$	CV (%)	Pr>F	F
Área foliar	0.25	0.51	15.9	0.0026	**
Peso específico de hoja	88.23	0.65	7.84	0.0001	**

\*\* = Significativo con  $\alpha=0.01$

**Cuadro A-6.** Valor del cuadrado medio del error (CME), coeficiente de determinación ( $R^2$ ), coeficiente de variación (CV), probabilidad de F ( $Pr>F$ ) y prueba de significancia del modelo (F) para las variables de producción de árboles de durazno 'Oro Azteca Mejorado, cultivados en Montecillo, Texcoco, México.

Variable	CME	$R^2$	CV (%)	$Pr>F$	F
Frutos por árbol antes del raleo	1797.98	0.37	56.36	0.007	**
Frutos cosechados por árbol	273.09	0.39	54.59	0.0016	**
Rendimiento por árbol	0.81	0.41	44.53	0.0006	**

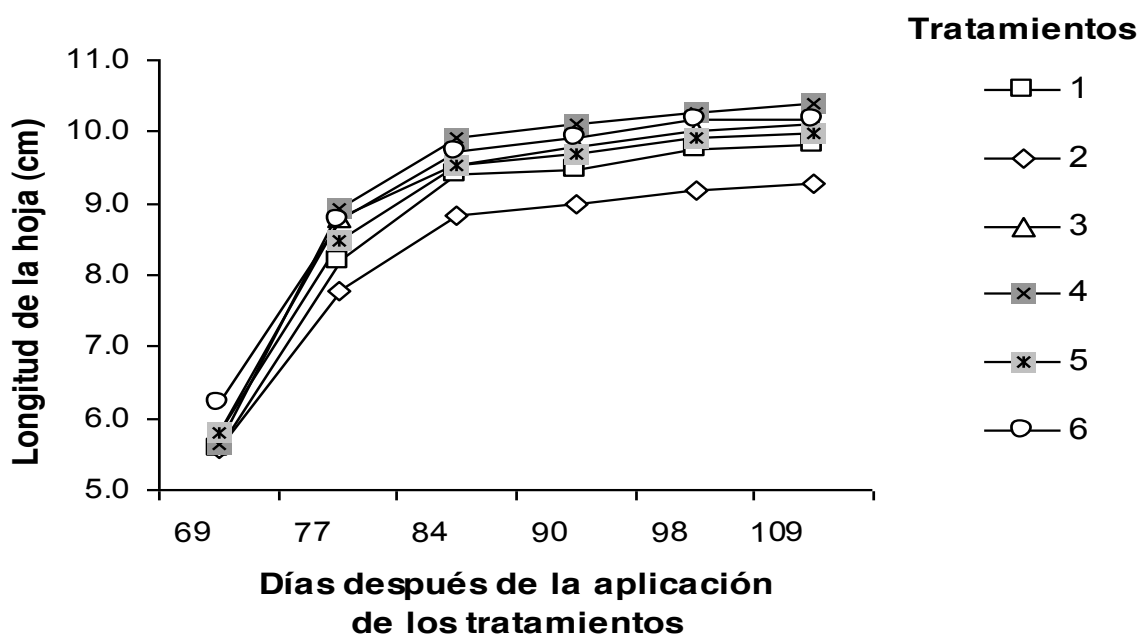
\*\* = Significativo con  $\alpha=0.01$

**Cuadro A-7.** Valor del cuadrado medio del error (CME), coeficiente de determinación ( $R^2$ ), coeficiente de variación (CV), probabilidad de F ( $Pr>F$ ) y prueba de significancia del modelo (F) para las variables de la calidad del fruto de árboles de durazno 'Oro Azteca Mejorado' cultivados en Montecillo, Texcoco, México.

Variable	CME	$R^2$	CV (%)	$Pr>F$	F
Peso	441.15	0.085	25.86	0.57	NS
Diámetro ecuatorial	0.23	0.11	8.76	0.39	NS
Diámetro longitudinal	0.16	1.14	7.72	0.27	NS
Sólidos solubles totales	2.23	0.35	13.37	0.003	**
Textura	0.008	0.08	19.56	0.66	NS

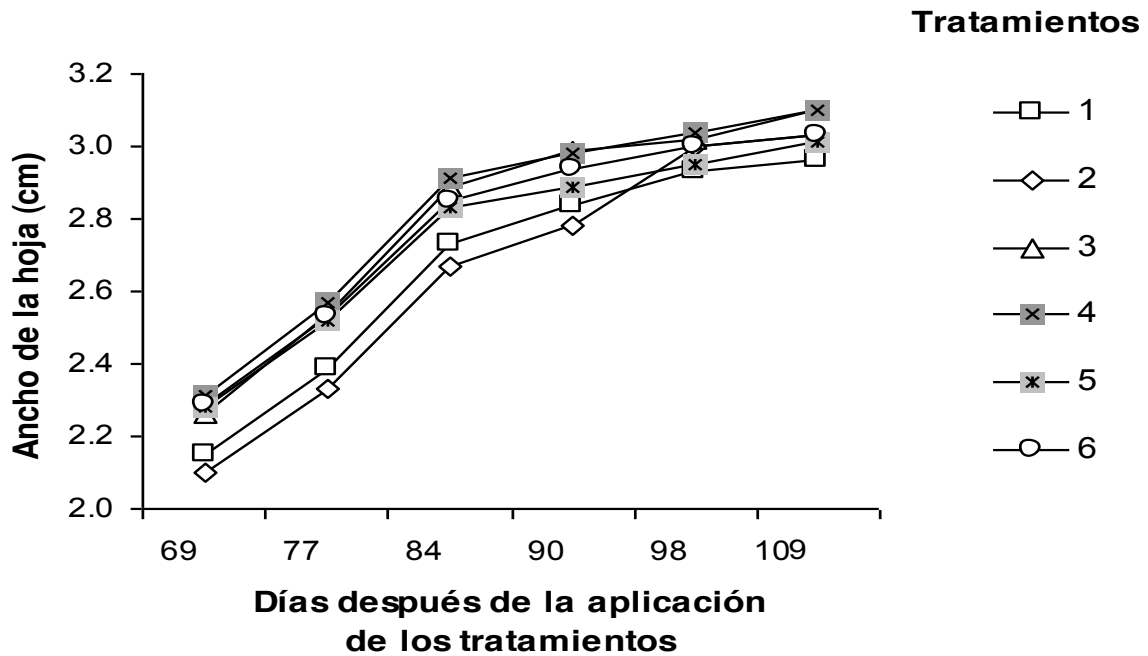
NS = No significativo; \*\* = Significativo con  $\alpha=0.01$

## 7.2. Figuras

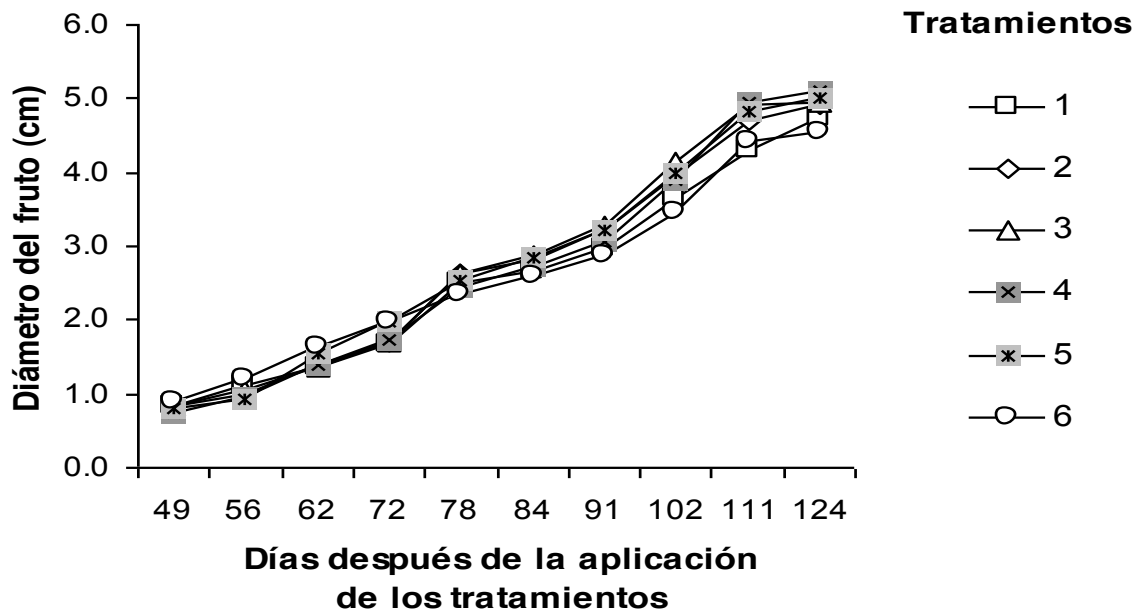


**Figura A-1.** Dinámica del crecimiento longitudinal de la hoja por efecto de promotores de brotación aplicados el 7 de febrero de 2007 en durazno ‘Oro Azteca Mejorado’ en Motecillo, Texcoco, México. Tratamientos: 1) TDZ 200 mg·L<sup>-1</sup> + aceite 2%, 2) Dormex<sup>®</sup> 0.5% + aceite 2%, 3) Erger<sup>®</sup>-G 6%, 4) Erger<sup>®</sup>-G 6% + CaNO<sub>3</sub> 12%, 5) Erger<sup>®</sup>-G 2% + aceite 2% y 6) testigo (sin aplicar). Cada punto es el promedio de 24 hojas.





**Figura A-2.** Dinámica del crecimiento en ancho de la hoja por efecto de promotores de brotación aplicados el 7 de febrero de 2007 en durazno ‘Oro Azteca Mejorado’, en Motecillo, Texcoco, México. Tratamientos: 1) TDZ 200 mg·L<sup>-1</sup> + aceite 2%, 2) Dormex<sup>®</sup> 0.5% + aceite 2%, 3) Erger<sup>®</sup>-G 6%, 4) Erger<sup>®</sup>-G 6% + CaNO<sub>3</sub> 12%, 5) Erger<sup>®</sup>-G 2% + aceite 2% y 6) testigo (sin aplicar). Cada punto es el promedio de 24 hojas.



**Figura A-3.** Dinámica del crecimiento en diámetro del fruto por efecto de promotores de brotación aplicados el 7 de febrero de 2007 en durazno 'Oro Azteca Mejorado', en Motecillo, Texcoco, México. Tratamientos: 1) TDZ 200 mg·L<sup>-1</sup> + aceite 2%, 2) Dormex<sup>®</sup> 0.5% + aceite 2%, 3) Erger<sup>®</sup>-G 6%, 4) Erger<sup>®</sup>-G 6% + CaNO<sub>3</sub> 12%, 5) Erger<sup>®</sup>-G 2% + aceite 2% y 6) testigo (sin aplicar). Cada punto es el promedio de 24 frutos.