



# **COLEGIO DE POSTGRADUADOS**

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

**CAMPUS MONTECILLO**

**POSTGRADO DE RECURSOS GENÉTICOS Y PRODUCTIVIDAD  
FRUTICULTURA**

**ÉPOCA DE INICIACIÓN FLORAL Y REGULADORES DE CRECIMIENTO  
EXÓGENOS EN BROTAÇÃO FLORAL, AMARRE DE FRUTO,  
AZÚCARES SOLUBLES, RENDIMIENTO Y RENTABILIDAD  
EN LITCHI 'BREWSTER'**

**MARÍA EMMA MORALES GUTIÉRREZ**

**T E S I S**

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL  
PARA OBTENER EL GRADO DE**

**MAESTRA EN CIENCIAS**

**MONTECILLO, TEXCOCO, EDO. DE MEXICO**

**2010**

La presente tesis titulada: "ÉPOCA DE INICIACIÓN FLORAL Y REGULADORES DE CRECIMIENTO EXÓGENOS EN BROTAÇÃO FLORAL, AMARRE DE FRUTO, AZÚCARES SOLUBLES, RENDIMIENTO Y RENTABILIDAD EN LITCHI 'BREWSTER' " realizada por la alumna María Emma Morales Gutiérrez, bajo la dirección del consejo particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

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

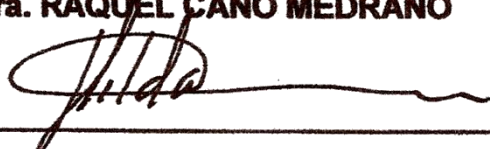
**CONSEJO PARTICULAR**

CONSEJERO:



**Dra. RAQUEL CANO MEDRANO**

ASESORA:



**Dra. HILDA ARACELI ZAVALETA MANCERA**

ASESORA:



**Dra. MARÍA DE JESÚS SANTIAGO CRUZ**

ASESORA:



**M.C. MARÍA HILDA PÉREZ BARRAZA**

Montecillo Texcoco, México, mayo de 2010

## **AGRADECIMIENTOS**

Al Colegio de Postgraduados por la oportunidad que me brindaron para realizar mis estudios y en especial al postgrado de Fruticultura.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT), por el apoyo otorgado durante el segundo año de estudios de la maestría.

A los integrantes del consejo particular: Dra. Raquel Cano Medrano, Dra. Hilda Araceli Zavaleta Mancera, Dra. María de Jesús Santiago Cruz y MC. María Hilda Pérez Barraza por sus aportaciones al presente trabajo de investigación.

Al M.C. Víctor Vázquez Valdivia<sup>†</sup> y a su esposa M.C. María Hilda Pérez Barraza por acogerme como miembro de su familia durante mi estancia en Nayarit, por darme un hogar donde dormir, por alimentarme, aconsejarme y ayudarme en campo. De ellos sólo aprendí valiosas cosas que no olvidaré y pondré en práctica a lo largo y ancho de mi vida.

A la Dra. Araceli por las facilidades brindadas en su laboratorio y su valioso tiempo al inicio de la investigación, tiempo en el cual no formaba parte del consejo. También le agradezco su disponibilidad en la revisión y redacción del artículo.

Al Dr. Víctor González por las facilidades brindadas en su laboratorio y además su apoyo y conocimientos en la comprensión de los resultados y a la Dra. Ana Berta Cruz quien me estuvo colaborando en la metodología y lecturas de los azúcares.

Al Dr. Ángel Villegas Monter, por sus consejos y apoyo en instantes críticos y de recreación, viajes de práctica y momentos de ciencia.

A los profesores del Colegio de Postgraduados quienes contribuyeron en mi formación profesional.

Al personal de laboratorio de fruticultura: Gabriel Vázquez, Guillermo Arellano, y Alejandra.

A Olga y Elsa por su disponibilidad y amabilidad y además, por brindarme siempre una sonrisa.

A quienes estuvieron en los momentos de alegría y permanecieron en los de aflicción, me complace contar con uds y llamarlos amigos.

## DEDICATORIA

A los seres que me apoyan de manera incondicional, culpables de mi desarrollo personal y profesional: **Eliécer de Jesús Morales Blanco** y **Yomaira Esther Gutiérrez Vecchio**, fueron son y serán la luz de mi vida. Gracias por permitirme iniciar esta etapa y más aún creer en mí y alentarme a concluirla. La fortuna y alegría de contar con ustedes es indescriptible. Por ellos y por mi vida agradezco infinitamente a Dios.

Esta investigación la dedico de igual forma a toda mi familia porque su amor me mantuvo e iluminó el camino a casa no para desfallecer sino para contemplar mi meta. En especial mención a mi abuela “mamicita”, mi segunda mamá.

*María Emma Morales Gutiérrez*

## CONTENIDO

	<b>Página</b>
<b>AGRADECIMIENTOS.....</b>	<b>i</b>
<b>DEDICATORIA.....</b>	<b>iii</b>
<b>CONTENIDO.....</b>	<b>iv</b>
<b>ÍNDICE DE CUADROS.....</b>	<b>viii</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS.....</b>	<b>xi</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>xiv</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>xv</b>
<b>CAPÍTULO I</b>	
<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>CAPÍTULO II</b>	
<b>REVISIÓN DE LITERATURA.....</b>	<b>2</b>
Desarrollo floral.....	2
Inducción floral.....	3
Iniciación floral.....	6
Diferenciación floral.....	7
Antesis.....	8
Desarrollo del fruto.....	10
Amarre.....	10
Histología del fruto.....	12
Crecimiento del fruto.....	12
Abscisión del fruto.....	13
Reguladores de crecimiento.....	15

Efectos en la floración.....	15
Efectos en el amarre de fruto.....	18
Rentabilidad.....	20
Conclusiones generales.....	21
<b>CAPITULO III</b>	
<b>REGULADORES DE CRECIMIENTO EN INICIACIÓN FLORAL.....</b>	<b>24</b>
Introducción.....	24
Materiales y Métodos.....	26
Localización.....	26
Material biológico.....	26
Iniciación floral.....	27
Microtecnia.....	27
Variables de estudio.....	28
Reguladores de crecimiento en brotación floral.....	29
Tratamientos.....	29
Diseño estadístico.....	29
Variables de estudio.....	30
Resultados .....	33
Iniciación floral.....	33
Histología.....	33
Temperatura.....	34
Reguladores de crecimiento en brotación floral.....	34
Brotación floral.....	36
Distribución de la cosecha.....	37
Rendimiento.....	38
Azúcares solubles.....	40

Rentabilidad.....	
Discusión.....	43
Iniciación floral.....	43
Histología.....	44
Temperatura.....	45
Reguladores de crecimiento en brotación floral.....	46
Brotación floral.....	46
Distribución de la cosecha.....	48
Rendimiento.....	48
Azúcares solubles.....	49
Rentabilidad.....	50
Conclusiones.....	52
<b>CAPÍTULO IV</b>	
<b>REGULADORES DE CRECIMIENTO EN AMARRE DE FRUTO.....</b>	<b>63</b>
Introducción.....	63
Materiales y Métodos.....	65
Localización y material biológico.....	65
Reguladores de crecimiento en amarre de fruto.....	65
Tratamientos.....	65
Diseño estadístico.....	66
Variables de estudio.....	66
Resultados.....	68
Longitud y diámetro del fruto.....	68
Índice de redondez.....	69
Dinámica de amarre de fruto.....	70
	71



Número y peso del fruto por panícula.....	72
Peso del raquis de la panícula.....	72
Partición en los componentes del fruto.....	73
Sólidos solubles totales.....	73
Azúcares solubles.....	74
Rentabilidad.....	
Discusión.....	
Longitud y diámetro del fruto.....	76
Índice de redondez.....	76
Dinámica de amarre de fruto.....	77
Número y peso del fruto por panícula.....	77
Peso del raquis de la panícula.....	78
Partición en los componentes del fruto.....	79
Sólidos solubles totales.....	79
Azúcares solubles.....	80
Rentabilidad.....	80
Conclusiones.....	82
<b>Literatura Citada.....</b>	<b>102</b>
<b>Anexos.....</b>	<b>113</b>

## ÍNDICE DE CUADROS

### CAPÍTULO III

Cuadro No.		Página
3.1	Época y porcentaje de iniciación de yemas apicales de litchi 'brewster' por punto cardinal, muestreadas en el periodo de septiembre a diciembre de 2007.....	55
3.2	Efecto de thidiazuron (TDZ), etefón y bencil adenina (BA) en las variables porcentaje de brotación floral (%), días a antesis, longitud, número de ejes secundarios y número de panículas, ciclo 2007-2008.....	57
3.3	Cambios en los ingresos semanales, ingreso bruto, costos, ingreso neto e indicadores de rentabilidad en los tratamientos testigo, 100 mg L <sup>-1</sup> de TDZ y 6 % KNO <sub>3</sub> .....	61
3.4	Costos totales en el mantenimiento de una hectárea de litchi 'brewster' ciclo 2007-2008.....	62

### CAPÍTULO IV

Cuadro No.		Página
4.1	Reguladores de crecimiento y dosis aplicadas en ramas de litchi 'brewster' para amarre de fruta.....	83
4.2	Fecha de aplicación en las ramas seleccionadas.....	83
4.3	Longitud del fruto cosechado en respuesta a dos dosis y cuatro fechas de aplicación de 2,4,5 TP (50 y 100 mg L <sup>-1</sup> ), TDZ (5 y 10 mg L <sup>-1</sup> ), BA (50 y 100 mg L <sup>-1</sup> ), y AG <sub>3</sub> (50 y 100 mg L <sup>-1</sup> ).....	86
4.4	Diámetro del fruto cosechado de litchi 'brewster' en respuesta a dos dosis y cuatro fechas de aplicación de 2,4,5 TP (50 y 100 mg L <sup>-1</sup> ), TDZ (5 y 10 mg L <sup>-1</sup> ), BA (50 y 100 mg L <sup>-1</sup> ), y AG <sub>3</sub> (50 y 100 mg L <sup>-1</sup> ).....	87
4.5	Número de frutos cosechados por panícula en respuesta a dos	

	dosis y cuatro fechas de aplicación de 2,4,5 TP (50 y 100 mg L <sup>-1</sup> ), TDZ (5 y 10 mg L <sup>-1</sup> ), BA (50 y 100 mg L <sup>-1</sup> ), y AG <sub>3</sub> (50 y 100 mg L <sup>-1</sup> ).....	90
4.6	Peso del fruto de litchi 'brewster' en respuesta a dos dosis y a cuatro fechas de aplicación de 2,4,5 TP (50 y 100 mg L <sup>-1</sup> ), TDZ (5 y 10 mg L <sup>-1</sup> ), BA (50 y 100 mg L <sup>-1</sup> ), y AG <sub>3</sub> (50 y 100 mg L <sup>-1</sup> ).....	91
4.7	Peso del raquis de la panícula de litchi 'brewster' en respuesta a dos dosis y cuatro fechas de aplicación de 2,4,5 TP (50 y 100 mg L <sup>-1</sup> ), TDZ (5 y 10 mg L <sup>-1</sup> ), BA (50 y 100 mg L <sup>-1</sup> ), y AG <sub>3</sub> (50 y 100 mg L <sup>-1</sup> ).....	92
4.8	Peso del arilo en frutos de litchi 'brewster' a cosecha en respuesta a dos dosis y cuatro fechas de aplicación de 2,4,5 TP (50 y 100 mg L <sup>-1</sup> ), TDZ (5 y 10 mg L <sup>-1</sup> ), BA (50 y 100 mg L <sup>-1</sup> ), y AG <sub>3</sub> (50 y 100 mg L <sup>-1</sup> ).....	93
4.9	Peso de la cáscara en frutos de litchi 'brewster' a cosecha en respuesta a dos dosis y cuatro fechas de aplicación de 2,4,5 TP (50 y 100 mg L <sup>-1</sup> ), TDZ (5 y 10 mg L <sup>-1</sup> ), BA (50 y 100 mg L <sup>-1</sup> ), y AG <sub>3</sub> (50 y 100 mg L <sup>-1</sup> ).....	95
4.10	Peso de la semilla de litchi 'brewster' en respuesta a dos dosis y cuatro fechas de aplicación de 2,4,5 TP (50 y 100 mg L <sup>-1</sup> ), TDZ (5 y 10 mg L <sup>-1</sup> ), BA (50 y 100 mg L <sup>-1</sup> ), y AG <sub>3</sub> (50 y 100 mg L <sup>-1</sup> ).....	96
4.11	Composición porcentual del arilo, cáscara y semilla de litchi 'brewster' en frutos con aplicaciones de 2,4,5 TP (50 y 100 mg L <sup>-1</sup> ), TDZ (5 y 10 mg L <sup>-1</sup> ), BA (50 y 100 mg L <sup>-1</sup> ) y GA <sub>3</sub> (50 y 100 mg L <sup>-1</sup> ).....	97
4.12	Sólidos solubles totales (°BRIX) en frutos de litchi 'brewster' a cosecha con aplicaciones de 2,4,5 TP (50 y 100 mg L <sup>-1</sup> ), TDZ (5 y 10 mg L <sup>-1</sup> ), BA (50 y 100 mg L <sup>-1</sup> ) y GA <sub>3</sub> (50 y 100 mg L <sup>-1</sup> ), en	

	dos dosis y cuatro fechas de aplicación.....	99
4.13	Ingreso bruto, costos totales e ingreso neto a partir de la aplicación de 50 mg L <sup>-1</sup> de 2,4,5-TP y 100 mg L <sup>-1</sup> de AG <sub>3</sub> en una hectárea de litchi 'brewster'.....	94
4.14	Costos totales generados por la aplicación de 2,4,5-TP y AG <sub>3</sub> en una hectárea de litchi 'brewster'.....	101
4.15	Indicadores de rentabilidad en en litchi 'brewster' para los tratamientos testigo, 2,4,5-TP (50 mg L <sup>-1</sup> ) y AG <sub>3</sub> (100 mg L <sup>-1</sup> ) en el ciclo 2007-2008.....	101

## ÍNDICE DE FIGURAS

### CAPÍTULO II

Figura No.		Página
2.1	Control de la transición floral en Sinapis Alba. 1: percepción del estímulo en hojas maduras dado por días largos, 2: movilización del almidón en hojas y tallos, seguido del	

	transporte de sacarosa en el floema hacia el meristemo apical y a la raíz, 3: transporte de citocininas desde la raíz a las hojas, 4: transporte de isopentiladenina en el floema desde las hojas al meristemo apical.....	22
2.2	Acumulación de materia seca (g) en pericarpio, arilo, semilla y fruto de litchi 'Bengal' durante su desarrollo.....	23

### CAPÍTULO III

Figura No.		Página
3.1	Identificación de los árboles de litchi 'brewster' en el huerto. a) Numeración con pintura blanca en el tronco del árbol con el tratamiento correspondiente, b) Cinta fluorescente roja con el número del tratamiento, c) selección y marcación de ramas y d) árbol identificado.....	53
3.2	Yemas y meristemos vegetativo y floral de litchi 'brewster': A, yema vegetativa; B, meristemo vegetativo; C, yema floral; D, meristemo floral. Abreviaturas: ba, brácteas abiertas; bc, brácteas cerradas; maf, meristemo apical floral; mav, meristemo apical vegetativo; pc, primordios de carpelo; pf, primordios foliares; t, tricomas.....	54
3.3	Condiciones ambientales relacionadas con la fenología y el manejo durante los procesos de inducción, iniciación y brotación floral.....	55
3.4	Rendimiento semanal y total (kg ha <sup>-1</sup> ) en árboles de litchi 'brewster' tratados con thidiazuron (TDZ), etefón, bencil adenina (BA) y KNO <sub>3</sub> ; inicio de cosecha 8 de junio de 2008. Rendimiento: A, semana 1; B, semana 2; C, semana 3; D, semana 4 y E, total.....	58
3.5	Dinámica de los azúcares solubles en hojas de litchi 'brewster' tratadas con thidiazurón (100 y 200 mg L <sup>-1</sup> ),	

	eteión (100 mg L <sup>-1</sup> ) y KNO <sub>3</sub> (6 %). Hojas expuestas a la Luz, gráficas A-D; a la sombra, gráficas E-H. Sacarosa A, E; galactosa B, F; glucosa C, G y fructosa D, H.....	59
3.6	Dinámica de los azúcares solubles en yemas apicales de litchi 'brewster' tratadas con thidiazurón (100 y 200 mg L <sup>-1</sup> ), eteión (100 mg L <sup>-1</sup> ) y KNO <sub>3</sub> (6 %). Hojas expuestas a la Luz, gráficas A-D; a la sombra, gráficas E-H. Sacarosa A, E; galactosa B, F; glucosa C, G y fructosa D, H.....	60

#### CAPÍTULO IV

Figura No.		Página
4.1	Cinética de crecimiento del fruto de litchi cv. brewster. a) Longitud del fruto (mm) y, b) Diámetro del fruto (mm).....	84
4.2	Efecto del número y fecha de aplicación de los reguladores de crecimiento sobre la longitud y el diámetro del fruto cosechado.....	85
4.3	Dinámica del índice de forma durante el desarrollo del fruto de litchi 'brewster' en los tratamientos 2,4,5 TP (50 y 100 mg L <sup>-1</sup> ) y AG <sub>3</sub> (100 mg L <sup>-1</sup> ).....	85
4.4	Dinámica de amarre en frutos asperjados con 2,4,5 TP (50 y 100 mg L <sup>-1</sup> ), TDZ (5 y 10 mg L <sup>-1</sup> ), BA (50 y 100 mg L <sup>-1</sup> ), y AG <sub>3</sub> (50 y 100 mg L <sup>-1</sup> ). a) Una aplicación 0 ddai y, b) dos aplicaciones 0 y 14 ddai.....	88
4.5	Dinámica de amarre en frutos asperjados con 2,4,5 TP (50 y 100 mg L <sup>-1</sup> ), TDZ (5 y 10 mg L <sup>-1</sup> ), BA (50 y 100 mg L <sup>-1</sup> ), y AG <sub>3</sub> (50 y 100 mg L <sup>-1</sup> ). a) Dos aplicaciones 0 y 28 ddai y, b) tres aplicaciones 0, 14 y 28 ddai.....	89
4.6	Tipos de semilla en frutos de litchi 'brewster', colectados en	

	la cosecha de los meses de junio y julio de 2008 en el Jicote, Nay.....	94
4.7	Contenido de sacarosa, galactosa, glucosa y fructosa ( $\text{mg g}^{-1}$ PF) en panículas de litchi 'brewster' asperjadas con 2,4,5 TP (50 y $100 \text{ mg L}^{-1}$ ) y $\text{AG}_3$ ( $100 \text{ mg L}^{-1}$ ) a los 0 <sup>z</sup> , 0-14 <sup>y</sup> , 0-28 <sup>x</sup> y 0-14-28 <sup>w</sup> ddai. Lecturas al tercer día de cada aplicación.....	100

**ÉPOCA DE INICIACIÓN FLORAL Y REGULADORES DE CRECIMIENTO EXÓGENOS  
EN BROTAÇÃO FLORAL, AMARRE DE FRUTO, AZÚCARES SOLUBLES, RENDIMIENTO Y  
RENTABILIDAD EN LITCHI 'BREWSTER'**

**María Emma Morales Gutiérrez**

**Colegio de Postgraduados**

**RESUMEN**

Litchi (*Litchi chinensis* Sonn) es un frutal subtropical que presenta floración no uniforme y bajo amarre de fruto lo cual repercute en bajo rendimiento. El objetivo del presente trabajo fue determinar el momento de la iniciación floral mediante el estudio histológico del domo, estimular la brotación floral a partir de la aplicación de TDZ, BA, ethephon y  $\text{KNO}_3$ , promover el amarre de fruto por medio de la aspersión única o repetida de 2,4,5 TP, TDZ, BA y  $\text{AG}_3$  y calcular la rentabilidad financiera con el empleo de reguladores de crecimiento en litchi cv. Brewster. La iniciación floral reconocida por el aplanamiento del domo ocurrió en el periodo entre noviembre y diciembre de 2007. En brotación floral la aplicación de TDZ ( $100 \text{ mg L}^{-1}$ ) presentó mayor longitud del raquis (27 cm), número de panículas (28 panículas  $\text{m}^{-2}$ ), rendimiento ( $4,276 \text{ kg ha}^{-1}$ ) y rentabilidad (VAN=443,805; B/C=8 y TIR=1; costos e ingresos actualizados a 10 años,  $i=18 \%$ ). Los azúcares evaluados no presentaron una tendencia clara por efecto de los tratamientos sin embargo hubo diferencias estadísticas entre los niveles de sacarosa, glucosa y fructosa entre hojas y yemas, tanto en luz como en sombra. Las yemas registraron el mayor contenido de azúcares solubles y estos fueron mayores en condición de luz. Los tratamientos aplicados para promover amarre de fruto no influyeron en la dinámica de crecimiento del mismo ni en su tamaño final. El tratamiento 2,4,5 TP ( $50 \text{ mg L}^{-1}$ ) presentó mayor amarre de fruto en la primera semana posterior a la aplicación ( $\sim 50 \%$  retención) e incrementó el número de frutos a cosecha (6 frutos panícula $^{-1}$ ). Azúcares solubles estuvieron en mayor concentración en panículas asperjadas con 2,4,5 TP ( $50 \text{ mg L}^{-1}$ ) y  $\text{AG}_3$  ( $100 \text{ mg L}^{-1}$ ). El uso de 2,4,5 TP elevó los costos de producción por lo cual  $\text{AG}_3$ , aunque con menor producción (4 frutos panícula $^{-1}$ ), fue el tratamiento con mayor rentabilidad (VAN=106,199; B/C=3.27 y TIR=1; costos e ingresos actualizados a 10 años,  $i=18 \%$ ).

**Palabras clave:** *Litchi chinensis* Sonn., meristemo floral, carbohidratos, producción, índice costo: beneficio.



**TIME OF FLORAL INITIATION AND EXOGENOUS GROWTH REGULATORS ON  
BUDBREAK, FRUIT RETENTION, SOLUBLE SUGARS, YIELD AND PROFITABILITY IN LITCHI  
'BREWSTER'**

**María Emma Morales Gutiérrez**

**Colegio de Postgraduados**

**ABSTRACT**

Litchi (*Litchi chinensis* Sonn) is a subtropical fruit tree with both erratic flowering and low fruit retention that cause low crop yield. The aims of this investigation were: to identify the floral initiation by using a domo histology study, to stimulate floral budbreak via applications of TDZ, BA, etephon and  $\text{KNO}_3$ , to promote fruit retention by one or more application of 2, 4, 5 TP, TDZ, BA and  $\text{AG}_3$ , and to calculate financial profitability of using growth regulators in litchi cv. 'Brewster'. Floral initiation, when meristem had a dome-flattened shape, occurred between November and December 2007. At budbreak, TDZ ( $100 \text{ mg L}^{-1}$ ) produced the largest raquis length (27 cm), number of panicles ( $28 \text{ panicles m}^{-2}$ ), yield ( $4,276 \text{ kg ha}^{-1}$ ) and profitability (VAN=443,805; B/C=8 y TIR=1; cost and profit updated for 10 years  $i=18\%$ ). There was not a clear effect of treatments on sugars content. However, statistical differences in the levels of sucrose, glucose and fructose were found between leaves and buds, either under light or shade conditions. Buds had the largest soluble sugars content under full light condition. Application of 2, 4, 5 TP ( $50 \text{ mg L}^{-1}$ ) produced the highest fruit retention one week after application ( $\sim 50\%$  retention) and increased fruit number at harvest. Also, this treatment and  $\text{AG}_3$  ( $100 \text{ mg L}^{-1}$ ) increased the soluble sugars content in panicles. Although 2, 4, 5 TP produced better results, it increased the cost of production whereas application of  $\text{AG}_3$  ( $100 \text{ mg L}^{-1}$ ) had the highest profitability (VAN=106,199; B/C=3.27 y TIR=1; costs and profit updated for 10 years,  $i=18\%$ ), but produced lower yield ( $4 \text{ fruit panicle}^{-1}$ ).

**Key words:** *Litchi chinensis* Sonn., floral meristem, carbohydrates, production, rate cost: benefit.

## CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN

Litchi (*Litchi chinensis* Sonn) es un frutal subtropical que presenta dos limitantes importantes en rendimiento. La primera limitante corresponde a floraciones no uniformes, las cuales han sido asociadas con varios factores, incluyendo temperatura, niveles endógenos de reguladores de crecimiento y contenido de azúcares. Mayor brotación floral se ha obtenido con aplicaciones exógenas de citocininas pero los resultados no han sido consistentes, lo cual pudiera estar relacionado con el estado fisiológico de la yema al momento de aplicación, el tipo de regulador, la concentración y la época de aplicación. La segunda limitante la conforma el bajo amarre de fruto, el cual generalmente no supera el 10 %. El mecanismo de amarre de fruto se desconoce, pero en algunos frutales se induce con aplicaciones exógenas de reguladores de crecimiento. Auxinas como 2,4 D y 2,4,5 TP y giberelinas como AG<sub>3</sub> se han usado tradicionalmente en litchi, sin embargo su efecto en algunos casos conduce a menor tamaño de fruto. En Nayarit, México, no hay estudios previos sobre el efecto de 2,4,5 TP, BA, AG<sub>3</sub> y otros posibles reguladores como TDZ en el tamaño y número de frutos a cosecha como método para mejorar los rendimientos por lo cual su evaluación pudiera presentar una alternativa viable a los productores. Asimismo, no hay reportes acerca del costo que implica la adopción de nueva una tecnología.

Por lo anterior, los objetivos de este estudio son: a) determinar la época de iniciación floral en las condiciones de Nayarit, México, b) evaluar el efecto de thidiazuron (TDZ), benciladenina (BA), etephon y KNO<sub>3</sub> en la brotación floral y su relación con los azúcares solubles, c) evaluar el efecto de ácido 2,4,5 tricloro-fenoxi-propionico (2,4,5 TP), TDZ, BA y ácido giberélico (AG<sub>3</sub>) en amarre de fruto y su relación con el contenido de azúcares solubles, y d) determinar la rentabilidad de cada una de las tecnologías propuestas.

## **CAPÍTULO II**

### **Revisión de Literatura**

#### **Desarrollo floral**

Es un proceso complejo, multifactorial, extensamente estudiado aún en nuestros días. Abarca cambios en el meristemo que en un inicio conllevan a detener el crecimiento indeterminado o vegetativo para dar lugar al crecimiento determinado o reproductivo. Para ello, este proceso precisa de una secuencia cronológica de etapas que con el tiempo y el avance en el conocimiento fueron adoptando la terminología de inducción e iniciación, evocación o madurez o diferenciación floral y antesis (Searle, 1965). Cada una de estas etapas presenta requerimientos específicos que han dado pie a la generación de teorías y de evidencias sobre el factor(es) que controla(n) la floración (Bernier, 1988; Bernier y Périlleux, 2005; Corbesier y Coupland, 2006).

Investigaciones recientes que involucran la genética de la planta proponen la regulación de la floración a través de genes que han sido aislados en los procesos de señalización larga, en raíces vía xilema y en hojas y tallos vía floema, o corta, genes presentes en los meristemos (Suarez-López, 2005). La activación de estos genes puede depender del ambiente (fotoperiodo y vernalización), fitohormonas (giberelinas), prácticas culturales (estrés hídrico y anillado), o ser autónoma y a su vez depender de mensajeros endógenos como son azúcares y hormonas (Corbesier y Coupland, 2006), los cuales han sido postulados por más de un siglo. De esta manera aspectos genéticos, fisiológicos y morfológicos, convergen en el control de la floración. Por tanto, el desarrollo floral es un evento multifactorial.

## Inducción floral

Es una etapa cualitativa no visible, a razón de que se recibe el estímulo que origina la transición del meristemo vegetativo a floral. ¿Qué estimula el cambio a crecimiento reproductivo?, ¿dónde se percibe dicho estímulo? Y ¿cómo se transporta al meristemo? fueron las primeras interrogantes.

En un inicio se propuso la existencia de una hormona única y universal llamada “florigeno” la cual actuaba de señal química o estímulo (Chailakhyan, 1937), sin embargo no se logró aislar. Luego evidencias sobre los posibles mecanismos de inducción provinieron de la respuesta de algunas plantas a la duración del día (fotoperiodo) (Bernier, 1988; Samach y Gover, 2001), periodos de temperaturas bajas o vernalización (Henderson *et al.*, 2003; Michaels y Amasino, 2001), relación C:N (Klebs, 1913; Bernier *et al.*, 2002) y contenido endógeno de azúcares (Sachs y Hackett 1977; Bernier *et al.*, 1993; Corbesier *et al.*, 1998) y de hormonas (Bangerth, 2006; Hegele *et al.*, 2006) (Figura 2.1). Se formuló la teoría multifactorial donde promotores e inhibidores, endógenos y ambientales, conjuntamente participaban en la inducción (Bernier, 1988). Investigaciones posteriores en *Arabidopsis thaliana*, planta fotoperiódica, con requerimientos de vernalización, corto ciclo de vida y amplio conocimiento de su mapa genético (Wilkie *et al.*, 2008), establecieron cuatro rutas, fotoperiodo, vernalización, giberelinas y autónoma, encargadas de accionar la maquinaria genética-molecular y bioquímica a través de genes y señales en cascada que regulan la floración (Corbesier y Coupland, 2006).

La ruta fotoperiódica puede ocurrir mediante 2 vías, en la primera los fotorreceptores, fitocromos (A, B, D y E) y criptocromos (1 y 2), y el gen ZTL (ZEITLUPE) actúan sobre el reloj biológico, en específico en la expresión de los genes, LHY (LATE ELONGATED HYPOVOTYL), y CCA1 (CIRCADIAN CLOCK-ASSOCIATED 1), estos últimos en

conjunto con el gen GI (GIGANTEA) son responsables de controlar la transcripción del gen CO (CONSTANS) (Jaeger *et al.*, 2006; Thomas, 2006). En la segunda vía los fotorreceptores mencionados interactúan directamente con CO o con el gen FT (FLOWERING LOCUS T). La interacción se realiza a través de la calidad y cantidad de luz; es probable, que la cantidad esté ligada a patrones de partición de carbono en la planta y es captada por las clorofilas a y b (Thomas, 2006). Cabe mencionar que FT es regulado positivamente por CO.

En la ruta de vernalización los genes VIN3 (VERNALIZATION INSENSITIVE 3) y VRN1, 2 (VERNALIZATION 1, 2) inhiben la expresión del gen FLC (FLOWERING LOCUS C), conocido por ser un fuerte represor de la floración o lo mismo de FT y del gen SOC1 (SUPPRESSOR OF OVEREXPRESSION OF CO1), mientras que el gen FRI (FRIGIDA) promueve la acción de FLC (Bernier y Périlleux, 2005; Henderson *et al.*, 2003; Sung y Amasino, 2004).

En La ruta de giberelinas participan genes cuyas funciones se relacionan con la síntesis y señalización de esta hormona, éstos son GA1, GAI (GIBBERELIC ACID INSENSITIVE), RGA (REPRESSOR OR GA1-3), FPF1 (FLOWERING PROMOTING FACTOR 1) and AtMYB33 (Bernier y Périlleux, 2005).

Para la ruta autónoma participan los genes FCA, FY, LD y FLD que suprimen la expresión de FLC por ende esta ruta induce la floración de una forma similar a la de vernalización, es decir por represión de FLC (Michaels y Amasino, 2000)

Según Wilkie *et al.* (2008) estas rutas propuestas para Arabidopsis, herbácea, difieren a lo reportado en frutales ya que éstos se consideran plantas de día neutro, además en regiones subtropicales y tropicales no hay vernalización (-1 a 10 °C) aunque si se observa efecto por temperaturas bajas (15 a 20 °C) en litchi, macadamia, mango y

naranja, y por último las giberelinas son conocidas por inhibir la floración en manzana, mango, aguacate, pera, uva y cítricos. Se presumen como plantas de floración autónoma caducifolios como manzano y otros, asimismo en manzano se plantea un número de entrenudos mínimo para que se produzca la inducción. Prácticas culturales contribuyeron en el estímulo inductivo ejemplo de ello se observó al restablecer el riego luego de un periodo de estrés en lima Tahití, limón y Citrus latifolia Tan, también se sugiere efecto por la detención del crecimiento vegetativo a partir de la aplicación de retardantes que a su vez influyen en el balance hormonal. Incrementos en la intensidad lumínica se relacionaron con mayor número de yemas en kiwi (*Actinida chinensis* Planch.), sin embargo esta intensidad o cantidad de luz está vinculada con incrementos en la síntesis de azúcares. En definitiva, en frutales se ha iniciado la tarea de identificar los genes involucrados en la inducción floral, así en mandarina Satsuma y *Populus* sp., se han encontrado ortólogos para FT (Wilkie *et al.*, 2008).

En relación al órgano receptor del estímulo floral, experimentos realizando defoliaciones continuas en hojas de diferente edad y en condiciones “inductivas para la especie” mostraron que la eliminación de éstas en sus primeras etapas de crecimiento inhibió la inducción floral mientras que en las maduras, la inducción se observó en igual tiempo que en plantas testigo (sin eliminación), caso dado en mango (Nuñez-Elisea y Davenport, 1995). Estos experimentos complementados con prácticas de anillado sugirieron la participación de las hojas en el proceso inductivo y un posible producto transportado por el floema (Kulkarni, 1991). En nuestros días se conoce que la respuesta fotoperiódica se inicia en las hojas; en plantas vernalizantes además de las hojas, se percibe en brácteas que cubren el meristemo (ápice); en litchi, las hojas se sugieren como órgano candidato de percepción del estímulo (Ying y Davenport, 2004).

El estímulo o señal química transportada al meristemo, una vez llamada florígeno, se aisló en *Arabidopsis* y corresponde al gen FT. Este gen traduce una proteína globular

de bajo peso molecular (20 kd) que se transporta por el floema hacia el meristemo donde interactúa con el gen FD (Jaeger *et al.*, 2006) para activar los genes de identidad LFY (LEAFY) y AP1 (APETALA 1). El gen TFL1 (TERMINAL FLOWER 1) es antagonista de los genes de identidad y su actividad evita la competencia del meristemo (Ratcliffe *et al.*, 1999).

### **Iniciación Floral**

La iniciación se caracteriza por presentar el primer evento visible microscópicamente del desarrollo floral, dado por cambios morfológicos como elongación, ensanchamiento y aplanamiento del meristemo. En esta etapa se sintetiza ADN y se eleva la actividad o índice mitótico del ápice; ambos procesos originan las nuevas células que conforman los primordios florales.

Los cambios en el meristemo implican disminución en la zona distal o central, menos activa, al tiempo que el área de los primordios florales se incrementa por divisiones constantes en la zona de la periferia; se diferencia una zona superficial meristemática, poco profunda llamada manto (túnica), donde las partes florales inician su desarrollo, y una región central de tejido fundamental llamada core (cuerpo), del cual se origina el receptáculo de la flor (Sharma y Fletcher, 2002). La zona distal tiene la función de conservación del meristemo, es decir el mantenimiento de la forma y el tamaño, es regulado por los genes CLAVATA1, CLAVATA3 (CLV1, 3) y WUSCHEL (WUS), éste último involucrado sólo en el tamaño del meristemo; la zona periférica, sitio de formación de los primordios y el cuerpo, con similar actividad mitótica, son regulados por la expresión del gen UNUSUAL FLOWER ORGANS (UFO) (Kwiatkowska, 2008).

También ocurren cambios en el tamaño de las células, siendo más pequeñas en la zona distal y con mayor tamaño en el cuerpo; el ciclo celular se sincroniza y se pueden apreciar dos periodos mitóticos; la organización de la túnica y el cuerpo puede o no ser visible, si lo es, el número de capas de la túnica es posible permanezca igual que en el meristemo vegetativo o las capas sean pequeñas o largas (Kwiatkowska, 2008).

Los órganos florales, de forma semejante a las hojas, inician por divisiones celulares periclinales localizadas cerca a la protodermis; luego divisiones anticlinales forman las protuberancias de los primordios florales (Essau, 1977).

Por otra parte, el tiempo en que ocurre la iniciación es variable para frutales; en la mayoría de caducifolios la iniciación se presenta en el año anterior a la apertura de las flores mientras que en perennifolios, se presenta en el mismo año o ciclo de crecimiento (Abbot, 1935; Schroeder, 1951; Ravishankar *et al.*, 1979).

### **Diferenciación floral**

Una vez que el meristemo competente, capaz de reconocer señales, es inducido a florecer, se generan cambios en la identidad de los nuevos primordios por ello esta etapa conduce a la especialización de las células.

La secuencia típica inicia con la diferenciación de los sépalos, pétalos, estambres y carpelos, también conocidos como verticilos florales. Se observan inferiores o externos los primeros, sépalos y pétalos, y superiores o al centro los últimos, estambres y carpelos (López, 2001). Los verticilos se insertan en el receptáculo, el cual presenta un arreglo helicoidal o espiralado cuando los entrenudos son cortos, generalmente en



formas florales básicas, o verticilados en ausencia de entrenudos característicos de formas florales avanzadas.

Los genes involucrados se han clasificado en dos tipos: genes de identidad y genes del desarrollo de órganos o catastrales. Los genes de identidad deben sus nombres al fenotipo que expresan sus mutantes: *leafy* (LFY), *apétala1* (AP1), *apétala2* (AP2) y *cauliflower* (CAL). Los genes catastrales determinan el órgano y el lugar de formación, hay tres clases: A, B y C. El grupo A controla la identidad de los verticilos 1 y 2, caliz y corola; el grupo B provoca cambios en la identidad de los verticilos 2 y 3, corola y estambres; y el grupo C, cambios en el verticilo 3 y 4, estambres y carpelos. Según el modelo ABC, la combinación de genes de cada una de estas tres clases determinarían las características florales de las plantas (Cohen y Meyerowitz, 1991).

### **Antesis**

Comienza con la apertura de las flores y alcanza su máximo cuando están abiertas entre el 50 y el 90 %, momento denominado floración plena.

En litchi, la emergencia de panículas terminales u ocasionalmente axilares, ubicadas sobre madera del año, ocurre entre inicios de noviembre y febrero en el hemisferio norte (Menzel, 1983). Las flores son pequeñas, de 3 a 6 mm de longitud (Nakasone y Paull, 1998), hermafroditas, apétalas, con 4-5 sépalos de color amarillo combinado con verde o café, presentan un rudimentario pistilo bicarpelar y más de 6 estambres con anteras no dehiscentes. Se clasifican de acuerdo al sexo y orden de apertura en la inflorescencia en flores tipo I, II y III. Flores tipo I y III desarrollan estructuras masculinas y abren al inicio y final de la floración y, flores tipo II son estructuralmente femeninas y su apertura se observa entre las flores I y III (Mustard,

1960). Flores tipo I inician la antesis por periodo de 10 d, luego una primera etapa de transición de 2 a 3 d coinciden con flores tipo II, las cuales permanecen solitarias 2 días, continúa una segunda etapa de transición de 2 a 3 d donde flores tipo II y III confluyen y finalmente flores tipo III se observan en solitario durante 7 a 10 d (Mustard, 1954). En el cv. Brewster los porcentajes de flores tipo I, II y III fueron de 70, 19 y 11 % (Osuna *et al.*, 2008) mientras que en Groff fueron de 14, 20 y 66 % y en 'Hei ye' de 22, 19 y 59 %, respectivamente (Nakasone y Paull, 1998).

Las etapas de floración mencionadas son influenciadas por factores fisiológicos, genéticos y ambientales, presentan una secuencia cronológica y aunque estudios diversos han contribuido a su conocimiento, aún faltan investigaciones que describan estos eventos en especiales frutales ya que el modelo que se tiene en el área genética es un planta bianual.

## Desarrollo del Fruto

El desarrollo del fruto representa comúnmente una demanda fuerte de fotosintatos, puede atraerlos a expensas del crecimiento vegetativo. De esta manera una vez que comienzan los frutos a desarrollarse la dirección de transporte cambia a favor de su crecimiento. Las hojas y el tipo de brote tienen gran influencia.

### Amarre

Guarda relación directa con el número de flores o frutos pequeños respecto a los frutos que completan su desarrollo. Frutos que por su posición o tipo de brote en el que se presentan amarran con facilidad, poseen mejor movilización de nutrientes lo que relaciona aspectos nutritivos y hormonales en el proceso de amarre. Entre los factores que influyen en el amarre de los frutos se encuentran la presencia de hojas, suministro de carbohidratos, la semilla y las prácticas de manejo como el anillado y el raleo.

La importancia de las hojas se basa en su capacidad de sintetizar y exportar carbohidratos y reguladores de crecimiento (Caspari *et al.*, 1998). En cítricos las defoliaciones durante la fase I de crecimiento, disminuyeron el tamaño e incrementaron la abscisión de frutos mientras en la fase III, aunque también se redujo el crecimiento, no hubo abscisión (Iglesias *et al.*, 2007).

Referente a los carbohidratos, niveles bajos en mango durante la primera etapa de desarrollo afectan la capacidad del árbol en retener los frutos (Davie *et al.*, 1995). Diversas investigaciones en frutales como el aguacate evidencian la relación entre producciones pobres y concentraciones bajas de azúcares en el año “off”, no obstante

en los años “on” la relación es positiva en ambas vías (Finazzo *et al.*, 1994). En frutos de litchi 'Nuomici' y 'Feizixiao' incrementos en la concentración de glucosa, sacarosa y fructosa se apreciaron desde el inicio de los muestreos, 35 días después de anthesis (dda), hasta su culminación 70 dda en 'Feizixiao' y 84 dda en 'Nuomici' (Wang *et al.*, 2003). Estos autores reportaron la presencia de otros azúcares en menor cantidad como xilosa, maltosa y lactosa sin embargo sugieren variantes en la cantidad y tipo de azúcar entre cultivares. Los resultados en dicha investigación sugirieron la clasificación de las variedades de litchi de acuerdo a los azúcares encontrados y a la relación azúcares reductores (glucosa y fructosa):sacarosa, en tres tipos:

- Principalmente monosacáridos: relación  $\geq 1.5:1$ , variedades Feizixiao, Xuehuazi, Yuhebao y Groff.
- Principalmente disacáridos: relación 0.7:1, variedades Guiwei, Jizuili y Nuomici.
- Intermedios: relación 1:1, variedades Sanyuehong, Dahongli y Brewster.

Cabe señalar que fructosa y glucosa son isómeros de fácil intercambio entre ellos cuando los contenidos son bajos, razón por la cual estos azúcares mantienen valores similares.

Por otra parte la semilla, órgano regulador del crecimiento de diversos frutos produce hormonas como giberelinas, utilizadas en el control de procesos variados entre los cuales está la permanencia del fruto en el árbol (Turnbull, 1989).

Prácticas de manejo como el anillado de ramas realizado posterior a la cosecha incrementó 4 veces el porcentaje de brotes florales y entre 2 y 3 veces el número de

frutos por panícula. Referente al rendimiento, fue dos veces mayor en comparación al control (Li y Xiao, 2001).

Una segunda práctica de importancia la conforma el raleo el cual, mecánico o químico, disminuye cargas excesivas de frutos en árboles que florecen con abundancia (Díaz-Montenegro, 2002); por otra parte reduce la alternancia al eliminar fuentes importantes de giberelinas (Iglesias *et al.*, 2007).

El avance en la comprensión de estos factores ha generado el conocimiento para la manipulación de ciertos procesos fisiológicos con el ánimo de obtener rendimientos altos.

### **Histología del fruto**

El ovario de lichi presenta paredes indiferenciadas, tejido vascular y capas de células epidérmicas internas y externas. Luego de la doble fertilización inicia la división celular y dos semanas después se produce la diferenciación de las paredes en tres capas: exocarpio o epicarpio, mesocarpio y endocarpio. El ovario contiene dos lóculos, cada uno con un óvulo; sin embargo lo habitual es que ocurra el desarrollo de uno de ellos mientras el segundo se adhiere y eventualmente forma un pequeño apéndice (Joubert, 1986).

### **Crecimiento del fruto**

Litchi exhibe una curva de crecimiento sigmoideal, cuando se evalúa mediante acumulación en peso fresco (figura 2.2) y dependiendo del cultivar es la duración de

sus tres fases de crecimiento. De esta manera, el desarrollo del fruto se completa: a) de 11 a 16 semanas (Menzel y Simpson, 1994) y b) entre 14 y 17 semanas (Menzel y Paxton, 1986). Inicia con la formación del pericarpio, embrión y crecimiento de la testa (7 a 8 semanas), continúa con los cotiledones y el arilo (2 a 3 semanas), y finaliza con el crecimiento completo del arilo (5 a 6 semanas), (Menzel y Paxton, 1986). En 'Mauritius' la primera fase presenta crecimiento del pericarpio (66 %), de la semilla (33 %) y del arilo, el cual forma una malla de tejido que rodea la semilla. El fruto concluyó con  $\pm 2$  g, requiriendo un tiempo de cinco semanas en Israel y ocho semanas en Sudáfrica. La segunda fase reportó dos semanas y se caracterizó por el crecimiento del embrión, formación de los cotiledones e inicio del crecimiento rápido del arilo. El peso del fruto fue  $\pm 7$  g incluyendo pericarpio (33 % adicional), semilla (33 % adicional) y arilo (20 % adicional). En la última fase Israel reportó un periodo de seis semanas mientras en Sudáfrica fue entre cinco y seis semanas. El peso del fruto a cosecha estuvo entre 23 y 24 g compuesto por el pericarpio (1 % restante), la semilla (20 % restante) y el arilo (80 % restante), conocido como la parte comestible (Stern y Gazit, 2003).

### **Abscisión del fruto**

Investigaciones en la abscisión del fruto de litchi señalan dos o tres periodos críticos según el intervalo de evaluación, el cual puede ser a partir de antesis o de cuajado de fruta.

En el primer caso donde la evaluación empieza en antesis, un primer periodo de abscisión se presenta una semana después de la apertura de flores a causa de la falta de polinización. Una caída posterior se observa en cuajado donde el árbol equilibra la carga de fruta y por último ocurre una caída previa a la cosecha (McConchie y Batten, 1991). En el segunda caso la evaluación se realiza en cuajado de fruta y registra dos

periodos de abscisión, el primero con una duración de un mes, retiene entre 5 y 10 % del total mientras el segundo periodo inicia una a dos semanas después con peso promedio del fruto entre 2 y 6 g, y retiene entre 2 y 5 % del total (Stern *et al.*, 1995). 'Brewster' y 'Mauritius' exhiben dos periodos de abscisión en los cuales Brewster tiende a retener más frutos en el primer periodo que Mauritius, caso contrario a lo sucedido en el segundo periodo (Stern *et al.*, 2001). Se sugiere que la caída de mayor intensidad ocurre durante el mes siguiente a la polinización (McConchie y Batten, 1991; Stern *et al.*, 1995). En Israel los porcentajes de abscisión 90, 96 y 99 % se alcanzaron a la quinta semana de ocurrida la polinización en los cultivares Mauritius, Brewster y Kaimana (Stern y Gazit, 2003).

Se concluye que el periodo de abscisión puede estar dividido en dos, si las evaluaciones se realizan en cuajado de fruto y que la retención del fruto puede presentar porcentajes entre 2 y 10 %.

## Reguladores de crecimiento

### Efectos en la floración

En litchi se ha dado especial atención al contenido de citocininas como inductor de la floración. Las investigaciones se han realizado en el xilema en respuesta a diversas prácticas y cultivares.

En plantas del cv. Mauritius con régimen de temperatura 28/23, 23/18 y 18/13 °C, consideradas como no inductivas, intermedias e inductivas, respectivamente (O'Hare, 2002), se requirió cómo mínimo que las raíces crecieran 6 cm aproximadamente, para la brotación floral. Esta longitud se relacionó con la síntesis y traslocación ribosido de zeatina, tipo de citocininas conjugada con azúcar, y concluyeron que es posible se requiera un nivel crítico de la hormona para terminar el letargo en yemas de litchi (O'Hare y Turnbull, 2004).

En extracciones en el xilema de brotes de 'Mauritius' se evaluaron la concentración de ABA, de citocininas como ribosido de ceatina y ribosido de dihidro-zeatina, y el potencial osmótico en diferentes niveles de estrés (Stern *et al.*, 2003). A medida que el potencial disminuyó la concentración de ribosido de dihidro-zeatina se incrementó, sin embargo no sucedió así con ribosido de ceatina en el menor potencial. ABA presentó cambios en la concentración cuando no se realizaron riegos. Se determinó que en menores potenciales osmóticos aumentan los niveles de citocinas endógenas las cuales se relacionaron directamente con la intensidad de floración 91 %, en contraste con potenciales mayores en donde la intensidad fue de 60 % (Stern *et al.*, 2003).



En el cv. Heh yeh extracciones de la savia del xilema en cinco etapas de desarrollo: expansión foliar, letargo, treinta días antes de la iniciación floral, iniciación floral y floración plena resultaron en:

- Mayor volumen extraído en expansión foliar ( $40 \pm 1$  ml) y floración plena ( $41 \pm 2$  ml),
- Incremento en citocininas a partir de 30 días antes de iniciación floral ( $31.2 \pm 2.3$  mg  $k^{-1}$ ), intensificándose en la iniciación floral ( $42.1 \pm 1.6$  mg  $k^{-1}$ ) y en plena floración ( $61.5 \pm 1.2$  mg  $k^{-1}$ ),
- Marcada disminución en los niveles de giberelinas desde expansión foliar ( $34.3 \pm 0.4$  mg  $k^{-1}$ ) hasta iniciación floral ( $0.7 \pm 0.1$  mg  $k^{-1}$ ),
- Concentración constante de auxinas y,
- Disminución en la concentración de ABA durante la expansión foliar ( $40 \pm 2$  ng 10 brotes terminales $^{-1}$ ), (Chen, 1990).

En trabajo posterior con la misma variedad, extracciones en los ápices realizadas 42 días previos a la iniciación floral y 28 días posterior a ella, se registraron incrementos de citocininas desde la iniciación floral hasta el término de las evaluaciones; específicamente en unidades de  $\mu\text{g g}^{-1}$  de materia seca, ceatina aumentó de 10 a 50, ribósido de ceatina de 15 a 140, 2ip de 6 a 100 y 2ipa de 3 a 26 (Chen, 1991).

En litchi 'Hong Huay' estudios realizados en los meses de diciembre (iniciación floral) y hasta enero (brotación floral), reportaron en ápices terminales el aumento de cinetina de 150, seis semanas antes de la brotación floral, a  $450$  ng  $g^{-1}$  en brotación

floral, en tanto el ácido giberélico disminuyó de  $0.0035 \mu\text{g g}^{-1}$  a valores cercanos a cero, a partir de la tercera semana previa a dicha brotación (Naphron *et al.*, 2001).

Los resultados obtenidos en estos trabajos ponen de manifiesto el papel endógeno de las citocininas en la floración de litchi. Asimismo, investigaciones adicionales se han basado en los efectos externos producidos por la aplicación conjunta o separada de citocininas, como cinetina y ceatina, y de etileno en los cultivares 'Mauritius' y 'Heh yeh'.

La aplicación conjunta de etileno y cinetina al dosel del cv. Heh Yeh en dosis de  $200 \text{ mg L}^{-1}$  c/u, realizada en el mes de septiembre sobre brotes de 5 meses de edad, incrementó la proporción de yemas florales (80 yemas) y adelantó un mes la emergencia de la panícula (Chen y Ku, 1988). Etileno en aplicación separada, estimuló la emergencia de la panícula entre 7 y 10 días aunque registró la menor cantidad de yemas florales (15 yemas) y la aspersion sólo de cinetina adelantó la emergencia de la panícula en un mes y reportó mayor proporción de yemas florales (60 yemas) en comparación a etileno (Chen y Ku, 1988).

Por último, la aspersion de  $50 \mu\text{L}$  de una solución de  $100 \text{ mg L}^{-1}$  de ribósido de ceatina sobre yemas en letargo, adelantó en ocho días la brotación floral; sin embargo en este estudio, no hubo diferencias en el tiempo observado para la emergencia de la panícula (O'Hare and Turnbull, 2004).

Lo expuesto anteriormente nos permite concluir que las citocininas son importantes reguladores en los procesos de inducción, iniciación y brotación floral de diversos cultivares de litchi. Su aplicación en iniciación floral, donde por evaluaciones endógenas se han registrado sus niveles más altos, estimula y en algunos casos adelanta la brotación de yemas florales.

## Efectos en el amarre de fruto

Auxinas en frutos jóvenes, en función de prevenir la abscisión, ha sido objeto de numerosos estudios en litchi. Inconvenientes para su aplicación comercial se deben a frutos pequeños sin valor comercial reportado en algunos lugares. Por otro lado, aunque existen reportes de giberelinas, su aplicación no ha sido igual de eficiente al registrado con auxinas.

Evaluaciones realizadas durante las primeras tres semanas de crecimiento, registraron incrementos en los niveles endógenos del ácido indolacético, de 150 a 850  $\mu\text{g g}^{-1}$  peso fresco, no obstante el contenido disminuyó a 300  $\mu\text{g g}^{-1}$  peso fresco durante la etapa de crecimiento del embrión, 4 a 5 semanas después de floración femenina plena (Stern *et al.*, 1995). Adicionalmente, se observó que durante el crecimiento del pericarpio e inicio de crecimiento de la semilla, se incrementó el ácido giberélico ( $\text{AG}_3$ ) (Xiang *et al.*, 1994).

La aplicación de auxinas sintéticas en su mayoría ANA ( $\alpha$ -ácido naftalenacético), 2,4-D (2,4 ácido diclorofenoxiacético), 2,4,5 TP (2,4,5 ácido triclorofenoxipropiónico) y recientemente 3,5,6 TPA (3,5,6 ácido tricloro-2-piridiloxiacético) no obtuvieron resultados consistentes entre las localidades evaluadas (Stern y Stern, 2000).

Reportes en Israel de la aplicación de de 2,4,5 TP en dosis entre 50 y 600  $\text{mg L}^{-1}$ , registraron los siguientes porcentajes de amarre: la aspersión realizada a la semana de floración femenina plena (ffp) retuvo entre 78 y 97 % de fruta entre tanto, la realizada cinco semanas después de ffp retuvo en promedio 70 %. Experimentos adicionales en dicha investigación evidenciaron resultados sobresalientes con la aplicación de 100  $\text{mg L}^{-1}$  a la quinta semana después de ffp en donde hubo incremento de fruta con valor

comercial, no alcanzada en aplicaciones realizadas en otras fases de crecimiento del fruto (Stern *et al.*, 1995).

Aplicaciones de 2,4,5 TP y 3,5,6 TPA a la quinta semana después de ffp resultaron en el incremento significativo de la producción en Mauritius. En 'Brewster' se observó efecto similar con aplicaciones de 2,4,5 TP no siendo así con el 3,5,6 TPA (Stern *et al.*, 2001).

La aplicación de 50 y 100 mg L<sup>-1</sup> de AG<sub>3</sub> en ffp aumentó el amarre y el tamaño de fruto en litchi 'Calcutia' (Singh y Lal, 1980). Asimismo el AG<sub>3</sub> (50 mg L<sup>-1</sup>) aplicado cinco semanas después de ffp redujo la abscisión en 'Huaizhi' (Ji *et al.*, 1992). En 'Yu Her Pau' dosis de 5 y 10 mg L<sup>-1</sup> de AG<sub>3</sub>, 14 días después de ffp, incrementaron la longitud, el diámetro y el peso del fruto, sin embargo estas concentraciones no mostraron efecto en el peso de la semilla y el porcentaje de peso del arilo respecto al peso total del fruto (Chang y Lin, 2006).

Por los resultados descritos auxinas y giberelinas presentan un papel significativo en el amarre de los frutos de litchi de diversas variedades sin embargo la aplicación en algunos lugares no siempre reportó resultados similares, por lo cual se hace indispensable aplicaciones oportunas para condiciones específicas.

## **Rentabilidad**

En la evaluación de proyectos la rentabilidad analiza el proceso mediante el cual el productor, dada una tecnología, combina varios insumos para producir determinada cantidad en forma económicamente eficiente. Es fundamental identificar los costos de producción para orientar la investigación hacia el diseño de tecnologías que sean factibles de ser adoptadas por los productores agrícolas y mejorar los resultados obtenidos anteriormente.

Existe un grupo de indicadores para llevar a cabo la evaluación de proyectos. Éstos consideran el valor del dinero en el tiempo y son: valor actual neto (VAN), relación beneficio costo (B/C) y tasa interna de retorno (TIR). El criterio formal de decisión para elegir y aceptar un proyecto usando la VAN, es que el valor obtenido sea igual o mayor que cero al actualizar el costo de oportunidad. La B/C expresa los beneficios o ganancias obtenidas por unidad monetaria total invertida durante la vida útil del proyecto; permite aceptar aquellos proyectos cuya B/C sea igual o mayor que uno. La TIR muestra el interés máximo que podría pagar un proyecto por los recursos monetarios utilizados, representa la rentabilidad del dinero invertido (Gittinger, 1983).

A pesar de que litchi es un cultivo donde se han aplicado diversos productos para incrementar los rendimientos, no se ha considerado la rentabilidad. En la presente investigación se incluye el análisis económico generado a partir del uso de reguladores de crecimiento en brotación floral y amarre de fruto.

## Conclusiones generales

Las primeras etapas en el desarrollo floral de litchi se cree son influenciadas por las temperaturas bajas < 20 °C y en menor grado por prácticas de manejo como defoliación y anillado.

El regulador de crecimiento endógeno relacionado con la floración de litchi en mayor medida son citocininas. Auxinas y giberelinas no presentan alteraciones en su contenido en la etapa reproductiva. La aplicación exógena de citocininas promueve los procesos de inducción, iniciación y brotación floral sin embargo aunque la respuesta es favorable no es la misma, de esta manera el adelanto y los porcentajes de brotación no son constantes entre cultivares.

El fruto completa su desarrollo entre 11 y 17 semanas. Los periodos de mayor abscisión ocurren una semana posterior a la apertura de flores, en cuajado de fruto y dos semanas después. El porcentaje de retención del fruto es bajo (2 - 10 %).

En amarre de fruto los mayores porcentajes de retención de fruto se obtuvieron con la aplicación de auxinas donde el 2,4,5-TP reportó los mejores resultados sin embargo en algunas zonas los frutos no alcanzaron el tamaño de valor comercial.

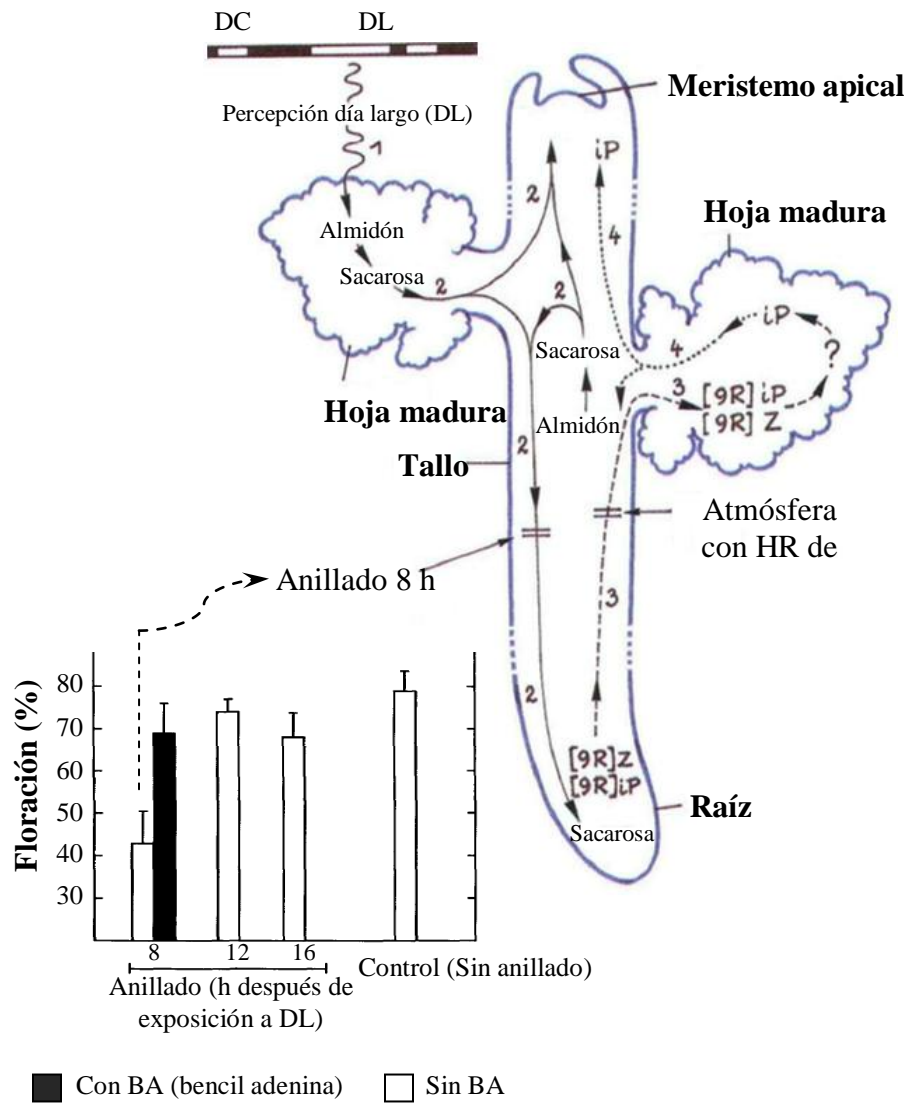


Figura 2.1. Control de la transición floral en *Sinapis Alba*. 1: percepción del estímulo en hojas maduras dado por días largos, 2: movilización del almidón en hojas y tallos, seguido del transporte de sacarosa en el floema hacia el meristemo apical y a la raíz, 3: transporte de citocininas desde la raíz a las hojas, 4: transporte de isopentiladenina en el floema desde las hojas al meristemo apical. Bernier *et al.*, 1993.

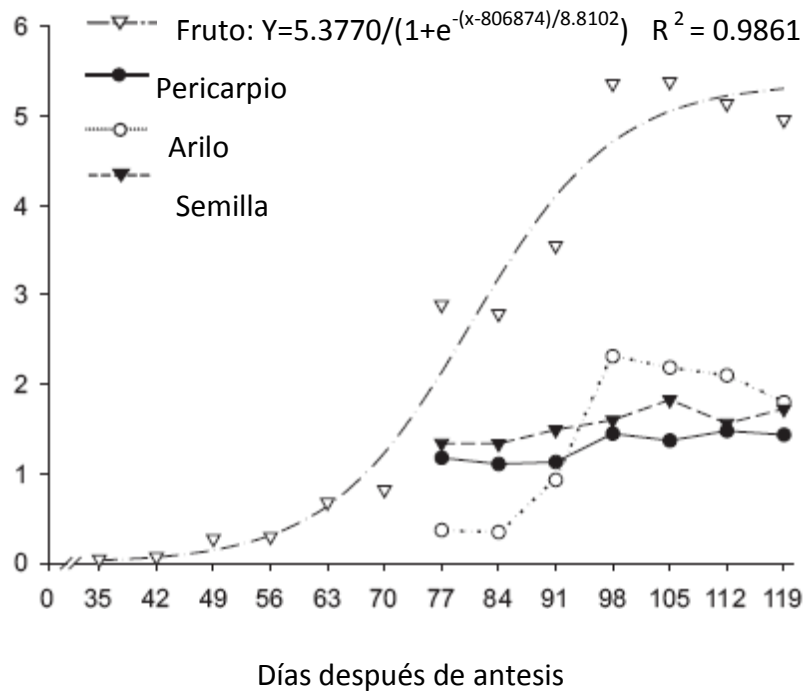


Figura 2.2. Acumulación de materia seca (g) en pericarpio, arilo, semilla y fruto de litchi 'Bengal' durante su desarrollo. Chamun *et al.*, 2006.



## **CAPÍTULO III REGULADORES DE CRECIMIENTO EN BROTAÇÃO FLORAL**

### **Introducción**

Uno de los problemas más importantes que limita la producción de litchi es el bajo rendimiento ocasionado por la floración no uniforme. En esta especie y otros frutales tropicales, este fenómeno se ha asociado a altas temperaturas (Nuñez y Davenport, 1995; Davenport, 1990; Menzel y Simpson, 1995), contenido de carbohidratos (García *et al.*, 1995) y niveles endógenos de hormonas (Chen, 1987).

Carbohidratos regulan la transición del meristemo vegetativo a floral en algunas especies (Ohto *et al.*, 2001). La señal proviene del incremento en el transporte de éstos hacia el meristemo (Koch, 1996) originado por la movilización de la reservas (Corbesier *et al.*, 1998) y no al aumento de la fotosíntesis (constante). En litchi no existen reportes de la dinámica antes de la brotación floral.

Estudios sobre el contenido endógeno de reguladores de crecimiento en litchi, indicaron que el contenido de citocininas en xilema aumenta durante iniciación y brotación floral (Chen, 1991; Naphron *et al.*, 2001), mientras que los niveles de giberelinas disminuyen y los de auxinas permanecen constantes (Naphron *et al.*, 2001). Referente a la aplicación exógena de reguladores de crecimiento el efecto puede depender de la especie, cultivar, época, dosis y tipo de regulador. En bromeliáceas, etileno provoca tanto inducción floral (Cooper y Reese, 1942) como brotación floral (Cooke y Randall, 1968). En mango Keitt, Tommy atkins, Haden y Palmer, giberelinas en dosis altas estimularon el crecimiento vegetativo tardío mientras dosis bajas provocaron una brotación reproductiva más temprana (Tomer, 1984). Reguladores de crecimiento como TDZ (N-phenyl-N'-1,2,3-thidiazol-5-ylurea) se han usado con efectos

favorables en brotación floral en durazno, manzano y ciruelo (Calderón-Zavala y Rodríguez-Alcázar, 2000) así como  $\text{KNO}_3$  y  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  en mango (Mosqueda y De los Santos, 1982; Salazar *et al.*, 2000), aunque su modo de acción es aparentemente distinto. En manzano, el efecto de TDZ para promover brotación floral se ha explicado por un aumento en la permeabilidad de la membrana lo cual es probable que afecte el flujo de agua y transporte de metabolitos (Wang y Faust, 1988), mientras que el modo de acción de  $\text{KNO}_3$  y  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  pudiera estar relacionado con el aumento en los niveles de N, con poliaminas y etileno afectando el proceso de señalización (Protacio, 2000). En litchi la aplicación exógena de citocininas (Chen y Ku, 1988; O'Hare y Turnbull, 2004), auxinas (Nakata, 1995) y etileno (Chen y Ku, 1988), promovieron brotación floral aunque los resultados han sido inconsistentes, especialmente en el caso de citocininas. Auxinas se ha asociado más con amarre de fruto (Hoda *et al.*, 1973; Stern *et al.*, 1995). No se han reportado trabajos que involucren aplicaciones de TDZ y  $\text{KNO}_3$ . Es posible que la variación en los resultados en litchi se debiera a la época de aplicación pues en dichos estudios no se reporta el estado de la yema al momento de aplicación lo cual pudiera influir en la respuesta obtenida.

En el estado de Nayarit, México, litchi es un frutal de reciente introducción con problemas de floración. El uso de reguladores de crecimiento podría ser una opción viable en la obtención de floraciones abundantes que incidan en mayores rendimientos para el agricultor; sin embargo, la adopción de una tecnología depende también de factores económicos (Gittinger, 1983), mismos que no se han considerado en estudios anteriores para esta especie.

Por lo anterior el objetivo de la investigación fue conocer el periodo de iniciación floral y el efecto de thidiazuron (TDZ), benciladenina (BA), etephon y  $\text{KNO}_3$ , en el contenido de azúcares, la brotación floral, el rendimiento y la rentabilidad de litchi 'Brewster'.

## **Materiales y métodos**

### **Localización**

La investigación se llevó a cabo en una huerta comercial en el Jicote, localidad ejidal del municipio de Tepic, Nay., durante el ciclo comprendido entre septiembre de 2007 y agosto de 2008.

El Jicote se ubica a 21°46'0" de latitud norte, 105°02'60" de longitud oeste y a una altitud de 108 m. Presenta un clima seco, con temperatura media anual de 26.5 °C y precipitación entre 1,266 y 1,595 mm.

### **Material biológico**

Se utilizaron árboles de litchi cv. brewster de 10 años de edad y aproximadamente 4 m de altura, establecidos en cuadro real a 10 x 10 m y con un sistema de conducción en vaso. El manejo de la huerta consistió en el anillamiento de árboles en el mes de septiembre, control de malezas de forma mecánica en los meses de octubre y diciembre de 2007 y riego semanal a partir del 24 de enero (emergencia de la panícula) hasta el 8 de junio de 2008 (primeras lluvias de verano). No se aplicaron fertilizantes y no fue necesario realizar control de plagas y enfermedades. La temperatura media registrada durante el periodo de experimentación fue de 31/17 °C, día/noche.

## **Iniciación floral**

Se muestrearon 65 árboles, uniformes en vigor, cada 15 d. Se cortaron dos yemas apicales de la parte media de la copa del árbol en los cuadrantes E, O, N y S. Los muestreos iniciaron el 6 de septiembre y continuaron a partir del 24 de octubre de 2007.

## **Microtécnica**

**Fijación.** Las yemas se fijaron en solución FAA (10 % formaldehído al 40 %, 50 % alcohol etílico al 95 %, 5 % ácido acético glacial y 35 % agua destilada), por al menos 48 horas. Las yemas recibieron 2 lavados con agua corriente y una tercera con agua destilada con agitación cada 30 s para eliminar el fijador. Luego las yemas se transfirieron a una solución GAA (25 % glicerol + 50 % alcohol etílico al 95 % + 25 % agua destilada), hasta su procesamiento. A causa de la presencia de numerosos tricomas (células alargadas en la epidermis), que dificultaron la microtomía en parafina, se removieron el mayor número posible de brácteas externas con ayuda de un estereoscopio (Zeisse Germany, 1.25 x) y una navaja fina.

**Deshidratación.** Las yemas se colocaron en pequeñas bolsas de tela etiquetadas de papel y se deshidrataron en una serie gradual de etanol (50, 70, 80, 90 y 100 %) realizando cambios cada 6 h. Luego se pasaron a una mezcla 1:1 xileno-etanol y finalmente a xileno 100 % por 6 h en cada cambio.

**Inclusión en parafina.** Las bolsas con los tejidos se sumergieron en recipientes con parafina fundida-xileno 1:1 a 60 °C por 24 h, luego se transfirieron a parafina 100 % (60 °C por 24 horas). Posteriormente sobre una platina a 60 °C se abrieron las bolsas y los ápices se colocaron en bandejas de aluminio con parafina fundida y se orientaron para

su corte longitudinal. Los tejidos se etiquetaron especificando el número de muestreo y el árbol de procedencia.

**Microtomía.** Se emplearon fragmentos de parafina de 1 cm<sup>2</sup> conteniendo una yema por tratamiento y se adhirieron con flama a bloques de madera (3 x 2 x 1.5 cm). Se obtuvieron cortes medianos de 10 µm con un microtomo rotatorio (american optical, USA) que luego se montaron en portaobjetos con un adhesivo de cromo (0.5 g gelatina, 0.1 g fenol, 0.05 g alumbre de cromo 100 ml agua destilada). Finalmente se dejaron en la estufa a 60 °C por 24 horas.

**Tinción policromática.** Los cortes se desparafinaron en una secuencia de xileno 100 %, xileno-propanol 1:1, propanol 100, 90, 80, 70 y 50 %, 3 min en cada uno y se sumergieron en safranina O (0.05 % safranina O + 13 % sulfato de amonio + 0.01 % fenol en agua) por 24 h a 20°C. Se lavaron en agua destilada y se hidrataron hasta propanol al 90 %, se les agregó verde fijo FCF (0.12 % verde fijo FCF en etanol 95 %). Se continuó con la deshidratación hasta llegar a xileno 100 % en el que permanecieron por 24 horas. Seguidamente se distribuyó en la parte media del portaobjeto 3 a 5 gotas de resina y se colocó el cubreobjeto. Las preparaciones se secaron en la estufa a 60 °C, se observaron con un microscopio de luz Axioscop 2 Plus y se fotografiaron con una AxioCam MRc5 (Zeiss, Alemania).

### **Variables de estudio**

Se evaluó en cada muestreo el porcentaje de meristemas vegetativos y florales por cuadrante. Los datos fueron medias de 8 yemas; 2 yemas por cuadrante muestreadas en la parte central de 65 árboles durante 2007. No se utilizó un diseño experimental.

## **Reguladores de crecimiento en brotación floral**

Árboles uniformes se marcaron mediante pintura blanca y cinta de plástico color rojo. En las ramas de cada árbol se distribuyeron listones amarillos numerados del 1 al 4, teniendo en cuenta el vigor (3-5 cm Ø), ubicación (numeración 1-2 para ramas expuestas a la luz y 3-4, para sombra) y altura (mitad de la copa) (Figura 3.1).

### **Tratamientos**

TDZ (Revent 200®), etefón (Ethrel®), BA (Cystar®), cada uno en concentraciones de 100, 200 y 300 mg L<sup>-1</sup> de ingrediente activo y KNO<sub>3</sub> (2, 4 y 6 %), se aplicaron una sola vez en forma separada cuando hubo 70 % de meristemos iniciados, 7 de diciembre de 2007. Se asperjó a punto de goteo una solución de ~5 L por árbol (agua corriente adicionada con el surfactante Inex-A a razón de 2 mL·L<sup>-1</sup> y el producto comercial), con bomba motorizada, de 9-11 h. Al testigo se le aplicó la solución sin los reguladores.

### **Diseño estadístico**

Se empleó un diseño experimental completamente al azar con 13 tratamientos y cinco repeticiones: un árbol como unidad experimental. En el análisis de los resultados se usó SAS (Statistic Analysis Sistem versión 9.0) y Tukey ( $\alpha=0.05$ ) como prueba de comparación de medias.

## **Variables de estudio**

Las variables fisiológicas y morfológicas fueron las siguientes:

**Brotación floral.** El porcentaje de panículas brotadas se evaluó dando un valor máximo de 25 % a cada punto cardinal y/o cuadrantes N, S, E y O y de esa forma totalizar 100 % de brotación floral por árbol. En las variables siguientes las mediciones se realizaron sólo en el cuadrante S debido a la brotación escasa en las orientaciones restantes.

**Días a antesis.** Se contabilizó en días desde la aplicación de tratamientos hasta la fecha de floración, la cual se determinó en antesis de flor masculina (M1).

**Longitud de la panícula.** Con al menos una flor masculina abierta, se midió con un vernier digital la longitud de 10 panículas por árbol desde la inserción a la rama hasta la primera ramificación.

**No. de ejes secundarios por panícula.** Se contó por árbol el número de ejes secundarios o ramificaciones en 10 panículas. De igual forma que la longitud, se midió con al menos una flor masculina abierta.

**Número de panículas.** En un cuadro de 1 x 1 m se registró el número de panículas en antesis de flor masculina (M1).

**Distribución de la cosecha.** Se realizaron de tres a cinco cortes por semana, tomando como base la coloración roja y menor rugosidad de la cáscara del fruto. Se registró la acumulación en peso (kg) de 5 árboles por tratamiento por semana, cantidad que se extrapolaron a hectáreas, considerando 100 árboles por ha. plantados a una distancia de 10 x 10 m.

**Rendimiento.** En la cosecha se emplearon bolsas de camiseta (60 x 30 cm) las cuales se identificaron con etiquetas y se pesaron en una balanza llevando un registro de la acumulación en peso (kg) por tratamiento.

**Contenido de azúcares solubles.** El contenido de sacarosa, glucosa y fructosa en brotes de litchi se determinó por cromatografía líquida de alta resolución (HPLC, HP 1100 Hewlett Packard). Se ocupó una columna Animex HPX-87 con las siguientes condiciones de medición: flujo 0.6 mL/min, temperatura de la columna 80 °C, temperatura de la celda de detección 45 °C y fase móvil, agua grado HPLC. Se siguió la metodología propuesta por Darnell *et al.* (1994), con algunas modificaciones.

Muestreos. Consistieron en la selección de brotes de ramas marcadas con listones amarillos en la parte de luz y de sombra del árbol. En la parte media de los brotes se colectaron cuatro hojas, la yema apical y las yemas axilares con su respectivo tallo a los 0, 3, 5, 7 y 14 días después de la aplicación de los tratamientos, se almacenaron a -20 °C.

Extracción. Se tomaron muestras de los tratamientos que presentaron los rendimientos más altos, el testigo y el tratamiento con el rendimiento más bajo. Luego, las muestras se maceraron en un mortero con N líquido, integrando cinco repeticiones por cada tratamiento.

Metodología. En un vaso de precipitado de 50 ml se pesó 0.5 g de tejido fresco macerado, se agregó 10 mL de etanol al 80% y se dejó hervir hasta evaporar la mitad del volumen. Luego se agregó 100 µL de manitol y se transfirió el contenido a tubos de centrifugación (graduados) de 15 mL. Los tubos se colocaron en el agitador de acción orbital por 20 minutos y posterior a ello se centrifugaron a 3000 rpm a temperatura ambiente en un lapso de 10 minutos.



El sobrenadante se vertió en un segundo tubo de centrifugado y el residuo del primer tubo se re-extrajo dos veces agregando en cada vez 1 mL de etanol al 80 %. Se registró el volumen total de los sobrenadantes y se tomó una alícuota de 5 mL a la que se le agregó 3 mL de cloroformo, se agitó en vórtex y se centrifugó a 2000 rpm durante 3 minutos a 4 °C.

Se rescató la fase acuosa (capa superior) y se le agregó 50 mg de polivinil polipirrolidona (PVPP, sigma). Posterior a ello se agitó en vórtex, se centrifugó a 3000 rpm a temperatura ambiente durante 10 minutos y por último se le agregó al residuo 1 mL de d H<sub>2</sub>O, repitiendo el proceso de agitación en vórtex y centrifugación.

Los sobrenadantes se decantaron en viales y se conservaron a -20 °C hasta congelación. Se procedió a liofilizar las muestras por 24 horas y se re-suspendieron con 3 ml de d H<sub>2</sub>O (18 mohm).

En puntas de 5 ml se depositó en la parte inferior dowex 50 y en la superior dowex 1. La muestra se vertió sobre las resinas y se colectó en viales. Luego se transfirió a jeringas de 2 ml unidas a microfiltros de 0.45 µm. La muestra se conservó en tubos ependorf y por último, se inyectaron en tres ocasiones en el hplc.

**Rentabilidad.** Para determinar la viabilidad financiera de la aplicación de reguladores de crecimiento, se identificaron, registraron y analizaron los costos y beneficios de producción de aquellos tratamientos con los rendimientos más altos. Se calcularon indicadores económicos: valor actual neto VAN (ingreso neto actualizado a 10 años con la tasa de interés  $i=8\%$ ), relación ingreso:costo I/C (ingresos actualizados sobre los costos actualizados a 10 años,  $i=8\%$ ), y la tasa interna de retorno TIR (valores entre 0 sin rentabilidad, a 1 con rentabilidad ) (Gittinger, 1983).

## **Resultados**

### **Iniciación floral**

Meristemas florales (Figura 3D) se observaron el 24 de octubre en yemas ubicadas en los cuadrantes E y O y hasta el 6 de noviembre, en los cuadrantes N y S (Cuadro 3.1). Los porcentajes de iniciación floral se incrementaron a medida que avanzaron las fechas de colecta sin embargo, la orientación N, aunque tuvo igual tendencia, obtuvo los menores incrementos. Así en el muestreo final, 4 de diciembre, la iniciación floral se observó principalmente en las orientaciones E (100 %), O (80 %) y S (75 %) mientras que el cuadrante N presentó el menor porcentaje de meristemas florales (50 %). El promedió de todos los cuadrantes fue 76 % de iniciación floral por árbol.

En referencia a las yemas, hubo diferencias en tamaño y forma entre las que fueron colectadas en septiembre (Figura 3.2 A) y en diciembre de 2007 (Figura 3.2 C). Los cambios en el tiempo se relacionaron con la apertura de las brácteas y con el crecimiento de las yemas. En la disección, yemas del mes de septiembre fueron compactas mientras que en yemas de diciembre, la separación de las brácteas se hizo con mayor facilidad.

### **Histología**

Meristemas vegetativos de litchi 'Brewster' presentaron un domo cónico prominente formado por dos túnicas y un cuerpo (Figura 3.2 B). En la iniciación floral, reconocida por el aplanamiento del domo, los meristemas florales presentaron dos túnicas bien delimitadas (Figura 3.2 D), las cuales se identificaron mediante la observación de numerosos cortes medianos en diferentes fechas. Por otra parte, la

iniciación floral ocurrió primero en el meristemo apical y luego en los laterales. La presencia de taninos y tricomas fue común en ambos meristemos. Sin embargo los tricomas constituyeron un problema para la microtecnia.

### **Temperatura**

En las condiciones del Jicote Nay., las temperaturas bajas no fueron el factor inductor de la floración citado ampliamente en la literatura. La iniciación en los meses de octubre (13 %), noviembre (39 %) e inicios de diciembre de 2007 (76 %), se produjo con temperaturas promedio mensual de 24 °C, 20 °C y 14 °C, respectivamente (Figura 3.3). Lo anterior implica que el proceso de recepción del estímulo llamado inducción se produjo con temperatura promedio de 19 °C.

### **Reguladores de crecimiento en brotación floral**

#### **Brotación floral**

Se observó el 24 de enero de 2008, 47 ddt. La variabilidad en el porcentaje de brotación floral entre las orientaciones N, S, E y O fue motivo para no detectar diferencias estadísticas entre tratamientos (Cuadro 3.2). Los porcentajes más altos se observaron en el cuadrante S, seguido de las orientaciones E y O, en tanto en el cuadrante N la brotación fue limitada. Observaciones adicionales se detallan a continuación:

El cuadrante S alcanzó su valor máximo (25 %) en todos los tratamientos. La ubicación de las yemas permitió menor incidencia de la luz (observación no cuantificada). Los Cuadrantes E y O registraron brotación floral cuando no existió

entrecruzamiento en las ramas (espacio libre entre árboles). El cuadrante N presentó brotación floral escasa. En evaluaciones previas resultó el cuadrante con mayor porcentaje de yemas vegetativas (50%) al 7 de diciembre de 2007.

**Días a antesis.** La floración de 'brewster' en el Jicote, Nay., inició el 19 de marzo de 2008 con la apertura ó antesis de flores masculinas  $M_1$ . No hubo diferencias entre tratamientos ( $p \geq 0.05$ ), sin embargo en los tratamientos TDZ (100 y 200 mg  $L^{-1}$ ), BA (200 y 300 mg  $L^{-1}$ ) y  $KNO_3$  (2 %) registraron la antesis de  $M_1$  cuatro días antes a la observada en el testigo. De estos tratamientos los cuatro primeros presentan actividad de citocininas o corresponden a citocininas.

La floración femenina plena, flores tipo II, se observó el 4 de abril (datos no mostrados), y flores tipo III (funcionalmente masculinas), 5 d después. Tanto flores tipo II como tipo III convergieron en tiempo hasta el término de la floración.

**Longitud del raquis de la Panícula.** Se observaron diferencias estadísticas ( $p \leq 0.05$ ) entre tratamientos (Cuadro 3.2). La longitud del raquis (19 a 27 cm) fue mayor en los tratamientos de TDZ (100 y 200 mg  $L^{-1}$ ) y  $KNO_3$  (2 y 6 %) comparados con el testigo. Diferencias aritméticas en longitud entre estos tratamientos y el testigo fueron de 7.3 cm, 5 cm, 4.8 cm y 4.7 cm, respectivamente. No se observó efecto negativo de los tratamientos.

**No. de ejes secundarios de la panícula.** No se presentaron diferencias en el número de ejes o ramificaciones (8 a 11) (Cuadro 3.2). Los resultados obtenidos en esta

variable se correlacionaron positivamente con la longitud de la panícula con un valor de  $R=0.65$ ,  $p\leq 0.001$ .

**Número de panículas.** Hubo mayor número de panículas brotadas  $m^{-2}$  por efecto del TDZ ( $p\leq 0.05$ ) (Cuadro 3.2). La aplicación de mejor resultado fue la concentración de  $100\text{ mg L}^{-1}$  y el incremento fue cercano al 60 % comparado con el testigo. Se registró correlación entre esta variable y la variable longitud de la panícula ( $R= 0.41$ ,  $p\leq 0.05$ ).

### **Distribución de la cosecha**

La cosecha de litchi 'breswter' abarcó del 8 de junio al 9 de julio de 2008. Los tratamientos: TDZ ( $100$  y  $200\text{ mg L}^{-1}$ ), etefón ( $300\text{ mg L}^{-1}$ ), BA ( $300\text{ mg L}^{-1}$ ) y  $\text{KNO}_3$  ( $2$  y  $6\%$ ), adelantaron una semana la producción, por tanto en el testigo y demás tratamientos la cosecha inició una semana después (Figura 3.4 A-D).

El porcentaje cosechado en la primera semana del total producido fue el siguiente: TDZ:  $6\%$  ( $100\text{ mg L}^{-1}$ ) y  $4\%$  ( $200\text{ mg L}^{-1}$ ); etefón:  $40\%$  ( $300\text{ mg L}^{-1}$ ); BA:  $5\%$  ( $300\text{ mg L}^{-1}$ );  $\text{KNO}_3$   $15\%$  ( $2\%$ ) y  $34\%$  ( $6\%$ ).

En la semana dos fue de: testigo:  $5\%$ ; TDZ:  $30\%$  ( $100\text{ mg L}^{-1}$ ),  $27\%$  ( $200\text{ mg L}^{-1}$ ) y  $0.6\%$  ( $300\text{ mg L}^{-1}$ ); etefón:  $0\%$  ( $100\text{ mg L}^{-1}$ ),  $0\%$  ( $200\text{ mg L}^{-1}$ ) y  $4\%$  ( $300\text{ mg L}^{-1}$ ); BA:  $22\%$  ( $100\text{ mg L}^{-1}$ ),  $0\%$  ( $200\text{ mg L}^{-1}$ ) y  $2\%$  ( $300\text{ mg L}^{-1}$ );  $\text{KNO}_3$ :  $28\%$  ( $2\%$ ),  $0\%$  ( $4\%$ ) y  $0$  ( $6\%$ ).

La semana tres se caracterizó por presentar la mayor producción en todos los tratamientos y su porcentaje respecto al total fue: testigo:  $46\%$ ; TDZ:  $51\%$  ( $100\text{ mg L}^{-1}$ )

<sup>1</sup>), 58 % (200 mg L<sup>-1</sup>) y 58 % (300 mg L<sup>-1</sup>); etefón: 31 % (100 mg L<sup>-1</sup>), 25 % (200 mg L<sup>-1</sup>) y 35 % (300 mg L<sup>-1</sup>); BA: 45 % (100 mg L<sup>-1</sup>), 54 % (200 mg L<sup>-1</sup>) y 44 % (300 mg L<sup>-1</sup>); KNO<sub>3</sub>: 40 % (2 %), 8 % (4 %) y 33 % (6 %).

Por último, en la semana cuatro fue de: testigo: 49 %; TDZ 13 % (100 mg L<sup>-1</sup>), 10 % (200 mg L<sup>-1</sup>) y 41 % (300 mg L<sup>-1</sup>); etefón: 69 % (100 mg L<sup>-1</sup>), 75 % (200 mg L<sup>-1</sup>) y 20 % (300 mg L<sup>-1</sup>); BA: 33 % (100 mg L<sup>-1</sup>), 46 % (200 mg L<sup>-1</sup>) y 48 % (300 mg L<sup>-1</sup>); KNO<sub>3</sub>: 18 % (2 %), 92 % (4 %) y 33 % (6 %).

Los resultados indican que durante las dos primeras semanas alrededor del 40 % de la cosecha se obtuvo en algunos tratamientos como etephon (300 mg L<sup>-1</sup>) y KNO<sub>3</sub> (6 %). Otros tratamientos como TDZ (100 y 200 mg L<sup>-1</sup>), BA (100 mg L<sup>-1</sup>) y KNO<sub>3</sub> (2 %) concentraron su producción (> 65 %) en la segunda y tercera semana mientras que el testigo y los tratamientos restantes: TDZ (300 mg L<sup>-1</sup>), etefón (100 y 200 mg L<sup>-1</sup>), BA (200 y 300 mg L<sup>-1</sup>) y KNO<sub>3</sub> (4 %), obtuvieron aproximadamente el 90 % de la producción en la tercera y cuarta semana.

## **Rendimiento**

Los mayores rendimientos se obtuvieron con TDZ en la dosis de 100 mg L<sup>-1</sup> (4276 kg ha<sup>-1</sup>) aunque no hubo diferencia con 200 mg L<sup>-1</sup> (3609 kg ha<sup>-1</sup>) (p≤0.05) (Figura 3.4 E). El rendimiento del testigo (2220 kg ha<sup>-1</sup>) fue similar a los demás tratamientos, excepto 100 mg L<sup>-1</sup> de etephon (355 kg ha<sup>-1</sup>). No se conoce las causas por la que éste último tratamiento reportó el menor rendimiento sin embargo, se observaron ramas secas y menor follaje en comparación con los árboles promedio utilizados, atribuible posiblemente al ataque de plagas o enfermedades.

## **Azúcares solubles**

El análisis de los azúcares solubles a los 0, 3, 5, 7 y 14 d registró diferencias entre áreas expuestas a la luz (mayor contenido), y sombreadas por efecto del entrecruzamiento de ramas (menor contenido) ( $p \leq 0.05$ ). Los tratamientos evaluados no presentaron una tendencia definida. En yemas el contenido de sacarosa fue más alto en comparación al registrado en hojas sin embargo, galactosa, glucosa y fructosa presentaron contenidos similares.

**Contenido de azúcares solubles en hojas.** Sacarosa junto con galactosa fueron los principales azúcares en hojas de litchi 'brewster'. Glucosa y fructosa presentaron menor concentración.

Sacarosa. El muestreo inicial registró diferencias en el contenido de éste azúcar no atribuibles al efecto de los tratamientos (Figura 3.5 A y E). Las diferencias se asociaron a variaciones naturales causadas por la ubicación de los brotes en el árbol. En el testigo hubo síntesis a los 3 ddt y a partir de esta fecha el contenido se redujo y fijó valores similares en el día 7 y 14 ddt. En los tratamientos no hubo tendencia clara 3 ddt, no obstante la disminución observada a los 5 ddt fue general en la condición de luz y la excepción en sombra se presentó con  $100 \text{ mg L}^{-1}$  de etephon (tratamiento 5). Posteriormente a los 14 ddt se elevó el contenido de sacarosa tanto en los tratamientos como en el testigo.

Galactosa. Presentó poca variación en el muestreo inicial (sin tratamientos), en las condiciones de luz y de sombra (Figura 3.5 B y F). En los días sucesivos los tratamientos se comportaron diferente al testigo y a los 14 DDT las variaciones se incrementaron en mayor proporción en la condición de luz.

Glucosa. Valores cercanos a 0 y  $10 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$  PF persistieron desde el muestreo inicial hasta 7 ddt en las condiciones de luz y de sombra (Figura 3.5 C y G). A los 14 ddt el contenido se incrementó en ambas condiciones con valores entre 5 y  $14 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$  de peso fresco.

Fructosa. En la condición de luz el contenido fue variable en el tiempo con incrementos a los 7 ddt y valores finales entre 8 y  $13 \text{ mg g}^{-1}$  PF (Figura 3.5 D). En sombra el contenido de glucosa fue similar entre los tratamientos y el testigo (Figura 3.5 H).

Correlaciones positivas se obtuvieron entre sacarosa y galactosa ( $R= 0.80$ ,  $p\leq 0.0001$ ), y entre glucosa y fructosa ( $R= 0.83$ ,  $p\leq 0.0001$ ), en tanto sacarosa y glucosa se correlacionaron en forma negativa ( $R=-0.78$ ,  $p\leq 0.0001$ ). Adicionalmente los contenidos de éstos azúcares: sacarosa ( $R= 0.54$ ,  $p\leq 0.05$ ), galactosa ( $R= 0.59$ ,  $p\leq 0.05$ ), glucosa ( $R= 0.48$ ,  $p\leq 0.05$ ) y fructosa ( $R= 0.55$ ,  $p\leq 0.05$ ), se relacionaron con el porcentaje de brotación floral.

**Contenido de azúcares solubles en yemas.** Sacarosa fue el azúcar más abundante tanto en condiciones de luz como de sombra. En contraste con las hojas, el contenido galactosa fue menor al de sacarosa. Sin embargo, glucosa y fructosa en yemas si registraron concentraciones similares al registrado en hojas.

Sacarosa. Presentó valores superiores a los encontrados en hojas expuestas a la luz. En la mayoría de los tratamientos el contenido de sacarosa se incrementó a los 3 d posteriores a la aplicación, con tendencia a un segundo incremento 7 ddt (Figura 3.6 A y E). La aplicación de etephon ( $100 \text{ mg L}^{-1}$ ) registró comportamiento contrario al resto



de tratamientos. La dinámica del testigo fue diferente a la de tratamientos generando un solo incremento a los 5 ddt.

Galactosa. Registró valores similares en exposiciones de luz y de sombra (Figura 3.6 B y F). No se observaron cambios en el contenido a causa de los tratamientos.

Glucosa. En los días evaluados no se apreció efecto de los tratamientos (Figura 3.6 C y G).

Fructosa. Entre tratamientos no registró un patrón de comportamiento definido, siendo estos diferentes del testigo. En las condiciones de luz y sombra no se encontró diferencias (Figura 3.6 D y H).

Correlaciones significativas se obtuvieron en el contenido de sacarosa en hojas y yemas ( $R=0.87$ ,  $p\leq 0.0001$ ). Asimismo este contenido estuvo asociado a la longitud ( $R=0.83$ ,  $p\leq 0.0001$ ), el número de ejes secundarios ( $R=0.61$ ,  $p\leq 0.05$ ) y el rendimiento ( $R=0.80$ ,  $p\leq 0.0001$ ).

## **Rentabilidad**

Litchi 'brewster' puede ser un cultivo rentable como se muestra por el análisis del ciclo 2007-2008. El incremento de la producción promovido por los reguladores de crecimiento y bajo precios constantes por semana significó mayores ingresos para el productor.

**Ingreso bruto.** La aplicación de TDZ (100 y 200 mg L<sup>-1</sup>) y KNO<sub>3</sub> (6 %) registraron los mayores incrementos en el ingreso dado su efecto en la producción. El adelanto de una

semana en la cosecha implicó la venta del fruto en su valor más alto por periodo de dos semanas en tanto para el testigo (sin adelanto), de una semana (Cuadro 3.3).

**Costos de producción.** En orden de mayor a menor porcentaje de costos en el ciclo de producción 2007-2008, las actividades realizadas fueron las siguientes: riego (37.57 %), transporte de la producción al lugar final de venta (36.29 %), corte (12.81 %), control de malezas (7.11 %) y anillado (6.23 %); para lo cual el productor invirtió la suma de once mil doscientos cuarenta y cuatro pesos (\$ 11,244.00) (Cuadro 3.4). Estos son costos que significaron erogaciones para el productor. Se aclara que no se contabilizó el pago de la mano que aporta el dueño de la huerta.

**Ingresos netos.** TDZ ( $100 \text{ mg L}^{-1}$ ) reportó los ingresos netos más altos (cuadro 3.3). El incremento con relación al testigo fue de \$ 69 383.

Las principales fuentes de ingreso derivaron de los aumentos en la producción y del precio de la fruta obtenido una semana previa a la cosecha normal. En tanto el costo de los reguladores de crecimiento no disminuyeron de forma considerable los ingresos netos.

**Indicadores de rentabilidad financiera.** Cálculos en la VAN, B/C y la TIR indicaron que aún sin la aplicación de tratamientos, el cultivo de litchi 'Brewster' es rentable.

Valor actual neto (VAN). Fue positivo y mayor que cero tanto en los tratamientos como en el testigo (cuadro 3.3).

La actualización de los beneficios y de los costos en 10 años, señaló que los beneficios netos fueron mayores cuando se aplicó  $100 \text{ mg L}^{-1}$  de TDZ.

Tasa beneficio:costo (B/C). Las tasas calculadas en cada tratamiento indicaron el número de veces que los beneficios también llamados ingresos, superaron a los costos. En este orden de ideas los mayores beneficios se obtuvieron con 100 mg L<sup>-1</sup> de TDZ, seguido de 200 mg L<sup>-1</sup> de TDZ, 6 % KNO<sub>3</sub> y por último en el testigo (Cuadro 3.3).

Tasa de rentabilidad interna (TIR). En todos los tratamientos alcanzó el valor máximo. Es decir, por alta que sea la tasa de interés en 10 años, hay rentabilidad en el cultivo de litchi 'Brewster' y dicha rentabilidad es indiferente a los tratamientos (Cuadro 3.3).

## Discusión

### Iniciación floral

Investigaciones anteriores reportaron 10 % de iniciación floral 6 semanas previas a la floración (no se especifica el tipo de flor), aunque no fueron claros si éste término hace referencia a la brotación floral o la antesis (Naphron *et al.*, 2001). En Nayarit, se observó 39 % de iniciación floral (yemas iniciadas en todos los cuadrantes) 10 semanas antes de brotación floral y 19 semanas antes de antesis de flor tipo I.

Los resultados indican que la condición vegetativa o floral de la yema es probable esté condicionada a 1- Su ubicación en el árbol: esta afirmación la originó dos situaciones:

- 1.1- Árboles que en el huerto se distribuyeron a) primeros y últimos en la línea o, b) próximos a un espacio no transplantado, presentaron en todos los cuadrantes mayor número de de yemas vegetativas en el segundo y tercer muestreo (24 de octubre y 6 de noviembre), acompañado de incrementos en el número de brotes. Caso contrario,
- 1.2- El entrecruzamiento de ramas en los cuadrantes E y O por efecto de las hileras, ocasionó la ausencia de luz y de espacio para la brotación (vegetativa o floral). Por ello es factible que los porcentajes altos de iniciación floral en estos cuadrantes se deban a yemas iniciadas desde el ciclo anterior.

Lo anterior pone de manifiesto la importancia de la distribución de los árboles que permitan el adecuado espacio e incidencia de luz para el crecimiento de nuevos brotes.

2- Temperatura sobre la yema. La orientación de la huerta ocasionó en yemas ubicadas en el cuadrante N, la mayor incidencia de luz y consecuentemente temperaturas más altas que en otros cuadrantes (observación no cuantificada). Estas temperaturas en algunos brotes inhibieron la iniciación floral y como resultado, en la última colecta este cuadrante obtuvo 50 % de meristemas vegetativos mientras los cuadrantes restantes, E, O y S, con menor exposición a la luz, los porcentajes fueron  $\leq$  25 %.

Los efectos observados guardan relación directa con la brotación floral, motivo por el cual se discuten posteriormente.

### **Histología**

Meristemas apicales vegetativos de litchi 'brewster' presentaron domo cónico prominente formado por dos túnicas y un cuerpo (Figura 3.2 B). La iniciación floral se caracterizó por el aplanamiento del domo. La epidermis y el estrato subepidérmico mantuvieron la organización observada en el estado vegetativo. La presencia de numerosos taninos y tricomas fue común en ambos meristemas. Sin embargo los tricomas (Figura 3.2 A, B y D) dificultaron la microtecnica.

En especies tropicales como mango, Osuna-Enciso *et al.* (2000) reportó que las divisiones transversales y el alargamiento del eje primario constituyeron las primeras señales de la iniciación del meristemo. Para caducifolios Buban y Faust (1982) describen en manzano un domo vegetativo ligeramente aplanado con un variado número de túnicas y en la iniciación, un eje floral alargado con 2 dos túnicas. En durazno, un meristemo vegetativo de domo convexo conformado por dos túnicas y en el meristemo floral, aplanamiento del domo, eje floral ensanchado y una túnica (Avitia y

Castillo, 2007). Estos mismos autores en Ciruelo japonés proponen un meristemo vegetativo en forma de cúpula y un meristemo floral alargado y ensanchado con una primera túnica delimitada y una segunda, no tanto.

### **Temperatura**

La afirmación “litchi necesita experimentar un periodo de letargo como pre-requisito para la iniciación floral” (Menzel *et al.*, 1989), provino de la exposición por meses de diversos cultivares a) régimenes inductivos 15/10, 18/15, 22/12 °C diurno/nocturno (Stern and Gazit, 2003), y b) temperaturas <20 °C (Menzel y Simpson, 1995).

En la presente investigación el periodo de temperaturas bajas fue posterior a la observación de meristemas florales aunque, el mayor número se observó en las últimas colectas donde inició el descenso de temperaturas (4 de diciembre, 76 % de iniciación floral en los meristemas apicales). Por tanto la producción de yemas florales en regiones tropicales y subtropicales en donde se ubica México, se produce con el estímulo dado por los cambios en la temperatura y no requiere de largos periodos de inducción con temperaturas < 20 °C como ha sido reportado.

## Reguladores de crecimiento en brotación floral

### Brotación floral

La variabilidad de la brotación en los cuadrantes S, E y O, con mayor brotación, y N, menor brotación, sugiere el efecto de la orientación de los árboles sobre el crecimiento y desarrollo de los brotes. Similares resultados en 'bengal' fueron reportados en la latitud S por García-Pérez y Martins (2006), donde el cuadrante SE (58 %) y SO (48 %) presentó porcentajes superiores a la orientación NE (35 %) y NO (28 %). Los autores señalan que la distribución de la huerta favoreció una mayor exposición de luz sobre el cuadrante N. Se sugiere que esta condición incrementó la temperatura en las yemas, inhibiendo la inducción floral, aunque no se reporta la temperatura en los cuadrantes. Por lo anterior, la ubicación es probable genere un microclima modificando la luz y la temperatura sobre la yema, la cual es inducida a producir hojas o flores o permanecer sin cambios. La poda en esta circunstancia es importante no sólo para el manejo de los árboles frutales sino en el mantenimiento de la productividad (García-Pérez y Martins, 2006).

Los incrementos en brotación obtenidos con los tratamientos aunque no fueron estadísticamente diferentes ( $p \leq 0.05$ ), han sido documentados en trabajos previos. Según Chen y Ku (1988) la aplicación de etileno ( $200 \text{ mg L}^{-1}$ ) promovió el número de yemas brotadas (15 yemas y ninguna en el testigo) así como la emergencia de la panícula (8 días previos a la del testigo); en el presente estudio etefón ( $100$  y  $200 \text{ mg L}^{-1}$ ) estimuló el porcentaje de brotación en un 16 %. En zarzamora Galindo-Reyes *et al.*, (2004) reporta el doble de brotación floral (85 %) con respecto al testigo (46 %) a partir de la aplicación de TDZ ( $100$ ,  $200$  y  $250 \text{ mg L}^{-1}$ ); no obstante en esta investigación el porcentaje de brotación obtenido con TDZ ( $100 \text{ mg L}^{-1}$ ) fue 10 % mayor respecto al

testigo. En mango 'Manila' y 'Haden' dosis altas de  $\text{KNO}_3$  (8 y 16 %) duplicaron el número de inflorescencias con posibles incidencias en el rendimiento (Nuñez, 1985).

**Días a antesis.** Estudios anteriores con el mismo cultivar (Osuna-Enciso *et al.*, 2008), realizados en Sinaloa, reportaron la antesis 11 días previos a la registrada en esta investigación, lo cual pudiera atribuirse a las temperaturas inusualmente bajas registradas previo a la brotación floral (14 °C diciembre de 2007 y 19 °C enero de 2008) y a las diferencias en las condiciones ambientales de cada región.

TDZ (100 y 200  $\text{mg L}^{-1}$ ), BA (200 y 300  $\text{mg L}^{-1}$ ) y de  $\text{KNO}_3$  (2 %), adelantaron en días (4) la antesis de lichi 'Brewster' aunque no hubo diferencias estadísticas con el testigo. Calederón-Zavala y Rodríguez-Alcázar (2000) señalan adelantos en la brotación floral de durazno (*Prunus pérsica* L. Batsch) y ciruelo japonés (*Prunus salicina* Lindl.) con la aplicación de TDZ (250  $\text{mg L}^{-1}$ ). Nuñez y Davenport (1986), reportan que aplicaciones de  $\text{KNO}_3$  (2 - 8 %) adelantaron la floración en mango 'Manila' sin embargo los mejores resultados se apreciaron con la dosis de 2 % la cual registró la antesis 17 días previos a la observada en el testigo.

**Longitud del raquis, Número ejes secundarios y de panículas.** La aplicación de TDZ (100 y 200  $\text{mg L}^{-1}$ ) promovió el vigor de la brotación floral en litchi 'Brewster' a partir del estímulo en el crecimiento del raquis en longitud y en la brotación por metro cuadrado de panículas con resultados diferentes estadísticamente del testigo. Por lo anterior, el uso de TDZ (100  $\text{mg L}^{-1}$ ) se sugiere en el manejo de huertas de litchi.

Árboles testigos presentaron en el cuadrante S raquis terminales de menor longitud (20 cm), en comparación a los reportados en el cv. Bengal (SE 26.71 cm y SO



24.94 cm) por Garcia-Perez y Martins (2006). Además según estos autores el anillado, práctica de manejo realizada en el cv. Brewster en el mes de septiembre, no presentó efecto en la longitud de la panícula sin embargo hubo tendencia al aumento en esta variable cuando se realizó en ramas de mayor diámetro (Garcia-Perez y Martins, 2006).

### **Distribución de la cosecha**

El adelanto de la cosecha a partir de la aplicación de TDZ ( $100 \text{ mg L}^{-1}$ ) le significó al productor el corte de  $1,422.2 \text{ kg ha}^{-1}$  más que en el testigo al término de la segunda semana. Una mayor dosis de TDZ ( $200 \text{ mg L}^{-1}$ ) registró producción de  $1,029.27 \text{ kg ha}^{-1}$  y en los tratamientos etephon ( $300 \text{ mg L}^{-1}$ ), BA ( $300 \text{ mg L}^{-1}$ ) y  $\text{KNO}_3$  (2 y 6 %) correspondió a  $991.32 \text{ kg}$ ,  $77.1 \text{ kg}$ ,  $858.44 \text{ kg}$  y  $825.12 \text{ kg ha}^{-1}$  más, respectivamente. Estos tratamientos en la semana tres y cuatro continuaron reportando mayor producción que el testigo; así no sólo adelantaron la cosecha sino consiguieron aumentar la producción.

### **Rendimiento**

No se tienen reportes en rendimiento a partir del empleo de TDZ en la floración. Sin embargo, el adelanto e incrementos en el porcentaje de brotación floral (Alvarado-Raya et al., 2000; Calderón-Zavala y Rodríguez-Alcázar, 2000) y vigor de los brotes en durazno y ciruelo con TDZ ( $250 \text{ mg L}^{-1}$ ) suponen aumentos en rendimiento (Calderón-Zavala y Rodríguez-Alcázar, 2000). En la presente investigación el efecto TDZ ( $100 \text{ mg L}^{-1}$ ) no produjo adelanto significativo en la floración pero si se observó el aumento en vigor dado por el incremento en el número y tamaño de las panículas.

## **Azúcares solubles**

En la presente investigación la ubicación fue el principal factor relacionado con el contenido de azúcares solubles en hojas y yemas. La exposición a la luz registró los mayores valores. Por tanto la mayor irradiación en el espectro de 300 a 400 nm, correspondiente a la luz fotosintéticamente activa (PAR) (McCree, 1972), incrementó la fotosíntesis y como resultado hubo mayor fijación de CO<sub>2</sub> y síntesis de azúcares.

En la condición de sombra se obtuvieron los contenidos más bajos. Reportes por Yoshida (2003) señalan que hojas jóvenes que se mantienen en la sombra no maduran su aparato fotosintético, permanecen como órgano de demanda y retardan la senescencia en las hojas fuentes. Cowart (1935) y Jackson y Palmer (1977), encontraron en hojas de manzano que se desarrollan en sombra, mayor superficie pero menor grosor. Barden (1974, 1977), determinó además menor desarrollo del tejido de empalizada, menor peso específico, menor tasa de respiración y rangos bajos de fotosíntesis neta. Así, la condición de sombra en las hojas resulta en baja fotosíntesis, es decir menor fijación CO<sub>2</sub> y consecuentemente en menor producción de azúcares. En yemas el efecto del sombreado disminuyó su tamaño y desarrollo y consecuentemente muchas se secaron y no produjeron hojas ni flores en tanto yemas ubicadas en la condición de luz fueron numerosas y produjeron en el cuadrante N, brotes vegetativos y en la orientación S, panículas.

El mayor contenido de sacarosa en yemas en comparación al registrado en hojas y su alta correlación ( $R=0.87$ ,  $p\leq 0.0001$ ), indicaron al ser éste azúcar de transporte, la translocación hacia la yema, órgano en crecimiento que supone demanda (Rolland *et al.*, 2002), y la dirección de asimilados donde la cercanía es importante (Lacointe, 2000), ya que hojas y yemas provinieron del mismo brote. Además, altos contenidos de sacarosa en yemas se observaron cuando glucosa y fructosa registraron los

contenidos más bajos. Es probable que los azúcares mencionados actuaran como sustrato en la formación de sacarosa (Rolland *et al.*, 2006). En glucosa los valores bajos registrados al 3 y 5 ddt es probable se debieran a que éste azúcar actúa como sustrato de múltiples procesos como respiración (Beevers y Gibbs, 1954) y otros.

En esta investigación los resultados reiteran la importancia de la ubicación del órgano evaluado, en este caso hojas y yemas, respecto al CO<sub>2</sub> fijado. Además señalan relaciones fuente – demanda entre hojas y yemas de un mismo brote. En litchi no existen estudios previos que integren el contenido de azúcares soluble en hojas y yemas.

### **Rentabilidad**

Generalmente en los frutales desde el primer año de establecida la plantación hasta el inicio de la producción transcurre cierto tiempo. En litchi la producción inicia al cuarto año y se estabiliza hasta el octavo año. Durante este periodo los costos de mantenimiento son altos y la producción es baja. En los años siguientes, la relación es inversa. Esta última situación (plantación de 10 años) correspondió con el inicio y desarrollo de la investigación, por ello los resultados obtenidos en los indicadores de rentabilidad son factibles en cuanto al uso de reguladores de crecimiento. De esta manera en un proyecto influye el momento de evaluación, en el cual los costos son menores, la producción es alta y el precio obtenido por la venta del fruto genera ganancias.

La adquisición y aplicación de insumos, como fueron los reguladores de crecimiento TDZ (100 mg L<sup>-1</sup>) y KNO<sub>3</sub> (6 %), representaron el 17 % y 18 % del costo total, respectivamente, proporciones bajas en relación a los rubros riego (31 %) y transporte

de la producción al lugar final de venta (30 %). Resultados en los indicadores de rentabilidad con el uso de TDZ indican: en la VAN reflejaron que al final del proyecto (ingreso bruto y costo actualizado a 10 años,  $i=18\%$ ) el productor obtiene un ingreso neto de \$443,805 pesos por hectárea. La relación B/C indicó que por cada peso invertido en la producción de litchi, el productor recuperó la inversión y obtuvo una ganancia de \$7.27 pesos. La TIR fue positiva en cualquier tasa de interés propuesta. Por lo anterior, los resultados indicaron que el proyecto es rentable y se acepta.

## Conclusiones

La iniciación floral en yemas apicales de lichi presenta un domo aplanado característico, con dos túnicas y un cuerpo.

Las observaciones en campo y resultados histológicos indican que las yemas con brácteas abiertas son características asociadas a la iniciación floral, por el contrario yemas compactas y con brácteas cerradas se asocian a meristemos vegetativos.

TDZ ( $100 \text{ mg L}^{-1}$ ) promueve la longitud del raquis y la cantidad de panículas brotadas. Sin embargo este tratamiento no modifica el porcentaje de brotación floral, el número de ejes secundarios ni el inicio de antesis de flor tipo I.

TDZ ( $100 \text{ mg L}^{-1}$ ) incrementa el rendimiento y la rentabilidad para el manejo propuesto del cultivo.

El contenido de azúcares solubles es mayor en brotes expuestos a la luz en comparación a brotes en condición de oscuridad, producida por entrecruzamiento de ramas. El análisis de azucares muestra mayor contenido de sacarosa y galactosa tanto en hojas como en yemas siendo sacarosa el azúcar más abundante en yemas.

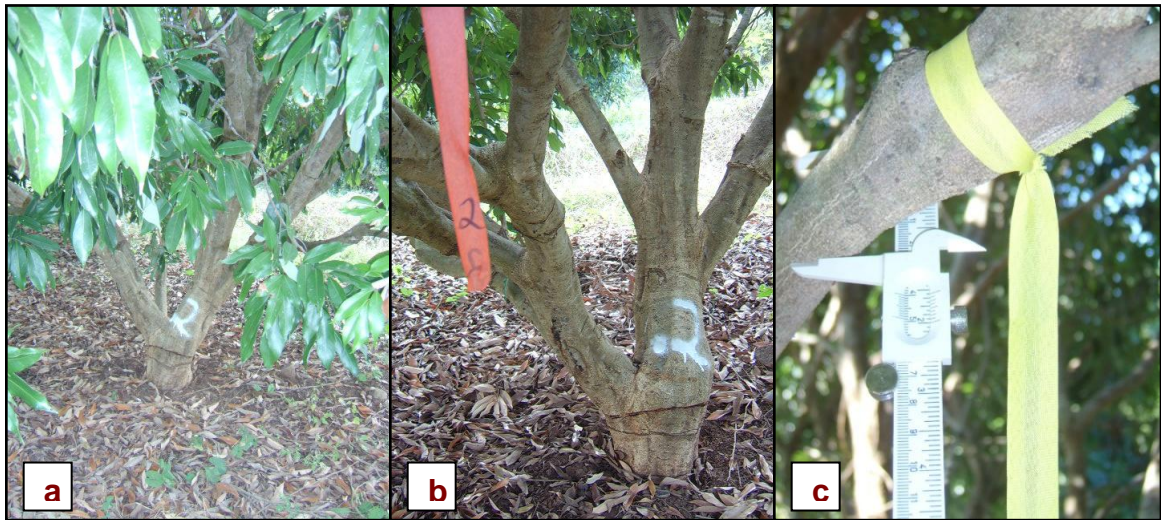


Figura 3.1. Identificación de los árboles de litchi 'Brewster' en el huerto. a) Numeración con pintura blanca en el tronco del árbol con el tratamiento correspondiente, b) Cinta fluorescente roja con el número del tratamiento, c) selección y marcación de ramas y d) árbol identificado.



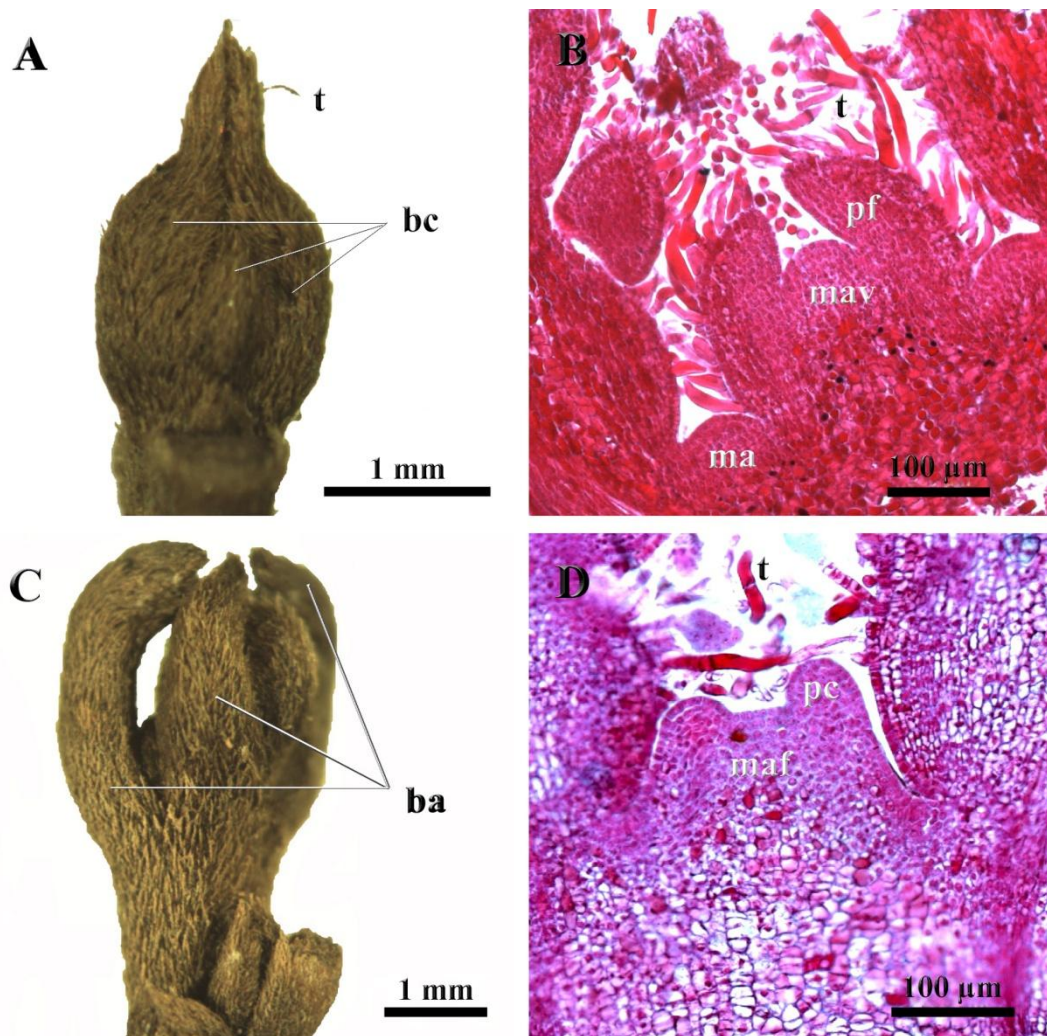


Figura 3.2. Yemas y meristemas vegetativo y floral de litchi 'Brewster': A, yema vegetativa; B, meristemo vegetativo; C, yema floral; D, meristemo floral. Abreviaturas: ba, brácteas abiertas; bc, brácteas cerradas; maf, meristemo apical floral; mav, meristemo apical vegetativo; pc, primordios de carpelo; pf, primordios foliares; t, tricomas.

Cuadro 3.1. Época y porcentaje de iniciación de yemas apicales de litchi 'brewster' por punto cardinal, muestreadas en el periodo de septiembre a diciembre de 2007.

Fecha de muestreo	Yemas florales (%)				Promedio por árbol
	Este <sup>z</sup>	Oeste <sup>z</sup>	Norte <sup>z</sup>	Sur <sup>z</sup>	
06-septiembre	0	0	0	0	0
24-octubre	25	25	0	0	13
06-noviembre	55	50	14	38	39.3
21-noviembre	75	80	50	60	66.3
04-diciembre	100	80	50	75	<b>76.3</b>

<sup>z</sup> Cuadrante

Los datos son medias de 8 yemas florales; 2 yemas por cuadrante de 65 árboles muestreadas en la parte central del árbol durante 2007.



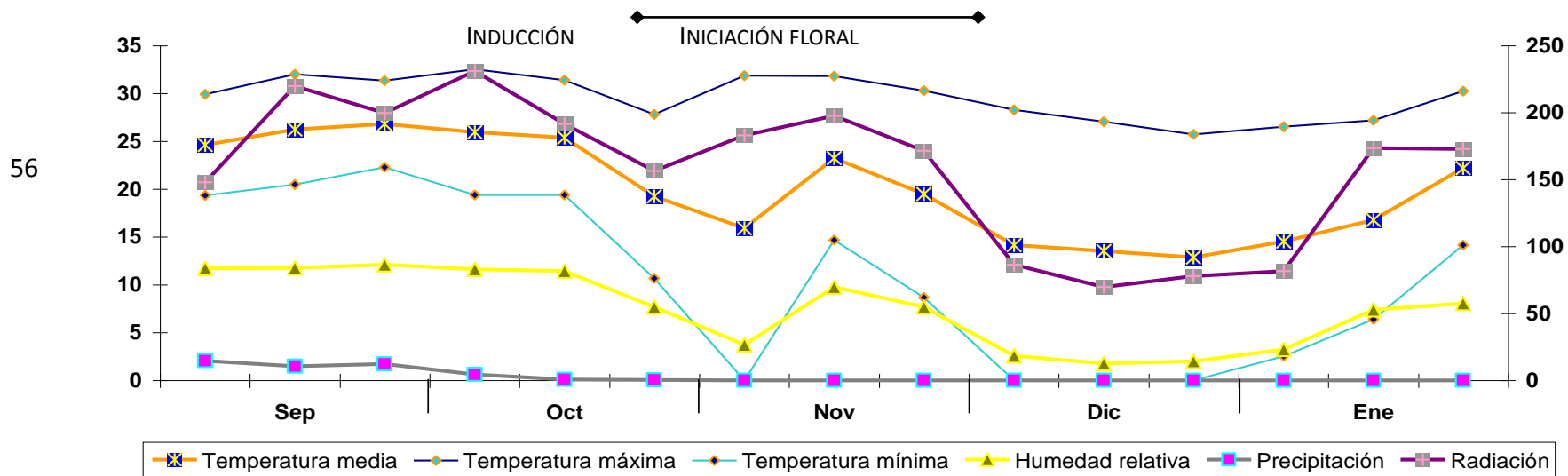
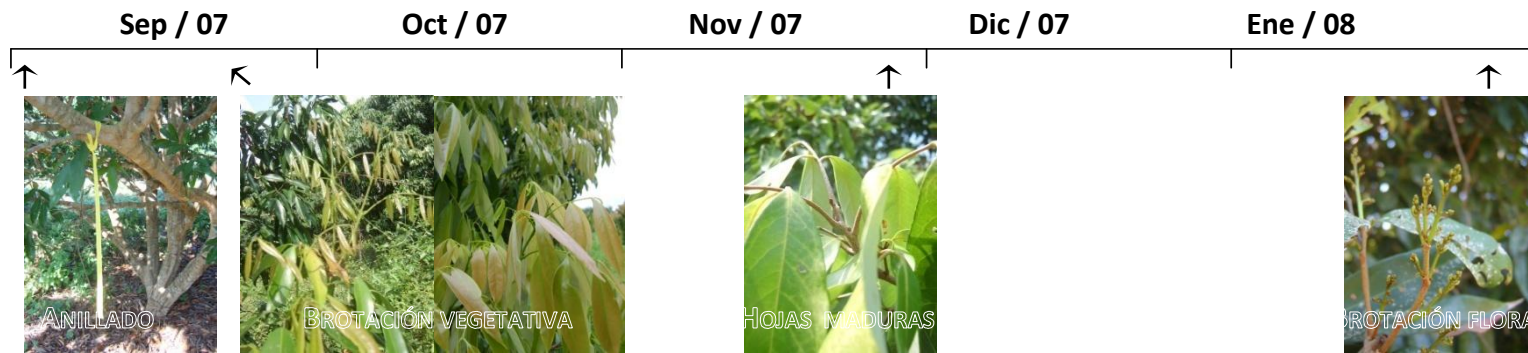


Figura 3.3 Condiciones ambientales relacionadas con la fenología y el manejo durante los procesos de inducción, iniciación y brotación floral.

Cuadro 3.2. Efecto de thidiazuron (TDZ), etefón, bencil adenina (BA) y nitrato de potasio (KNO<sub>3</sub>) en las variables porcentaje de brotación floral (%), días a antesis, longitud, número de ejes secundarios y número de panículas, ciclo 2007-2008.

<b>Tratamientos</b>	<b>Brotación floral (%)</b>	<b>Días a antesis</b>	<b>Longitud (cm)</b>	<b>Ejes secundarios (No.)</b>	<b>Panículas (No. m<sup>-2</sup>)</b>
Testigo	48.2 a	112 a	20.8 cd	9.0 a	16.0 b
TDZ (mg L <sup>-1</sup> )					
100	60.0 a	108 a	27.4 a	10.8 a	28.0 a
200	53.5 a	108 a	25.8 ab	10.4 a	22.2 ab
300	50.0 a	110 a	21.8 bcd	8.8 a	23.0 ab
Etefón (mg L <sup>-1</sup> )					
100	64.2 a	112 a	20.6 cd	8.8 a	19.5 ab
200	64.2 a	110 a	23.3 abcd	9.7 a	20.2 ab
300	56.5 a	111 a	22.3 bcd	8.6 a	26.2 ab
BA (mg L <sup>-1</sup> )					
100	61.0 a	110 a	23.3 abcd	8.8 a	19.5 ab
200	58.7 a	108 a	24.1 abc	9.0 a	25.7 ab
300	61.2 a	108 a	24.2 abc	9.7 a	23.0 ab
KNO <sub>3</sub> (%)					
2	60.2 a	108 a	25.6 ab	10.0 a	24.2 ab
4	47.0 a	112 a	18.9 d	8.4 a	15.7 b
6	54.2 a	115 a	25.47 ab	9.8 a	20.7 ab
Media	56.9	110.2	23.4	9.4	21.9
C. V.	14.8	27.8	7.9	10.8	19.5

Medias con diferente letra en una columna son estadísticamente diferentes (Tukey;  $p \leq 0.05$ )

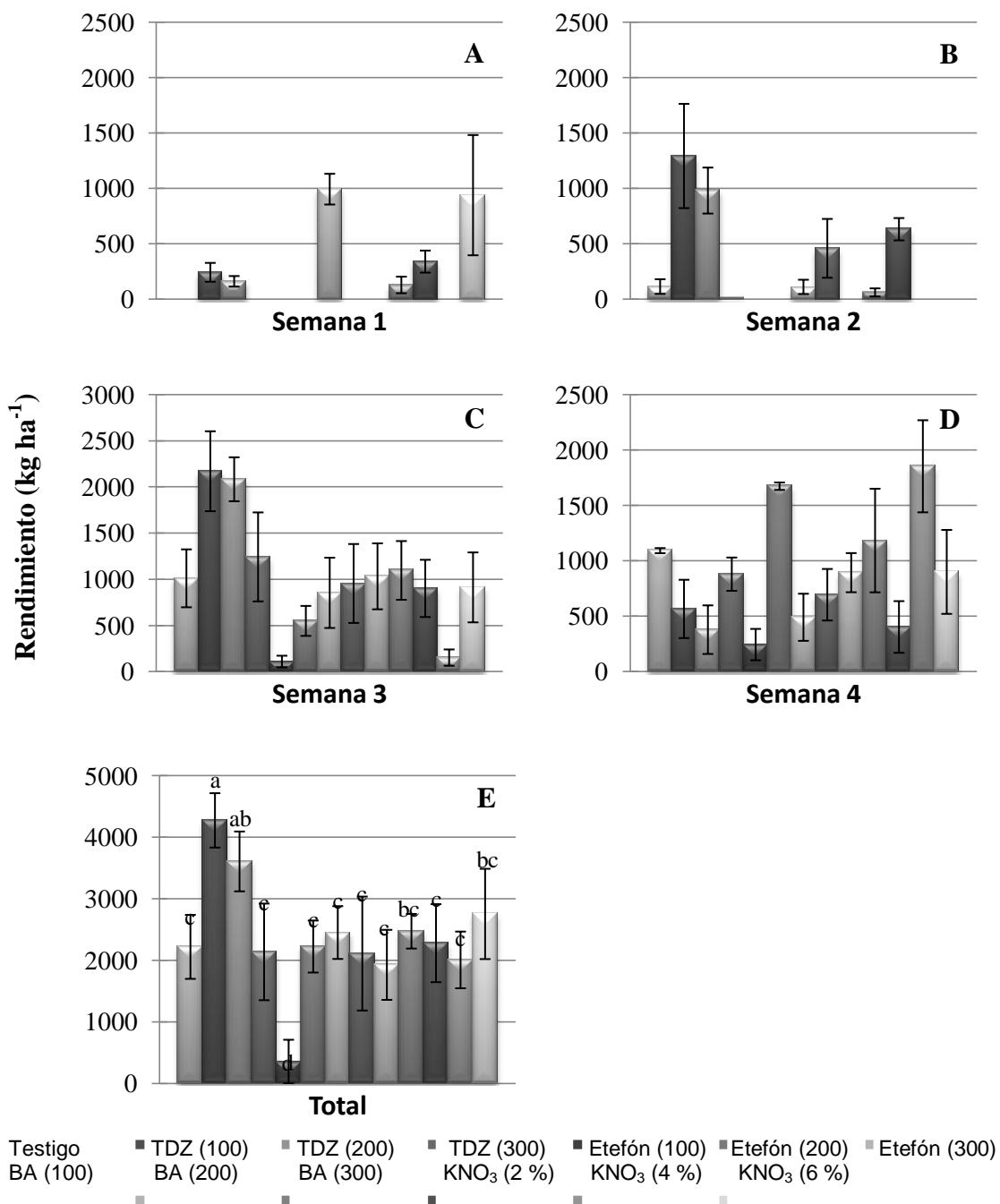


Figura 3.4. Rendimiento semanal y total (kg ha<sup>-1</sup>) en árboles de litchi 'brewster' tratados con thidiazuron (TDZ), etefón, bencil adenina (BA) y KNO<sub>3</sub>; inicio de cosecha 8 de junio de 2008. Rendimiento: A, semana 1; B, semana 2; C, semana 3; D, semana 4 y E, total.

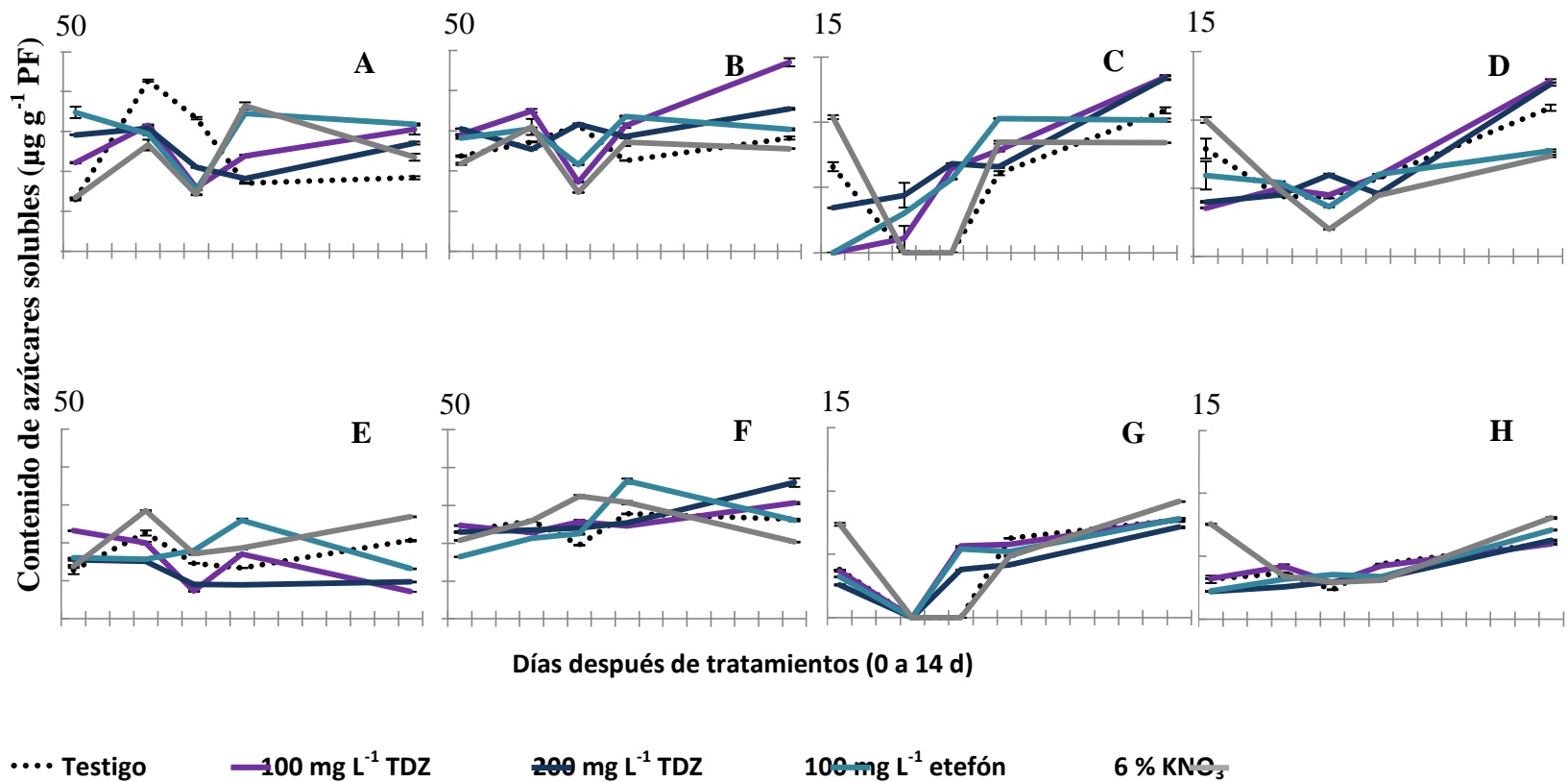


Figura 3.5. Dinámica de los azúcares solubles en hojas de litchi 'brewster' tratadas con thidiazurón (100 y 200 mg L<sup>-1</sup>), etefón (100 mg L<sup>-1</sup>) y KNO<sub>3</sub> (6 %). Hojas expuestas a la Luz, gráficas A-D; a la sombra, gráficas E-H. Sacarosa A, E; galactosa B, F; glucosa C, G y fructosa D, H.

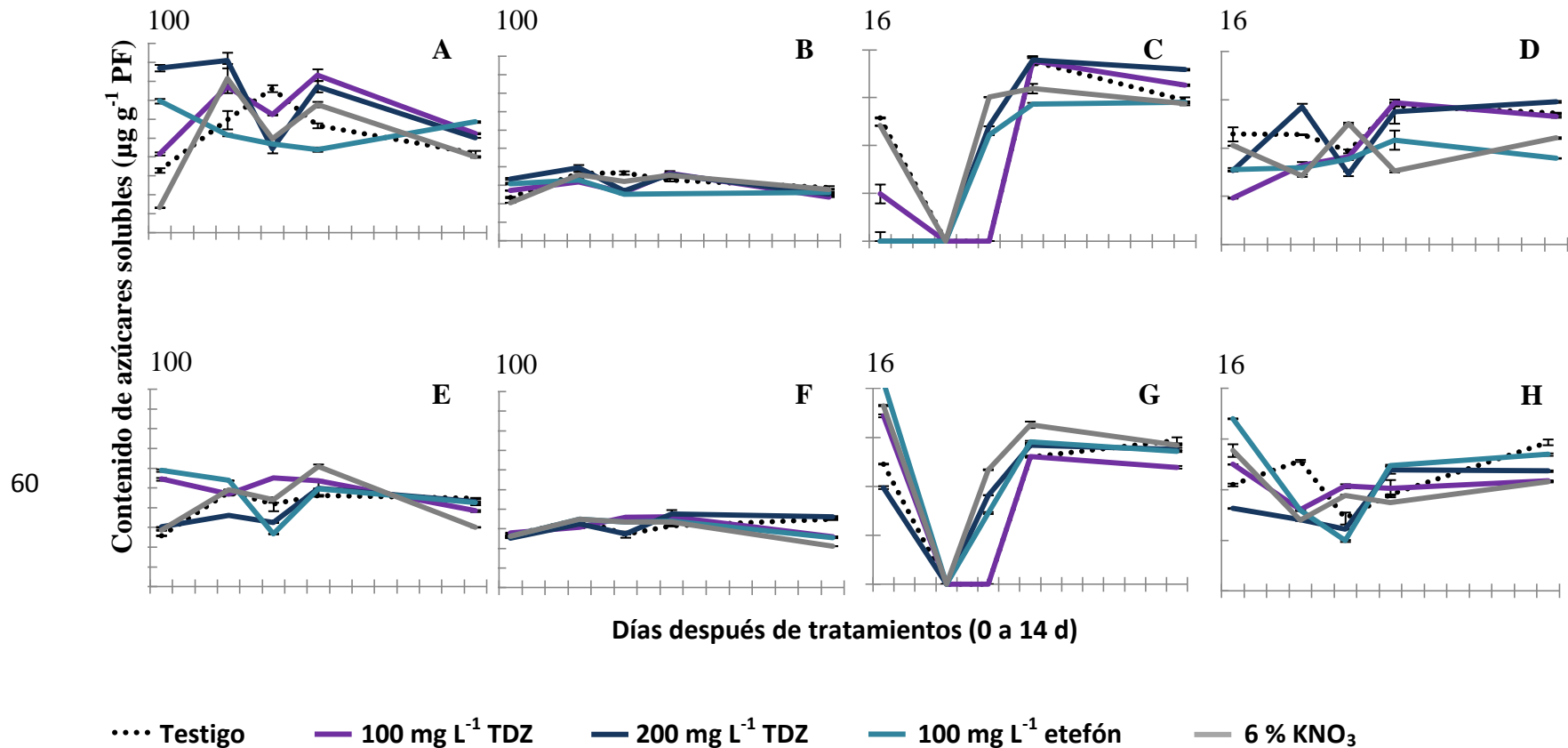


Figura 3.6. Dinámica de los azúcares solubles en yemas apicales de litchi 'brewster' tratadas con thidiazurón (100 y 200 mg L<sup>-1</sup>), etefón (100 mg L<sup>-1</sup>) y KNO<sub>3</sub> (6 %). Hojas expuestas a la Luz, gráficas A-D; a la sombra, gráficas E-H. Sacarosa A, E; galactosa B, F; glucosa C, G y fructosa D, H.

Cuadro 3.3. Cambios en los ingresos semanales, ingreso bruto, costos, ingreso neto e indicadores de rentabilidad en los tratamientos testigo, 100 mg L<sup>-1</sup> de TDZ y 6 % KNO<sub>3</sub>.

Tratamientos	Ingreso registrado por semanas				Ingreso bruto (\$ ha <sup>-1</sup> )	Costos (\$ ha <sup>-1</sup> )	Ingreso neto (\$ ha <sup>-1</sup> )	Indicadores de rentabilidad <sup>v</sup>		
	1 <sup>z</sup>	2 <sup>z</sup>	3 <sup>y</sup>	4 <sup>x</sup>				Valor actual neto (VAN) <sup>z</sup>	Tasa ingreso:costo (I/C) <sup>z</sup>	Tasa rentabilidad interna (TIR)
Testigo	0	4033	28327	21862	54222	11 244	42 978	142580.86	3.82	1.00
100 mg•L <sup>-1</sup> TDZ	8530	45278	60801	11336	125945	13 584	112 361	443805.06	8.27	1.00
61 6 % KNO <sub>3</sub>	32912	0	25578	18023	76513	13 728	62 785	220413.10	4.57	1.00

Precio de venta del fruto por kilogramo: <sup>z</sup> \$ 35, <sup>y</sup> \$ 28 y, <sup>x</sup> \$ 20; <sup>w</sup> a la variable costos se adicionó el valor del promotor de brotación, la aspersion (\$240) y la asesoría técnica (\$1800); <sup>v</sup> Valores de los ingresos y costos totales actualizados a 10 años con la tasa de interés i=18.

Cuadro 3.4. Costos totales en el mantenimiento de una hectárea de Litchi 'brewster' ciclo 2007-2008.

ACTIVIDAD (ACT.)	Unidad	Valor unitario (\$)	Unidades (No. ha <sup>-1</sup> )	Costo parcial (\$ ha <sup>-1</sup> )	Costo total (\$ ha <sup>-1</sup> )	ACT. 1 y 2 (%)
<b>1 Labores culturales</b>						
<b>Anillado</b>					<b>700</b>	<b>6.23</b>
Mano de obra	Árbol	7	100	700		
<b>Control de maleza</b>					<b>800</b>	<b>7.11</b>
Tractor	Día	800	1	800		
<b>Riego</b>					<b>4 224</b>	<b>37.57</b>
Mano de obra (1 jornal semana <sup>-1</sup> )	Jornal	120	12 <sup>z</sup>	1440		
Bomba (renta)	Día	200	12 <sup>z</sup>	2400		
Diesel (4 L día de bomba <sup>-1</sup> )	L	8	48 <sup>z</sup>	384		
<b>2 Cosecha</b>						
<b>Corte</b>					<b>1 440</b>	<b>12.81</b>
Mano de obra (120 kg jornal <sup>-1</sup> )	Jornal	120	12 <sup>y</sup>	1440		
<b>Transporte</b>					<b>4 080</b>	<b>36.29</b>
Diesel (30 L ida y regreso)	L	8	360 <sup>x</sup>	2880		
Peaje (1 caseta de ida y 1 de regreso)	Caseta	50	24 <sup>x</sup>	1200		
<b>COSTO TOTAL ACT. 1 y 2</b>					<b>11 244</b>	<b>100.00 %</b>
					<b>COSTO TOTAL ACT. 3 (\$ ha<sup>-1</sup>)</b>	
<b>3 Aplicación mes previo a floración</b>						
<b>Producto</b>						
<b>a</b> Revent 200 i.a. Thidiazuron (100 mg L <sup>-1</sup> )	1 L	1200	250 ml	300	<b>2340</b>	<b>a</b>
<b>b</b> Revent 200 i.a. Thidiazuron (200 mg L <sup>-1</sup> )	1 L	1200	500 ml	600	<b>2640</b>	<b>b</b>
<b>c</b> KNO <sub>3</sub> (6 %)	1 Bulto	740	30 Kg	444	<b>2484</b>	<b>c</b>
<b>Aspersión</b>						
Mano de obra	Jornal	120	2	240		
<b>Asesoría técnica</b>						
Visita a la huerta	Asesoría	900	2	1800		

<sup>z</sup> El riego se realizó 1 d/semana\*12 semanas, desde la floración hasta el inicio de lluvias. <sup>y</sup> Se efectuaron cortes 3 d/semana\*4 semanas de cosecha. <sup>x</sup> El transporte se vinculó al número de cortes totales en la cosecha (12).

## **CAPÍTULO IV**

### **REGULADORES DE CRECIMIENTO EN AMARRE DE FRUTO**

#### **Introducción**

Litchi es un frutal con bajo amarre de fruta y en la mayoría de los cultivares el porcentaje no supera el 10 % (Menzel y Simpson, 1992), por lo cual aplicaciones dirigidas al fruto de diversos reguladores de crecimiento se han orientado al incremento en la productividad. Sin embargo, la variabilidad en la época de aplicación, tipo de regulador y respuesta son un agente constante (Stern y Gazit, 2003). Notables resultados en el amarre de fruta se han generado principalmente con la aplicación de auxinas (Stern *et al.*, 1995; Stern y Gazit, 1997), aunque en algunos lugares las aspersiones ocasionaron la reducción en el tamaño de los frutos (Stern y Stern, 2000). La más empleada ha sido el ácido 2,4,5 triclorofenoxipropiónico (2,4,5 TP).

En los 70's dosis entre 50 y 400 mg L<sup>-1</sup> de 2,4,5 TP mostraron resultados favorables en el amarre de frutos de litchi (Stern y Gazit, 2003). Trabajos posteriores en los 90's señalaron como factores críticos el tiempo y la dosis de aplicación (Stern *et al.*, 1995); en 'Mauritius' los mayores porcentajes de amarre se obtuvieron con la aplicación a la quinta semana después de floración femenina plena de 100 mg L<sup>-1</sup> de 2,4,5 TP, cuando el fruto promediaba 2 g; en 'Brewster' fue similar el tiempo de aplicación pero con un rango más amplio, realizando aspersiones en la cuarta o quinta semana de 100 mg L<sup>-1</sup> de 2,4,5 TP en frutos entre 1 y 2 g aproximadamente. Además aspersiones de 2,4,5 TP causaron el incremento en la proporción de semillas en forma de lengüeta, las cuales son apetecidas por el consumidor al incrementar la parte comestible del fruto "arilo". Referente a giberelinas su aplicación para reducir la abscisión inicia en igual tiempo a auxinas. Reportes señalan incrementos en el amarre de fruto a partir de dosis de 50 mg L<sup>-1</sup> de AG<sub>3</sub>.



En México no hay reportes en el uso de la auxina 2,4,5 TP, ácido giberélico (AG<sub>3</sub>), ni de otros reguladores para incrementar el amarre de fruto. Por ello se planteó evaluar el efecto del tipo de regulador de crecimiento, la dosis, la fecha de aplicación y el número de aplicaciones de 2, 4, 5 TP, TDZ, BA y GA<sub>3</sub> en el amarre de fruto de litchi 'Brewster'.

## **Materiales y métodos**

### **Localización y material biológico**

La investigación se realizó en la huerta descrita en el capítulo III; no obstante las evaluaciones se hicieron en diferentes árboles, lo cuales se plantaron en igual tiempo (árboles de 10 años), y las prácticas de manejo efectuadas fueron las mismas para toda la huerta.

### **Reguladores de crecimiento en amarre de fruto**

En árboles uniformes en tamaño y vigor se marcaron ramas de dos cm de grosor aproximadamente y al menos seis brotes terminales.

### **Tratamientos**

Los reguladores de crecimiento, dosis y número de aplicaciones (Cuadros 4.1 y 4.2), se asperjaron por primera vez en todas las ramas al inicio del amarre inicial (ai), 30 días después de plena floración femenina (ddpff). Luego, las ramas con número 2a tuvieron una segunda aplicación a los 14 ddai; 2b correspondió a 28 ddai, cuatro semanas después de la primera aplicación y, finalmente en ramas marcadas con el número 3 se asperjaron: a los 14 y a los 28 ddai, dos y cuatro semanas después de la primera aplicación.

### **Diseño estadístico**

Se usó el diseño experimental parcelas divididas en bloques al azar. En cada bloque, cuatro en total, se sortearon en la parcela grande el número de aplicaciones y en la parcela pequeña, los reguladores de crecimiento. La unidad experimental se conformó por dos árboles. Los resultados se analizaron con el paquete estadístico SAS versión 9.0 y se empleó la prueba de Duncan ( $\alpha=0.05$ ) en la comparación de medias.

### **Variables de estudio**

**Longitud y diámetro del fruto.** Se seleccionó una panícula la cual se identificó mediante un listón blanco. En ella se midió semanalmente con un vernier digital la longitud y el diámetro durante el desarrollo del fruto, con una lectura final en la cosecha.

**Índice de redondez.** Se calculó la relación longitud:diámetro del fruto a partir de la dinámica de crecimiento evaluada desde amarre inicial hasta la cosecha del fruto.

**Dinámica de amarre de fruto.** En la parcela pequeña (tratamientos), se seleccionó una panícula la cual se marcó con un listón amarillo y en ella se evaluó hasta cosecha el número de frutos a) al tercer día después de cada aplicación b) semanales a partir de la primera aplicación.

**Número y peso del fruto por panícula.** Panículas etiquetadas con listón blanco fueron cosechadas en bolsas de plástico y en el laboratorio por medio de una balanza digital se pesaron 3 frutos por panícula, anotando el número total de frutos.

**Peso del raquis de la panícula.** En el laboratorio por medio de una balanza digital, se llevó registro del peso de 4 panículas por tratamiento.

**Partición en los componentes del fruto.** Finalizada la cosecha se evaluó el peso de la cáscara, del arilo y de la semilla en una balanza digital. A los valores se les calculó el porcentaje respecto al peso total del fruto.

**Sólidos solubles totales.** Se comprimió el arilo de 3 frutos de litchi por tratamiento sobre un refractómetro digital.

**Azúcares solubles.** Se muestreó una panícula en cada parcela pequeña momentos antes y tres días después de la aplicación. La determinación de glucosa, sacarosa y fructosa se realizó por cromatografía líquida de alta resolución (HPLC, HP 1100 Hewlett Packard), siguiendo la metodología y las condiciones de medición descritas en el capítulo III.

**Rentabilidad.** Se identificaron, registraron y analizaron los costos y beneficios de producción. Se calcularon indicadores económicos: valor actual neto (VAN), relación beneficio costo (B/C), y la tasa interna de retorno (TIR) para determinar la viabilidad financiera en la aplicación de reguladores de crecimiento con los mayores rendimientos.

## Resultados

El amarre inicial se observó en el Jicote, Nay., el 3 de mayo de 2008 (30 días después de plena floración femenina, ddpff). Los frutos al momento de la aplicación de los reguladores de crecimiento presentaron  $\pm 6$  a 10 mm de longitud y promedio por panícula de 17 frutos.

### Longitud y diámetro del fruto

La cinética de crecimiento en longitud y diámetro del fruto de litchi cv. brewster describió un modelo sigmoidal en todos los tratamientos (Figura 4.1). El periodo de evaluación totalizó 56 días. Sin embargo, el fruto permaneció en el árbol por lapso de dos semanas adicionales que correspondieron al inicio de la cosecha.

**Longitud del fruto.** Los valores de esta variable no presentaron diferencias estadísticas luego de cuatro semanas de evaluación (Cuadro A-5). En las semanas siguientes aunque se registraron diferencias entre los tratamientos no sucedió igual entre los tratamientos y el testigo (Cuadro A-5).

En la curva de crecimiento del fruto (Figura 4.1 A), la fase inicial denominada lag o de crecimiento lento abarcó los primeros 14 días; la fase log o de aceleración, los siguientes 21 días; la fase lineal, 28 días; la fase de desaceleración, 14 días y por último la fase estacionaria, 14 días.

**Diámetro del fruto.** Valores del diámetro del fruto en contraste con la longitud, registraron diferencias entre tratamientos desde la primera semana de evaluación. Sin embargo, durante los últimos 14 días de crecimiento del fruto, expansión del arilo, no

hubo diferencias estadísticas entre los tratamientos aplicados y el testigo (Cuadro A-6). Por tanto la aplicación de tratamientos no tuvo efecto en el diámetro final del fruto.

La curva de crecimiento mostró diferencias entre la duración de las fases mencionadas en la longitud del fruto. Así, la fase de crecimiento lento tuvo duración de 21 días; la fase de aceleración, otros 21 días; la fase lineal, 21 días; la fase de desaceleración, 28 días y por último la fase estacionaria comprendió 7 días (Figura 4.1 B).

**Longitud y diámetro del fruto a cosecha.** Se registraron en longitud valores mayores (28.60 a 40.33 mm) en comparación al diámetro del fruto (24.5 a 29.9 mm). Hubo diferencias estadísticas ( $p \leq 0.05$ ) en los tratamientos aplicados no siendo así entre los tratamientos y el testigo (Cuadro 4.3 y 4.4). Frutos asperjados con TDZ (5 mg L<sup>-1</sup>) y 2,4,5 TP (50 y 100 mg L<sup>-1</sup>), presentaron la mayor longitud con 40.33, 39.37 y 39.33 mm respectivamente, en tanto el testigo fue de 35.2 mm. Asimismo estos tratamientos en la variable diámetro, en igual orden mencionados, tuvieron los valores más altos con 29.90, 29.90 y 29.53 mm; el testigo registró valor de 25.51 mm.

Concerniente a las fechas de aplicación (Figura 4.2), frutos con aplicaciones a los 0 y 28 días después de amarre inicial (ddai) tuvieron el mayor tamaño, seguidos de frutos con aplicaciones a los 0 y 14 ddai, luego a los 0 ddai y por último frutos con 3 aplicaciones fueron los más pequeños.

### **Índice de redondez**

La relación longitud:diámetro también conocida como índice de forma presentó tendencia a disminuir a través del tiempo. La forma ovoide fue característica en los

primeros 21 días después de amarre inicial (21 ddai); sin embargo el fruto finalizó con propensión a la forma redonda (Figura 4.3).

### **Dinámica de amarre de fruto**

El mayor porcentaje de amarre se presentó con aplicaciones de reguladores de crecimiento a los 0 y a los 0 y 28 días después de amarre inicial. Los resultados se graficaron por fechas de aplicación.

**Aplicación 0 días después de amarre inicial (30 ddpff).** La abscisión de fruta fue permanente durante las primeras tres semanas después de aplicación (Figura 4.4 A), presentando los siguientes porcentajes: alrededor del 40 % de la fruta pereció en las ramas asperjadas durante la primera semana mientras en el testigo la caída fue más severa (60 %). En la segunda semana la abscisión promedio fue de 20 % y en la tercera correspondió a 10 %

Panículas con la aplicación de 2,4,5 TP ( $50 \text{ mg L}^{-1}$ ) presentaron el mayor porcentaje de amarre de fruto (30 %). El porcentaje más bajo, se presentó en el testigo con 3% y fue diferente estadísticamente de los tratamientos 2,4,5 TP ( $50$  y  $100 \text{ mg L}^{-1}$ ), TDZ ( $5 \text{ mg L}^{-1}$ ), BA ( $50$  y  $100 \text{ mg L}^{-1}$ ) y  $\text{GA}_3$  ( $50$  y  $100 \text{ mg L}^{-1}$ ).

**Aplicaciones a los 0 y 14 días después de amarre inicial (30 y 43 ddpff).** La abscisión fue indiferente a los tratamientos aplicados, ocurriendo en las primeras cuatro semanas. El testigo registró un alto amarre de fruto, de 28 % (Figura 4.4 B).

**Aplicaciones a los 0 y 28 días después de amarre inicial (30 y 57 ddpff).** La dinámica de abscisión graficada fue similar a la producida con la aplicación a los 0 ddai

donde la caída se observó en un periodo de tres semanas. De esta manera la aplicación realizada a la cuarta semana (28 ddai), no tuvo efecto (Figura 4.5 A). Tratamientos que reportaron una abscisión  $\sim 30\%$  al término de la primera semana registraron un amarre mayor en comparación al del testigo (8%).

La aplicación de 2,4,5-TP ( $100\text{ mg L}^{-1}$ ) registró en la primera semana una abscisión de 20% y referente al amarre final éste fue de (50%).

**Aplicaciones a los 0, 14 y 28 días después de amarre inicial** (30, 43 y 57 ddpff). En el tratamiento de 2,4,5-TP ( $50$  y  $100\text{ mg L}^{-1}$ ) se observó reducción en la abscisión a partir de la segunda aplicación realizada a los 14 ddai (Figura 4.5 B). La aplicación realizada a la cuarta semana no tuvo efecto en los tratamientos. Los tratamientos restantes y el testigo continuaron la dinámica descrita referente a las 3 semanas de abscisión.

El mayor porcentaje de amarre de fruto, 48%, se obtuvo con la aplicación de 2,4,5-TP ( $50\text{ mg L}^{-1}$ ), mientras en el testigo el porcentaje fue de 6%.

### **Número y peso del fruto por panícula**

Panículas colectadas en la cosecha presentaron entre 1 y 6 frutos (Cuadro 4.5). Aplicaciones de 2,4,5-TP ( $50\text{ mg L}^{-1}$ ) a los 0 y 28 ddai indujeron el amarre de fruto mientras la aspersion de TDZ ( $10\text{ mg L}^{-1}$ ), lo redujo. Hubo diferencias estadísticas entre el tratamiento con 2,4,5-TP ( $50\text{ mg L}^{-1}$ ) y los tratamientos testigo, TDZ ( $50$  y  $100\text{ mg L}^{-1}$ ), BA ( $50$  y  $100\text{ mg L}^{-1}$ ) y GA<sub>3</sub> ( $50\text{ mg L}^{-1}$ ) en las fechas de aplicación evaluadas. Frutos con mayor peso se registraron en el tratamiento de TDZ ( $10\text{ mg L}^{-1}$ ) (Cuadro 4.6).



### **Peso del raquis de la panícula**

El peso promedio varió entre 2.5 y 7.6 g (Cuadro 4.7). El tratamiento con aplicación de 2,4,5-TP ( $50 \text{ mg L}^{-1}$ ) a los 0 y 28 ddai registró el raquis con mayor peso y fue estadísticamente diferente del testigo. Asimismo este tratamiento en las diferentes fechas de aplicación presentó raquis más pesados que en el testigo. En panículas que retuvieron en promedio 4 frutos, el peso del raquis no fue diferente estadísticamente del testigo.

### **Partición en los componentes del fruto**

La distribución del peso del fruto entre sus principales componentes registró mayor proporción del arilo le siguió la cáscara y por último la semilla (Cuadro 4.11).

El arilo comprendió entre el 45 % y 63 % del peso total del fruto de litchi 'Brewster' (Cuadro 4.11). El promedio general más alto entre las fechas de aplicación se registró con las aspersiones a los 0 y 28 ddai. Referente al peso del arilo, la aplicación de 2,4,5-TP ( $50$  y  $100 \text{ mg L}^{-1}$ ) a los 0-14 y 0-28 ddai y específicamente a la concentración de  $50 \text{ mg L}^{-1}$ , obtuvo el valor más alto.

La semilla ocupó entre el 11 % y 23 % del peso. Los porcentajes más bajos se calcularon en frutos asperjados con 2,4,5 TP ( $100 \text{ mg L}^{-1}$ ). En dichos frutos las semillas presentaron forma de lengüeta (Figura 4.6, cuadro 4.11). El peso de la semilla fue mayor con aplicaciones de giberelinas (Cuadro 4.10), sin embargo no hubo diferencias estadísticas entre los tratamientos y el testigo. Los valores oscilaron entre 1,63 y 3.43 g.

La cáscara constituyó entre el 23 % y el 48 % del fruto (Cuadro 4.11). No se observó una tendencia definida entre los tratamientos evaluados. El mayor porcentaje se presentó con la aplicación de 100 mg L<sup>-1</sup> de 2,4,5-TP no obstante los datos provinieron de un fruto pequeño en donde la cáscara inició el desarrollo del fruto mientras el arilo no completó el crecimiento. Lo anterior provocó diferencias entre 15 y 20 % en los valores comparado con los demás de tratamientos. El peso de la cáscara varió entre 3.27 y 5.63 g (Cuadro 4.9). Aplicaciones a los 0-14-28 ddai reportaron el mayor peso. Entre fechas de aplicación el promedio fue de 4.32 g mientras en el testigo de 3.68 g.

### **Sólidos solubles totales (° Brix)**

Los frutos alcanzaron un valor máximo de 20.67 ° brix (Cuadro 4.12). Los promedios entre fechas de aplicación fueron similares a excepción de las aspersiones realizadas a los 0-14-28 ddai, las cuales presentaron los ° brix más bajos.

Resultados a partir de la dosis triple de 2,4,5-TP (50 mg L<sup>-1</sup>) fueron significativamente menores al resto de los tratamientos. Asimismo ocurrió con este tratamiento en la variable peso del fruto.

### **Azúcares solubles**

Lecturas en las panículas al tercer día de aplicados los tratamientos registraron en orden de abundancia los siguientes azúcares: galactosa (~ 13 mg g<sup>-1</sup> PF), sacarosa (~ 9 mg g<sup>-1</sup> PF), glucosa (~ 7 mg g<sup>-1</sup> PF) y, fructosa (~ 6 mg g<sup>-1</sup> PF).

Galactosa no tuvo variabilidad en su contenido por efecto de los tratamientos a los 3 días luego de la aspersión (Figura 4.7). En las aplicaciones posteriores, los tratamientos superaron al testigo.

Sacarosa presentó valores menores a los registrados para galactosa. Lecturas a los 3, 17 y 31 ddai tuvieron mayor concentración con la aplicación de tratamientos, sin embargo a los 31 ddai los valores fueron similares en el tratamiento de 2,4,5-TP (50 mg L<sup>-1</sup>) y el testigo.

Glucosa en la primera lectura, 3 ddai, presentó mayor contenido en el testigo sin embargo, se registró tendencia contraria en las siguientes lecturas donde los contenidos fueron mayores con la aplicación de 2,4,5 TP y GA<sub>3</sub>.

Fructosa en la primera y última lectura, 3 y 31 ddai, no presentó diferencias en el contenido respecto al testigo. Dosis de 50 mg L<sup>-1</sup> de 2,4,5 TP registró mayor concentración que la de 100 mg L<sup>-1</sup> y asimismo fue mayor que el contenido registrado a partir de la aplicación de 100 mg L<sup>-1</sup> de AG<sub>3</sub>.

## **Rentabilidad**

El alto costo de reguladores de crecimiento en específico el 2,4,5-TP, disminuyó los ingresos netos y en consecuencia la rentabilidad. El ácido giberélico tuvo un costo de mayor accesibilidad para el productor sin afectar los ingresos netos.

**Ingreso bruto.** Los mayores ingresos se obtuvieron con la aplicación de 2,4,5-TP (50 mg L<sup>-1</sup>) a los 0 y 28 ddai. Luego las aplicaciones a los 0-14-28 ddai y 0-14 ddai ocuparon el segundo y tercer lugar respectivamente. El cuarto lugar en ingresos se reportó con

aplicaciones de ácido giberélico a los 0 y 28 ddai y por último, los ingresos en el testigo fueron los más bajos (Cuadro 4.13).

El precio resultó del promedio obtenido por la venta de la fruta en la semana 1 (\$ 35), 2 (\$ 28) y 3 (\$ 20) de cosecha.

**Costos de producción.** Las actividades para el manejo de la huerta fueron las mismas a las realizadas en brotación floral con costo de \$ 8,340 (testigo). En los tratamientos aplicados (incluyendo el costo de manejo), se registraron altos incrementos a partir de la aplicación de 2,4,5-TP (Cuadro 4.14). Así la utilización, formulado como grado reactivo, no se le sugiere al productor puesto que la aplicación por única vez (0 ddai) presentó valor de \$10,275.00. Los menores costos exceptuando el testigo (Cuadro 4.13) y se presentaron con aplicaciones de ácido giberélico (proggip®).

**Ingreso neto.** Los mayores valores se calcularon en el tratamiento con aspersiones de ácido giberélico (AG<sub>3</sub>) a los 0 y 28 ddai (Cuadro 4.13). La aplicación de 2,4,5-TP reportó el mayor ingreso bruto, sin embargo los costos fueron superiores en algunos tratamientos.

**Indicadores de rentabilidad financiera.** El ácido giberélico (AG<sub>3</sub>) a los 0 y 28 ddai presentó valores de actualización positivos y mayores que en el testigo en 10 años. Asimismo las tasas B/C y TIR fueron superiores al testigo (Cuadro 4.15). Por lo cual se concluye que el uso de este regulador es una alternativa viable en la producción de litchi 'Brewster'.

## Discusión

### Longitud y diámetro del fruto

Evaluaciones semanales en estas variables mostraron un patrón de crecimiento del fruto sigmoïdal, asimismo se ha reportado este tipo de crecimiento en el cv. Bengal por Chamhum *et al.* (2006) y en 'Mauritius' por Stern *et al.* (1995).

Según Chamhum *et al.* (2006), frutos del cv. Bengal obtuvieron un desarrollo completo entre 112 y 119 días después de antésis. En la presente investigación, el crecimiento del fruto del cv. Brewster finalizó 100 días después de antesis, esto es entre 12 y 19 días previos si se compara con el periodo de crecimiento de frutos de el cv. Bengal.

Los reguladores de crecimiento no influyeron en la longitud y diámetro y consecuentemente no causaron reducción ni aumento en el tamaño del fruto. Reportes por Stern *et al.* (2000), señalan en el cv. Brewster la obtención de frutos pequeños a partir de la aplicación de 2,4,5-TP (100 mg L<sup>-1</sup>). En aplicaciones realizadas en el cv. Mauritius entre 1 y 3 semanas previo a la floración femenina plena, el incremento en el porcentaje de amarre fue afectado por frutos sin valor comercial (Stern *et al.*, 1997). Sin embargo no ocurrió igual cuando se asperjaron frutos de  $\pm 2$  g (1 mes después de plena floración femenina). Según Stern *et al.* (2000), la etapa fisiológica para la realización de aplicaciones en el cv. Mauritius se observó para frutos con  $\pm 2$  g en tanto para el cv. Brewster entre 1 y 2 g.

## **Índice de redondez**

Los resultados indican que la expansión inicial se presenta en el plano longitudinal con el crecimiento del pericarpio y la semilla y el plano horizontal tarda más tiempo y/o es el último en desarrollarse con la formación del arilo.

## **Dinámica de amarre de fruto**

El aumento en el amarre de fruto registrado con la aplicación de 2,4,5 TP (50 mg L<sup>-1</sup>) durante la primera semana de crecimiento (cuarta semana dffp), implicó mayor fruta en las semanas siguientes donde la abscisión no fue tan intensa. Asimismo estudios en el cv. Mauritius realizados por Stern *et al.* (1995) reportaron similar periodo de abscisión de fruto, cuarta, quinta y sexta semana dffp, relacionando este periodo con el crecimiento exponencial de la semilla.

En la presente investigación tuvo mayor eficiencia la dosis de 50 mg L<sup>-1</sup> de 2,4,5 TP en comparación con la de 100 mg L<sup>-1</sup>, siendo ésta última la de mejores resultados en trabajos realizados en Israel por Stern y Nadler (1997), donde reportó que la dosis de 50 mg L<sup>-1</sup> de 2,4,5 TP fue subóptima en la producción del cv. Brewster.

## **Número y peso del fruto por panícula**

El mayor número de frutos se obtuvo a partir de dos (a los 0 d y 14 ddai) y tres aplicaciones (0 d, 14 d y 28 ddai) de la auxina 2,4,5 TP en la dosis de 50 mg L<sup>-1</sup>. No obstante se observó a partir de los resultados de la dinámica de retención que el efecto de los reguladores en amarre debe obtenerse en la primera aplicación donde la

abscisión es más intensa. Así la variación obtenida entre estas fechas de aplicación fue debido a que la apertura de flores no ocurre en igual tiempo en el árbol y por ende los frutos no tienen la misma edad. Por ello en esta investigación se sugiere que una aplicación de 2, 4, 5 TP ( $50 \text{ mg L}^{-1}$ ) un mes después de ffp es ideal para aumentar el porcentaje de amarre y que aplicaciones adicionales no se realicen con tiempos espaciados, es decir menores de dos semanas.

Frutos con mayor peso se registraron en el tratamiento de TDZ a razón de  $10 \text{ mg L}^{-1}$  sin embargo este tratamiento retuvo sólo un fruto por panícula. De esta forma el menor número de frutos por panícula representa frutos con menor competencia por asimilados y en consecuencia la ganancia en peso, además es probable que la actividad citocinínica del TDZ incrementara el tamaño del fruto. La aspersion de 2,4,5 TP ( $100 \text{ mg L}^{-1}$ ) en el cv. brewster no presentó reducción en el peso promedio el cual fue de 23.2 g, igual al reportado por el testigo. Stern *et al.* (2000) reportó resultados similares y sugirió no exceder dicha concentración.

### **Peso del ráquis de la panícula**

Es posible que la producción de raquis vigorosos se asocien a un mayor número de frutos y a la permanencia de éstos. Este efecto fue estimulado por la auxina 2,4,5 TP, al promover la traslocación de azúcares al raquis de modo que los frutos tienen mayor suministro.

## **Partición en los componentes del fruto**

Según Chamhum *et al.* (2006) la composición del fruto en el cv. bengal, cuatro semanas después de amarre inicial, se distribuyó de la siguiente forma: el pericarpio representó el 40%, la semilla el 30 % y el arilo el 30 % restante. Luego de 3 semanas los porcentajes en el fruto registraron una composición de 25 % en la cáscara, 15 % en la semilla y 60 % en el arilo, sin variantes a cosecha. Aunque este cultivar presentó semejanzas con los porcentajes obtenidos en 'brewster', la cáscara en la presente investigación tuvo mayor peso y como resultado su porcentaje fue mayor mientras el del arilo disminuyó, respecto al registrado en 'bengal'.

Con el objeto de incrementar el peso del fruto y en especial el de la la semilla en litchi 'Yu Her Pau', Chan y Lin (2006) señalan que la aplicación de giberelinas ( $AG_3$  en la dosis de  $50 \text{ mg L}^{-1}$ ) incrementó longitud, diámetro y peso del fruto pero no el peso de la semilla. En contraste los resultados en el presente trabajo indican el efecto de este regulador sobre la variable peso de la semilla y no en el tamaño y peso del fruto.

## **Sólidos solubles totales**

El menor porcentaje de °Brix se registró en frutos pequeños, los cuales tuvieron menor tiempo de acumulación de azúcares y por ende no completaron madurez.

En Trabajos previos realizados por Mitra y Sanyal (2000), donde aplicaron etefón ( $0.4 \text{ ml L}^{-1}$ ) y  $KNO_3$  ( $10 \text{ g L}^{-1}$ ) en floración reportaron entre 18 y 20 °Brix, valores que no fueron diferentes del testigo. Asimismo en la presente investigación los tratamientos no afectaron los sólidos solubles totales en tanto el tamaño pequeño relacionado con menor crecimiento si afectó la acumulación de azúcares.



## **Azúcares solubles**

En panículas el contenido de los azúcares galactosa, sacarosa, glucosa y fructosa generalmente fue mayor en los tratamientos evaluados en comparación con los contenidos registrados en el testigo y en el menor de los casos, similares. Galactosa presentó mayor contenido entre los azúcares evaluados. Este azúcar es componente de la membrana celular y su función está ligada a conferir rigidez. Estudios por Yamamoto *et al.* (1988) le confieren un efecto inhibitor del crecimiento inducido por auxinas (AIA) mediante la interrupción en la síntesis de polisacáridos a partir de UDP-glucosa. En referencia a sacarosa es posible que la menor concentración se deba a que la panícula es un órgano de crecimiento determinado y al momento de medición su crecimiento había cesado y consecuentemente no representa una demanda, además es probable que éste azúcar esté siendo exportado a los frutos, los cuales están en pleno crecimiento. Wang y Faust (1988) y Wang *et al.* (2003) reportaron que frutos de los cv. Groff, Nuomici y Feixiao presentaron contenidos altos de sacarosa y en menor concentración glucosa y fructosa en las primeras etapas de crecimiento del arilo sin embargo estos últimos azúcares luego dominaron. En este estudio no se reportó galactosa en frutos. En contraste reportes por Kong *et al.* (2010) y Yang *et al.*, (2006) registraron contenidos altos de galactosa en comparación a otros azúcares. No existen reportes previos el litchi sobre los azúcares en las panículas terminales.

## **Rentabilidad**

El regulador de crecimiento 2,4,5 TP ( $50 \text{ mg L}^{-1}$ ) aunque incrementó el rendimiento, su alto costo de adquisición como grado reactivo no se sugiere para el manejo de huertas de litchi debido a que disminuye el ingreso neto percibido por el

productor. En contraste, la aplicación de  $AG_3$  ( $100 \text{ mg L}^{-1}$ ) con menor incidencia en producción comparado con 2,4,5 TP, incrementó en \$16,592 pesos el ingreso neto.

Resultados a partir de la aplicación de  $AG_3$  en la VAN reflejaron que al final del proyecto (ingreso bruto y costo actualizado a 10 años,  $i=18\%$ ) el productor obtiene un ingreso neto de \$106,199 pesos por hectárea. La relación B/C indicó que por cada peso invertido en la producción de litchi, el productor recuperó la inversión y obtuvo una ganancia de \$3.27 pesos. La TIR fue positiva en cualquier tasa de interés propuesta. Por lo anterior, los resultados indicaron que el proyecto es rentable y se acepta.

## Conclusiones

Los reguladores de crecimiento no tuvieron efecto en el tamaño del fruto.

La aplicación de los reguladores de crecimiento realizada un mes después de floración femenina plena, es eficiente en disminuir la abscisión.

La concentración de 50 mg L<sup>-1</sup> de 2,4,5 TP presentó el mayor porcentaje de amarre de fruto. Sin embargo su aplicación como grado reactivo implicó mayores costos que beneficios.

La concentración de 100 mg L<sup>-1</sup> de GA<sub>3</sub> fue el segundo regulador con mejor resultado. Su aplicación registró beneficios económicos mayores a los conseguidos con el 2,4,5 TP.

La concentración de 100 mg L<sup>-1</sup> de 2,4,5 TP incrementó la obtención de semillas en forma de lengüeta.

El contenido de sacarosa, galactosa, glucosa y fructosa fue generalmente más elevado en panículas asperjadas con 2,4,5 TP y GA<sub>3</sub>.

Cuadro 4.1. Reguladores de crecimiento y dosis aplicadas en ramas de litchi 'brewster' para promover amarre de fruta.

Regulador de Crecimiento	Dosis mg L <sup>-1</sup>
Testigo <sup>z</sup>	-
Ácido 2,4,5 tricloro-phenoxi-propiónico (2,4,5 TP)	50
Ácido 2,4,5 tricloro-phenoxi-propiónico (2,4,5 TP)	100
Tidiazurón (TDZ)	5
Tidiazurón (TDZ)	10
6-benciladenina (BA)	50
6-benciladenina (BA)	100
Ácido giberélico (AG <sub>3</sub> )	50
Ácido giberélico (AG <sub>3</sub> )	100

<sup>z</sup> Agua corriente + surfactante

Cuadro 4.2. Fecha de aplicación en las ramas seleccionadas.

Tratamiento	Ramas (No.)	Fecha de aplicación		
		A	B	C
"X"	1	A		
	2 <sub>a</sub>	A	B	
	2 <sub>b</sub>	A		C
	3	A	B	C

A: 03 de Mayo, B: 16 de Mayo y C: 30 de Mayo de 2008

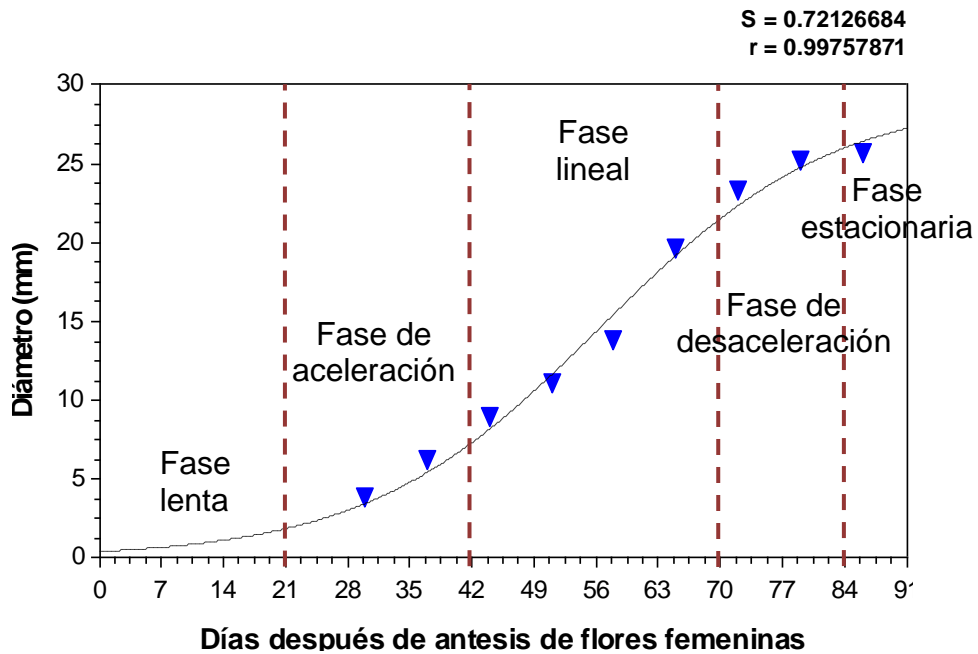
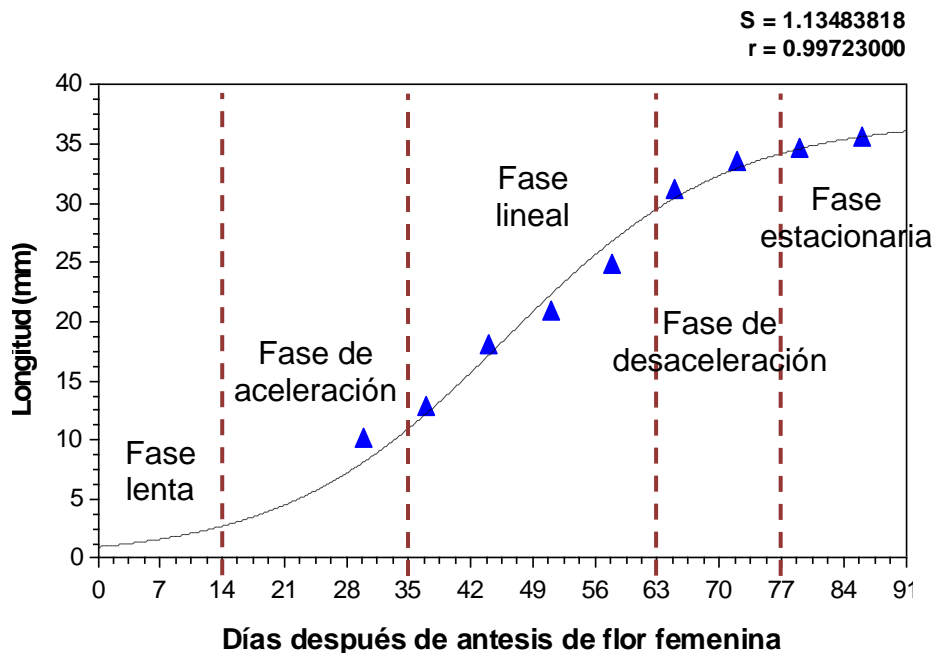


Figura 4.1. Cinética de crecimiento del fruto de litchi cv. Brewster. A) Longitud del fruto (mm) y, B) Diámetro del fruto (mm).

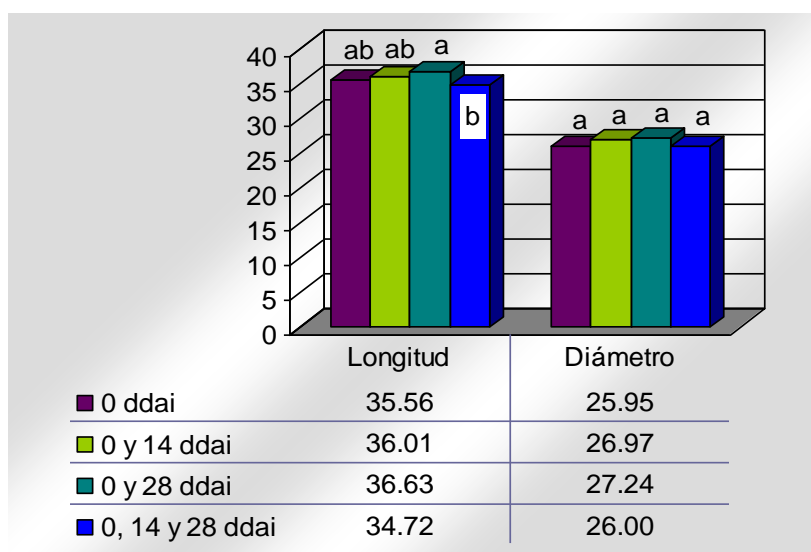


Figura 4.2. Efecto del número y fecha de aplicación de los reguladores de crecimiento sobre la longitud y el diámetro del fruto cosechado.

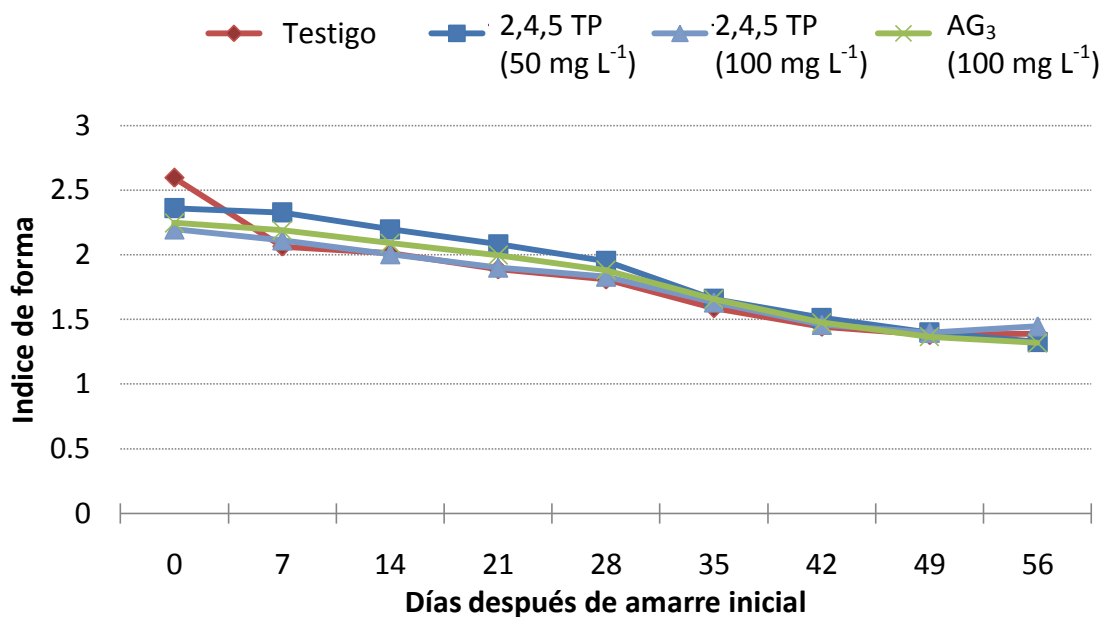


Figura 4.3. Dinámica del índice de forma durante el desarrollo del fruto de litchi 'brewster' en los tratamientos 2,4,5 TP (50 y 100 mg L<sup>-1</sup>) y AG<sub>3</sub> (100 mg L<sup>-1</sup>).

Cuadro 4.3. Longitud del fruto cosechado de litchi 'brewster' en respuesta a dos dosis y cuatro fechas de aplicación de 2,4,5 TP (50 y 100 mg L<sup>-1</sup>), TDZ (5 y 10 mg L<sup>-1</sup>), BA (50 y 100 mg L<sup>-1</sup>), y AG<sub>3</sub> (50 y 100 mg L<sup>-1</sup>).

Tratamientos	Longitud final del fruto (mm)			
	1 aplicación (0 ddai)	2 aplicaciones (0 y 14 ddai)	2 aplicaciones (0 y 28 ddai)	3 aplicaciones (0, 14 y 28 ddai)
Testigo	35.60 ae	35.10 ae	35.07 ae	35.13 ae
2,4,5 TP (mg L <sup>-1</sup> )				
50	37.63 ad	39.37 ab	37.10 ad	35.13 ae
100	34.43 af	34.40 af	39.33 ab	35.50 ae
TDZ (mg L <sup>-1</sup> )				
5	34.27 af	37.17 ad	40.33 a	38.17 ac
10	35.37 ae	37.27 ad	38.40 ac	28.60 f
BA (mg L <sup>-1</sup> )				
50	35.47 ae	35.83 ad	36.80 ad	29.53 ef
100	34.00 bf	35.93 ad	34.50 af	37.40 ad
GA <sub>3</sub> (mg L <sup>-1</sup> )				
50	37.70 ad	32.67 cf	35.70 ae	35.23 ae
100	35.53 ae	36.33 ad	31.77 df	35.97 ad
Media general	35.55	36.01	36.63	34.72
C . V .	6.41	5.04	8.84	12.63

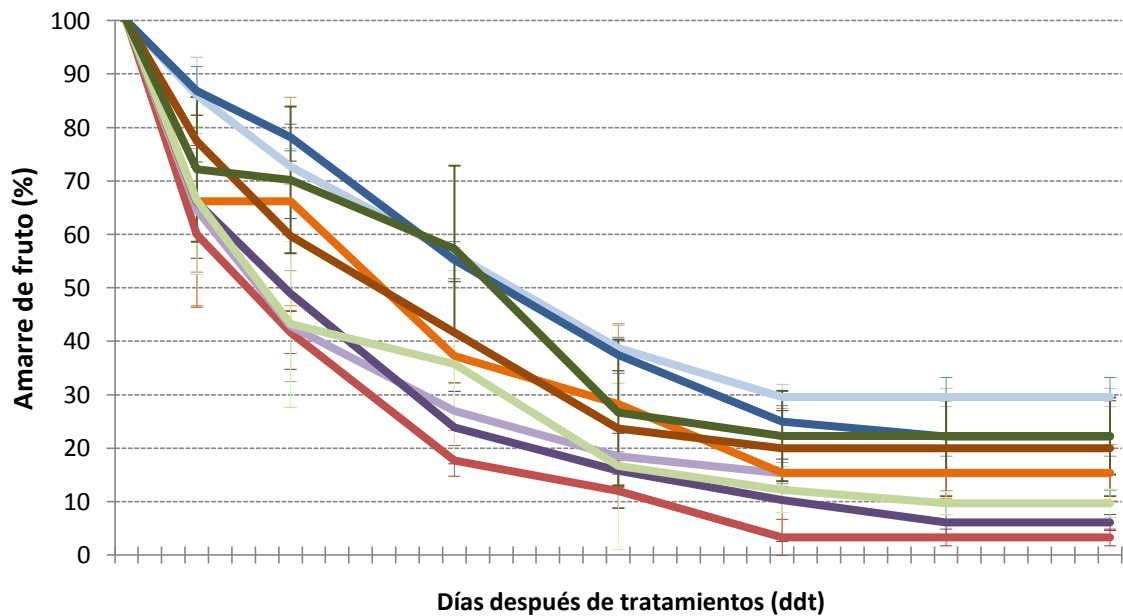
Medias con diferente letra entre columnas e hileras son estadísticamente diferentes (Duncan, p≤0.05)

Cuadro 4.4. Diámetro del fruto cosechado de litchi 'brewster' en respuesta a dos dosis y cuatro fechas de aplicación de 2,4,5 TP (50 y 100 mg L<sup>-1</sup>), TDZ (5 y 10 mg L<sup>-1</sup>), BA (50 y 100 mg L<sup>-1</sup>), y AG<sub>3</sub> (50 y 100 mg L<sup>-1</sup>).

Tratamientos	Diámetro final del fruto (mm)			
	1 aplicación (0 ddai)	2 aplicaciones (0 y 14 ddai)	2 aplicaciones (0 y 28 ddai)	3 aplicaciones (0, 14 y 28 ddai)
Testigo	26.20 ad	27.03 ad	22.93 be	25.90 ae
2,4,5 TP (mg L <sup>-1</sup> )				
50	27.37 ad	29.90 a	29.27 ac	26.10 ae
100	25.90 ae	22.27 de	29.53 ab	26.50 ad
TDZ (mg L <sup>-1</sup> )				
5	25.17 ae	27.50 ad	29.90 a	27.83 ad
10	25.67 ae	28.10 ad	28.87 ad	19.55 e
BA (mg L <sup>-1</sup> )				
50	24.67 ae	26.23 ad	27.10 ad	22.93 be
100	24.47 ae	26.83 ad	28.55 ad	28.63 ad
GA <sub>3</sub> (mg L <sup>-1</sup> )				
50	26.97 ad	27.23 ad	27.00 ad	27.40 ad
100	27.17 ad	27.63 ad	22.47 ce	27.13 ad
Media general	25.95	26.97	27.24	26.00
C . V .	8.01	8.97	12.99	18.15

Medias con diferente letra entre columnas e hileras son estadísticamente diferentes (Duncan, p≤0.05)





— Testigo      — 50 TP      — 100 TP      — 5 TDZ      — 10 TDZ  
— 50 BA      — 100 BA      — 50 GA      — 100 GA

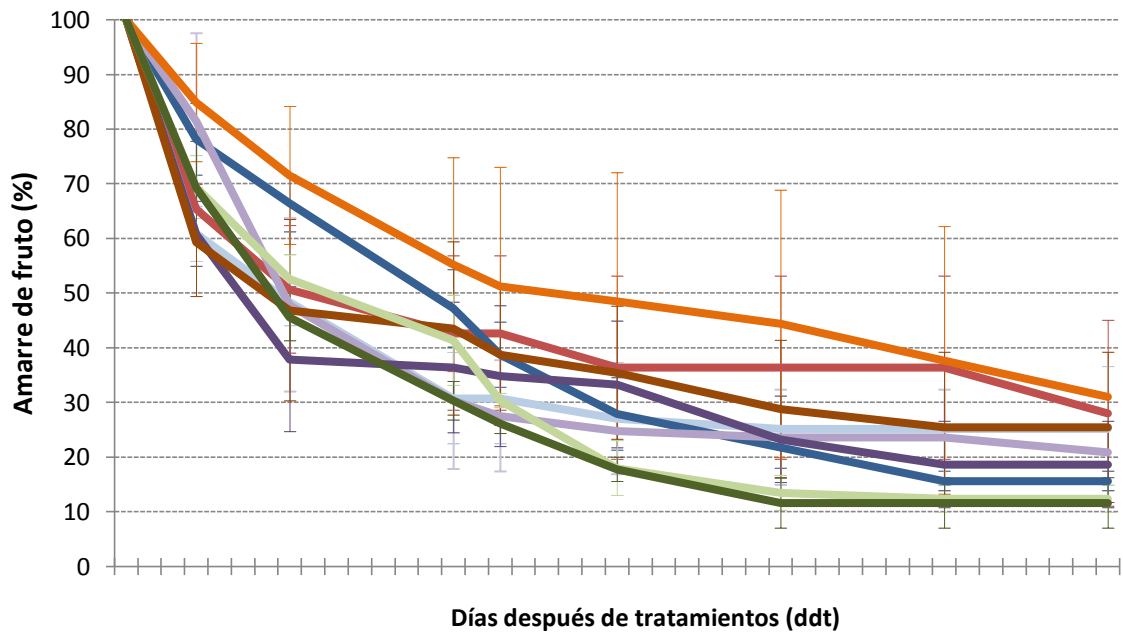


Figura 4.4. Dinámica de amarre en frutos asperjados con 2,4,5 TP (50 y 100 mg L<sup>-1</sup>), TDZ (5 y 10 mg L<sup>-1</sup>), BA (50 y 100 mg L<sup>-1</sup>), y AG<sub>3</sub> (50 y 100 mg L<sup>-1</sup>). A) Una aplicación 0 ddai y, B) dos aplicaciones 0 y 14 ddai.

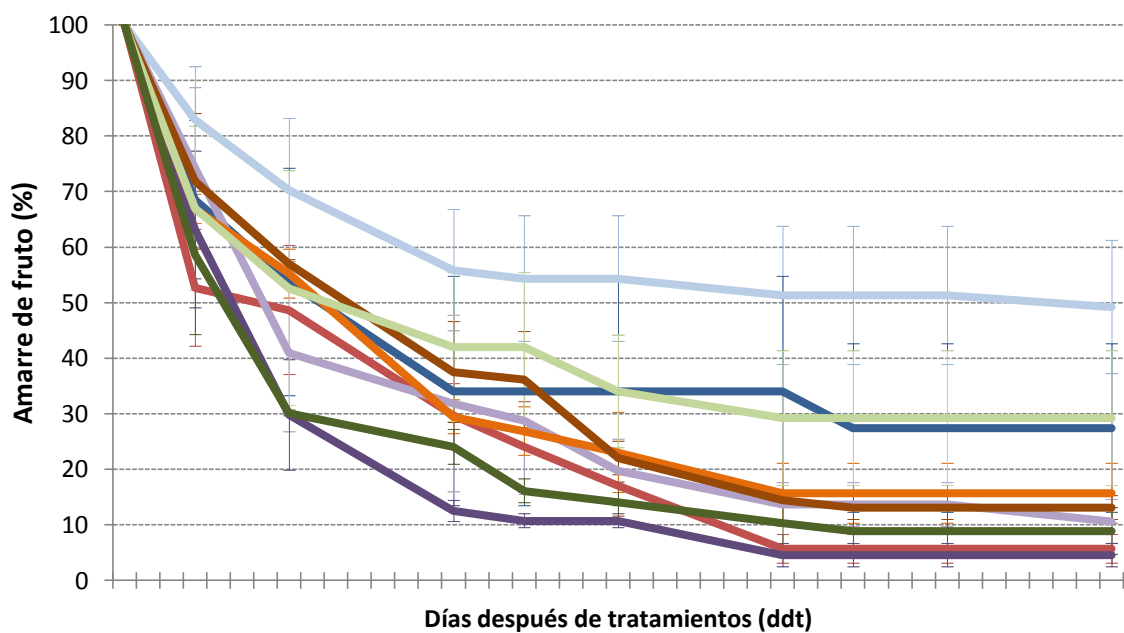
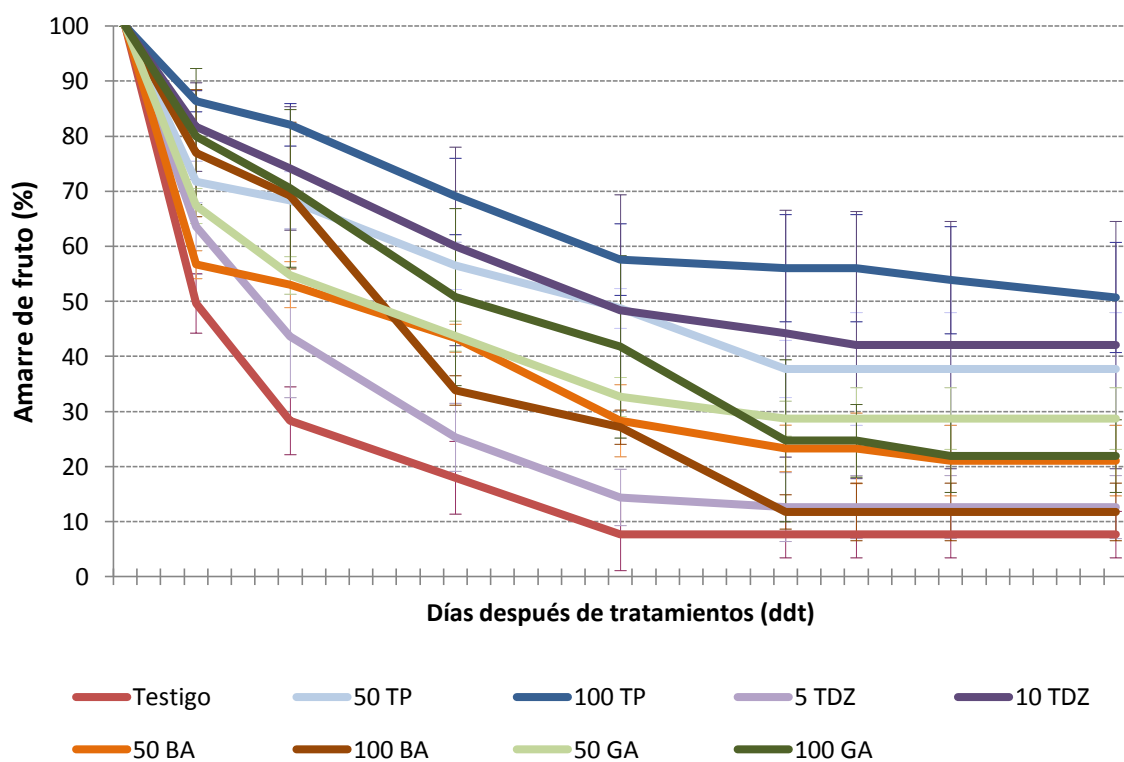


Figura 4.5. Dinámica de amarre en frutos asperjados con 2,4,5 TP (50 y 100 mg L<sup>-1</sup>), TDZ (5 y 10 mg L<sup>-1</sup>), BA (50 y 100 mg L<sup>-1</sup>), y AG<sub>3</sub> (50 y 100 mg L<sup>-1</sup>). A) Dos aplicaciones 0 y 28 ddai y, B) tres aplicaciones 0, 14 y 28 ddai.

Cuadro 4.5. Número de frutos cosechados por panícula en respuesta a dos dosis y cuatro fechas de aplicación de 2,4,5 TP (50 y 100 mg L<sup>-1</sup>), TDZ (5 y 10 mg L<sup>-1</sup>), BA (50 y 100 mg L<sup>-1</sup>), y AG<sub>3</sub> (50 y 100 mg L<sup>-1</sup>).

Tratamientos	Frutos panícula <sup>-1</sup> (No.)			
	1 aplicación (0 ddai)	2 aplicaciones (0 y 14 ddai)	2 aplicaciones (0 y 28 ddai)	3 aplicaciones (0, 14 y 28 ddai)
Testigo	2.33 be	2.60 be	2.23 be	2.23 be
2,4,5 TP (mg L <sup>-1</sup> )				
50	2.70 be	4.40 ac	6.07 a	4.63 ab
100	2.43 be	1.83 be	3.83 ad	0.57 e
TDZ (mg L <sup>-1</sup> )				
5	1.57 ce	2.67 be	2.17 be	2.10 be
10	1.83 be	1.93 be	0.77 e	1.53 de
BA (mg L <sup>-1</sup> )				
50	2.23 be	2.10 be	2.43 be	2.10 be
100	2.47 be	2.50 be	3.13 be	2.20 be
GA <sub>3</sub> (mg L <sup>-1</sup> )				
50	2.43 be	2.07 be	2.53 be	3.07 be
100	2.83 be	1.93 be	4.07 ad	1.37 de
Media general	2.31	2.45	3.03	2.20
C . V .	56.81	53.72	60.68	47.14

Medias con diferente letra entre columnas e hileras son estadísticamente diferentes (Duncan, p≤0.05)

Cuadro 4.6. Peso del fruto de litchi 'brewster' en respuesta a dos dosis y a cuatro fechas de aplicación de 2,4,5 TP (50 y 100 mg L<sup>-1</sup>), TDZ (5 y 10 mg L<sup>-1</sup>), BA (50 y 100 mg L<sup>-1</sup>), y AG<sub>3</sub> (50 y 100 mg L<sup>-1</sup>).

Tratamientos	Peso del fruto (g)			
	1 aplicación (0 ddai)	2 aplicaciones (0 y 14 ddai)	2 aplicaciones (0 y 28 ddai)	3 aplicaciones (0, 14 y 28 ddai)
Testigo	15.03 ah	14.57 bh	12.97 gi	13.23 fi
2,4,5 TP (mg L <sup>-1</sup> )				
50	15.37 ah	16.20 ag	15.87 ah	19.30 a
100	11.80 hi	18.57 ac	17.27 ag	10.30 i
TDZ (mg L <sup>-1</sup> )				
5	13.77 ei	16.33 ag	17.57 af	18.30 ad
10	13.93 di	15.63 ah	15.87 ah	17.80 ae
BA (mg L <sup>-1</sup> )				
50	14.57 bh	13.03 gi	16.07 ah	18.63 ab
100	14.17 ci	14.57 bh	15.47 ah	18.53 ac
GA <sub>3</sub> (mg L <sup>-1</sup> )				
50	14.67 bg	15.77 ah	13.67 Fi	19.10 a
100	14.30 bi	15.53 ah	16.97 ag	18.33 ac
Media general	14.18	15.58	15.71	17.06
C . V .	12.47	17.43	12.73	12.44

Medias con diferente letra entre columnas e hileras son estadísticamente diferentes (Duncan, p≤0.05)

Cuadro 4.7. Peso del raquis de la panícula de litchi 'brewster' en respuesta a dos dosis y cuatro fechas de aplicación de 2,4,5 TP (50 y 100 mg L<sup>-1</sup>), TDZ (5 y 10 mg L<sup>-1</sup>), BA (50 y 100 mg L<sup>-1</sup>), y AG<sub>3</sub> (50 y 100 mg L<sup>-1</sup>).

Tratamientos	Peso del raquis (g)			
	1 aplicación (0 ddai)	2 aplicaciones (0 y 14 ddai)	2 aplicaciones (0 y 28 ddai)	3 aplicaciones (0, 14 y 28 ddai)
Testigo	4.37 cd	3.50 cd	3.07 cd	3.57 cd
2-4-5 TP (mg L <sup>-1</sup> )				
50	5.57 ad	5.33 ad	7.60 a	5.47 ad
100	3.73 cd	3.80 cd	5.33 ad	5.23 ad
TDZ (mg L <sup>-1</sup> )				
5	5.50 ad	6.47 ab	5.40 ad	5.47 ad
10	4.40 cd	5.33 ad	6.03 ac	4.00 cd
BA (mg L <sup>-1</sup> )				
50	3.67 cd	3.63 cd	5.13 ad	3.17 cd
100	2.50 d	3.03 cd	4.23 cd	4.53 bd
GA <sub>3</sub> (mg L <sup>-1</sup> )				
50	5.87 ac	3.07 cd	5.47 ad	5.53 ad
100	4.03 cd	3.77 cd	5.77 ac	2.53 d
Media general	4.40	4.21	5.34	4.39
C . V .	49.51	17.19	25.65	31.84

Medias con diferente letra entre columnas e hileras son estadísticamente diferentes (Duncan, p≤0.05)

Cuadro 4.8. Peso del arilo en frutos de litchi 'brewster' a cosecha en respuesta a dosis y cuatro fechas de aplicación de 2,4,5 TP (50 y 100 mg L<sup>-1</sup>), TDZ (5 y 10 mg L<sup>-1</sup>), BA (50 y 100 mg L<sup>-1</sup>), y AG<sub>3</sub> (50 y 100 mg L<sup>-1</sup>).

Tratamientos	Peso del arilo (g)			
	1 aplicación (0 ddai)	2 aplicaciones (0 y 14 ddai)	2 aplicaciones (0 y 28 ddai)	3 aplicaciones (0, 14 y 28 ddai)
Testigo	9.10 ai	7.80 cj	6.67 hj	6.87 gj
2-4-5 TP (mg L <sup>-1</sup> )				
50	8.53 aj	8.23 bj	9.37 ah	11.43 a
100	5.97 jk	11.20 ab	10.87 ac	3.73 k
TDZ (mg L <sup>-1</sup> )				
5	7.70 dj	8.67 aj	9.57 ah	9.80 ag
10	7.43 fj	7.33 Fj	7.70 dj	9.73 ah
BA (mg L <sup>-1</sup> )				
50	7.87 cj	6.27 lk	9.40 ah	10.17 af
100	7.97 cj	7.33 Fj	8.83 aj	10.77 ad
GA <sub>3</sub> (mg L <sup>-1</sup> )				
50	8.20 bj	9.30 ai	7.63 ej	10.67 ae
100	7.93 cj	8.50 aj	10.37 af	10.13 af
Media general	7.85	8.29	8.93	9.25
C. V .	17.75	22.89	16.95	13.62

Medias con diferente letra entre columnas e hileras son estadísticamente diferentes (Duncan, p≤0.05)

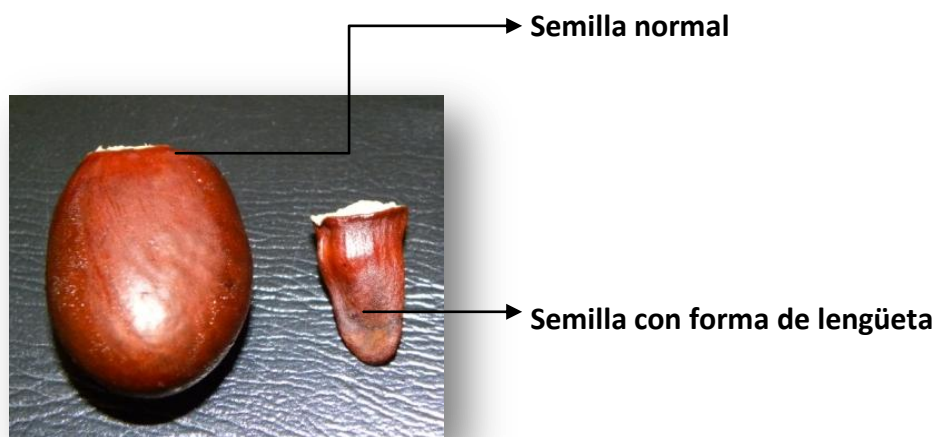


Figura 4.6. Tipos de semilla en frutos de litchi 'brewster', colectados en la cosecha de los meses de junio y julio de 2008 en el Jicote, Nay.

Cuadro 4.13. Ingreso bruto, costos totales e ingreso neto a partir de la aplicación de 50 mg L<sup>-1</sup> de 2,4,5-TP y 100 mg L<sup>-1</sup> de AG<sub>3</sub> en una hectárea de litchi 'brewster'.

Tratamientos	Rendimiento (kg ha <sup>-1</sup> )	Precio (\$ kg)	Ingreso bruto (\$ ha)	Costos (\$ ha)	Ingreso neto (\$ ha)
Testigo	549	28	15 385	8 340	7 045
2,4,5-TP (50 mg L <sup>-1</sup> ) <sup>z</sup>	1 255	28	35 127	32 430	2 697
2,4,5-TP (50 mg L <sup>-1</sup> ) <sup>w</sup>	1 695	28	47 472	32 430	15 042
2,4,5-TP (50 mg L <sup>-1</sup> ) <sup>x</sup>	1 573	28	44 036	43 455	581
GA <sub>3</sub> (100 mg L <sup>-1</sup> ) <sup>w</sup>	1 216	28	34 037	10 400	23 637

Dos aplicaciones: a los 0-14 ddai<sup>z</sup> y 0-28 ddai<sup>w</sup>; <sup>x</sup>tres aplicaciones: a los 0-14-28 ddai

Cuadro 4.9. Peso de la cáscara en frutos de litchi 'Brewster' a cosecha en respuesta a dos dosis y cuatro fechas de aplicación de 2,4,5 TP (50 y 100 mg L<sup>-1</sup>), TDZ (5 y 10 mg L<sup>-1</sup>), BA (50 y 100 mg L<sup>-1</sup>), y AG<sub>3</sub> (50 y 100 mg L<sup>-1</sup>).

Tratamientos	Peso de la cáscara (g)			
	1 aplicación (0 ddai)	2 aplicaciones (0 y 14 ddai)	2 aplicaciones (0 y 28 ddai)	3 aplicaciones (0, 14 y 28 ddai)
Testigo	3.67 gj	3.73 gj	3.53 ij	3.80 Fj
2,4,5 TP (mg L <sup>-1</sup> )				
50	4.40 aj	4.87 ah	4.50 aj	5.47 ab
100	3.80 fj	4.67 ai	4.40 aj	4.93 ag
TDZ (mg L <sup>-1</sup> )				
5	3.57 hj	4.50 aj	5.30 ac	5.63 A
10	3.73 gj	5.07 af	5.13 ad	5.40 ab
BA (mg L <sup>-1</sup> )				
50	3.67 gj	3.83 ej	4.07 cj	5.10 ae
100	3.27 j	3.83 ej	4.23 bj	4.70 ai
GA (mg L <sup>-1</sup> )				
50	3.73 gj	3.73 gj	3.60 hj	5.40 ab
100	3.67 gj	3.93 dj	4.10 cj	4.77 ai
Media general	3.72	4.24	4.32	5.02
C . V .	8.56	15.50	13.86	17.77

Medias con diferente letra entre columnas e hileras son estadísticamente diferentes (Duncan, p≤0.05)



Cuadro 4.10. Peso de la semilla de litchi 'brewster' en respuesta a dos dosis y cuatro fechas de aplicación de 2,4,5 TP (50 y 100 mg L<sup>-1</sup>), TDZ (5 y 10 mg L<sup>-1</sup>), BA (50 y 100 mg L<sup>-1</sup>), y AG<sub>3</sub> (50 y 100 mg L<sup>-1</sup>).

Tratamientos	Peso de la semilla (g)			
	1 aplicación (0 ddai)	2 aplicaciones (0 y 14 ddai)	2 aplicaciones (0 y 28 ddai)	3 aplicaciones (0, 14 y 28 ddai)
Testigo	2.27 ac	3.03 ac	2.77 ac	2.57 ac
2,4,5 TP (mg L <sup>-1</sup> )				
50	2.43 ac	3.10 ab	2.00 bc	2.40 ac
100	2.03 ac	2.70 ac	2.00 bc	1.63 c
TDZ (mg L <sup>-1</sup> )				
5	2.50 ac	3.17 ab	2.70 ac	2.87 ac
10	2.77 ac	3.23 ab	3.03 ac	2.67 ac
BA (mg L <sup>-1</sup> )				
50	3.03 ac	2.93 ac	2.60 ac	3.37 ab
100	2.93 ac	3.40 ab	2.40 ac	3.07 ab
GA <sub>3</sub> (mg L <sup>-1</sup> )				
50	2.73 ac	2.73 ac	2.13 ac	3.03 ac
100	2.70 ac	3.10 ab	2.50 ac	3.43 a
Media general	2.60	3.04	2.46	2.78
C. V .	19.41	27.45	27.64	25.47

Medias con diferente letra entre columnas e hileras son estadísticamente diferentes (Duncan, p≤0.05)

Cuadro 4.11. Composición porcentual del arilo, cáscara y semilla de litchi 'brewster' en frutos con aplicaciones de 2,4,5 TP (50 y 100 mg L<sup>-1</sup>), TDZ (5 y 10 mg L<sup>-1</sup>), BA (50 y 100 mg L<sup>-1</sup>) y GA<sub>3</sub> (50 y 100 mg L<sup>-1</sup>).

Componentes del fruto	Tratamientos	Porcentaje de los componentes (%)			
		1 aplicación (0 ddai)	2 aplicaciones (0 y 14 ddai)	2 aplicaciones (0 y 28 ddai)	3 aplicaciones (0, 14 y 28 ddai)
Arilo	Testigo	60.48 ab	54.17 ae	51.42 ae	52.09 ae
	2,4,5 TP (mg L <sup>-1</sup> )				
	50	55.53 ae	51.47 ae	58.98 ac	59.38 ac
	100	50.31 be	60.14 ab	62.95 a	36.75 f
	TDZ (mg L <sup>-1</sup> )				
	5	55.97 ae	52.42 ae	53.75 ae	53.50 ae
	10	52.87 ae	46.32 de	48.34 ce	54.98 ae
	BA (mg L <sup>-1</sup> )				
	50	53.83 ae	45.95 e	58.49 ac	54.75 ae
	100	56.15 ae	50.25 be	57.11 ad	58.06 ac
	GA <sub>3</sub> (mg L <sup>-1</sup> )				
	50	55.61 ae	58.79 ac	57.26 ad	55.85 ae
	100	55.16 ae	54.83 ae	61.19 ab	55.03 ae
	Media	55.10	52.70	56.61	53.38
C . V.	3.77	6.88	5.13	4.97	
Semilla	Testigo	14.76 ad	20.34 ac	21.29 ab	19.12 ad
	2,4,5 TP (mg L <sup>-1</sup> )				
	50	15.58 ad	18.70 ad	12.64 cd	12.28 cd
	100	17.38 ad	14.70 ad	11.59 d	15.28 bd
	TDZ (mg L <sup>-1</sup> )				
	5	18.13 ad	19.82 ac	15.50 ad	15.56 ad
	10	20.20 ac	20.96 ab	19.34 ad	15.10 ad

Cuadro 4.11. Continuación

	BA (mg L <sup>-1</sup> )				
	50	20.79 ab	23.67 a	16.10 ad	17.95 ad
	100	20.69 ab	23.42 a	15.53 ad	16.54 ad
	GA <sub>3</sub> (mg L <sup>-1</sup> )				
	50	18.75 ad	16.77 ad	15.82 ad	15.75 ad
	100	19.03 ad	19.79 ac	14.70 ad	18.97 ad
	Media	18.37	19.80	15.83	16.28
	C. V .	8.05	12.14	13.29	14.62
	Testigo	24.77 eg	25.49 dg	27.29 bg	28.79 bg
	2,4,5 TP (mg L <sup>-1</sup> )				
	50	28.89 bg	29.83 bf	28.37 bg	28.34 bg
	100	32.31 bc	25.16 dg	25.46 dg	47.97 a
	TDZ (mg L <sup>-1</sup> )				
	5	25.90 dg	27.77 bg	30.76 bd	30.94 bd
	10	26.93 bg	32.72 b	32.32 bc	29.93 bf
Cáscara	BA (mg L <sup>-1</sup> )				
	50	25.38 dg	30.39 be	25.41 dg	27.30 bg
	100	23.16 g	26.33 cg	27.35 bg	25.39 dg
	GA <sub>3</sub> (mg L <sup>-1</sup> )				
	50	25.64 dg	24.44 fg	26.92 bg	28.40 bg
	100	25.82 dg	25.38 dg	24.10 fg	26.00 dg
	Media	26.53	27.50	27.55	30.34
	C. V .	5.33	5.88	4.58	5.28

Medias con diferente letra entre columnas e hileras son estadísticamente diferentes (Duncan,  $p \leq 0.05$ )

Cuadro 4.12. Sólidos solubles totales (°BRIX) en frutos de litchi 'brewster' a cosecha con aplicaciones de 2,4,5 TP (50 y 100 mg L<sup>-1</sup>), TDZ (5 y 10 mg L<sup>-1</sup>), BA (50 y 100 mg L<sup>-1</sup>) y GA<sub>3</sub> (50 y 100 mg L<sup>-1</sup>), en dos dosis y cuatro fechas de aplicación.

Tratamientos	Sólidos solubles totales (° Brix)			
	1 aplicación (0 ddai)	2 aplicaciones (0 y 14 ddai)	2 aplicaciones (0 y 28 ddai)	3 aplicaciones (0, 14 y 28 ddai)
Testigo	20.47 ab	20.13 ab	19.40 ad	18.77 ad
2,4,5 TP (mg L <sup>-1</sup> )				
50	19.57 ac	18.50 ad	19.40 ad	18.27 ad
100	19.67 ab	19.37 ad	18.90 ad	14.93 e
TDZ (mg L <sup>-1</sup> )				
5	20.40 ab	18.63 ad	19.37 ad	18.10 ad
10	20.37 ab	17.07 ce	16.93 de	17.93 bd
BA (mg L <sup>-1</sup> )				
50	18.63 ad	18.10 ad	18.37 ad	19.40 ad
100	19.43 ad	19.83 ab	20.67 a	18.93 ad
GA <sub>3</sub> (mg L <sup>-1</sup> )				
50	19.07 ad	20.23 ab	19.63 ac	18.67 ad
100	19.93 ab	20.10 ab	19.57 ac	18.83 ad
Media general	19.73	19.11	19.14	18.20
C . V .	3.87	7.12	6.74	8.67

Medias con diferente letra entre columnas e hileras son estadísticamente diferentes (Duncan, p≤0.05)

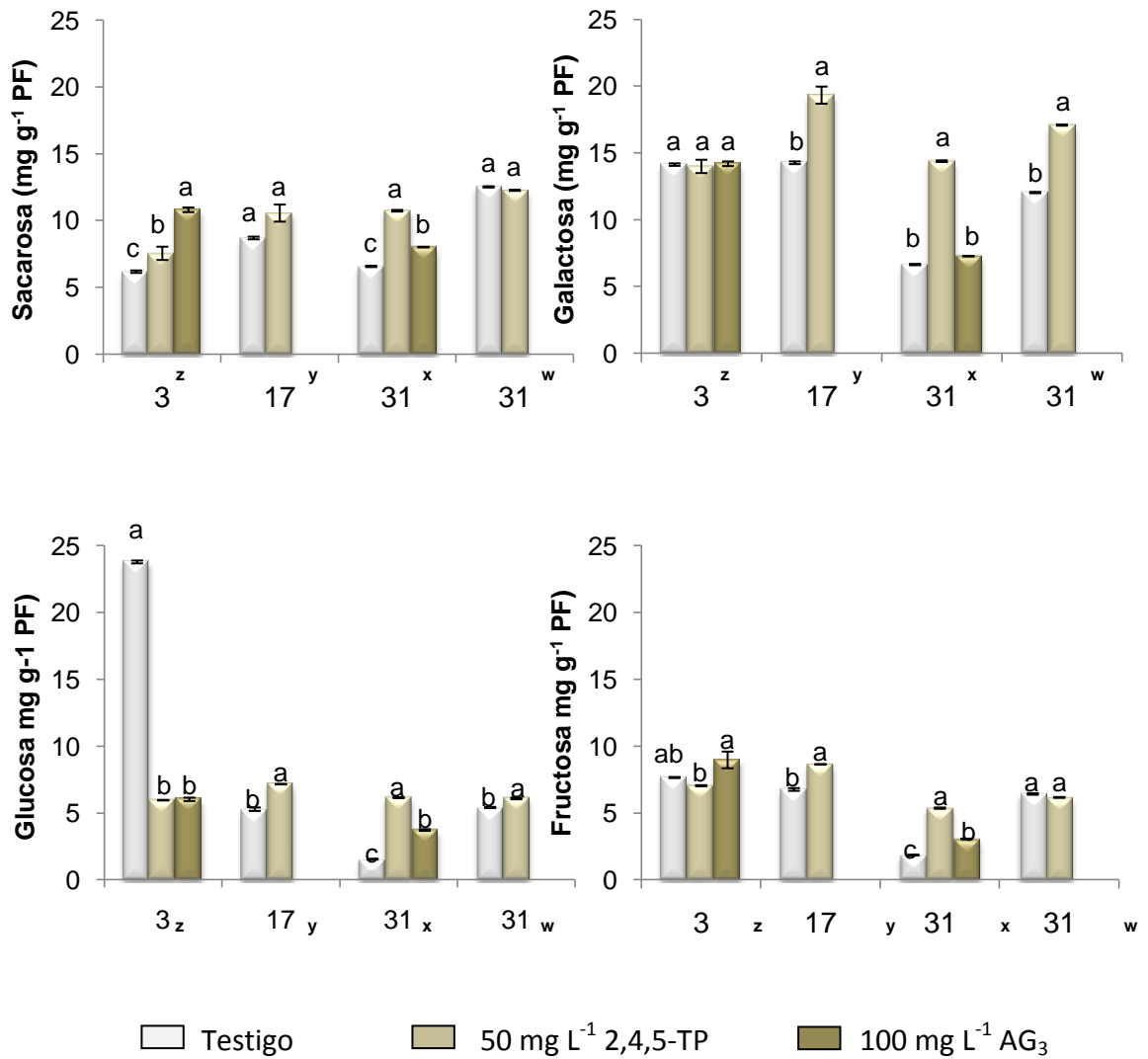


Figura 4.7. Contenido de sacarosa, galactosa, glucosa y fructosa (mg g<sup>-1</sup> PF) en panículas de litchi 'Brewster' asperjadas con 2,4,5 TP (50 y 100 mg L<sup>-1</sup>) y AG<sub>3</sub> (100 mg L<sup>-1</sup>) a los 0<sup>z</sup>, 0-14<sup>y</sup>, 0-28<sup>x</sup> y 0-14-28<sup>w</sup> ddai. Lecturas al tercer día de cada aplicación.

Cuadro 4.14. Costos totales generados por la aplicación de 2,4,5-TP y AG<sub>3</sub> en una hectárea de litchi 'brewster'.

Actividad	Unidad	Valor unitario (\$)	Cantidad (ha <sup>-1</sup> )	Costo parcial (\$ ha <sup>-1</sup> )	Costo total (\$ ha <sup>-1</sup> )
<b>Producto</b>					
50 mg L <sup>-1</sup> 2,4,5 TP (° reactivo)	1 g	441	50 g <sup>z-y</sup>	22 050	<b>24 090</b>
50 mg L <sup>-1</sup> 2,4,5 TP (° reactivo)	1 g	441	75 g <sup>x</sup>	33 075	<b>35 115</b>
AG <sub>3</sub> (Proggip®)	10 g	100	2 g <sup>y</sup>	20	<b>2 060</b>
<b>Aspersión</b>					
Mano de obra	Jornal	120	2	240	
<b>Asesoría técnica</b>					
Visita a la huerta	Asesoría	900	2	1 800	

Dos aplicaciones: a los 0-14<sup>z</sup> y 0-28 ddai<sup>y</sup>; tres aplicaciones: a los 0-14-28 ddai<sup>x</sup>

Cuadro 4.15. Indicadores de rentabilidad en en litchi 'brewster' para los tratamientos testigo, 2,4,5-TP (50 mg L<sup>-1</sup>) y AG<sub>3</sub> (100 mg L<sup>-1</sup>) en el ciclo 2007-2008.

Tratamientos	Indicadores de rentabilidad		
	VALOR ACTUAL NETO (VAN) <sup>z</sup>	TASA BENEFICIO COSTO (B/C) <sup>z</sup>	TASA RENT. INTERNA (TIR)
Testigo	31654.16	1.84	0.70
2,4,5 TP (50 mg L <sup>-1</sup> )	67583.11	1.46	1.00
AG <sub>3</sub> (100 mg L <sup>-1</sup> )	106199.52	3.27	1.00

Valores de los ingresos y costos totales actualizados a 10 años con la tasa de interés i=18. Tasa de cambio 1 US\$ = \$ 12 pesos.

## LITERATURA CITADA

- Abbot, C. E. 1935. Blossom-bud differentiation in citrus trees. *Amer. J. Bot.* 22:476-485.
- Ali, A. G., and C. J. Lovatt. 1994. Winter application of low biuret urea to the foliage 'Washington' navel orange increased yield. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 119:1144-1150.
- Alvarado-Raya, H., J. Rodríguez-Alcázar, G. Calderón-Zavala, y E. Cárdenas-Soriano. 2000. El thidiazurón, la brotación floral y las dimensiones del ovario en ciruelo japonés (*Prunus salicina* L.) 'Shiro'. *Agrociencia* 34:321-327.
- Avitia G., E., y A. M. Castillo González. 2007. Desarrollo floral en frutales. Primera edición. Universidad Autónoma Chapingo. 142 p.
- Applewhite, P. B., R. Kaur-Sawhney and A. W. Galston. 2000. A role for spermidine in the bolting and flowering of *Arabidopsis*. *Physiol Plant.* 108:314–320
- Bangerth, F. 2006. Flower induction in perennial fruit trees: Still an enigma?. *Acta Hort.* 727:177-195.
- Barden, J.A. (1974). Net photosynthesis, dark respiration, specific leaf weight, and growth of young apple trees as influenced by light regime. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 99: pp. 547-551.
- Barden, J.A. (1977). Apple tree growth, net photosynthesis, dark respiration, specific leaf weight, and growth of young apple trees as affected by continuous and intermittent shade. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 103: pp. 391-394.
- Batten, D. J., and E. Lahav. 1994. Base temperatures for growth processes of lychee, a recurrently flushing tree, are similar but optima differ. *Australian Journal of Plant Physiol.* **21**(5):589–602.
- Beevers, H., and M. Gibbs. 1954. The direct oxidation pathway in plant respiration. *Plant Physiol.* 29(4):322-324.
- Bernier, G., 1988. The control of floral evocation y morphogenesis. *Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.* 39:175-219.

- Bernier, G. and C. Périlleux. 2005. A physiological overview of the genetics of flowering time control. *Plant Biotech. J.* 3:3-16.
- Bernier, G., A. Havelange, C. Houssa, A. Petitjean, and P. Lejeune. 1993. Physiological signals that induce flowering. *Plant Cell* 5:1147-1155.
- Bernier, G., L. Corbesier, and C. Périlleux,. 2002. The flowering process: on the track of controlling factors in *Sinapis alba*. *Russ. J. Plant Physiol.* 49:445–450.
- Bodson, M., and W. H. Jr. Outlaw. 1985. Elevation in the sucrose content of the shoot apical meristem of *Sinapis alba* at floral evocation. *Plant Physiol.* 79:420-424.
- Buban, T., and M. Faust. 1982. Flower bud induction in apple trees: internal control and differentiation. *Hort. Rev.* 4:174-203.
- Caffaro, S. V., and C. Vicente. 1995. Early changes in the content of leaf polyamines during the photoperiodic flowering induction in soybean. *J. Plant Physiol.* 145:756–758.
- Calderón-Zavala, G., and J. Rodríguez-Alcázar. 2000. Thidiazuron (N-phenil-n-(1,2,3-thidiazol-5-yl) urea) as a promoter of budbreak on peach (*Prunus persica* L. Batsch) and japanese plum (*Prunus salicina* Lindl.). *Rev. Chapingo S. Hort.* 6(1):117-120.
- Caspari, H. W., A. Lang, and P. Alspach. 1998. Effects of girdling and leaf removal and vegetative growth in grape. *Amer. J. Enology and Viticulture* 49(4):359-366.
- Chailakhyan, M. K. 1937. Concerning the hormonal nature of plant development processes. *Doklady Akad Nauk SSSR* 16:227-230
- Chamhum, L. C, D. López de S., and M. E. Canto P. 2006. Desenvolvimento do fruto da lichieira (*Litchi chinensis* Sonn.) ‘Bengal’. *Rev. Bras. Frutic.* 28(1):11-13.
- Chang, J. C., y T. S. Lin. 2006. GA<sub>3</sub> increases fruit weight in ‘Yu Her Pau’ litchi. *Sci. Hort.* 108:442–443.
- Chen, W. S. 1987. Endogenous growth substances in relation to shoot growth and flower and development of mango. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 112:360-363.
- Chen, W. S. and M. L. Ku. 1988. Etephon and kinetin reduce shoot length and increase flower bud formation in lychee. *Hortscience* 23:1078.



- Chen, W. S. 1990. Endogenous growth substances in xylem and shoot tip diffusate of lychee in relation to flowering. *Hortscience* 25(3):314-315.
- Chen, W. S. 1991. Changes in cytokinins before and during early flower bud differentiation in lychee (*Litchi chinensis* Sonn.). *Plant Physiol.* 96:1203-1206.
- Coen, H. S. and E. M. Meyerowitz. 1991. The war of the whorls: Genetic interactions controlling flower development. *Nature* 353: 31–37.
- Cooke, R. and D. I. Randall. 1968. 2-Haloethane phosphonic acids as ethylene releasing agents for the induction of flowering in pineapples. *Nature* 218:974–975.
- Cooper, W. C., and P.C. Reese. 1942. Induced flowering of pineapples under Florida conditions. *Proc. Florida State Hort. Soc.* **54**: 132–138.
- Corbesier, L., and G. Coupland. 2006. The quest for florigen: a review of recent progress. *J. Exp. Bot.* 57(13):3395-3403.
- Corbesier, L., P. Lejeune, and Bernier G. 1998. The role of carbohydrates in the induction of flowering in *Arabidopsis thaliana*: comparison between the wild type and a starchless mutant. *Planta* 206(1):131-7
- Cowart, F. F. 1935. Apple leaf structure as related to position of the leaf upon the shoot and type of growth. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 33:145-148.
- Darnell, L. R., R., Cano-Medrano, E.K., Koch, and L. M., Avery. 1994. Differences in sucrose metabolism relative to accumulation of bird-deterrent sucrose levels in fruits of wild and domestic *Vaccinium* species. *Physiol. Plantarum.* 92:336-342.
- Davenport, T. L. 1990. Citrus flowering. *Hort. Rev.* 12:349-408.
- Davie, S. J., P.J.C. Stassen, and H. G. Grove. 1995. Starch reserve in mango trees. *Acta Hort.* 509:247.
- Díaz-Montenegro, D. H. 2002. *Fisiología de árboles frutales.* AGT editores S. A. 390 p.
- Essau, K. 1977. *Anatomy of seed plants.* Second edition. John Wiley and sons.
- Finazzo, S. F., T. L. Davenport, and B. Schaffer. 1994. Partitioning of photoassimilates in avocado (*Persea indica* Mill.) during flowering and fruit set. *Tree physiol.* 14:153-164.

- Flore, J. A. 1994. Stone fruit. In Handbook of environment physiology of fruit crops Vol 1. Temperate crops. Broce Scraffer. Peter C. Anderson (Editores) CRC Press. Inc.
- Galindo-Reyes, M. A., V. A. González-Hernández, A. Muratalla-Lúa, R. M. Soto-Hernández, y M. Livera-Muñoz. 2004. Producción forzada en zarzamora 'Comanche' mediante reguladores de crecimiento. Rev. Chapingo S. Hort. 10(2):205-209.
- García-Pérez, Eliseo, y A. B. G. Martins. 2006. Florescimento e fructificacao de lichieiras em funcao do anelamento de ramos. Rev. Bras. Frutic. 28(1):14-17.
- Gittinger, J. P. 1983. Análisis Económico de Proyectos Agrícolas. Segunda edición. Editorial Tecnos. 532 p.
- Hegele, M., F. Bangerth, D. Naphrom, P. Sruamsiri, and P. Manuochai. 2006. Control of flower induction in tropical/subtropical fruit trees by phytohormones using the example of longan and mango. Acta Hort. 727:217-276.
- Henderson, I. R., C. Shindo and C. Dean. 2003. The need for winter in the switch to flowering. Annu. Rev. Genet. 37:371-392.
- Hoda, M. N., N. B. Syamal, and V. S. Chhonkar. 1973. Effect of growth substances and zinc on litchi fruit drop. Indian J. Hort. 30:456-460.
- Huang, C. K., B. S. Chang, K. C. Wang, S. J. Her, T. W. Chen, Y. A. Chen, C. L. Cho, L. J. Liao, K. L. Huang, W. S. Chen, and Z. H. Liu. 2004. Changes in polyamine pattern are involved in floral initiation and development in *Polianthes tuberosa*. J. Plant Physiol. 161(6):709-713.
- Iglesias, D. J., M. Cercós, J. M. Colmenero-Flores, M. A. Naranjo, G. Ríos, E. Carrera, O. Ruiz-Rivero, I. Lliso, R. Morillon, F. R. Tadeo, and M. Talon. 2007. Braz. J. Plant. Physiol. 19 (4):332-362.
- Jackson, J. E., and J. W. Palmer. 1977. Effects of shade on the growth and cropping of apples trees. I. Experimental details and effects on vegetative growth. J. Hort. Sci. 52:245-252.
- Jaeger, K. E., A. Graf, and P. A. Wigge. 2006. The control of flowering in time and space. J. Exp. Bot. 57(13):3415-3418.

- Ji, Z. L., L. F. Liang, J. L. Liu, and G. T. Wang. 1992. Studies on the changes of endogenous hormone contents in litchi (*Litchi chinensis* Sonn.) fruits during development. *J. South. China Agric. Univer.* 13:93–98.
- Joubert, A. J. 1986. Litchi. In: Monselise, S.P. (ed.) *CRC Handbook of fruit set and development*. CRC Press. pp. 233-246.
- Kwiatkowska, D. 2008. Flowering and apical meristem growth dynamics. *J. Exp. Bot.* 59(2):187-201
- Klebs, G. 1913. Über das Verhältnis der Außenwelt zur Entwicklung der Pflanze. *Sitzber. Akad. Wiss. Heidelberg B* 5:1–47.
- Koch, K. E. 1996. Carbohydrate-modulated gene expression in plants. *Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.* 47:509–540.
- Kong, F., M. Zhang, S. Liao, S. Yu, J. Chi, and Z. Wei. 2010. Antioxidant activity of polysaccharide-enriched fractions extracted from pulp tissue of *Litchi Chinensis* Sonn. *Molecules* 15:2152-2165.
- Kulkarni, V. 1991. Tree vigour control in mango. *Acta Hort.* 291:229-234.
- Lacointe, A. 2000. Carbon allocation among tree organs: a review of basic process and representation in functional-structural tree models. *Ann. For. Sci.* 57:521-533.
- Lejeune, P., G. Bernier, and J. M. Kinet. 1991. Sucrose levels in leaf exudates as a function of floral induction in the long day plant *Sinapis alba*. *Plant physiol. Biochem.* 29:153-157.
- Lejeune, P., G. Bernier, M. C. Requier, and J. M. Kinet. 1993. Sucrose increase during floral induction in the phloem sap collected at the apical part of the shoot of the long day plant *Sinapis alba*. *Planta* 190:71-74.
- Li, C. B., and Y. Xiao. 2001. Girdling increases yield of ‘Nuomici’ Litchi. *Acta Hort.* 558:233-235
- Llamas-Llamas, J., E. Carvajal-Millán, A. Orozco-Avitia, A. Rascón-Chu, A. Romo-Chacón, V. M. Guerrero-Prieto, V. A. González-Hernández, y A. A. Gardea-Béjar. 2002. Respuesta metabólica y brotación de yemas de manzano por la aplicación de promotores de brotación. *Rev. Fitotec. Mex.* 25(4): 411-417.

- López R., G. F. 2001. Botánica. Anatomía, morfofisiología y diversidad. Universidad Autónoma Chapingo. Primera edición. 281 p.
- McConchie, C. A., and D. J. Batten. 1991. Fruit set in lychee (*Litchi chinensis* Sonn.). Variations between flowers, panicles and trees. Aust. J. Agric. Res. 42:1163-1172.
- McCree, K. J. 1972. The action spectrum, absorptance and quantum yield of photosynthesis in crop plants. Agric. Meteorol. 9:191-216.
- Menzel, C. M. 1983. The control of floral initiation in lychee: a review. Scientia Hort. 21:201-215.
- Menzel, C. M. 2001. The physiology of growth and cropping in lychee. Acta Hort. 558:175-183.
- Menzel, C. M., and D. R. Simpson. 1988. Effect of temperature on growth and flowering of litchi (*Litchi chinensis* Sonn.) cultivars. J. Hort. Sci. 63:347-358.
- Menzel, C. M., and Paxton. 1986. The effect of cincturing of different stages of vegetative flush maturity on the flowering of litchi (*Litchi chinensis* Sonn.). J. Hort. Sci. 61: 135-139
- Menzel, C. M., T. S. Rasmussen, and D. R. Simpson. 1989. Effects of temperature and leaf water stress on growth and flowering of litchi (*Litchi chinensis* Sonn.). J. Hort. Sci. 64:739-742.
- Menzel, C. M., and D. R. Simpson. 1990. Effect of environment on growth and flowering of lychee (*Litchi chinensis* Sonn.). Acta Hort. 275:161-166.
- Menzel, C. M., and D. R. Simpson. 1992. Growth, flowering and yield of lychee cultivar. Scientia Horticulturae 49(3-4):243-254.
- Menzel, C. M., and D. R. Simpson. 1994. Lychee. In the handbook of environmental physiology of fruit crops. Vol. II. Subtropical and Tropical. B. Schaffer and P.C. Anderson, Eds. CRC Press, Boca Raton, Florida, USA, pp. 123-41
- Menzel, C. M., and D. R. Simpson. 1995. Temperatures above 20 °C reduce flowering in lychee (*Litchi chinensis* Sonn.). J. Hort. Sci. 70(6):981-987.
- Michaels, S. D. and R. M. Amasino. 2000. Memories of winter: vernalization and the competence to flower. Plant Cell Environ. 23:1145-1153.

- Mitra, S.K. and D. Sanyal. 2000. Effect of cincturing and some chemicals on flowering of litchi cv. Bombai. Abst. 1st Int. Symposium on litchi and longan. Guangzhou, China, p. 40.
- Mosqueda, V. R., y R. F. De los Santos. 1982. Aspersiones de nitrato de potasio para adelantar e inducir la floración del mango cv. Manila en México. Proceedings of the Tropical Region. 29th Congress Amer. Soc. Hort. Sci. Campinas-SP-Brasil. 25:311-315
- Mustard, M. J. 1954. Fundamentals of panicle differentiation. Proc. Flor. Lychee growers's association 1:7-8.
- Mustard, M. J. 1960. Megagametophytes of the lychee (*Litchi chinensis* Sonn.). Proc. Am. Soc. Hort. Sci. 75:292-304.
- Nakasone, H. Y., and R. E. Paull. 1998. Tropical fruits. Cab International. 445 p.
- Nakata, S. 1995. Floral initiation and fruit set in lychee with special reference to the effect of sodium naphthaleneacetate. Bot. Gaz. 117:16-134.
- Naphrom, D., C. Potjanapimon, W. Pattanapoo, N. Boonplod, T. Thanyapar, S. Subhadrabandhu. 2001. Changes in cytokinin and gibberellins-like substances in stem apex of lychee cv. Hong Huay prior to flowering. Acta Hort. 558:199-203.
- Núñez-Elisea, R. 1985. Flowering and fruit set of a mono-embryonic and a poly-embryonic mango as influenced by potassium nitrate sprays and shoot decapitation. Proc. Fla. State Hort. Soc. 98:179-183.
- Núñez-Elisea, R., and T. L. Davenport. 1986. Abscission of mango fruitlets as influenced by enhanced ethylene biosynthesis. Plant physiol. 82:991-994.
- Núñez-Elisea, R., and T. L. Davenport. 1995. Effect of leaf age, duration of cool temperature treatment, and photoperiod on bud dormancy release and floral initiation in mango. Scientia Hort. 62:63-73.
- Nuñez, R., T. L. Davenport, and M. L. Caldeira. 1996. Control of bud morphogenesis in mango (*Mangifera indica* L) by girdling, defoliation and temperature modification. J. Hort. Sci. 71:25-40.
- Olesen, T., C. M. Menzel, N. Wiltshire, and C. A. McConchie. 2002. Flowering and shoot elongation of lychee in eastern Australia. Aust. J. Agric. Res. 53: 977-983.

- O'Hare, T. J. 2002. Interaction of temperature and vegetative flush maturity influences shoot structure and development of lychee (*Litchi chinensis* Sonn.). *Scientia Hort.* 95:203-211.
- O'Hare, T. J., and C. G. Turnbull, 2004. Root growth, cytokinin and shoot dormancy in lychee. *Scientia Hort.* 102(2):257-266.
- Ohto, M., Onai, K., Furukawa, Y., Aoki, E., Araki, T. and Nakamura, K. 2001. Effects of sugar on vegetative development and floral transition in *Arabidopsis*. *Plant Physiol.* 127, 257–261.
- Osuna-Enciso, T., G. Valenzuela-Reyes, M. D. Muy Rangel, A. A. Gardea-Béjar, y M. Villarreal-Romero. 2008. Expresión del sexo y anatomía floral de Litchi (*Litchi chinensis* Sonn.). *Rev. Fitotec. Mex.* 31(1):51-56.
- Osuna-Enciso, T., A. E. Becerril-Román, R. Mosqueda-Vázquez, M. Villarreal-Romero, y A. Castillo-Morales. 2001. Promotores de floración y concentración de almidón y aminoácidos en yemas de mango. *Rev. Chapingo S. Hort.* 7(2):207-221.
- Osuna E., T., E. Engleman, E. Becerril R., R. Mosqueda V., M. Soto H., y A. Castillo M. 2000. Iniciación y diferenciación floral en mango 'Manila'. *Agrociencia* 34:573-581.
- Protacio, C. M. 2000. A model for potassium nitrate-induced flowering in mango. *Acta Hort.* 509:545-552.
- Ratcliffe, O. J., D. J. Bradley and E. S. Cohen. 1999. Separation of shoot and floral identity in *Arabidopsis*. *Development* 126:1109-1120.
- Ravishankar, H., M. M. Rao, and K. M. Bojappa. 1979. Fruit-bud differentiation in mango 'Alphonso' and 'Totapuri' under mild tropical rainy conditions. *Scientia Hort.* 10:95-99.
- Rolland, F., B. Moore, and J. Sheen. 2002. Sugar sensing and signaling in plants. *The plant cell* 185-205.
- Rolland, F., E. Baena-González, and J Sheen. 2006. Sugar sensing and signaling in plants: conserved and novel mechanism. *Annu. Rev. Plant Biol.* 57:675-709.
- Salazar-García, S., M. H. Pérez-Barraza, and V. Vázquez-Valdivia. 2000. Effect of ammonium nitrate sprays on flowering and harvest time of 'Manila', 'Ataulfo', and 'Tommy Atkins' mango in Nayarit, México. *Acta Hort.* 509:573-580.

- Sachs, R. M. and W. P. Hackett. 1977. Chemical control of flowering. *Acta Hort.* 68:29–49.
- Samach, A. and A. Gover. 2001. *Photoperiodism: the consistent use of CONSTANS.* *Current Biol.* 11:651-654.
- Sanchez-Urdaneta, A. B. 2004. Efecto de la fertilización foliar nitrogenada y anillado en la iniciación y diferenciación floral de durazno (*Prunus pérsica* L.) Batsch. *Rev. Fac. Agron.* 21(1):67-74.
- Searle, N. E. 1965. Physiology of flowering. *Annu. Rev. Plant Physiol.* 16:97-118.
- Schroeder, C. A. 1951. Flower bud development in the avocado. *Calif. Avo. Soc. Yrbk.* 159-163.
- Sharma, V. K. and J. C. Fletcher. 2002. Maintenance of shoot and floral meristem cell proliferation and fate. *Plant Physiol.* 129(1):31-39.
- Stern, R. A., A. Naor, N. Bar, S. Gazit, and Ben-Ami Bravdo. 2003. Xilem-sap zeatin-riboside and dihydrozeatin-riboside levels in relation to plant and soil water status and flowering in 'Mauritius' lychee. *Scientia Hort* 98:285-291.
- Stern, R. A., J. Kigel, E. Tomer, and S. Gazit. 1995. 'Mauritius' lychee fruit development and reduced abscission after treatment with the auxin 2,4,5 TP. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 120(1):65-70.
- Stern, R. A., and D. Stern. 2000. Applications of 2,4,5 TP, 3,5,6 TPA and combinations thereof increase lychee fruit size and yield. *Hortscience* 35(4):661-664.
- Stern, R. A., D. Stern, H. Miller, H. F. Xu, and S. Gazit. 2001. The effect of the synthetic auxins 2,4,5-TP and 3,5,6-TPA on yield and fruit size of young 'Fei zi xiao' and 'Hei Ye' litchi trees in Guangxi province, china. *Acta Hort.* 558:285-288.
- Stern, R. A., and M. Nadler. 1997. 'Floridian' litchi is increased by 2,4,5 TP spray. *J. Hort. Sci.* 72(4):609-615.
- Stern, R. A., and S. Gazit. 1997. Effect of 3,5,6-trichloro-2-pyridyl-ocetic acid on fruitlet abscission and yield of 'Mauritius' litchi (*Litchi chinensis* Sonn.). *J. Hort. Sci.* 72(4):659-663.
- Stern, R. A., and S. Gazit. 2003. The reproductive biology of the lychee. *Hort. Rev.* 28:393-453.

- Suarez-López, P. 2005. Long-range signaling in plant reproductive development. *Int. J. Dev. Biol.* 49:761-771.
- Sung, S., and R. M. Amasino. 2004. Vernalization and epigenetics: how plants remember winter. *Current opinion in plant biology* 7:4-10.
- Tarengi, E., and J. Martin-Tanguy. 1995. Polyamines, floral induction and floral development of strawberry (*Fragaria ananassa* Duch.). *Plant Growth Regul.* 17(2):157-165.
- Thomas, B. 2006. Light signals and flowering. *J. Exp. Bot.* 57(13):3387-3393.
- Tomer, E. 1984. Inhibition of flowering in mango by gibberellic acid. *Sci. Hort.* 24:299-303.
- Turgeon, R. 1989. The sink-source transition in leaves. *Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.* 40:119-138.
- Turnbull, C. G. N. 1989. Gibberellins and control of fruit retention and seedlessness in valencia orange. *Acta Hort.* 239:335-339.
- 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. *Physiol. Plant.* 72:115-120.
- Wang, H., H. HuiBai, and H. XuMing. 2003. Sugar accumulation and related enzyme activities in the litchi fruit of 'Nuomici' and 'Feizixiao'. *Acta Hort. Sinica* 30:1-5.
- Wilkie, J. D., M. Sedgley and T. Olesen. 2008. Regulation of floral initiation in horticultural trees. *J. Exp. Bot.* 59(2):3215-3228.
- Xiang, X., Z. W. Zhang, Y. P. Qiu, P. Y. Yuan, and B. Q. Wang. 1994. A study of fruit set physiology in relation to endogenous hormones in litchi (*Litchi chinensis* Sonn.) fruits. *Acta Hort. Sinica* 21:1-6.
- Yamamoto, R., M. Inouhe, and Y. Masuda. 1988. Galactose inhibition of auxin-induced growth of mono and dicotyledonous plants. *Plant Physiol.* 86:1223-1227
- Yang, B., J. Wang, M. Zhao, Y. Liu, W. Wang, and Y. Jiang. 2006. Identification of polysaccharides from pericarp tissues of litchi (*Litchi chinensis* Sonn.) fruit in relation to their antioxidant activities. *Carbohydrate research* 341(5):634-638.



- Ying, Z., and T. L. Davenport. 2004. Leaves required for floral induction of Lychee. *Plant Growth Regul. Soc. Am.* **32**: 132–137.
- Yoshida, S. 2003. Molecular regulation of leaf senescence. *Current opinion in plant biology* 6:79-84.
- Zeevaart, J. A. D. 2008. Leaf produced floral signals. *Current opinion in plant biology* 11:541-547.

# **ANEXOS**

Cuadro A-1. Contenido de azúcares en hojas de litchi 'brewster' expuestas a la luz. dda = días después de antesis

Azúcar	Dda	Tratamientos				
		Testigo	100 mg L <sup>-1</sup> TDZ	200 mg L <sup>-1</sup> TDZ	100 mg L <sup>-1</sup> etephon	6 % KNO <sub>3</sub>
Sacarosa (mg g <sup>-1</sup> PF)	0	12.96 ± 0.24	22.19 ± 0.17	29.18 ± 0.07	34.81 ± 1.43	13.41 ± 0.08
	3	42.76 ± 0.28	31.57 ± 0.21	30.78 ± 0.03	29.39 ± 0.29	26.62 ± 1.35
	5	33.35 ± 0.30	15.90 ± 0.06	21.02 ± 0.13	15.39 ± 0.11	14.16 ± 0.12
	7	17.04 ± 0.14	23.89 ± 0.29	18.15 ± 0.11	34.46 ± 0.34	36.46 ± 0.87
	14	18.40 ± 0.39	30.52 ± 1.27	27.10 ± 0.36	31.77 ± 0.28	23.56 ± 0.88
Glucosa (mg g <sup>-1</sup> PF)	0	6.59 ± 0.35	0.00 ± 0.00	3.43 ± 0.02	0.00 ± 0.00	10.38 ± 0.15
	3	0.00 ± 0.00	1.10 ± 0.95	4.40 ± 0.12	3.02 ±	0.00 ± 0.00
	5	0.00 ± 0.00	6.46 ± 0.02	6.84 ± 0.02	5.64 ± 0.04	0.00 ± 0.00
	7	6.08 ± 0.16	7.84 ± 0.08	6.57 ± 0.01	10.27 ± 0.02	8.46 ± 0.11
	14	10.90 ± 0.24	13.45 ± 0.15	13.37 ± 0.14	10.15 ± 0.13	8.42 ± 0.01
Galactosa (mg g <sup>-1</sup> PF)	0	23.70 ± 0.21	29.06 ± 0.14	30.55 ± 0.05	28.26 ± 0.25	21.79 ± 0.27
	3	27.23 ± 0.11	35.00 ± 0.42	25.42 ± 0.03	30.55 ± 0.27	30.96 ± 1.99
	5	31.40 ± 0.21	17.27 ± 0.04	31.61 ± 0.24	21.61 ± 0.18	14.65 ± 0.05
	7	22.62 ± 0.08	31.28 ± 0.56	28.54 ± 0.15	33.58 ± 0.17	27.17 ± 0.97
	14	28.20 ± 0.39	47.02 ± 1.01	35.46 ± 0.25	30.37 ± 0.26	25.59 ± 0.04
Fructosa (mg g <sup>-1</sup> PF)	0	7.88 ± 0.73	3.53 ± 0.01	3.98 ± 0.06	5.91 ± 1.03	9.98 ± 0.21
	3	4.38 ± 0.04	4.98 ± 0.07	4.48 ± 0.01	5.41 ± 0.06	4.85 ± 0.09
	5	4.36 ± 0.13	4.48 ± 0.02	5.95 ± 0.09	3.63 ± 0.06	1.97 ± 0.02
	7	5.75 ± 0.04	5.89 ± 0.08	4.57 ± 0.03	5.99 ± 0.04	4.44 ± 0.00
	14	10.88 ± 0.23	12.84 ± 0.13	12.61 ± 0.12	7.73 ± 0.10	7.34 ± 0.09

Cuadro A-2. Contenido de azúcares en hojas de litchi 'brewster' expuestas a la sombra. dda = días después de antesis

Azúcar	dda	Tratamientos				
		Testigo	100 mg L <sup>-1</sup> TDZ	200 mg L <sup>-1</sup> TDZ	100 mg L <sup>-1</sup> etephon	6 % KNO <sub>3</sub>
Sacarosa (mg g <sup>-1</sup> PF)	0	12.82 ± 1.00	23.23 ± 0.11	15.50 ± 0.13	16.07 ± 0.07	13.84 ± 0.39
	3	22.65 ± 0.67	20.02 ± 0.34	15.20 ± 0.25	15.70 ± 0.03	28.53 ± 0.08
	5	14.67 ± 0.09	7.30 ± 0.10	9.13 ± 0.07	17.95 ± 0.18	17.12 ± 0.20
	7	13.45 ± 0.05	17.06 ± 0.07	8.92 ± 0.09	25.95 ± 0.49	18.66 ± 0.34
	14	20.62 ± 0.20	7.19 ± 0.01	9.74 ± 0.10	13.22 ± 0.09	26.92 ± 0.11
Glucosa (mg g <sup>-1</sup> PF)	0	3.80 ± 0.01	3.70 ± 0.05	2.61 ± 0.07	3.24 ± 0.01	7.38 ± 0.11
	3	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00
	5	0.00 ± 0.00	5.65 ± 0.02	3.79 ± 0.03	5.43 ± 0.03	0.00 ± 0.00
	7	6.28 ± 0.02	5.78 ± 0.01	4.15 ± 0.09	5.24 ± 0.10	4.87 ± 0.05
	14	7.72 ± 0.15	7.75 ± 0.07	7.14 ± 0.04	7.80 ± 0.08	9.17 ± 0.03
Galactosa (mg g <sup>-1</sup> PF)	0	23.07 ± 0.07	24.68 ± 0.09	22.94 ± 0.18	16.43 ± 0.03	20.81 ± 0.09
	3	25.92 ± 0.07	22.85 ± 0.38	23.50 ± 0.30	21.25 ± 0.08	25.87 ± 0.13
	5	19.55 ± 0.07	25.68 ± 0.54	23.98 ± 0.19	22.47 ± 0.15	32.38 ± 0.42
	7	27.81 ± 0.10	24.62 ± 0.09	25.36 ± 0.19	36.44 ± 0.68	30.75 ± 0.45
	14	26.33 ± 0.20	30.65 ± 0.29	36.05 ± 1.13	25.99 ± 0.16	20.34 ± 0.10
Fructosa (mg g <sup>-1</sup> PF)	0	3.17 ± 0.29	3.22 ± 0.03	2.18 ± 0.01	2.23 ± 0.01	7.55 ± 0.06
	3	3.66 ± 0.07	4.18 ± 0.19	2.54 ± 0.05	3.17 ± 0.01	3.40 ± 0.03
	5	2.35 ± 0.03	2.89 ± 0.06	2.95 ± 0.07	3.52 ± 0.02	2.90 ± 0.07
	7	4.40 ± 0.02	4.24 ± 0.04	3.24 ± 0.04	3.35 ± 0.08	3.06 ± 0.04
	14	6.07 ± 0.15	5.98 ± 0.05	6.27 ± 0.06	7.09 ± 0.05	8.05 ± 0.08

Cuadro A-3. Contenido de azúcares en yemas de litchi 'brewster' expuesto a la luz. dda = días después de antesis

Azúcar	dda	Tratamientos				
		Testigo	100 mg L <sup>-1</sup> TDZ	200 mg L <sup>-1</sup> TDZ	100 mg L <sup>-1</sup> etephon	6 % KNO <sub>3</sub>
Sacarosa (mg g <sup>-1</sup> PF)	0	32.93 ± 1.20	41.71 ± 0.82	87.08 ± 1.71	69.58 ± 1.22	13.23 ± 0.05
	3	59.56 ± 4.86	77.14 ± 0.71	91.11 ± 4.13	51.69 ± 0.64	81.57 ± 7.72
	5	76.22 ± 1.82	62.32 ± 0.29	44.25 ± 2.23	46.76 ± 0.08	49.69 ± 0.27
	7	56.58 ± 1.29	83.35 ± 3.13	77.30 ± 3.02	43.97 ± 1.14	67.79 ± 1.43
	14	41.82 ± 1.50	52.42 ± 0.31	50.21 ± 0.04	58.58 ± 0.44	40.13 ± 0.43
Glucosa (mg g <sup>-1</sup> PF)	1	10.32 ± 0.05	3.97 ± 0.79	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	9.67 ± 0.01
	2	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00
	3	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	9.62 ± 0.11	8.90 ± 0.02	12.06 ± 0.02
	4	15.05 ± 0.28	15.08 ± 0.35	15.13 ± 0.33	11.46 ± 0.12	12.77 ± 0.40
	5	11.79 ± 0.25	13.06 ± 0.07	14.35 ± 0.03	11.62 ± 0.08	11.51 ± 0.13
Galactosa (mg g <sup>-1</sup> PF)	1	23.37 ± 0.40	27.12 ± 0.13	33.49 ± 0.51	30.94 ± 0.46	20.52 ± 0.03
	2	36.48 ± 2.27	31.97 ± 0.28	39.47 ± 1.50	32.92 ± 0.31	35.80 ± 1.39
	3	36.64 ± 0.90	26.25 ± 0.11	26.89 ± 1.09	25.12 ± 0.02	32.16 ± 0.04
	4	32.80 ± 0.71	36.56 ± 1.13	35.93 ± 0.98	25.56 ± 0.49	35.37 ± 1.00
	5	28.69 ± 0.84	23.73 ± 0.15	25.22 ± 0.39	26.30 ± 0.19	27.88 ± 0.22
Fructosa (mg g <sup>-1</sup> PF)	1	9.15 ± 0.58	3.87 ± 0.05	6.12 ± 0.04	6.23 ± 0.14	8.21 ± 0.01
	2	9.12 ± 0.01	6.59 ± 0.27	11.41 ± 0.27	6.36 ± 0.03	5.73 ± 0.10
	3	7.74 ± 0.16	7.27 ± 0.06	5.88 ± 0.19	7.08 ± 0.06	10.04 ± 0.08
	4	11.52 ± 0.07	11.76 ± 0.06	11.03 ± 1.00	8.67 ± 0.79	6.09 ± 0.09
	5	10.90 ± 0.05	10.61 ± 0.08	11.84 ± 0.08	7.16 ± 0.02	8.84 ± 0.07

Cuadro A-4. Contenido de azúcares en yemas de litchi 'brewster' expuesto a la sombra. dda = días después de antesis

Azúcar	dda	Tratamientos				
		Testigo	100 mg L <sup>-1</sup> TDZ	200 mg L <sup>-1</sup> TDZ	100 mg L <sup>-1</sup> etephon	6 % KNO <sub>3</sub>
Sacarosa (mg g <sup>-1</sup> PF)	0	25.86 ± 0.15	54.49 ± 0.70	30.25 ± 0.13	58.92 ± 0.62	28.71 ± 0.29
	3	47.88 ± 0.31	46.90 ± 0.63	36.19 ± 0.15	53.82 ± 0.16	49.09 ± 0.25
	5	41.81 ± 3.48	55.00 ± 0.08	32.58 ± 0.21	26.77 ± 0.06	44.03 ± 1.38
	7	46.10 ± 0.40	53.60 ± 0.50	49.80 ± 3.32	49.52 ± 0.34	60.96 ± 1.06
	14	44.71 ± 0.37	38.40 ± 0.48	43.01 ± 1.64	42.69 ± 0.47	30.17 ± 0.14
Glucosa (mg g <sup>-1</sup> PF)	0	9.82 ± 0.04	13.76 ± 0.12	7.90 ± 0.10	16.52 ± 0.08	14.60 ± 0.05
	3	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00
	5	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	7.27 ± 0.05	5.82 ± 0.08	9.35 ± 0.04
	7	10.41 ± 0.07	10.45 ± 0.06	11.39 ± 0.37	11.63 ± 0.09	13.03 ± 0.26
	14	11.76 ± 0.24	9.56 ± 0.11	11.04 ± 0.10	10.87 ± 0.06	11.37 ± 0.03
Galactosa (mg g <sup>-1</sup> PF)	0	26.64 ± 0.20	27.84 ± 0.29	25.39 ± 0.06	26.12 ± 0.45	26.12 ± 0.25
	3	34.71 ± 0.27	30.77 ± 0.37	32.51 ± 0.06	34.86 ± 0.14	34.86 ± 0.13
	5	27.12 ± 1.58	35.85 ± 0.13	27.42 ± 0.10	33.59 ± 0.12	33.59 ± 0.16
	7	31.53 ± 0.22	36.06 ± 0.33	37.71 ± 1.95	33.87 ± 0.09	33.40 ± 0.44
	14	34.93 ± 0.36	25.96 ± 0.28	36.17 ± 0.41	25.46 ± 0.15	21.25 ± 0.03
Fructosa (mg g <sup>-1</sup> PF)	0	8.39 ± 0.11	10.01 ± 0.02	6.54 ± 0.03	13.62 ± 0.03	11.11 ± 0.50
	3	10.29 ± 0.08	6.40 ± 0.06	5.64 ± 0.05	6.37 ± 0.03	5.60 ± 0.03
	5	5.74 ± 0.48	8.29 ± 0.16	4.89 ± 0.03	3.97 ± 0.08	7.55 ± 0.06
	7	7.61 ± 0.04	8.10 ± 0.68	9.57 ± 0.29	9.92 ± 0.07	6.98 ± 0.05
	14	11.76 ± 0.23	8.72 ± 0.04	9.48 ± 0.07	10.79 ± 0.10	8.64 ± 0.05

Cuadro A-5. Cinética de crecimiento del fruto de litchi en longitud (mm) a partir de diversas aplicaciones de 2,4,5 TP (50 y 100 mg L<sup>-1</sup>), TDZ (5 y 10 mg L<sup>-1</sup>), BA (50 y 100 mg L<sup>-1</sup>) y GA<sub>3</sub> (50 y 100 mg L<sup>-1</sup>).

FECHA DE APLICACIÓN	TRATAMIENTOS	DIAS DESPUÉS DE AMARRE INICIAL (ddai) <sup>2</sup>								
		0 <sup>y</sup>	7 <sup>y</sup>	14 <sup>y</sup>	21 <sup>y</sup>	28	35	42	49	56
<b>0 ddai</b>	Testigo	9.5	12.5	18.3	21.5	27.0 ac	30.6 ab	34.7 ac	<u>34.6 ab</u>	34.4 ac
	50 mg L <sup>-1</sup> 2,4,5 TP	10.8	14.0	19.5	24.8	27.5 ac	<b>33.8 a</b>	35.0 ac	35.7 ab	37.3 ab
	100 mg L <sup>-1</sup> 2,4,5 TP	10.8	12.8	18.5	23.1	28.6 ac	32.2 ab	34.0 ac	35.8 ab	36.3 ac
	5 mg L <sup>-1</sup> TDZ	11.8	14.8	18.0	20.8	26.3 ad	30.2 ab	32.1 ad	33.4 ab	34.0 ac
	10 mg L <sup>-1</sup> TDZ	11.5	14.0	19.3	20.3	26.1 ad	31.5 ab	33.9 ac	34.7 ab	35.5 ac
	50 mg L <sup>-1</sup> BA	9.3	13.3	17.0	20.9	25.9 ad	30.0 ab	32.6 ad	34.9 ab	36.3 ac
	100 mg L <sup>-1</sup> BA	10.3	14.0	17.3	20.7	25.7 ad	29.6 ab	33.6 ac	33.8 ab	36.8 ab
	50 mg L <sup>-1</sup> GA <sub>3</sub>	9.3	13.5	18.5	22.0	27.3 ac	32.7 ab	34.6 ac	35.5 ab	36.2 ac
	100 mg L <sup>-1</sup> GA <sub>3</sub>	9.5	13.5	18.0	19.9	25.6 ad	30.4 ab	33.5 ac	34.9 ab	35.2 ac
<b>0 y 14 ddai</b>	Testigo	10.8	12.8	18.5	19.7	19.7 d	30.2 ab	32.1 ad	34.3 ab	35.6 ac
	50 mg L <sup>-1</sup> 2,4,5 TP	8.0	10.8	14.5	18.7	24.7 ad	32.8 ab	35.0 ac	37.0 ab	37.9 ab
	100 mg L <sup>-1</sup> 2,4,5 TP	8.8	11.3	16.7	20.0	24.9 ad	30.0 ab	32.6 ad	32.6 ab	<u>32.4 ac</u>
	5 mg L <sup>-1</sup> TDZ	11.5	14.0	17.0	19.4	23.8 ad	28.4 ab	31.0 ad	31.6 ab	31.8 ac
	10 mg L <sup>-1</sup> TDZ	9.0	12.3	16.3	19.9	23.9 ad	30.7 ab	34.5 ac	35.6 ab	<u>35.1 ac</u>
	50 mg L <sup>-1</sup> BA	8.3	10.5	15.0	19.0	26.0 ad	29.0 ab	33.5 ac	35.0 ab	35.7 ac
	100 mg L <sup>-1</sup> BA	9.0	12.5	16.5	19.6	26.2 ad	30.0 ab	33.3 ad	34.3 ab	35.7 ac
	50 mg L <sup>-1</sup> GA <sub>3</sub>	10.0	13.0	17.0	21.5	26.4 ad	30.1 ab	33.3 ad	32.4 ab	35.3 ac
	100 mg L <sup>-1</sup> GA <sub>3</sub>	9.0	11.8	16.8	20.9	26.2 ad	30.3 ab	33.3 ad	34.5 ab	36.2 ac

FECHA DE APLICACIÓN	TRATAMIENTOS	DIAS DESPUÉS DE AMARRE INICIAL (ddai) <sup>z</sup>								
		0 <sup>y</sup>	7 <sup>y</sup>	14 <sup>y</sup>	21 <sup>y</sup>	28	35	42	49	56
0 y 28 ddai	Testigo	9.7	13.3	18.0	21.0	26.6 ad	31.9 ab	33.7 ac	34.6 ab	36.2 ac
	50 mg L <sup>-1</sup> 2,4,5 TP	11.0	13.3	19.0	21.9	26.6 ad	31.3 ab	33.8 ac	35.2 ab	36.7 ab
	100 mg L <sup>-1</sup> 2,4,5 TP	12.5	16.3	21.3	24.1	29.8 a	32.4 ab	35.6 ab	35.9 ab	<u>32.4 ac</u>
	5 mg L <sup>-1</sup> TDZ	12.5	15.8	20.5	25.1	30.2 a	32.9 ab	35.1 ac	<b>37.9 a</b>	<b>38.8 a<sup>x</sup></b>
	10 mg L <sup>-1</sup> TDZ	<b>13.8</b>	<b>17.3</b>	21.3	24.4	<b>30.4 a</b>	33.0 ab	<b>36.6 a</b>	<u>35.9 ab</u>	36.8 ab
	50 mg L <sup>-1</sup> BA	9.8	13.3	17.5	20.4	29.0 ac	31.0 ab	33.9 ac	34.8 ab	36.3 ac
	100 mg L <sup>-1</sup> BA	11.3	13.7	17.7	20.4	27.9 ac	32.1 ab	33.6 ac	35.1 ab	<u>34.5 ac</u>
	50 mg L <sup>-1</sup> GA <sub>3</sub>	12.3	15.5	<b>21.5</b>	23.7	28.5 ac	31.8 ab	34.5 ac	34.6 ab	<u>33.9 ac</u>
100 mg L <sup>-1</sup> GA <sub>3</sub>	9.3	11.5	15.8	18.3	21.5 cd	25.8 b	28.6 bd	29.2 ab	30.0 ac	
0, 14 y 28 ddai	Testigo	10.5	13.0	17.5	21.8	26.4 ad	32.1 ab	33.9 ac	35.3 ab	36.3 ac
	50 mg L <sup>-1</sup> 2,4,5 TP	10.8	13.8	19.5	21.8	25.2 ad	27.3 ab	31.2 ad	32.1 ab	32.7 ac
	100 mg L <sup>-1</sup> 2,4,5 TP	10.3	14.3	16.7	<b>25.8</b>	28.8 ad	31.6 ab	33.1 ad	34.2 ab	35.6 ac
	5 mg L <sup>-1</sup> TDZ	9.8	13.0	16.8	18.3	24.9 ad	30.2 ab	33.5 ac	35.0 ab	36.4 ac
	10 mg L <sup>-1</sup> TDZ	9.5	12.3	16.8	20.0	24.5 ad	26.2 b	27.6 cd	28.2 b	28.8 bc
	50 mg L <sup>-1</sup> BA	9.0	11.0	16.3	21.4	22.0 bd	26.4 ab	25.9 d	28.9 ab	<u>27.3 c</u>
	100 mg L <sup>-1</sup> BA	9.3	12.3	17.0	20.6	26.7 ad	31.4 ab	33.8 ac	35.7 ab	36.6 ac
	50 mg L <sup>-1</sup> GA <sub>3</sub>	10.3	13.8	18.5	22.0	26.0 ad	30.2 ab	32.8 ad	34.2 ab	<u>33.9 ac</u>
100 mg L <sup>-1</sup> GA <sub>3</sub>	9.5	12.0	17.5	20.8	27.7 ac	31.0 ab	33.6 ac	34.2 ab	35.3 ac	
<b>MEDIA</b>	10.2	13.2	17.8	21.1	26.1	30.6	33.2	34.3	34.9	
<b>C V</b>	35.6	30.8	23.7	18.9	14.2	12.6	11.8	12.0	12.0	

<sup>z</sup> Medias con la misma letra no son significativamente diferentes (Duncan p≤0.05), <sup>y</sup> No se presentaron diferencias significativas entre los tratamientos evaluados, <sup>x</sup> Frutos maduros cosechados en verde



Cuadro A-6. Cinética de crecimiento del fruto de litchi en diámetro (mm) a partir de diversas aplicaciones de 2,4,5 TP (50 y 100 mg L<sup>-1</sup>), TDZ (5 y 10 mg L<sup>-1</sup>), BA (50 y 100 mg L<sup>-1</sup>) y GA<sub>3</sub> (50 y 100 mg L<sup>-1</sup>).

FECHA DE APLICACIÓN	TRATAMIENTOS	DIAS DESPUÉS DE AMARRE INICIAL (ddai) <sup>z</sup>								
		0	7	14	21	28	35	42	49 <sup>y</sup>	56
<b>0 ddai</b>	Testigo	4.2 ab	6.0 ab	8.7 ac	11.4 ac	14.9 ae	19.1 ab	23.7 ad	25.4	26.1 ab
	50 mg L <sup>-1</sup> 2,4,5 TP	4.4 ab	5.7 ab	8.4 ac	11.5 ac	13.7 ae	21.4 ab	23.9 ad	25.1	28.1 ab
	100 mg L <sup>-1</sup> 2,4,5 TP	4.8 ab	5.8 ab	8.8 ac	11.6 ac	16.2 ae	19.7 ab	24.1 ad	26.6	28.6 ab
	5 mg L <sup>-1</sup> TDZ	5.2 ab	6.7 ab	8.7 ac	10.3 ac	14.2 ae	18.2 ab	21.6 bd	24.3	25.4 ab
	10 mg L <sup>-1</sup> TDZ	5.0 ab	6.1 ab	8.7 ac	9.2 bc	13.1 ae	18.9 ab	22.5 ad	22.2	24.8 ab
	50 mg L <sup>-1</sup> BA	4.0 ab	6.0 ab	8.0 ac	10.5 ac	14.8 ae	17.8 ab	21.9 bd	23.8	25.5 ab
	100 mg L <sup>-1</sup> BA	4.4 ab	6.2 ab	7.9 ac	10.0 ac	13.5 ae	19.0 ab	22.0 bd	24.6	26.1 ab
	50 mg L <sup>-1</sup> GA <sub>3</sub>	3.9 ab	5.8 ab	8.3 ac	10.2 ac	14.2 ae	19.2 ab	22.9 ad	25.0	27.2 ab
	100 mg L <sup>-1</sup> GA <sub>3</sub>	4.0 ab	5.9 ab	8.4 ac	9.6 bc	13.5 ae	18.0 ab	23.0 ad	25.1	26.6 ab
<b>0 y 14 ddai</b>	Testigo	2.1 ab	6.1 ab	8.9 ac	10.4 ac	10.4 e	20.4 ab	22.5 ad	24.2	27.7 ab
	50 mg L <sup>-1</sup> 2,4,5 TP	3.4 b	4.7 b	6.7 bc	9.2 bc	12.4 be	19.8 ab	23.9 ad	27.0	<b>29.9 a</b>
	100 mg L <sup>-1</sup> 2,4,5 TP	3.8 ab	4.8 b	7.3 ac	8.9 bc	11.8 ce	16.3 ab	19.8 bd	20.0	<u>19.7 b</u>
	5 mg L <sup>-1</sup> TDZ	4.8 ab	6.0 ab	7.6 ac	9.9 ac	12.4 be	18.1 ab	19.9 bd	21.2	22.2 ab
	10 mg L <sup>-1</sup> TDZ	3.9 ab	5.5 ab	7.6 ac	9.7 ac	12.4 be	18.1 ab	22.8 ad	24.5	26.9 ab
	50 mg L <sup>-1</sup> BA	3.5 ab	4.5 b	6.6 c	9.0 bc	12.4 be	16.7 ab	21.0 bd	23.0	25.8 ab
	100 mg L <sup>-1</sup> BA	3.9 ab	5.7 ab	7.8 ac	9.6 bc	14.0 ae	18.4 ab	22.2 bd	24.8	26.4 ab
	50 mg L <sup>-1</sup> GA <sub>3</sub>	4.5 ab	5.9 ab	8.2 ac	11.1 ac	14.3 ae	18.7 ab	22.4 bd	24.5	28.8 ab
	100 mg L <sup>-1</sup> GA <sub>3</sub>	3.9 ab	5.2 ab	7.8 ac	10.2 ac	14.0 ae	17.8 ab	22.0 bd	25.2	27.5 ab

FECHA DE APLICACIÓN	TRATAMIENTOS	DIAS DESPUÉS DE AMARRE INICIAL (ddai) <sup>z</sup>								
		0	7	14	21	28	35	42	49 <sup>y</sup>	56
<b>0 y 28 ddai</b>	Testigo	4.3 ab	6.8 ab	9.4 ac	11.1 ac	14.8 ae	19.7 ab	23.5 ad	25.5	21.3 ab
	50 mg L <sup>-1</sup> 2,4,5 TP	5.0 ab	6.1 ab	9.4 ac	11.4 ac	15.4 ae	19.6 ab	22.8 ad	27.0	28.6 ab
	100 mg L <sup>-1</sup> 2,4,5 TP	5.8 ab	8.0 ab	11.5 ab	13.4 ac	17.6 ac	21.2 ab	25.2 ac	26.9	<u>19.7 b</u>
	5 mg L <sup>-1</sup> TDZ	5.5 ab	7.2 ab	10.1 ac	13.3 ac	17.2 ad	20.9 ab	23.6 ad	27.0	27.8 ab
	10 mg L <sup>-1</sup> TDZ	<b>6.7 a</b>	<b>8.9 a</b>	<b>11.8 a</b>	14.1 ab	<b>19.0 a</b>	21.6 ab	25.7 ab	<u>25.7</u>	27.3 ab
	50 mg L <sup>-1</sup> BA	4.2 ab	5.9 ab	8.3 ac	10.2 ac	16.1 ae	19.9 ab	22.3 bd	25.2	27.0 ab
	100 mg L <sup>-1</sup> BA	5.3 ab	6.7 ab	9.5 ac	11.9 ac	18.2 ab	<b>23.2 a</b>	<b>30.0 a</b>	<b>27.3</b>	28.6 ab
	50 mg L <sup>-1</sup> GA <sub>3</sub>	5.9 ab	7.4 ab	11.0 ac	12.5 ac	16.8 ad	21.2 ab	23.0 ad	25.7	27.0 ab
	100 mg L <sup>-1</sup> GA <sub>3</sub>	4.7 ab	6.1 ab	8.7 ac	10.5 ac	11.5 de	16.1 b	19.7 bd	21.4	23.1 ab
<b>0, 14 y 28 ddai</b>	Testigo	5.0 ab	6.1 ab	8.9 ac	11.6 ac	15.0 ae	19.4 ab	23.4 ad	25.5	27.6 ab
	50 mg L <sup>-1</sup> 2,4,5 TP	4.4 ab	5.8 ab	8.5 ac	9.8 ac	11.8 ce	<u>14.7 b</u>	18.7 bd	21.0	22.4 ab
	100 mg L <sup>-1</sup> 2,4,5 TP	4.9 ab	7.3 ab	8.9 ac	<b>15.0 a</b>	15.6 ae	20.1 ab	23.6 ad	25.6	26.4 ab
	5 mg L <sup>-1</sup> TDZ	4.4 ab	5.9 ab	7.8 ac	<u>8.6 c</u>	12.2 ce	16.5 ab	20.0 bd	22.3	25.4 ab
	10 mg L <sup>-1</sup> TDZ	4.1 ab	5.5 ab	8.0 ac	10.2 ac	13.9 ae	15.4 b	<u>16.5 d</u>	21.4	26.0 ab
	50 mg L <sup>-1</sup> BA	3.8 ab	4.9 b	8.1 ac	12.4 ac	11.3 de	15.9 b	17.5 cd	21.8	<u>21.3 ab</u>
	100 mg L <sup>-1</sup> BA	4.0 ab	5.4 ab	7.9 ac	10.3 ac	14.4 ae	19.3 ab	23.0 ad	27.1	27.7 ab
	50 mg L <sup>-1</sup> GA <sub>3</sub>	4.2 ab	5.9 ab	8.4 ac	10.7 ac	14.0 ae	18.6 ab	22.1 bd	24.7	25.4 ab
	100 mg L <sup>-1</sup> GA <sub>3</sub>	4.0 ab	5.1 ab	7.7 ac	9.7 ac	14.7 ae	19.0 ab	22.8 ad	25.6	26.5 ab
<b>MEDIA</b>	4.5	6.0	8.5	10.7	14.1	18.8	22.3	24.5	25.9	
<b>C V</b>	40.1	36.8	31.1	26.5	22.0	19.1	17.3	16.8	15.8	

<sup>z</sup> Medias con la misma letra no son significativamente diferentes (Duncan  $p \leq 0.05$ ); <sup>y</sup> No se presentaron diferencias significativas entre tratamientos en la fecha evaluada.