

**UNIVERSIDAD AUTONOMA CHAPINGO**

**DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA**



DIRECCION ACADEMICA  
DEPTO. DE SERVICIOS ESCOLARES  
OFICINA DE EXAMENES PROFESIONALES

✓ **RESPUESTAS DE LA PLANTA DE NOCHEBUENA**  
**(*Euphorbia pulcherrima* Willd. Ex. Klotzsch)**  
**A APLICACIONES DE TRIACONTANOL**

**T E S I S**

QUE COMO REQUISITO PARCIAL PARA  
OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS EN HORTICULTURA

PRESENTA

**JUAN BALTAZAR LICONA VARGAS**

864271



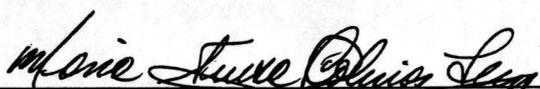
CHAPINGO, ESTADO DE MÉXICO

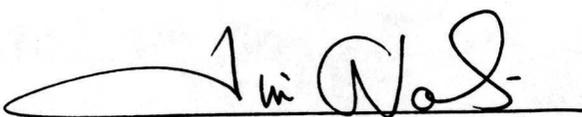
ABRIL 1998

**RESPUESTAS DE LA PLANTA DE NOCHEBUENA (*Euphorbia pulcherrima*  
Willd. Ex. Klotzsch) A APLICACIONES DE TRIACONTANOL**

Tesis realizada por Juan Baltazar Licona Vargas bajo la dirección del Comité  
Asesor indicado, aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para  
obtener el grado de:

**MAESTRO EN CIENCIAS EN HORTICULTURA**

PRESIDENTE:   
\_\_\_\_\_  
DRA. MARÍA TERESA BERYL COLINAS LEÓN

ASESOR:   
\_\_\_\_\_  
M.C. LUIS ALONSO VALDEZ AGUILAR

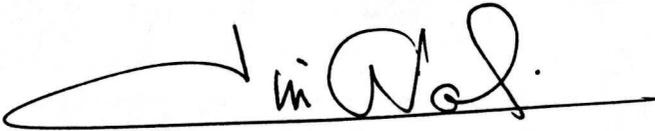
ASESOR:   
\_\_\_\_\_  
DR. JAIME SAHAGÚN CASTELLANOS

32732

**RESPUESTAS DE LA PLANTA DE NOCHEBUENA (*Euphorbia pulcherrima*  
Willd. Ex. Klotzsch) A APLICACIONES DE TRIACONTANOL**

El jurado que revisó y aprobó el examen de grado de Juan Baltazar Licona Vargas autor de la presente tesis de Maestría en Ciencias en Horticultura estuvo constituido por:

PRESIDENTE:   
DRA. MARÍA TERESA BERYL COLINAS LEÓN

ASESOR:   
M.C. LUIS ALONSO VALDEZ AGUILAR

ASESOR:   
DR. JAIME SAHAGÚN CASTELLANOS

## **DEDICATORIA**

A **DIOS**, por permitir ser parte de su creación y disfrutar día a día la alegría de seguir viviendo.

A mi madre, **VICTORIA VARGAS REYES (†)**, por el recuerdo de la alegría que se puede encontrar al servir a los demás.

A mi padre, **FRANCISCO E. LICONA ESCOBAR**, por su ejemplo de trabajo y responsabilidad, por la confianza y apoyo que me das para seguir adelante en todo momento.

A mis hermanas, **ANA MARÍA, SALOMÉ, NINFA Y LAURA**, por estar ahí en el momento en que más he necesitado, por su amor y paciencia.

A mi hermano, **JOSÉ Y ESPOSA**, por su apoyo y consejos.

A mis sobrinos, **LAURA JAZMÍN Y JOSÉ IRAM**, con cariño por ser el impulso para ser mejor cada día.

A mis demás **FAMILIARES**, por su apoyo y confianza.

A mis **AMIGOS Y COMPAÑEROS**.

## **AGRADECIMIENTOS**

A la **Universidad Autónoma Chapingo**, por haber permitido realizar mis estudios de posgrado.

Al **Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología**, por el apoyo que me brindó durante mis estudios.

A la **Dra. María Teresa Beryl Colinas León**, por su trato amable que siempre le ha caracterizado, por la dirección y disposición en la realización del trabajo y actividades académicas.

Al **M.C. Luis Alonso Valdez Aguilar**, por el planteamiento del trabajo y dedicación durante su desarrollo, por su ejemplo como profesional y como persona.

Al **Dr. Jaime Sahagún Castellanos**, por su apoyo en el análisis estadístico de la información de esta tesis y por ser parte de mi consejo.

Al **Dr. Agustín López Herrera**, por su apoyo durante mi estancia en el Programa de Horticultura.

A mi **Familia**, por su apoyo en todo momento que me ha fortalecido para seguir adelante.

Al **Ing. Jorge Octavio Ordeñana Lampallas y Familia**, gracias por su apoyo incondicional y amistad, por su ejemplo de sencillez y trabajo.

A **Juan Fonseca S. y Familia**, por su amistad y apoyo. A la **Familia Segura Candelas** por su amistad de siempre.

A mis **Amigos y Compañeros**.

**MIL GRACIAS**

## ÍNDICE GENERAL

	Página
ÍNDICE GENERAL.....	i
ÍNDICE DE CUADROS.....	vi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
ÍNDICE DEL ANEXO.....	xv
RESUMEN.....	xvi
ABSTRACT.....	xvii
I INTRODUCCIÓN.....	1
II OBJETIVOS E HIPÓTESIS.....	4
III REVISIÓN DE LITERATURA.....	6
3.1. EL triacontanol (TRIA).....	6
3.1.1. Características del TRIA.....	6
3.1.2. Identificación del TRIA en plantas.....	6
3.1.3. Preparación de la dispersión de TRIA.....	8
3.1.4. Inhibición de la actividad del TRIA.....	10
3.1.5. Efectos fisiológicos y metabólicos.....	10
3.1.6. Actividad enzimática.....	14
3.1.7. Fotosíntesis.....	17
3.1.8. Tratamiento a semilla y propagación.....	18
3.1.9. Cereales y granos.....	20
3.1.10. Hortalizas.....	24
3.1.11. Ornamentales.....	28
3.1.12. Frutales.....	30
3.1.13. Industriales y forestales.....	32
3.1.14. El TRIA y otros reguladores de crecimiento.....	34
3.1.15. Aplicación.....	35
3. 2. El cultivo de nochebuena.....	36

3.2.1. Importancia y producción.....	36
3.2.2. Cultivares.....	37
3.2.3. Planta madre de nochebuena.....	38
3.2.4. Reguladores de crecimiento.....	39
3.2.5. Nitrógeno y fertilización.....	39
<b>IV MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>41</b>
4.1. FASE I: Efecto sobre el desarrollo vegetativo	
y floración.....	41
4.1.1. Material Vegetal.....	41
4.1.2. Localización.....	41
4.1.3. Factores de estudio.....	41
4.1.4. Labores de cultivo.....	42
4.1.5. Preparación del Triacontanol.....	45
4.1.6. Aplicación de tratamientos.....	46
4.1.7. Diseño experimental.....	46
4.1.8. Variables respuesta.....	47
4.1.8.1. Diámetro de flor (DIAFLOR).....	47
4.1.8.2. Diámetro de copa (DICOPA).....	47
4.1.8.3. Altura de planta (APLANT).....	47
4.1.8.4. Diámetro de brote (DIBROTE) y longitud	
de brote (LOBROTE).....	47
4.1.8.5. Número de flores (NOFLOR).....	48
4.1.8.6. Número de brotes.....	48
4.1.8.7. Área foliar (AFOL) y Área de brácteas (ABRAC).....	48
4.1.8.8. Relación ABRAC/AFOL.....	48
4.1.8.9. Peso fresco de Brácteas (PFBRAC).....	49
4.1.8.10. Peso fresco de follaje (PFFOL).....	49
4.1.8.11. Peso fresco de ciatios (PFCIAT).....	49

4.1.8.12. Peso fresco de tallos (PFTAL).....	49
4.1.8.13. Peso seco de Brácteas (PSBRAC).....	49
4.1.8.14. Peso seco de follaje (PSFOL).....	49
4.1.8.15. Peso seco de ciatios (PSCIAT).....	49
4.1.8.16. Peso seco de tallos (PSTAL).....	49
4.1.8.17. Contenido de clorofila.....	50
4.1.9. Análisis Estadístico.....	51
4.2. FASE II: Efecto en la producción y calidad de esquejes.....	53
4.2.1. Material vegetal.....	53
4.2.2. Localización.....	53
4.2.3. Factores de estudio.....	53
4.2.4. Descripción de tratamientos.....	54
4.2.5. Preparación del triacontanol.....	55
4.2.6. Aplicación de tratamientos.....	55
4.2.7. Labores de cultivo.....	55
4.2.8. Cosecha de esquejes.....	57
4.2.9. Diseño experimental.....	57
4.2.10. Variables respuesta.....	57
4.2.10.1. Número de esquejes de primera (NEPRI) .....	57
4.2.10.2. Número de esquejes de segunda (NESEG) .....	57
4.2.10.3 . Número total de esquejes (NETOTAL) .....	57
4.2.10.4 . Peso fresco de esquejes de primera (PFEPRI) .....	58
4.2.10.5. Peso fresco de esquejes de segunda (PFSESEG).....	58
4.2.10.6. Peso fresco total de esquejes (PFTOTAL).....	58
4.2.11. Análisis estadístico.....	58
4.3. FASE III: Efecto sobre el intercambio de CO <sub>2</sub> y otras variables fisiológicas .....	59
4.3.1. Material vegetal.....	59

4.3.2. Localización.....	59
4.3.3. Factor de estudio y tratamientos.....	60
4.3.4. Aplicación de tratamientos.....	60
4.3.5. Variables respuesta.....	60
4.3.5.1. Tasa de transpiración (milimol/m <sup>2</sup> /s) .....	60
4.3.5.2. Conductancia estomatal (milimol/m <sup>2</sup> /s) .....	60
4.3.5.3. Tasa de fotosíntesis (micromol/m <sup>2</sup> /s) .....	60
4.3.5.4. Concentración interna de CO <sub>2</sub> (ppm). .....	60
4.3.5.5. Temperatura de la hoja (°C).....	61
4.3.6. Diseño experimental.....	61
4.3.7. Análisis.....	61
<b>V RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>62</b>
5.1. FASE I: Efecto sobre el desarrollo vegetativo y floración. ....	62
5.1.1. Diámetro de flor.....	62
5.1.2. Número de flores.....	70
5.1.3. Diámetro de brote.....	73
5.1.4. Longitud de brote.....	76
5.1.5. Altura de planta.....	78
5.1.6. Diámetro de copa.....	83
5.1.7. Número de brotes.....	87
5.1.8. Peso fresco y peso seco.....	91
5.1.9. Área de brácteas y foliar.....	99
5.1.10. Contenido de clorofila.....	105
5.2. FASE II: Efecto en la producción y calidad de esquejes.....	110
5.2.1. Número de esquejes.....	110
5.2.2. Peso fresco de esquejes.....	115

5.3. FASE III: Efecto sobre el intercambio de CO <sub>2</sub> y otras variables fisiológicas.....	120
5.3.1. Intercambio de CO <sub>2</sub> .....	120
5.3.2. Tasa de transpiración.....	122
5.3.3. Concentración interna de CO <sub>2</sub> .....	123
5.3.4. Conductancia estomática.....	125
5.3.5. Temperatura de la hoja (°C).....	127
<b>VI CONCLUSIONES.....</b>	<b>129</b>
<b>VII SUGERENCIAS.....</b>	<b>131</b>
<b>VIII LITERATURA CITADA.....</b>	<b>132</b>
<b>IX ANEXO.....</b>	<b>148</b>

## ÍNDICE DE CUADROS

	Página
<b>Cuadro 1.</b> Tratamientos evaluados en la floración de nochebuena ( <i>Euphorbia pulcherrima</i> Willd. Ex. Klotzsch) en dos fechas de aplicación de cinco concentraciones de triacontanol y tres dosis de nitrógeno en la fertilización.....	43
<b>Cuadro 2.</b> Tratamientos de cinco concentraciones de triacontanol con tres frecuencias de aplicación a plantas madre de nochebuena ( <i>Euphorbia pulcherrima</i> Willd. Ex. Klotzsch) en Chapingo, México.....	54
<b>Cuadro 3.</b> Cuadrados medios de cuatro variables evaluadas en dos fechas de aplicación (FEC) de cinco concentraciones de triacontanol (TRIA) y tres dosis de nitrógeno (N) en nochebuena ( <i>Euphorbia pulcherrima</i> Willd. Ex. Klotzsch) en Chapingo, México.....	62
<b>Cuadro 4.</b> Cuadrados medios para cuatro variables evaluadas en dos fechas de aplicación (FEC) de cinco concentraciones de triacontanol (TRIA) y tres dosis de nitrógeno (N) en nochebuena ( <i>Euphorbia pulcherrima</i> Willd. Ex. Klotzsch) en análisis considerando a las combinaciones de los niveles de los factores como tratamientos.....	63
<b>Cuadro 5.</b> Comparación de medias (Tukey, $\alpha \leq 0.05$ ) de cuatro variables respuesta correspondientes a la aplicación de cinco concentraciones de triacontanol en nochebuena ( <i>Euphorbia pulcherrima</i> Willd. Ex. Klotzsch).....	64
<b>Cuadro 6.</b> Comparación de medias (Tukey, $\alpha \leq 0.05$ ) de cuatro variables respuesta evaluadas por efecto de la fecha de aplicación de triacontanol en nochebuena ( <i>Euphorbia pulcherrima</i> Willd. Ex. Klotzsch).....	65
<b>Cuadro 7.</b> Comparación de medias (Tukey, $\alpha \leq 0.05$ ) para cuatro variables respuesta correspondientes a las combinaciones de cinco concentraciones de triacontanol y dos fechas de aplicación en nochebuena ( <i>Euphorbia pulcherrima</i> Willd. Ex. Klotzsch).....	67

<b>Cuadro 8.</b> Cuadrados medios de cuatro variables respuesta evaluadas en dos fechas de aplicación (FEC) de cinco concentraciones de triacontanol (TRIA) y tres dosis de nitrógeno (N) en nochebuena ( <i>Euphorbia pulcherrima</i> Willd. Ex. Klotzsch) en Chapingo, México.....	79
<b>Cuadro 9.</b> Cuadrados medios para cuatro variables evaluadas en dos fechas de aplicación (FEC) de cinco concentraciones de triacontanol (TRIA) y tres dosis de nitrógeno (N) en nochebuena ( <i>Euphorbia pulcherrima</i> Willd. Ex. Klotzsch) en análisis como tratamientos.....	80
<b>Cuadro 10.</b> Comparación de medias (Tukey, $\alpha \leq 0.05$ ) de cuatro variables respuesta correspondientes a la aplicación de cinco concentraciones de triacontanol en nochebuena ( <i>Euphorbia pulcherrima</i> Willd. Ex. Klotzsch).....	80
<b>Cuadro 11.</b> Comparación de medias (Tukey, $\alpha \leq 0.05$ ) de cuatro variables respuesta evaluadas por efecto de la fecha de aplicación de triacontanol en nochebuena ( <i>Euphorbia pulcherrima</i> Willd. Ex. Klotzsch) en Chapingo, México.....	81
<b>Cuadro 12.</b> Comparación de medias (Tukey, $\alpha \leq 0.05$ ) para cuatro variables respuesta correspondientes a las combinaciones de cinco concentraciones de triacontanol y dos fechas de aplicación en nochebuena ( <i>Euphorbia pulcherrima</i> Willd. Ex. Klotzsch).....	82
<b>Cuadro 13.</b> Cuadrados medios para las variables de área foliar y de brácteas en dos fechas de aplicación de cinco concentraciones de triacontanol y tres dosis de nitrógeno en nochebuena ( <i>Euphorbia pulcherrima</i> Willd. Ex. Klotzsch) en Chapingo, México.....	99
<b>Cuadro 14.</b> Comparación de medias (Tukey, $\alpha \leq 0.05$ ) del área (cm <sup>2</sup> ) por efecto de la fecha de aplicación de triacontanol en nochebuena ( <i>Euphorbia pulcherrima</i> Willd. Ex. Klotzsch) en Chapingo, México.....	100

<b>Cuadro 15.</b> Comparación de medias (Tukey, $\alpha \leq 0.05$ ) por efecto de la aplicación de cinco concentraciones de triacontanol sobre el área de nochebuena ( <i>Euphorbia pulcherrima</i> Willd. Ex. Klotzsch) en Chapingo, México.....	101
<b>Cuadro 16.</b> Comparación de medias (Tukey, $\alpha \leq 0.05$ ) para el área (cm <sup>2</sup> ) correspondientes a las combinaciones de cinco concentraciones de triacontanol y dos fechas de aplicación en nochebuena ( <i>Euphorbia pulcherrima</i> Willd. Ex. Klotzsch).....	103
<b>Cuadro 17.</b> Cuadrados medios del contenido de clorofila en follaje en dos fechas de aplicación (FEC) de cinco concentraciones de triacontanol (TRIA) y tres dosis de nitrógeno (N) en nochebuena ( <i>Euphorbia pulcherrima</i> Willd. Ex. Klotzsch) en Chapingo, México.....	106
<b>Cuadro 18.</b> Comparación de medias (Tukey, $\alpha \leq 0.05$ ) para el contenido de clorofila (mgG <sup>-1</sup> ) por efecto de la fecha de aplicación de triacontanol en nochebuena ( <i>Euphorbia pulcherrima</i> Willd. Ex. Klotzsch).....	106
<b>Cuadro 19.</b> Comparación de medias (Tukey, $\alpha \leq 0.05$ ) del contenido de clorofila en follaje (mgG <sup>-1</sup> ) correspondientes a la aplicación de cinco concentraciones de triacontanol en nochebuena ( <i>Euphorbia pulcherrima</i> Willd. Ex. Klotzsch).....	107
<b>Cuadro 20.</b> Comparación de medias (Tukey, $\alpha \leq 0.05$ ) para el contenido de clorofila en follaje correspondientes a las combinaciones de cinco concentraciones de triacontanol y dos fechas de aplicación en nochebuena ( <i>Euphorbia pulcherrima</i> Willd. Ex. Klotzsch).....	108
<b>Cuadro 21.</b> Análisis de correlación de Pearson para el contenido de clorofila en dos fechas de aplicación de cinco concentraciones de triacontanol y tres dosis de nitrógeno en nochebuena ( <i>Euphorbia pulcherrima</i> Willd. Ex. Klotzsch) en Chapingo, México.....	110

<b>Cuadro 22.</b> Cuadrados medios para el número de esquejes en tres frecuencias de aplicación (FREC) de cinco concentraciones de triacontanol (TRIA) en plantas madre de nochebuena ( <i>Euphorbia pulcherrima</i> Willd. Ex. Klotzsch) en Chapingo, México.....	111
<b>Cuadro 23.</b> Comparación de medias (Tukey, $\alpha \leq 0.05$ ) del número de esquejes producidos en plantas madre de nochebuena <i>Euphorbia pulcherrima</i> Willd. Ex. Klotzsch) correspondientes a la aplicación de cinco concentraciones de triacontanol.....	111
<b>Cuadro 24.</b> Comparación de medias (Tukey, $\alpha \leq 0.05$ ) del número de esquejes producidos en plantas madre nochebuena ( <i>Euphorbia pulcherrima</i> Willd. Ex. Klotzsch) correspondientes a tres frecuencias de aplicación de cinco concentraciones de triacontanol (FREC).....	112
<b>Cuadro 25.</b> Comparación de medias (Tukey, $\alpha \leq 0.05$ ) para el número de esquejes de nochebuena ( <i>Euphorbia pulcherrima</i> Willd. Ex. Klotzsch) correspondientes a las combinaciones de cinco concentraciones de triacontanol y tres frecuencias de aplicación.....	113
<b>Cuadro 26.</b> Cuadrados medios para el peso fresco de esquejes en tres frecuencias de aplicación (FREC) de cinco concentraciones de triacontanol (TRIA) en plantas madre de nochebuena ( <i>Euphorbia pulcherrima</i> Willd. Ex. Klotzsch) en Chapingo, México.....	115
<b>Cuadro 27.</b> Comparación de medias (Tukey, $\alpha \leq 0.05$ ) del peso fresco (g) de esquejes producidos en plantas madre nochebuena ( <i>Euphorbia pulcherrima</i> Willd. Ex. Klotzsch) correspondientes a la aplicación de cinco concentraciones de triacontanol.....	116
<b>Cuadro 28.</b> Comparación de medias (Tukey, $\alpha \leq 0.05$ ) del peso fresco (g) de esquejes producidos en plantas madre de nochebuena ( <i>Euphorbia pulcherrima</i> Willd. Ex. Klotzsch) correspondientes a tres frecuencias de aplicación de cinco concentraciones de triacontanol (FREC).....	117

<b>Cuadro 29.</b> Comparación de medias (Tukey, $\alpha \leq 0.05$ ) para el peso fresco (g) de esquejes de nochebuena ( <i>Euphorbia pulcherrima</i> Willd. Ex. Klotzsch) correspondientes a las combinaciones de cinco concentraciones de triacontanol y tres frecuencias de aplicación.....	118
<b>Cuadro 30.</b> Intercambio de CO <sub>2</sub> (micromol.m <sup>2</sup> .m <sup>-1</sup> ) en plantas de nochebuena ( <i>Euphorbia pulcherrima</i> Willd. Ex. Klotzsch) horas después de la aplicación de triacontanol (TRIA).....	121
<b>Cuadro 31.</b> Tasa de transpiración (milimolH <sub>2</sub> O.m <sup>2</sup> .s <sup>-1</sup> ) en plantas de nochebuena ( <i>Euphorbia pulcherrima</i> Willd. Ex. Klotzsch) horas después de la aplicación de triacontanol (TRIA).....	122
<b>Cuadro 32.</b> Concentración interna de CO <sub>2</sub> (ppm) en plantas de nochebuena ( <i>Euphorbia pulcherrima</i> Willd. Ex. Klotzsch) horas después de la aplicación de triacontanol (TRIA).....	124
<b>Cuadro 33.</b> Conductancia estomatica (milimol.m <sup>2</sup> .s) en plantas de nochebuena ( <i>Euphorbia pulcherrima</i> Willd. Ex. Klotzsch) horas después de la aplicación de triacontanol (TRIA).....	126
<b>Cuadro 34.</b> Temperatura de la hoja (°C) en plantas de nochebuena ( <i>Euphorbia pulcherrima</i> Willd. Ex. Klotzsch) horas después de la aplicación de triacontanol (TRIA).....	127

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
<b>Figura 1.</b> Efecto de la concentración de triacontanol y la fecha de aplicación sobre el diámetro de flor (DIAFLOR).....	68
<b>Figura 2.</b> Efecto de la interacción de las fechas de aplicación con las concentraciones de TRIA sobre el diámetro de flor (DIAFLOR).....	69
<b>Figura 3.</b> Efecto de la concentración de triacontanol y la fecha de aplicación sobre el número de flores (NOFLOR).....	72
<b>Figura 4.</b> Efecto de la concentración de triacontanol y la fecha de aplicación sobre el diámetro de brote (DIBROTE).....	75
<b>Figura 5.</b> Efecto de la concentración de triacontanol y la fecha de aplicación en la longitud del brote (LOBROTE).....	78
<b>Figura 6.</b> Efecto de la concentración de triacontanol y la fecha de aplicación sobre la altura de planta (APLANT).....	83
<b>Figura 7.</b> Efecto de la concentración de triacontanol y la fecha de aplicación en el diámetro de copa (DICOPA).....	85
<b>Figura 8.</b> Efecto de la interacción de las fechas de aplicación con las concentraciones de TRIA sobre el diámetro de copa (DICOPA).....	86
<b>Figura 9.</b> Efecto de la concentración de triacontanol y la fecha de aplicación en el número de brotes desarrollados (NBROT).....	89
<b>Figura 10.</b> Efecto de la concentración de triacontanol y la fecha de aplicación en el número de brotes no desarrollados (NBROND).....	90
<b>Figura 11.</b> Efecto de la concentración de triacontanol en el peso fresco de brácteas (PFBRAC) y peso fresco de follaje (PFFOL).....	93

<b>Figura 12.</b> Efecto de la concentración de triacontanol y la fecha de aplicación en el peso fresco de brácteas (PFBRAC).....	95
<b>Figura 13.</b> Efecto de la interacción de las concentraciones de TRIA y las fechas de aplicación sobre el peso seco de brácteas (PSBRAC).....	96
<b>Figura 14.</b> Efecto de la concentración de triacontanol y la fecha de aplicación sobre el peso fresco de follaje (PFFOL).....	96
<b>Figura 15.</b> Efecto de la concentración de triacontanol y la fecha de aplicación en el peso fresco del tallos (PFTAL).....	97
<b>Figura 16.</b> Efecto de la interacción de las concentraciones de TRIA y las fechas de aplicación sobre el peso seco de tallos (PSTAL).....	98
<b>Figura 17.</b> Efecto de la interacción de las concentraciones de TRIA y las fechas de aplicación sobre el área de brácteas (ABRAC).....	103
<b>Figura 18.</b> Efecto de la interacción de las concentraciones de TRIA y las fechas de aplicación sobre el área foliar (AFOL).....	104
<b>Figura 19.</b> Efecto de la interacción de las concentraciones de TRIA y las fechas de aplicación sobre el contenido de clorofila a (CLA).....	109
<b>Figura 20.</b> Efecto de la interacción de las concentraciones de TRIA y las frecuencias de aplicación sobre el número de esquejes de primera (NEPRI).....	114
<b>Figura 21.</b> Efecto de la interacción de las concentraciones de TRIA y las frecuencias de aplicación sobre el número de esquejes total (NETOTAL).....	114
<b>Figura 22.</b> Efecto de la interacción de las concentraciones de TRIA y las frecuencias de aplicación sobre el peso fresco de esquejes de primera (PFEPRI).....	119

<b>Figura 23.</b> Efecto de la interacción de las concentraciones de TRIA y las frecuencias de aplicación sobre el peso fresco total de esquejes (PFTOTAL).....	119
<b>Figura 24.</b> Variación en el intercambio de CO <sub>2</sub> en plantas de nochebuena ( <i>Euphorbia pulcherrima</i> Willd. Ex. Klotzsch) en relación a la respuesta inicial correspondiente al nivel cero.....	121
<b>Figura 25.</b> Variación en la transpiración en plantas de nochebuena ( <i>Euphorbia pulcherrima</i> Willd. Ex. Klotzsch) en relación a la respuesta inicial correspondiente al nivel cero.....	123
<b>Figura 26.</b> Variación en la concentración interna de CO <sub>2</sub> en plantas de nochebuena ( <i>Euphorbia pulcherrima</i> Willd. Ex. Klotzsch) en relación a la respuesta inicial correspondiente al nivel cero.....	125
<b>Figura 27.</b> Variación en la conductancia estomática en plantas de nochebuena ( <i>Euphorbia pulcherrima</i> Willd. Ex. Klotzsch) en relación a la respuesta inicial correspondiente al nivel cero.....	126
<b>Figura 28.</b> Variación de la temperatura de la hoja (°C) en plantas de nochebuena ( <i>Euphorbia pulcherrima</i> Willd. Ex. Klotzsch) en relación a la respuesta inicial correspondiente al nivel cero.....	128

## ÍNDICE DEL ANEXO

	Página
<b>Anexo 1.</b> Prueba de comparación de medias de Tukey para las variables evaluadas en la aplicación de triacontanol en nochebuena ( <i>Euphorbia pulcherrima</i> Willd. Ex. Klotzsch) en análisis como tratamientos.....	149
<b>Anexo 2.</b> Prueba de comparación de medias de Tukey para ocho variables evaluadas por efecto de la dosis de nitrógeno en la aplicación de triacontanol en nochebuena ( <i>Euphorbia pulcherrima</i> Willd. Ex. Klotzsch).....	150
<b>Anexo 3.</b> Medias de ocho variables evaluadas por efecto de la interacción de la concentración de triacontanol con la dosis de nitrógeno en nochebuena ( <i>Euphorbia pulcherrima</i> Willd. Ex. Klotzsch) en Chapingo, Méx.....	150
<b>Anexo 4.</b> Análisis de correlación de Pearson para siete variables respuesta evaluadas en dos fechas de aplicación de triacontanol en nochebuena ( <i>Euphorbia pulcherrima</i> Willd. Ex. Klotzsch).....	151
<b>Anexo 5.</b> Cuadrados medios para las variables de peso fresco y peso seco en la aplicación de triacontanol en nochebuena ( <i>Euphorbia pulcherrima</i> Willd. ex Klotzsch) en Chapingo, México.....	152
<b>Anexo 6.</b> Prueba de comparación de medias de Tukey para el peso fresco y peso seco por efecto de la concentración de triacontanol en nochebuena ( <i>Euphorbia pulcherrima</i> Willd. Ex. Klotzsch).....	152
<b>Anexo 7.</b> Prueba de comparación de medias de Tukey para fresco y peso seco por efecto de la fecha de aplicación de triacontanol en nochebuena ( <i>Euphorbia pulcherrima</i> Willd. Ex. Klotzsch).....	153
<b>Anexo 8.</b> Prueba de comparación de medias de Tukey para peso fresco y peso seco por efecto de la dosis de nitrógeno en dos fechas de aplicación de triacontanol en nochebuena ( <i>Euphorbia pulcherrima</i> Willd. Ex. Klotzsch).....	153
<b>Anexo 9 .</b> Prueba de comparación de medias de Tukey de peso fresco y seco por efecto de la interacción de la concentración de triacontanol con la fecha de aplicación en nochebuena ( <i>Euphorbia pulcherrima</i> Willd. Ex. Klotzsch).....	154

<b>Anexo 10.</b> Análisis de correlación de Pearson para peso fresco y peso seco (g) en dos fechas de aplicación de triacontanol en nochebuena ( <i>Euphorbia pulcherrima</i> Willd. Ex. Klotzsch) en Chapingo, México.....	154
<b>Anexo 11.</b> Comparación de medias de Tukey para el área foliar, área de brácteas y el contenido de clorofila por efecto de la dosis de nitrógeno en dos fechas de aplicación de triacontanol en nochebuena.....	155
<b>Anexo 12.</b> Análisis de correlación de Pearson para área foliar y área de brácteas en dos fechas de aplicación de triacontanol en nochebuena ( <i>Euphorbia pulcherrima</i> Willd. Ex. Klotzsch) en Chapingo, México.....	155
<b>Anexo 13.</b> Efecto de la combinación de la concentración de triacontanol con la frecuencia de aplicación en el número de esquejes en nochebuena ( <i>Euphorbia pulcherrima</i> Willd. Ex. Klotzsch).....	156
<b>Anexo 14.</b> Análisis de correlación de Pearson para el número de esquejes y peso fresco de esquejes de nochebuena ( <i>Euphorbia pulcherrima</i> Willd. Ex. Klotzsch) en la aplicación de triacontanol en diferentes frecuencias.....	157
<b>Anexo 15.</b> Efecto de la combinación de la concentración de triacontanol con la frecuencia de aplicación en el peso fresco de esquejes en la aplicación de triacontanol en nochebuena ( <i>Euphorbia pulcherrima</i> Willd. Ex. Klotzsch).....	158

## RESUMEN

El triacontanol (TRIA) es un alcohol que tiene propiedades como regulador de crecimiento. Para conocer su efecto sobre el desarrollo de plantas de nochebuena se estableció un Experimento en Chapingo, Edo. de México. En 1996 a plantas de nochebuena cv. Freedom manejadas a un pinch y con tres niveles de nitrógeno (350, 380 y 410 mgL<sup>-1</sup>) en la fertilización se les aplicó triacontanol a concentraciones de 1, 5, 10 y 15 mgL<sup>-1</sup> después del pinch o durante la inducción floral. Al final del cultivo se evaluó el diámetro de flor, número de flores, área de brácteas y contenido de clorofila entre otras variables. La aplicación de triacontanol a planta madre trasplantadas en abril de 1997 se realizó en diferentes frecuencias y en junio se evaluó el número y peso fresco de esquejes de primera y segunda calidad. En condiciones de laboratorio a plantas de nochebuena se aplicó triacontanol para conocer su efecto sobre la tasa de respiración y transpiración.

La aplicación del triacontanol después del pinch promueve un mayor desarrollo de la planta que cuando se aplica durante la inducción floral, pero el incremento de nitrógeno en la fertilización no mejora la respuesta. El mayor diámetro de flor y número de flores se tienen con 10 mgL<sup>-1</sup> de TRIA y con 15 mgL<sup>-1</sup> de TRIA se tiene un incremento en el área de brácteas y área foliar. Con 10 mgL<sup>-1</sup> de TRIA se tiene el mayor número de esquejes de primera y total de esquejes y con una mayor frecuencia de aplicación el número de esquejes de primera se incrementa. La tasa de respiración y transpiración se reduce en plantas tratadas con TRIA a las 28.55 horas después de su aplicación.

**Palabras Clave:** Esquejes, inducción floral, brácteas, regulador de crecimiento, TRIA

## ABSTRACT

Juan Baltazar Licona Vargas

### RESPONSES OF POINSETTIA PLANT (*Euphorbia pulcherrima* Willd. Ex. Klotzsch) TO APPLICATIONS OF TRIACONTANOL

April of 1997

(Under the direction of M. T. B. Colinas L.)

The triacontanol (TRIA) is an alcohol with properties of growth regulator. In order to know its effect on the development of poinsettia plants, an experiment was established in Chapingo, México during 1996 using poinsettias cv Freedom handled to one pinch and with three levels of nitrogen (350, 380 y 410 mgL<sup>-1</sup>), the triacontanol was applied on 1, 5, 10 y 15 mgL<sup>-1</sup> after the pinch or during flower induction. At the end of the growing cycle several variables have evaluated, flower diameter, number of flowers, area of bracts, and chlorophyll evening others. The application of triacontanol to stock plants trasplanted in april 1997 was done in different frecuency, and in june the number and fresh weight of cuttings of first and second quality were evaluated. Under laboratory conditions the triacontanol was applied to poinsettia plants to measure gaseous exchange.

The application of triacontanol after the pinch promotes a greather development of the plant than when the application is during flower induction, but increases in nitrogen fertilization do not improve the response. Higher flower diameter and number of flowers were obtained with 10 mgL<sup>-1</sup> of TRIA and with 15 mgL<sup>-1</sup> of TRIA an increase in area of bracts and leaves was observed. With 10 mgL<sup>-1</sup> of TRIA the highest number in first quality and total cuttings was obtained, and with higher application frecuency the number of firts quality was increased. Gaseous exchange rate and transpiration were reduced with TRIA 28.55 hours after its application.

**Key Words:** Cuttings, flower induction, bracts, growth regulator, TRIA.

## I INTRODUCCIÓN

La horticultura ornamental tiene una gran importancia en México por el número y volumen de especies que se producen, por ser una fuente directa e indirecta de mano de obra y por las divisas que puede generar al país por las exportaciones. Otro factor importante en el desarrollo de la horticultura ornamental es la cercanía con algunos de los principales importadores de flores: Estados Unidos y Canadá; además de que el costo de producción en nuestro país es más bajo en algunas especies.

Una de las tecnologías en la agricultura es el uso extensivo de reguladores de crecimiento con la finalidad de mejorar el rendimiento y calidad de las cosechas. Pero es en ornamentales donde su uso tiene mayor importancia debido a que la producción de flores de corte y de plantas en maceta debe coincidir con fechas específicas de demanda que requieren adelantar o retrasar la floración y/o mejorar características de forma, tamaño, longitud y vigor de tallos, coloración de flores y follaje, que son las que determinan o contribuyen al valor ornamental y estético de la especie.

Un tipo de regulador de crecimiento más usados en ornamentales son los retardantes, principalmente en las especies que se cultivan en maceta. La reducción del crecimiento, se da por inhibición de la división celular y dentro de ciertas concentraciones no se afectan la formación de hojas y flores, en algunos casos se favorece la coloración. Sin embargo, existen compuestos que

pueden presentar propiedades como regulador del crecimiento sin que se encuentren dentro de un grupo específico, según el término hormona. Éste es el caso del triacontanol, al que se le han descubierto propiedades de regular el crecimiento aunque no se sabe exactamente su mecanismo de acción (Mandava, 1979).

El triacontanol es un alcohol primario de 30 átomos de carbono que fue identificado en 1933 como un componente natural en las ceras de varias especies vegetales, entre ellas la alfalfa (*Medicago sativa* L.) (Ries *et al.*, 1977a).

Algunos de los efectos metabólicos y fisiológicos que se atribuyen al triacontanol, al realizar aplicaciones exógenas a plantas, son: un incremento inmediato en la absorción de agua, efecto a nivel enzimático y fotosintético; también se incrementa la acumulación de materia seca aumentando el área foliar presentándose un desarrollo vegetativo que puede incrementarse hasta en un 20% (Ries *et al.*, 1977b; Ries y Houtz, 1983; Ries *et al.*, 1992).

La respuesta a la aplicación de triacontanol implica la actividad de las enzimas del metabolismo de carbohidratos como son la fosfoenol piruvato carboxilasa, NAD y NADP malato deshidrogenasas; lo cual da un incremento en el contenido de azúcares y almidón (Ries *et al.*, 1983).

La flor de nochebuena (*Euphorbia pulcherrima* Willd. ex. Klotzsch) es una planta en maceta importante por su demanda en épocas decembrinas y su cultivo como fuente de empleo. En México en 1980 se produjeron alrededor de

500,000 macetas de nochebuena, cifra que se incrementó en 1995 a 6 millones aproximadamente. A medida que pasa el tiempo, tanto la demanda como las exigencias en calidad son mayores (Martínez, 1996). Una planta de nochebuena con excelente calidad presenta una forma compacta con brotes vigorosos, brácteas grandes, coloración intensa en brácteas y follaje, una arquitectura horizontal y un follaje adecuado (Saldaña, 1992).

En el mercado existen varios cultivares de nochebuena, predominando los de color rojo, Freedom entre éstos. El cv. Freedom es de reciente introducción a México, se encuentra disponible en colores rosa, blanco y rojo; tiene las características de ser una planta de porte bajo con excelente ramificación, apreciada por el color intenso de brácteas y follaje, pero con la desventaja de tener un tamaño de brotes y brácteas pequeño (Hartley *et al.*, 1993). En el cultivo de nochebuena algunas veces es necesario el uso de un promotor de crecimiento cuando se tiene un retraso en el trasplante o programación, para lograr un mayor desarrollo.

Con la finalidad de conocer el efecto de la aplicación de triacontanol sobre el crecimiento, se realizaron aplicaciones a plantas para floración y a plantas madre de nochebuena (*Euphorbia pulcherrima* Willd, Ex. Klotzsch) cv. Freedom; planteándose los objetivos e hipótesis que se describen a continuación.

## II OBJETIVOS E HIPÓTESIS

### OBJETIVOS

- 1.- Conocer el efecto de la aplicación de triacontanol sobre el desarrollo vegetativo y floración de plantas de nochebuena.
- 2.- Determinar si es mejor la aplicación después del pinch (etapa vegetativa) o durante la inducción fotoperiódica (etapa reproductiva).
- 3.- Evaluar si los niveles de nitrógeno en la fertilización favorecen la respuesta a la aplicación de triacontanol.
- 4.- Conocer el efecto del triacontanol en la producción y calidad de esquejes de nochebuena.
- 5.- Conocer el efecto del triacontanol sobre el intercambio de CO<sub>2</sub> y transpiración en plantas de nochebuena.

## HIPÓTESIS

- 1.- La respuesta de la nochebuena a la aplicación de triacontanol se manifiesta modificando el desarrollo vegetativo y de flores.
- 2.- La aplicación de triacontanol antes o después del pinch puede resultar en un mayor desarrollo y mejor floración.
- 3.- Un incremento de nitrógeno en la fertilización mejora la respuesta a la aplicación de triacontanol.
- 4.- La aplicación de triacontanol a plantas madre de nochebuena puede afectar la producción y calidad de esquejes.
- 5.- El intercambio de  $\text{CO}_2$  y la tasa de transpiración, así como otras variables fisiológicas se modifican por la aplicación del triacontanol.

### III REVISIÓN DE LITERATURA

#### 3.1 El triacontanol (TRIA)

##### 3.1.1. Características del TRIA

El triacontanol (TRIA) es un alcohol primario de cadena larga con 30 átomos de carbono [ $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{28}\text{CH}_2\text{OH}$ ] y alto peso molecular (PM= 438). Es muy activo a concentraciones muy bajas como  $2.3 \times 10^{-8}$  M en raíces y brotes (Ries *et al.*, 1977a).

Es extremadamente insoluble en agua ( $2 \times 10^{-16}$  M,  $9 \times 10^{-14}$  gL<sup>-1</sup>) y poco soluble en etanol, benceno y cloroformo, recientemente es formulado como una dispersión coloidal estable en finas partículas cristalinas (Laughlin *et al.*, 1983).

El mecanismo de acción del TRIA parece estar determinado por la longitud específica de la cadena; ya que el octacosanol, alcohol análogo primario de 28 carbonos no afecta el crecimiento en arroz (Ries *et al.*, 1977).

##### 3.1.2. Identificación del TRIA en plantas

El TRIA se ha encontrado como alcohol primario en las ceras de hojas de arroz (Uchiyama y Ogasawara, 1981); en tejidos de hojas maíz se encuentra como un componente natural en cantidades de  $235 \mu\text{gG}^{-1}$  (Maugh, 1981).

El TRIA fue identificado por Chibnall y sus colaboradores en 1933 como un componente natural en plantas de varias especies, entre ellas la alfalfa, más

tarde verificaron el compuesto por espectrometría de masas. Es un alcohol principal de cadena larga derivado de las ceras contenidas en las hojas de alfalfa. La mayoría de las plantas contienen pequeñas cantidades de TRIA sintetizado en el tejido del parénquima (Ries *et al.*, 1983).

Fue identificado por cromatografía y espectrofotometría en té verde; es un producto del metabolismo lipídico y se encuentra relacionado con otros productos de la biosíntesis de ceras en las plantas. El TRIA y otros componentes lipídicos son limitados por causa de interacciones hidrofóbicas con otros compuestos; puede estar en algunos casos como un éster o con glucósidos conjugados (Eriksen *et al.*, 1982); se ha reportado con propiedades promotoras de crecimiento en las plantas y ha sido identificado como un constituyente del té (Rao *et al.*, 1987).

El TRIA fue aislado de la corteza de tallo seco de *Ocimum sanctum*, planta utilizada en la medicina tradicional para tratamiento de desordenes gástricos, bronquitis y fiebres (Sukari *et al.*, 1995).

Kolker (1978), menciona que el TRIA es cosmopolita, puede encontrarse en el suelo y ambientes biológicos, en forma libre o como hidrocarburos de cadena larga presentes en epidermis de hojas de jade, tubérculos de papa, etc. Se encuentra distribuido en las ceras epicuticulares de una gran diversidad de géneros tales como alfalfa ( *Medicago sativa*), *Croto californis*, frijol rastrero (*Phaseolus multiflorus*), trébol blanco (*Trifolium repens*), palma brasileña

(*Copernicia cerifera*) y nuez (*Jatropha curca*) (Freeman *et al.*, 1979; Lee *et al.*, 1979).

El compuesto 9-b-l (+) adenosin a concentraciones picomolares estimula el desarrollo de varias especies, detectado por un aumento en el peso seco de varias especies entre ellas zanahoria, calabaza, maíz y tomate. Este compuesto fue obtenido de TRIA y se encuentra en diferentes especies y órganos (Ries *et al.*, 1990).

Por extracto en éter se identificó en semillas de *Chenopodium album* el compuesto n-triacontanol (Bera *et al.*, 1989); en hojas y el extracto de raíz de *Kalanchoe daigremontiana* se encontró TRIA (Nair *et al.*, 1988). Varios compuestos fueron aislados de la parte aérea de la planta medicinal *Astragalus polycanthus* entre ellos hentriacotane y TRIA (Gupta *et al.*, 1995).

El movimiento del TRIA en plantas es difícil de comprobar debido a que es ubicuo en plantas, es decir, se encuentra en todas partes de la planta, y la cantidad exógena requerida para su respuesta es muy pequeña y dosis altas no incrementan el desarrollo (Ries y Houtz, 1983).

### **3.1.3. Preparación de la dispersión de TRIA**

Para la aplicación del TRIA a la planta se requiere de una dispersión en agua como solución o como un coloide. El método para formar coloides puede ser por dilución de soluciones en dimetil sulfoxido o acetona, dilución de una solución en un surfactante no iónico o dilución de TRIA solubilizado en una

dispersión micelar de mezcla de jabón y surfactantes no iónicos (Laughlin *et al.*, 1983).

La dispersión por dilución es altamente polidispersa y heterogénea a diferencia de la solución micelar que es metaestable aunque sobre un período de meses se depositan algunos cristales de TRIA (Laughlin *et al.*, 1983).

La dispersión coloidal de TRIA en agua usando dispersión ultrasónica forma coloides estables, aunque una pequeña cantidad de TRIA floculado puede ser visible después de meses, muestras de un año no presentaron cambios cuantitativos. La dispersión requiere de una temperatura cercana a 90 °C pero menor al punto de ebullición y una adecuada composición (Laughlin *et al.*, 1983).

Para solubilizar el TRIA se recomienda una preparación micelar con 1.0 gL<sup>-1</sup> de TRIA y 0.01 gL<sup>-1</sup> de cebo alquilo de sulfato de sodio, usando una micropunta gradual de sonicación; el dispersante tiene la función de retardar la coalescencia de varias gotitas de líquido de TRIA (Laughlin *et al.*, 1983).

Una suspensión formada por dilución de TRIA con 0.1 % de tween 20 en cloroformo tiene efecto en plantas (Laughlin *et al.*, 1983).

El TRIA es soluble cuando se mezcla con ácido oleico y calienta a 72 °C, el ácido oleico actúa como un transporte para llevar el alcohol dentro del detergente no iónico (Mamat *et al.*, 1983).

Con una solución de TRIA preparada con 50 ml de cloroformo, 50 mg de cristales de TRIA aplicada a plántulas de arroz, se observó un incremento en peso seco de 56% más que el testigo (Ries *et al.*, 1977a).

#### **3.1.4. Inhibición de la actividad del TRIA**

Las concentraciones equimolares de muchos compuestos de cadena larga pueden inhibir la actividad del TRIA, la morfolina (Tetrahidroxi-2-H-1,4 ozaxina) un oxidante utilizado para limpiar tuberías inhibe su actividad; otros alcoholes de cadena larga presentes pueden inactivar al TRIA aun en concentraciones equimolares (Jones *et al.*, 1979).

Las concentraciones de TRIA de 0.1 a 100 mgL<sup>-1</sup> pueden ser rápidamente inactivadas por otros compuestos lipofílicos comparados con alcoholes y ésteres de cadena larga presentes en residuos de pesticidas, dispersantes, emulsificantes o contaminantes del agua (Ries y Houtz; 1983).

#### **3.1.5. Efectos fisiológicos y metabólicos**

El incremento en la absorción de agua afecta de manera indirecta la transpiración por la aplicación de TRIA; esta sustancia lipoidal con un grupo polar terminal tiene efectos específicos a nivel membranas. El peso seco de plántulas de arroz tratadas con TRIA se incrementa linealmente en la oscuridad a las 2 y 6 horas después de la aplicación. El incremento en la acumulación de peso seco de varias especies de plantas con aspersiones

foliares y a la raíz a bajas concentraciones de TRIA ( $2.3 \times 10^{-8}$  M ó  $0.45 \text{ mgplanta}^{-1}$ ) puede estar implicado en el crecimiento. El arroz y maíz aumentan más rápidamente la acumulación de peso seco con la aplicación de TRIA (Ries *et al.*, 1977b).

La savia de maple dulce (*Acer sacharum*) muestra tendencias cuadráticas en la concentración de TRIA respecto al tiempo; el TRIA afecta la actividad de la almidón fosforilasa jugando un papel importante en la conversión de almidón a azúcares (Kramer y Kozlowski, 1979)

El porcentaje de materia seca de los frutos no fue significativamente diferente con la aplicación de TRIA, lo cual indica que el incremento en el peso fresco es causado por un aumento en la absorción de agua. El TRIA aplicado a la solución nutritiva cuando las plantas de jitomate están en crecimiento activo aumenta más rápidamente su crecimiento y su tasa fotosintética mientras disminuye la tasa de fotorrespiración (Eriksen *et al.*, 1982).

Las plántulas de maíz expuestas a una temperatura del aire de  $35 \text{ }^{\circ}\text{C}$  una hora antes del tratamiento con TRIA ganaron más peso seco que aquellas que se mantuvieron a  $25 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ; las aplicaciones foliares en campo de TRIA durante 3 años en 13 cultivos, entre estos maíz, mostraron un incremento en el peso seco de 11 de ellos y el rendimiento se incrementa en 13% en más de la mitad de las evaluaciones (Biernbaum, 1986).

El TRIA natural o sintético aplicado vía foliar estimula un incremento en el rendimiento de varios cultivos en campo; el rendimiento de maíz, frijol y

calabaza puede incrementarse en 9, 24 y 15% respectivamente sobre el testigo (Ries *et al.*, 1978); Hoagland (1980), menciona que la aplicación de TRIA a concentraciones extremadamente bajas estimula el crecimiento de varias especies en diferentes fases de desarrollo, pero también existen efectos selectivos a altas concentraciones, teniendo un importante impacto en el rendimiento de cultivos.

Un rápido incremento en la acumulación de succinato y  $\alpha$ -aminoácidos se observa a los 10 minutos del tratamiento con TRIA, este también fue un tiempo dependiente en la incorporación de muchos metabolitos particularmente glutamato y aspartato. El efecto del TRIA sobre el nivel de azúcares reductores, aminoácidos, proteína soluble y N se observa en plantas de maíz y arroz cultivadas *in vitro*; en plántulas de arroz el incremento significativo de azúcares es detectado en 3 minutos y el incremento de aminoácidos y proteína en 9 minutos, estas observaciones se realizaron por espectrometría de masa en plántulas de arroz (DeWitt *et al.*, 1979). El efecto del TRIA en el nivel de azúcares reductores, aminoácidos, proteína soluble y nitrógeno total es muy rápido y ocurre *in vitro* y *in vivo* con plántulas de arroz y maíz (Knowles y Ries, 1981; Ries y Wert, 1982).

El TRIA inhibe la biosíntesis de etileno en heridas de secciones subapicales de plántulas de chícharo bajo condiciones anaérobicas o aeróbicas de manera similar a la cinetina y bencilaminopurina; para obtener el mismo grado de reducción, la concentración de TRIA requerida es de 23 nanomolar

comparada con 50 y 100 micromolar de cinetina y BA respectivamente (Saltveit y Dilley, 1979); el TRIA afecta respuestas específicas de crecimiento normalmente asociadas con otras hormonas vegetales, retrasó el inicio de la senescencia en discos foliares de avena e incrementó la longitud del hipocotilo de semilla de calabaza en germinación (Bhalla, 1981).

El TRIA en la actualidad puede ser considerado como una sustancia secundaria en el crecimiento vegetal y no como una hormona vegetal en el sentido convencional; ya que es insuficiente la información para establecer que es fisiológicamente tan importante como las cinco hormonas vegetales existentes (auxinas, giberelinas, citocininas, ácido abscísico y etileno) (Mandava, 1979; Eriksen *et al.*, 1982).

Las aplicaciones foliares del TRIA se ven reflejadas en un incremento en el contenido de N en hojas, el rendimiento de papa y de otros cultivos (Ries *et al.*, 1978); en tomate, maíz y pepino se incrementa en un 50 y 60% el contenido de Ca, Mg y K en retoños a las 5 semanas después del tratamiento foliar (Ries *et al.*, 1993).

Ries y Houtz (1983), reportan que la tasa de asimilación neta (TAN) se incrementa en plantas de arroz asperjadas con TRIA y en semillas de tomate ésta respuesta ocurre hasta la aparición de la primera hoja.

En cultivo *in vitro* de tejidos de varias especies se observa un incremento en el desarrollo y peso seco del tejido calloso debido a una mayor división celular por la aplicación de TRIA. Si bien el efecto del TRIA en plantas intactas

no requiere luz, el callo de tabaco responde a TRIA solamente en presencia de luz; el crecimiento del tejido en el tiempo de tratamiento afecta la respuesta. El incremento del crecimiento causado por TRIA no es simplemente causado por la absorción de agua y el alargamiento de las células sino se debe al incremento en el número de ellas (Hangarter *et al.*, 1978).

El TRIA y su mensajero secundario 9-beta-l(+)-adenosin producen un estímulo en el crecimiento de las plantas (Ries *et al.*, 1990).

El efecto más notorio del TRIA es el incremento en el crecimiento, biomasa, aminoácidos libres, reducción en la concentración de carbohidratos y proteínas (Muthuchelian *et al.*, 1995; Muthuchelian *et al.*, 1996).

El TRIA a  $80 \mu\text{gL}^{-1}$  afecta la conductancia estomática en plántulas de *Rhizppha apiculata* en un sistema hidropónico; la resistencia estomatal y los niveles intercelulares de  $\text{CO}_2$  se reducen drásticamente a diferencia del aumento de la biomasa y rendimiento (Kathiresan y Moorthy, 1994); en *Acacia catechu* L. con la aspersion de 2, 4 y  $10 \text{ mgL}^{-1}$  de TRIA se incrementan los poros estomatales en longitud y área; siendo la mejor la concentración de  $4 \text{ mgL}^{-1}$  (Thakur *et al.*, 1992).

### **3.1.6. Actividad enzimática**

En la respuesta a la aplicación de TRIA esta implicada la actividad de enzimas del metabolismo de carbohidratos, algunas enzimas que incrementan su actividad son la fosfoenol piruvato carboxilasa, NAD y NADP malato

deshidrogenasas; también se observa un aumento en la concentración de almidón y azúcares (Ries y Houtz, 1983). Las propiedades lipídicas del TRIA y su acción en cantidades nM sugieren que puede estimular el metabolismo de la planta en parte por la interacción inmediata de enzimas resultado de la asociación con los constituyentes de la membrana, esto comprueba que la membrana celular juega un papel integral en la acción del TRIA (Lesniak *et al.*, 1986).

El TRIA afecta a cinco enzimas, además en tejido de hoja de lechuga creciendo en luz y oscuridad tratadas con TRIA muestra una actividad mucho mayor en la polifenol oxidasa que tejido no oxidado (Henry y Primo, 1979).

En cultivo *in vitro*, se incrementa por arriba del 40% la actividad del sistema almidón fosforilasa y la fosfoenol piruvato carboxilasa, 20 minutos después del tratamiento en hojas de maíz con TRIA (Houtz y Ries, 1983; Ries y Houtz, 1983).

Se incrementa la actividad de las enzimas gluconato-6-P deshidrogenasa y la isocitrato deshidrogenasa en plántulas de maíz (Ries y Houtz, 1983). La adición de 2.3 nM de TRIA en la solución nutritiva en cebada promueve la mayor actividad de la ATPasa y un incremento del 64% de Ca y un 85% de Mg ambos relacionados con la actividad de ésta enzima, la cual depende de la concentración aplicada de TRIA. El TRIA afecta indirectamente la actividad de la ATPasa por inhibir la actividad de su proteasa durante el aislamiento o por la

prevención de la degradación de los fosfolípidos de la membrana requeridos para la actividad de la ATPasa (Lesniak *et al.*, 1986).

Con la aplicación de 2.5 a 10 mgL<sup>-1</sup> Vipul (i.a. TRIA) en espinaca 30 días después de la siembra, se incrementa la actividad de la nitrato reductasa, catalasa y peroxidasa; así como el contenido de proteína soluble total, clorofila y hierro activo (Kadam *et al.*, 1988).

Durante la senescencia de la hoja bandera en cebada disminuye el contenido de clorofila, lo cual afecta la capacidad para fijar CO<sub>2</sub> y el rendimiento del grano. La aplicación de TRIA a 10<sup>-8</sup> M en estado de hoja bandera, penúltima y quinta hoja a los 42, 58 y 72 días después de la siembra favorece la actividad enzimática y el contenido de clorofila. La actividad de la RuBP carboxilasa disminuye conforme aumenta la edad de la hoja y una marcada disminución en el contenido de clorofila y proteína soluble se detecta en el estado de la quinta hoja; la aplicación de TRIA detiene la disminución del contenido de clorofila y proteína soluble mejorando la actividad de la RuBP carboxilasa (Nath y Mishra, 1990a).

La aplicación de TRIA a 10<sup>-8</sup> M en la aparición de la hoja bandera en cebada y al inicio de la senescencia prolongan la actividad de la RuBP carboxilasa; el efecto es mejor cuando se aplican los reguladores de crecimiento a inicio de la senescencia. La cinetina a 10<sup>-4</sup> M fue más efectiva que el TRIA (Nath y Mishra, 1990b).

### 3.1.7. Fotosíntesis

En arroz la aplicación de TRIA incrementa la fotosíntesis y movilización de fotoasimilados (Debata y Murthy, 1981). Sin embargo ocasiona una reducción en la inhibición de la fotosíntesis por deficiencia de oxígeno molecular en tomate y *Chlomydomonas reinhartii* (Eriksen *et al.*, 1982).

Eriksen *et al.* (1982), reportan que el tomate, una planta C<sub>3</sub>, que pierde una gran cantidad de productos fotosintéticos en la fotorrespiración mientras que en el maíz, una planta C<sub>4</sub> la fotorrespiración es mínima. El TRIA afecta el balance entre estos dos procesos en tomate; la fotosíntesis neta se incrementa y la fotorrespiración se reduce, lo cual da como resultado un incremento en el crecimiento y un aumento de 30% en el peso seco. Esa morfología en la hoja y fotosíntesis puede explicar porque el maíz no muestra incremento en su rendimiento ni se afecta su fotosíntesis con la aplicación de TRIA.

Zhou *et al.* (1995), mencionan que en colza tratada con 0.2% de Mixtalol (TRIA) en diferentes estados de desarrollo encontraron que la aspersion al inicio de la floración incrementa la tasa de fotosíntesis, el contenido de clorofila en hojas y acumulación de malonil aldehído; retrasando la actividad de la superóxido dismutasa y catalasa. Se incrementa el rendimiento de semilla en 10.4% en la aspersion al inicio de la floración y en 7.2% en floración completa.

En semillas de *Pennisetum polystachyeon* Schult la preparación de Miraculan (TRIA) en 1 mgkg<sup>-1</sup> y Vipul (TRIA) en 2 mgkg<sup>-1</sup> aplicada como remojo y aspersion foliar incrementa la tasa de fotosíntesis neta, el contenido de

clorofila, proteína total, la transpiración y la actividad de la enzima nitrato reductasa (Muthuchelian *et al.*, 1990).

Con la aplicación de TRIA a  $0.1 \text{ gM}^3$  en menta se incrementa la tasa fotosintética, en contenido de clorofila y la clorofila a; además se incrementa el contenido de micronutrientes en las hojas como el Fe, Mn, Cu y Zn (Srivastava y Sharma, 1991); se reduce la fotorrespiración en té (Srivastava *et al.*, 1993).

La aplicación foliar de 15 a  $100 \text{ mgL}^{-1}$  de TRIA en nogal durante la prefloración, incrementa la tasa fotosintética de 45 a 85 días después de la aplicación (Kothale *et al.*, 1993).

### **3.1.8. Tratamiento a semillas y propagación**

En semillas de 15 especies entre cultivos y malezas tratadas con TRIA a concentraciones de  $10^{-5}$  a  $10^{-7}$  M en una dilución de 3% de dimetil sulfóxido, la germinación no fue afectada después de 24 y 48 horas de tratamiento, pero si reduce la longitud del eje embrionario en un 20% en lechuga, 17% en *Cassia obtusifolia* y 13% en algodón; su efecto no significativo puede deberse a la nula penetración por la testa de la semilla (Hoagland, 1980).

El TRIA en concentraciones de  $5 \times 10^{-7}$  M y  $5 \times 10^{-8}$  M inhibe la actividad de giberelinas en la estimulación de germinación de lechuga en obscuridad; pero esto no sucede a  $5 \times 10^{-6}$  M (Lewak y Skowronska, 1981).

Mamat *et al.* (1983) reporta que con la aplicación de TRIA los efectos inhibidores de ácidos alifáticos en la germinación de semillas se reduce.

Jain *et al.* (1988) encontraron que con la aplicación de TRIA a semillas de trigo en concentraciones de 0.01, 0.1 y 1.0 mgL<sup>-1</sup> incrementan la longitud de la panícula, rendimiento de grano y peso de 1000 semillas.

El remojo de semillas de arroz durante una hora con 0.01, 0.1 y 1.0 mgL<sup>-1</sup> de TRIA incrementa la longitud y volumen de raíces, número de hojas y peso de plántulas (Ahmed, 1990); en concentraciones de 1 a 6 mgL<sup>-1</sup> en semillas de chícharo y soya, se encontró que a bajas concentraciones promueve el crecimiento de plántulas, contenido de carotenoides y clorofila; pero a concentraciones altas se inhibe (Janardhanan, 1992).

En la propagación de bambú (*Dendrocalamus membranaceus*) por brotes con dos nudos de plántulas establecidas a partir de semilla, se obtuvo una brotación del 100% y 70% en enraizamiento con el tratamiento a estacas con n-triacontanol (Surya) a 100 mgL<sup>-1</sup> a diferencia del IBA a 100 y 200 mgL<sup>-1</sup> que promovió sólo el 50% de brotación y 20% de enraizamiento (Nath y Das, 1995).

Zheng *et al.* (1986) mencionan que los tratamientos con TRIA en concentraciones de 1 a 40 mgL<sup>-1</sup> a semillas y aspersion foliar a flores de varios cultivos entre ellos tomate, rábano, frijol, maíz y arroz. El remojo de semilla en concentraciones mayores a 10 mgL<sup>-1</sup> el TRIA inhibe la germinación, emergencia y desarrollo de las plántulas, en jitomate promueve partenocarpia pero no tiene efecto en el desarrollo del fruto.

### 3.1.9. Cereales y granos

El extracto natural y en cloroformo de alfalfa henificada, así como la harina de alfalfa incrementan significativamente el peso seco de plántulas de maíz de 26 días. El TRIA sintético aplicado al cultivo de arroz y tomate en concentraciones de 0.01 y 0.1 mgL<sup>-1</sup> tiene respuesta similar al TRIA natural después de 6 y 7 días de su aplicación (Ries *et al.*, 1977); una solución nutritiva con TRIA aplicada en arroz causa un incremento en el peso seco en el transcurso de 6 horas en oscuridad, este incremento es alterado por las concentraciones de CO<sub>2</sub> y O<sub>2</sub> atmosféricos, la mayor respuesta se logra entre 200 a 350 µL<sup>-1</sup> de CO<sub>2</sub> con 5% de O<sub>2</sub>; la respuesta al crecimiento se atribuye a un incremento de N soluble e insoluble y carbohidratos solubles. Los tratamientos con TRIA y CO<sub>2</sub> incrementaron las cenizas, el N total reducido y carbohidratos solubles en las raíces más no en el tallo (Bittenbender *et al.*, 1978); 10 µgL<sup>-1</sup> de TRIA en la solución nutritiva incrementan el peso seco y el área foliar de arroz (Hangarter *et al.*, 1978).

El primer efecto observado en plántulas de maíz y arroz es un rápido incremento en el área foliar y peso seco; la hoja nueva puede ser visiblemente más grande y ancha, de 10 a 20 minutos después del tratamiento y el incremento de nitrógeno total en 1 hora; el peso seco de plántulas de arroz tratadas con TRIA se incrementa linealmente en la oscuridad de 2 a 6 horas después del tratamiento (Ries y Wert, 1982); la concentración óptima en maíz parece ser entre 0.01 y 1.0 mgL<sup>-1</sup> de TRIA en condiciones de campo; a

concentraciones mayores la respuesta disminuye debido a la inhibición de su actividad (Ries *et al.*, 1983). La ganancia en peso seco en plántulas de maíz tratadas con una dispersión coloidal de TRIA se incremento logaritmicamente con la composición de la dispersión, pero con  $100 \text{ mgL}^{-1}$  de TRIA se obtuvo la ganancia máxima (Lauhglin *et al.*, 1983).

Singh *et al.* (1991), reportan que el Mixtalol y Miraculan (i.a. TRIA) aplicados a semilla ( $0.3 \text{ mlkg}^{-1}$ ), en aspersión foliar 35 y 60 días después de la siembra ( $0.1 \text{ mL}^{-1}$ ) y ambos tienen efecto sobre el rendimiento y absorción de N, P y K en maíz. El rendimiento con Mixtalol fue 7.2% más que con Miraculan y ambos superan al testigo; el mayor rendimiento y absorción de elementos se logra con el tratamiento a la semilla más la aspersión foliar.

En dos métodos de aplicación de mixtalol (TRIA) en frijol como tratamiento a semilla ( $2 \text{ grkg}^{-1}$ ) ó aplicación foliar de  $2 \text{ mL}^{-1}$  30 días después de la siembra, la combinación de ambos tratamientos incrementó el rendimiento ( $880 \text{ kgha}^{-1}$ ) comparado con el testigo ( $810 \text{ kgha}^{-1}$ ) (Bhatnagar *et al.*, 1992).

En el cultivo de arroz el peso seco de la raíz aumentó en plantas tratadas con TRIA dos semanas después de la aplicación y su efecto continuó hasta la maduración; la relación peso de raíz/peso de parte aérea y peso de raíz/área foliar fue más alta. La respiración radical y el contenido de azúcares totales en la raíz se incrementa. El peso de la cascarilla se incrementa cuando se aplica TRIA en las tres etapas (brotación, formación de panícula y llenado de grano). La aplicación de TRIA incrementa el desarrollo de raíces y la apertura

estomatal como resultado del aumento de la capacidad de absorción de agua de la raíz, lo cual incrementa el peso de la cascarilla de arroz por mantener una alta tasa fotosintética hasta la maduración (Nagoshi y Kawashima, 1995).

Jadhav *et al.* (1990) reportan que las semillas de mijo (*Pennisetum americanum*) tratadas con  $1 \text{ mL}^{-1}$  de Miraculan (TRIA); más dos aspersiones foliares incrementan el rendimiento de grano a  $1.8 \text{ tonha}^{-1}$  comparado con  $1.07 \text{ tonha}^{-1}$  del testigo; el tratamiento con Miraculan más la inoculación de *Azospirillum brasilencis* incrementa el rendimiento a  $2.12 \text{ tonha}^{-1}$ .

En sésamo con aspersiones de ANA en concentraciones de 10, 20 o 40  $\text{mgL}^{-1}$ ; 1.25, 2.5 y 5  $\text{mgL}^{-1}$  de TRIA ó 25, 50 y 100  $\text{mgL}^{-1}$  de IBA a los 25 y 50 días después de la siembra; la aplicación de 20  $\text{mgL}^{-1}$  de ANA, 5  $\text{mgL}^{-1}$  de TRIA y 25  $\text{mgL}^{-1}$  de IBA incrementaron el rendimiento de semilla en 16.7, 15.1 y 21.5% respectivamente sobre el testigo (Tripathy *et al.*, 1996).

En trigo el tratamiento de remojo a la semilla durante 6 horas antes de la siembra con soluciones de 0.01, 0.03 y 0.05  $\text{mgL}^{-1}$  ó la aplicación foliar de 0.5, 1.0 o 2.0  $\text{mgL}^{-1}$  de TRIA favorecen el aumento en rendimiento de grano. La aspersión foliar de 1.0  $\text{mgL}^{-1}$  ó el tratamiento a la semilla con 0.03  $\text{mgL}^{-1}$  de TRIA incrementan el rendimiento de grano en 20% con respecto al testigo (Rakesh *et al.*, 1995); la aplicación foliar de 1.0  $\text{mgL}^{-1}$  de TRIA incrementó el rendimiento de grano de trigo ( $3.42 \text{ tonha}^{-1}$ ) comparado con el testigo ( $2.76 \text{ tonha}^{-1}$ ), se incrementa más el rendimiento cuando se aplica el TRIA dos veces, en la brotación y en la floración que cuando se realiza una aplicación (Tomar *et*

*al.*, 1991). Singh y Uttam (1994), reportan que la aplicación de 250 mlha<sup>-1</sup> de Miraculan (TRIA) desde la siembra hasta el estado de bota incrementa significativamente el peso de grano y paja en plantas de trigo.

Kelaiya *et al.* (1991) mencionan que en cacahuate la aspersion con 200 mlha<sup>-1</sup> de TRIA a los 25 y 50 días después de la siembra incrementa el índice de área foliar, peso seco de la planta, peso de 100 semillas y rendimiento .

En algodón la aplicación de TRIA, Mixtalol (TRIA), Vipul (TRIA) y Miraculan (TRIA) el mayor rendimiento de semillas de algodón se obtiene con Mixtalol (Mangal *et al.*, 1994); Pothiraj *et al.* (1995) reportan que las aplicaciones de TRIA a concentraciones de 2.5, 5 y 7.0 mgL<sup>-1</sup> incrementan significativamente el rendimiento de semilla, obteniéndose el mayor rendimiento con 5.0 mgL<sup>-1</sup>. Las aspersiones con 1.5 y 2.5 mgL<sup>-1</sup> de TRIA afecta significativamente el desarrollo de bellotas de algodón, aumentando en un 49.7% con 2.5 mgL<sup>-1</sup> el numero de bellotas sobre plantas no tratadas (Patel, 1993).

En plantas de girasol cultivadas en invernadero tratadas con 0.05 mgL<sup>-1</sup> de TRIA a los 25 y 30 días después de la siembra, un mes más tarde aunque se reduce el desarrollo vegetativo promueve la floración incrementando el crecimiento reproductivo (Castro *et al.*,1983). El tratamiento foliar o a semilla con TRIA a 0.05 y 0.10 mgL<sup>-1</sup> incrementa el rendimiento de algodón en un 12 y 31% respectivamente; el rendimiento de trigo invernal aumento en promedio el

12% debido a un mayor llenado de grano por aplicaciones foliares de 0.1 y 0.5 mgL<sup>-1</sup> de TRIA (Ries y Houtz, 1983).

La aplicación foliar de 10 mgL<sup>-1</sup> de Mixtalol (triacontanol) en arroz después de la floración incrementa el llenado de grano y la densidad de grano por planta (Samantasinhar y Sahu, 1990); en arroz cv. IR50 el mayor rendimiento de grano es obtenido con la aplicación de triacontanol más efluente de digester anaerobio (Datta, 1996). El TRIA a 1mgL<sup>-1</sup> en 400 Lha<sup>-1</sup> aplicado los 30 y 37 días después de la siembra incrementa el número de nudos en tallos de gramíneas, lo cual da como resultado un aumento en el peso de la planta (Grewal *et al.*, 1993).

Aplicaciones foliares de TRIA en 1 µgL<sup>-1</sup> a plantas de lenteja (*Lens culinaris* Medik) aumenta el número de ramas/planta resultando un incremento cerca del 48% en el rendimiento de semilla y el peso de 1000 semillas también aumenta. El contenido de clorofila se incrementa disminuyendo la relación de las clorofilas a y b, indicando un incremento en la actividad fotosintética y metabólica. Se incrementa el almidón de las hojas y ligeramente los niveles de azúcares solubles totales y proteínas con el tratamiento a semillas (Setia *et al.*, 1995).

### **3.1.10. Hortalizas**

La alfalfa henificada incrementa el crecimiento y rendimiento de varios cultivos cuando se adiciona en banda cerca de las semillas; la aplicación de

117 kg ha<sup>-1</sup> de alfalfa incrementa el rendimiento de tomate en 10 ton métricas. El rendimiento de pepino y lechuga también se incrementa (Ries *et al.*, 1977).

Las semillas de hortalizas tratadas con TRIA incrementan el desarrollo de las plántulas; con 10 µg L<sup>-1</sup> de TRIA se incrementa el crecimiento y rendimiento de tomate y chile debido a un mayor número de frutos por racimo, no por el peso individual de frutos; pero al aplicar 10 mg L<sup>-1</sup> se reduce entre 17 y 25% el rendimiento por el menor tamaño y número de frutos por racimo (Lim, 1981). En tomate la aplicación foliar de TRIA incrementa el número de frutos por planta en 25% y el rendimiento total en 12% por un mayor número de frutos por planta; cuando se añade al medio de cultivo el incremento es del 3 al 6% debido a que la lana de roca puede reducir su disponibilidad (Eriksen *et al.*, 1982).

El triacontil tetracosanato y l-triacontanol aislados de hojas y tallos de *Mucuna aterrima* colectada en Brasil muestran propiedades antagónicas con *Meloidogyne incognita* raza 3 *in vivo* e *in vitro* en plantas de tomate (Nogueira *et al.*, 1996).

Awang *et al.* (1983), reportan que en plántulas de chile Tabasco (*Capsicum frutescens* L.) la aplicación de TRIA a concentraciones de 0.01 a 1.0 mg L<sup>-1</sup> en drench a los 18 y 43 días después del transplante aumentaron la altura de la planta; mientras que el drench al momento del transplante aceleró la maduración aumentando el rendimiento por el mayor número de frutos en un 24 y 68% para años consecutivos. La concentración de 1.25 mg L<sup>-1</sup> aplicada en

el trasplante y primera floración aceleró la maduración e incrementó el número de frutos; el rendimiento de la primera y segunda cosecha se aumenta con 0.01, 0.1, 1.0 y 1.25 mgL<sup>-1</sup>. Con la aplicación de TRIA a 1.0 y 1.25 mgL<sup>-1</sup> se reduce el contenido de Mg en hojas, con 0.1 mgL<sup>-1</sup> se reduce el contenido de Fe; además no se incrementa el contenido de N,P,K Ca Y Zn por la aplicación de TRIA.

En plantas de chile cv. Barito la aspersion foliar de Dharmasri 5 EC (TRIA) a concentraciones de 0.05, 0.10, 0.15, 0.20, 0.30 y 0.50 mL<sup>-1</sup> a los 21,42 y 63 días después del trasplante mejoran el rendimiento. La floración y amarre del fruto fueron estimulados por concentraciones de 0.05 a 0.50 y 0.20 a 0.50 mL<sup>-1</sup> respectivamente. El rendimiento total del fruto se incrementó en 23.7% y 33.6% con aplicaciones de 0.30 y 0.50 mL<sup>-1</sup> (Sumiati y Suwandi, 1987).

El TRIA fue aplicado en 1 o 2 mgL<sup>-1</sup> a plantas de chile 30 días después del trasplante y de nuevo en plena floración; con 2 mgL<sup>-1</sup> aumentó el crecimiento y rendimiento, así como la absorción de nutrientes incrementando la calidad (Miniraj y Shanmugavelu, 1987). En aplicaciones después del trasplante (20 a 80 días) con 1.25 a 5.0 mgL<sup>-1</sup> de TRIA, en chile se incrementa el número de flores por planta y el porcentaje de frutos amarrados aumenta de 27.72 a 31.54%; el rendimiento se incrementa hasta en 94.6% sobre el testigo con 1.25 mgL<sup>-1</sup> de TRIA (Rajamani *et al.*, 1990).

Sashirekha y Narasimham (1990) reportan que en piezas de tubérculo de papa remojadas durante 3 minutos en emulsiones de TRIA a concentraciones de 0.1 a 100 mgL<sup>-1</sup> y cultivadas bajo condiciones controladas. En tubérculos almacenados en frío después de cinco meses las concentraciones de 1, 10 y 25 mgL<sup>-1</sup> de TRIA incrementaron el peso de brotes en 417, 1318 y 1339 mg respectivamente comparados con 81 mg en el testigo; en concentraciones de 0.1 a 10 mgL<sup>-1</sup> el peso fresco de brotes en tubérculos almacenados por más de 6 meses fue mayor. Concentraciones menores de 25 mgL<sup>-1</sup> de TRIA promueven la actividad de las yemas adventicias, pero concentraciones altas deterioran el tubérculo madre. El mayor rendimiento de papa cv. Kufri chandramki se obtuvo con la aplicación foliar 20 y 50 días después de la plantación de 5 mL<sup>-1</sup> de Paras (TRIA) (Puste y Kundu, 1995).

En melón la aplicación foliar de TRIA durante la octava y décima hoja en desarrollo a concentraciones de 0.01, 1.0 y 10 mgL<sup>-1</sup> no tiene efecto sobre el desarrollo vegetativo (Bosland *et al.*, 1979).

Con la aplicación de triacontanol en 100 ppb en camote (*Ipomea batatas* L.) se incrementa el porcentaje de peso seco y N en hojas; sin embargo no tienen efecto significativo en el rendimiento de materia seca y proteínas de la raíz (Bouwkamp y Mc Ardle, 1980).

El peso de raíces de betabel (*Beta vulgaris* L.) en la cosecha se incrementa con la aplicación de TRIA, pero el contenido de azúcares fue el mismo (Ries y Houtz, 1983).

En espinaca la aplicación de Vipul (i.a TRIA) en concentraciones de 2.5 a 10 mgL<sup>-1</sup> treinta días después de la siembra muestran un incremento en el rendimiento con una mayor respuesta a 5 mgL<sup>-1</sup> (Kadam *et al.*, 1988).

### 3.1.11. Ornamentales

En los cultivares de crisantemo Golden Horrim y Golden Miquel cultivados en una solución nutritiva conteniendo TRIA; el peso seco de la planta se incrementó así como el número de inflorescencias y el número de flores por inflorescencia; el TRIA activa algunos procesos de regulación relacionados con la fotosíntesis y fotorrespiración. El incremento en el número de inflorescencias es causado por una reducción en la dominancia apical resultado de una disminución interna de los niveles de ácido acético. El rompimiento de las yemas y floración fue aproximadamente una semana más temprano en plantas tratadas con TRIA (Skogen *et al.*, 1982).

El TRIA mejora el crecimiento de orquídeas del género *Cymbidium* sp (Stoutemyer, 1982).

La aspersion foliar de TRIA y el mixtanol incrementan el rendimiento de geranio cv. Bourbon manifestándose en el peso, número de ramas, peso de hojas y tallo, composición de aceites esenciales, peso de la parte aérea y radical. El incremento sobre el testigo en producción de raíces fue mucho mayor, lo cual indica la influencia sobre el desarrollo y diferenciación de raíces.

Los esquejes con tres y cinco hojas desarrollan raíces cuando son tratados con una aspersión foliar de TRIA (Bhattacharya *et al.*, 1996).

Con la aplicación de TRIA en dos fechas, al momento del trasplante y desbotonado a concentraciones de 0.1, 1.0 y 5.0 mgL<sup>-1</sup> en crisantemo (*Dendranthema glandiflora* Tzvelev) cv. Hartmann's Dignity, con 5 mgL<sup>-1</sup> se incrementa el diámetro de inflorescencia y longitud de lígulas, lo cual da como resultado un mayor peso fresco y seco de inflorescencia; la longitud del tallo se incrementa en más de 4.0 cm y se tiene un mayor peso de tallo (Flores, 1996).

La aplicación de 10 mgL<sup>-1</sup> de TRIA 10 días después del pinch es más favorable para el desarrollo de la planta de nochebuena (*Euphorbia pulcherrima* Willd) en comparación con 0.1, 1.0, 3.0 y 5.0 mgL<sup>-1</sup>. La mayor altura de planta (25.83 cm) se obtiene con la aplicación de 1.0 mgL<sup>-1</sup> en comparación con el testigo (21.95 cm); mientras que la mejor interacción de fecha de aplicación por concentración se tiene la mayor altura (28 cm) con 10 mgL<sup>-1</sup> 10 días después del pinch. El valor más alto de la longitud del brote basal (15.71 cm) se obtiene con 5.0 mgL<sup>-1</sup> siendo muy diferente del testigo (12.80 cm); mientras que el mayor diámetro de éste brote (0.575 cm) se obtuvo con 5.0 y 10 mgL<sup>-1</sup>; aunque no es muy significativa la diferencia con las demás concentraciones (Cuautle, 1996).

El número de brotes desarrollados por planta es mayor con 3.0 mgL<sup>-1</sup> de TRIA (6.93) que en el testigo (5.48); en tanto que los brotes no desarrollados, con menos de 10 cm de longitud son más en el testigo y menos en plantas

tratadas con 3.0 y 5.0 mgL<sup>-1</sup>. Con 10 mgL<sup>-1</sup> de TRIA en las dos fechas de aplicación, 10 días después de pinch y 12 días de tapado se observa el mayor número de brotes desarrollados. El mayor número de hojas del brote basal se obtiene con 5.0 mgL<sup>-1</sup> mientras que en el brote apical es con 1.0 mgL<sup>-1</sup> (Cuautle, 1996).

El área foliar de la última hoja se incrementa con 10 mgL<sup>-1</sup> (41.32 cm<sup>2</sup>) seguida por las concentraciones 1.0 y 5.0 mientras que en el testigo fue de 33.66 cm<sup>2</sup>; con lo que se tiene un incremento en área foliar de 22% en relación al testigo (Cuautle, 1996).

Con la aplicación de 1.0 mgL<sup>-1</sup> se obtiene el mayor el peso fresco y seco de la parte aérea, seguida de 10 mgL<sup>-1</sup>; y la mejor combinación de fecha por concentración es la aplicación de 10 mgL<sup>-1</sup> en el pinch y tapado. Esta misma tendencia se observa en el peso fresco y seco de la última hoja.; con 1.0 mgL<sup>-1</sup> se logra incrementar sólo el 8% en ambos pesos con respecto al testigo (Cuautle, 1996).

### **3.1.12. Frutales**

En dos cultivares de morera (*Morus alba* L.) la aplicación de 3% de urea y 2% de Tricon, conteniendo n-triacontanol incrementa el contenido de clorofila, ácido ascórbico, nitrógeno y proteína cruda (Ali *et al.*, 1994); con la aplicación de n-triacontanol por más de un año a plantas enanas de morera con síntomas causados por el fitoplasma del achaparramiento; las plantas se recuperaron y

los síntomas de la enfermedad no reaparecieron por lo menos tres años y fue negativa la detección del fitoplasma en el floema de las plantas tratadas (Dai y Sun, 1995).

En el cultivo de plátano en vermiculita, la aplicación de TRIA en 5 gplanta<sup>-1</sup> en cada aplicación a las 7, 13 o 15 semanas después de la plantación mejoran el rendimiento. Tres aplicaciones de TRIA incrementan significativamente el número total de hojas, área foliar total, número de manos por racimo y peso total del racimo (Nagalakshmi y Kulasekaran, 1989).

En árboles de guayaba de 10 años de edad, la aplicación de Mixtalol (TRIA) y Miraculan (TRIA) incrementaron el rendimiento. El mayor rendimiento de fruto por árbol se obtuvo con Mixtalol a 6 ml/10 L y Miraculan a 7.5 ml/10 L; ambos aplicados tres semanas antes de la formación del fruto. Los rendimientos fueron 71.64 y 64.17 kg respectivamente, en árboles no tratados fue de 35.32 kg (Mandal *et al.*, 1989).

Con la aplicación de TRIA a concentraciones de 1.5, 3.0, 4.5 y 6.0 mgL<sup>-1</sup> en chabacano cv. Newcastle en dos estados de desarrollo del fruto, en estado de chícharo o desarrollo del fruto; el tratamiento con 3.0 mgL<sup>-1</sup> en ambos estados de desarrollo resultó en frutos de mayor tamaño, peso y contenido de azúcares (Sud y Parmar, 1990); la aplicación de TRIA en árboles chabacano en plena floración y posteriormente en la etapa de endurecimiento de fruto a concentraciones de 5, 10 y 20 mgL<sup>-1</sup> (2 litros de solución por árbol); se

incrementa el tamaño y peso del fruto, contenido de azúcares y disminuye la acidez, 20 mgL<sup>-1</sup> resulta la mejor concentración (Mehta *et al.*, 1990).

En el cultivo de fresa en campo las aspersiones de TRIA a 10, 25 y 50 mgL<sup>-1</sup> incrementan el desarrollo vegetativo y floración; el mayor número de hojas y área foliar por planta se obtiene con 50 mgL<sup>-1</sup>, además incrementa el contenido de sólidos solubles, volumen, diámetro y longitud del fruto (Thakur *et al.*, 1991).

En la aspersión de TRIA a 100 ppb a árboles de olivo del cultivar "frantolo" a inicio de la floración tienen mejor respuesta que en floración completa, el peso seco del fruto se incrementó de 2.2 g en el testigo a 2.9 g y superó a los otros productos evaluados ácido bórico, Siapton 70 L y "66F" (NAA y derivados de Vitamina B). La relación pulpa-hueso fue mucho mayor en árboles tratados con TRIA (3.62) mientras que el testigo fue de 3.14, además los frutos fueron más redondos, de mayor tamaño y peso seco (Bartolini *et al.*, 1993).

### **3.1.13. Industriales y forestales**

La aplicación de TRIA en concentraciones de 5, 6.25 y 10 mgL<sup>-1</sup> en caña de azúcar no incrementa el número de tallos, peso, diámetro ni la producción de caña y rendimiento de azúcar (Arsana, 1994); en el cv. Cos 767 de caña la aplicación de 40 a 100 kg de "Paras fotosintético" y una mezcla de TRIA no

tiene efecto significativo sobre el rendimiento de caña y la cantidad de jugo (Srivastava y Singh, 1995).

Marimuthu *et al.* (1994) reportan que una semana después de la aplicación foliar en plantas de té con  $2.0 \text{ mgL}^{-1}$  de TRIA durante el final del crecimiento la distribución de fotoasimilados se incrementa a 28 % comparado con un 12% en el testigo; el TRIA incrementa el rendimiento de hojas, reduce el número de retoños en dormancia y aumentó la salida de la dormancia primaria de los brotes en plantas de té (Narayan *et al.*, 1988).

Plántulas de colorin (*Erythrina variegata* Lam.) expuestas a alta salinidad en 10 días mostraron una reducción significativa en la tasa de crecimiento, la producción de biomasa y la relación raíz/tallo en contraste con los pigmentos y proteínas. Cuando las plántulas se asperjaron con TRIA ( $1 \text{ mgL}^{-1}$ ) los efectos por salinidad se redujeron incrementando el crecimiento, biomasa, clorofila y el contenido de carotenoides (Muthuchelian *et al.*, 1996).

Crizaldo *et al.* (1979) reportan que a concentraciones de  $0.1$  y  $0.15 \text{ mgL}^{-1}$  de TRIA se incrementa el desarrollo de sauco (*Albizia falcataria* L. Back) pero a concentraciones mayores la respuesta se inhibe.

La aplicación de Vipul (triacontanol) a plántulas de *Acacia auriculiformis* y *Casuarina equisetifolia* en formulación granular ( $2 \text{ grplanta}^{-1}$ ) y acuosa ( $25 \text{ mL}^{-1}$ ) favorecen el desarrollo. Con  $2 \text{ grplanta}^{-1}$  de Vipul en *Acacia auriculiformis* se aumenta la tasa de crecimiento, acumulación de materia seca, circunferencia y desarrollo de raíces. En *Casuarina equisetifolia* la aplicación foliar de  $2 \text{ mL}^{-1}$  y

2 grplanta<sup>-1</sup> de Vipul presentan un mayor efecto (Somen y Seethalakshmi, 1991).

### 3.1.13. El TRIA y otros reguladores de crecimiento

A concentraciones de  $2.4 \times 10^{-12}$  M y  $2.4 \times 10^{-8}$  M el octacosanol, análogo del triacontanol, inhibe su respuesta, ésta inhibición puede ser detectada cinco minutos después de su aplicación (Hoagland, 1980). La concentración de TRIA es probablemente alterada por otros compuestos y cuando se establece un equilibrio dinámico entre las sustancias reguladoras de crecimiento y los inhibidores endógenos; la respuesta final está determinada como consecuencia de su interacción (Eriksen *et al.*, 1982). La actividad del TRIA puede mejorarse con la adición de sales de Ca y Mg, ya que pueden ser activadores en algunos órganos de la planta (Mamat *et al.*, 1983).

En plantas de arroz asperjadas con  $10 \text{ mgL}^{-1}$  de AIA,  $\text{AG}_3$  y Mixtalol (TRIA) todos los tratamientos incrementan el llenado de grano; el  $\text{AG}_3$  y Mixtalol aumentan la densidad de grano; en segundo lugar de importancia el Mixtalol incrementa el rendimiento (Samantasinhar y Sahu, 1990).

Chandel y Jindal (1991) reportan que con aspersiones de TRIA a 5, 10 y  $20 \text{ mgL}^{-1}$  y paclobutrazol a 125, 250 y 500 en árboles de ciruelo japonés; el mayor tamaño de fruto se obtiene con  $20 \text{ mgL}^{-1}$  de TRIA y  $500 \text{ mgL}^{-1}$  de paclobutrazol, también se incrementa la firmeza, sólidos solubles y antocianinas.

En cardamomo (*Elettaria cardamomum*) la aplicación de Vipul (TRIA) en 0.2, 0.5 0.75 y 1.0% , Ergostimo (ácido fólico y acetilcarboxílico), Ácido fólico y Simazina; incrementan el área foliar, peso de plantas y contenido de materia seca. El incremento significativo de materia seca y crecimiento se observa con Vipul, Ergostimo y ácido fólico en tanto que la Simazina la reduce; con lo cual se puede tener un menor tiempo en vivero de plántulas (Vadiraj *et al.*, 1992)

En el tratamiento precosecha en mandarina con AG<sub>3</sub> a 100, 200 y 300 mgL<sup>-1</sup>, Vipul (TRIA) 500 mgL<sup>-1</sup>, CaCl<sub>2</sub> en 4 y 6% y Bavistin (Carbendazin) 1000, 2000 y 3000 mgL<sup>-1</sup>. El incremento de la concentración de AG<sub>3</sub> en combinación con TRIA logra aumentar el tamaño, peso y jugo del fruto disminuyendo la cantidad de cáscara (Sandhu y Subhadrabandu, 1992).

La combinación de TRIA con benciladenina incrementa el contenido de fosfatidilcolina en el cultivo de algodón; pero la mezcla de TRIA con AIA no produce ningún cambio, lo cual indica que el AIA inhibe su efecto (Shriphati y Swamy, 1994).

#### **3.1.14. Aplicación**

En el maíz y cebada el mejor tratamiento fue con la aspersion de 0.01 mgL<sup>-1</sup>; mientras que para arroz la respuesta es mejor a más alta concentración (Ries *et al.*, 1977).

La edad de la planta y concentración de TRIA son factores importantes que influyen en el crecimiento y desarrollo de las plantas (Henry y Primo, 1979).

El modo de aplicación del TRIA es el responsable de la variabilidad de respuestas; pero el mejor efecto se tiene con la aplicación foliar de una solución coloidal (Laughlin *et al.*, 1983).

Para cereales la mejor etapa de aplicación es durante la brotación, maduración e inicio de senescencia de la hoja bandera (Nath y Mishra, 1990); mientras que el mejor tiempo de aplicación para granos y hortalizas de fruto es la antésis y para hortalizas de hoja durante el crecimiento activo, un resultado efectivo en varias especies es la aplicación foliar de coloides a una concentración de 0.5 a 1.0 mgL<sup>-1</sup> (Ries y Houtz, 1983).

### **3. 2. El cultivo de nochebuena**

#### **3.2.1. Importancia y producción**

El cultivo de nochebuena es importante por su demanda en épocas decembrinas, así como fuente de trabajo por la mano de obra que genera. Las principales zonas productoras de nochebuena de nuestro país se encuentran en Morelos y Xochimilco; aunque recientemente inicia la producción en Guerrero, Colima, Michoacán y Estado de México (Martínez, 1996).

Su cultivo se ha desarrollado ampliamente y con gran rapidez en E.U.A., Países Bajos, Alemania, Francia, Gran Bretaña y Países Nórdicos por su gran popularidad y la calidad decorativa de sus brácteas (Vidalie, 1983).

En 1980 en México se produjeron alrededor de 500,000 macetas de nochebuena cifra que se ha incrementado a cerca de 4 millones en 1993 y aproximadamente 6 millones en 1995 (Martínez, 1996).

Las estadísticas de producción de nochebuena son inconfiables, ya que no existe un registro, según cifras de Viveros Plantec en 1980 se produjeron 200,000 y en 1990 1,500,000 macetas. Para 1991 se estimaba una producción de 1,800,000. Tomando en cuenta la cantidad de esqueje distribuido por propagadores autorizados en 1994 se produjeron 2,500,000 plantas en todas sus presentaciones; para 1995 se reduce a 2,000,000 (Martínez, 1995).

En Estados Unidos se producen anualmente alrededor de 50 millones de plantas para una población de 260 millones de habitantes (5.2 habitantes/planta); mientras que en México con 90 millones de habitantes esa producción da una planta por cada 36 habitantes; por lo que se piensa que el potencial es mucho y que existen problemas de distribución (Martínez, 1995).

### **3.2.2. Cultivares**

#### **Freedom**

Es introducido en 1993 de la línea Eckespoint disponible en rojo, rosa y blanco. Tiene brácteas de color brillante y su follaje verde oscuro, se caracteriza por ser una planta compacta con muchos brotes y floración temprana por lo que no requiere tapado. Tiene brácteas de color rojo oscuro y follaje verde oscuro; se reporta como flor para salir al mercado a finales de

noviembre bajo condiciones de día natural. Requiere de 2 a 3 semanas entre el trasplante y pinchado, de 2 a 3 semanas del pinchado a inicio de días cortos y de 8 a 9 semanas de días cortos para maduración completa. Debe iluminarse durante la noche con 10 fc por 4 horas para floración en diciembre (Hartley *et al.*, 1994).

### Supjibi

Tiene la característica de tener floración temprana, brácteas grandes de color rojo brillante más claro que Freedom. El centro de las brácteas es muy cerrado y tiene ciatios grandes. Las hojas y brácteas son gruesas por lo que requieren de mucho cuidado durante el transporte. Tiene una buena ramificación y prefiere climas cálidos; requiere 8.5 semanas de días cortos para maduración (Ecke *et al.*, 1990).

### **3.2.3. Planta madre de nochebuena**

Para un adecuado desarrollo vegetativo de las plantas madre deben cultivarse a una temperatura mínima de 16 °C y por lo menos 13 horas de luz; para evitar la floración se recomienda iluminación con 10 fc de 10:00 pm a 2:00 am (Martínez, 1995).

La primer poda de la planta madre se realiza cuando los esquejes estén bien establecidos; la segunda y podas subsecuentes se realizan cuando el brote ha madurado y tiene de 4 a 6 hojas totalmente desarrolladas (Martínez,

1995); la poda se realiza dejando 5 yemas y a los 30 días se puede realizar el corte de esquejes (Saldaña, 1992).

La longitud del esqueje debe ser de 6 a 9 cm y no deben ser tomados de tallos demasiado largos que puedan tener inicio de floración (Martínez, 1995). Los esquejes de buena calidad son los que poseen de 5 a 7.5 cm de longitud con una o dos hojas desarrolladas; esquejes enraizados durante 3 o 5 semanas reducen la calidad de la planta de nochebuena en comparación con esquejes de 4 semanas de enraizamiento (Allen, 1995a,b).

#### **3.2.4. Reguladores de crecimiento**

Se usan retardantes de crecimiento para obtener una planta más compacta y son más necesarios en un clima cálido para prevenir el alargamiento de brotes. Se debe aplicar de 2 a 3 semanas después de la última poda cuando los brotes tienen de 2 a 3 cm de longitud. Una aplicación tardía retrasa la floración y disminuye el tamaño de flor. Los productos más utilizados son B-9, Cycocel, A rest, Bonzi y Sumagic; Sumagic favorece el color del follaje con una sola aplicación de 30 mL<sup>-1</sup> sin adherente (Carmichel, 1991).

#### **3.2.5. Nitrógeno y fertilización**

Ecke *et al.* (1990), mencionan que la fertilización usual en nochebuena es de 300 a 400 mgL<sup>-1</sup> de N después del trasplante y posteriormente reducir entre 250 a 300 mgL<sup>-1</sup>. La nochebuena requiere de 200 a 300 mgL<sup>-1</sup> de N y K,

50 a 100 mgL<sup>-1</sup> de P, de 80 a 120 mgL<sup>-1</sup> de Ca, 40 a 60 mgL<sup>-1</sup> de Mg y de 0.10 a 0.20 mgL<sup>-1</sup> de Mo en cada riego; si se fertiliza de manera intermitente la dosis requerida es el doble (Martínez, 1995); sin embargo se puede aplicar una solución nutritiva de 264 mgL<sup>-1</sup> de N, 46 mgL<sup>-1</sup> de P, 135 mgL<sup>-1</sup> de K y 0.1 mgL<sup>-1</sup> de Mo (Cuautle, 1996).

Boodley (1969), reporta que la fertilización en nochebuena con NH<sub>4</sub> ocasiona clorosis en hojas, necrosis marginal, abscisión de hojas debido a la reducción en la absorción de agua. El mayor desarrollo de plantas de nochebuena se observa con la fertilización de 84 a 168 mgL<sup>-1</sup> de nitrógeno en forma de NO<sub>3</sub>, pero en algunas mezclas de sustratos se recomienda hasta más de 250 mgL<sup>-1</sup> y los tratamientos con NH<sub>4</sub> causa daños al follaje y raíz, reduciendo el desarrollo y la acumulación de materia seca (Gaffney *et al.*, 1982).

Las plantas de nochebuena pueden fertilizarse semanalmente con 400 mgL<sup>-1</sup> de N y K, cuando se fertiliza con 300 mgL<sup>-1</sup> se presentan deficiencias de N aunque la floración se adelanta una semana en comparación de plantas fertilizadas con 30 mgL<sup>-1</sup> de N (Cox y Seeley, 1983); con la aplicación de 75 a 125 mgL<sup>-1</sup> de N durante el desarrollo vegetativo se producen plantas de calidad aceptable en riego por subirrigación y al incrementarse la concentración disminuye el desarrollo y suprime la elongación radical (Rose y White, 1994).

## **IV MATERIALES Y MÉTODOS**

El experimento se realizó en tres fases.

### **4.1. FASE I: Efecto sobre el desarrollo vegetativo y floración**

Esta fase se llevó a cabo del 24 de agosto de 1996 al 10 de enero de 1997.

#### **4.1.1. Material Vegetal**

Se utilizaron esquejes enraizados de nochebuena cv. Freedom Red adquiridos de la empresa "Floraplan" en el estado de Morelos. Este cultivar es de porte bajo (plantas muy compactas), color de follaje verde intenso, brácteas de color rojo fuerte y una respuesta fotoperiódica de 8 semanas. Las hojas y brácteas son de tamaño pequeño.

#### **4.1.2. Localización**

El experimento se realizó en el invernadero de la Maestría en Horticultura del Departamento de Fitotecnia en la Universidad Autónoma Chapingo. Ésta se localiza a 19° 31' latitud norte y 98° 51' de latitud oeste a una altura de 2240 msnm.

#### **4.1.3. Factores de estudio**

En esta fase los factores de estudio fueron tres:

**Factor A:** Fecha de aplicación de TRIA (FEC)

- a1 Dos días después del pinch y
- a2 Dieciocho días después de inducción fotoperiódica.

**Factor B:** Concentración de Triacontanol (TRIA)

- b1 0 mgL<sup>-1</sup>,
- b2 1 mgL<sup>-1</sup>,
- b3 5 mgL<sup>-1</sup>,
- b4 10 mgL<sup>-1</sup> y
- b5 15 mgL<sup>-1</sup>.

**Factor C:** Nitrógeno en fertilización (N)

- c1 350 mgL<sup>-1</sup>,
- c2 380 mgL<sup>-1</sup> y
- c3 410 mgL<sup>-1</sup>.

De la combinación de los niveles de los tres factores resultaron 30 tratamientos (Cuadro 1).

**4.1.4. Labores de cultivo**

Se utilizaron macetas tipo estándar de plástico negro de 6". Se preparó una mezcla de polvo de coco y agrolita en proporción 80:20 (porcentaje v:v);

antes de realizar el trasplante se dieron riegos pesados al sustrato para lavar el exceso de sales, que es característico del polvo de coco.

**Cuadro 1.** Tratamientos evaluados en la floración de nochebuena (*Euphorbia pulcherrima* Willd. Ex. Klotzsch) en dos fechas de aplicación de cinco concentraciones de triacantanol y tres dosis de nitrógeno en la fertilización.

TRAT	FECHA DE APLICACIÓN (Días)	TRIACONTANOL (mgL <sup>-1</sup> )	NITRÓGENO (mgL <sup>-1</sup> )
1	Después del pinch	0	350
2	Después del pinch	0	380
3	Después del pinch	0	410
4	Después del pinch	1	350
5	Después del pinch	1	380
6	Después del pinch	1	410
7	Después del pinch	5	350
8	Después del pinch	5	380
9	Después del pinch	5	410
10	Después del pinch	10	350
11	Después del pinch	10	380
12	Después del pinch	10	410
13	Después del pinch	15	350
14	Después del pinch	15	380
15	Después del pinch	15	410
16	Después de inducción fotoperiódica	0	350
17	Después de inducción fotoperiódica	0	380
18	Después de inducción fotoperiódica	0	410
19	Después de inducción fotoperiódica	1	350
20	Después de inducción fotoperiódica	1	380
21	Después de inducción fotoperiódica	1	410
22	Después de inducción fotoperiódica	5	350
23	Después de inducción fotoperiódica	5	380
24	Después de inducción fotoperiódica	5	410
25	Después de inducción fotoperiódica	10	350
26	Después de inducción fotoperiódica	10	380
27	Después de inducción fotoperiódica	10	410
28	Después de inducción fotoperiódica	15	350
29	Después de inducción fotoperiódica	15	380
30	Después de inducción fotoperiódica	15	410

El trasplante se realizó el 24 de agosto de 1996, para lo cual se dieron riegos pesados al sustrato para llevarlo a capacidad de contenedor. Con la

finalidad de favorecer la aclimatación de las plantas y evitar daños por sol, se colocó una malla sombra del 60% después del trasplante durante 15 días. Durante el ciclo de cultivo se aplicó cal a la cubierta del invernadero para mantener una sombra que permitiera una intensidad cercana a 3000 fc.

Se realizó un pinch fuerte a los 30 días después del trasplante, dejando 6 yemas. Haciendo la consideración que con un pinch fuerte se remueve más de 2.5 cm del ápice de la planta y generalmente se tiene una mayor brotación de las yemas.

Como el cv Freedom es muy sensible a la inducción floral, se utilizó iluminación nocturna de  $100 \text{ wattsm}^{-2}$ . A los 95 días después del trasplante se inició el tapado con plástico negro calibre 600 para inducir la floración con días cortos; cerrando a las 5 pm y abriendo a las 8 am durante 8 semanas.

Para favorecer un desarrollo horizontal de los brotes de la planta, se realizaron dos espaciamientos y al final se tuvo una densidad de 8 plantas/ $\text{m}^2$ . La finalidad del espaciamiento consiste en evitar entrecruzamiento de los brotes de una planta con los de la otra y favorecer su desarrollo en grosor y longitud además de un ángulo de inserción adecuado por no tener competencia.

La fertilización se realizaba semanalmente con la fórmula comercial modificando la concentración de nitrógeno para dar los tratamientos antes señalados. La fórmula consistió de  $264 \text{ mgL}^{-1}$  de N,  $46 \text{ mgL}^{-1}$  de P y  $135 \text{ mgL}^{-1}$  de K,  $0.1 \text{ mgL}^{-1}$  de Mo, ajustándose a un pH entre 6.5-7.0. Algunas plantas

presentaban síntomas de deficiencia de Ca después del pinch, caracterizados por clorosis marginal en hojas maduras, por lo que se realizaron aplicaciones foliares de  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  en dosis de  $0.5 \text{ gL}^{-1}$ ; así como espolvoreo de cal dolomítica en el sustrato.

Para prevenir el ataque de *Phytlum* sp. y *Rhizocthonia* sp. se aplicaba Banrot a dosis en  $1 \text{ gL}^{-1}$  cada 30 días; otra manera de prevenir las enfermedades fue evitar exceso de humedad en el sustrato. Para controlar mosca blanca, que se presentó ya avanzado el ciclo de cultivo, se aplicó Temik espolvoreando cada maceta y haciendo aspersiones periódicas de Confidor a dosis de  $0.2 \text{ mL}^{-1}$ .

Con la finalidad de mantener una temperatura nocturna adecuada se utilizó calefacción mediante un calentador Centinela tipo cañon, a partir del 15 de noviembre calibrado a una temperatura mínima de  $10 \text{ }^\circ\text{C}$ .

#### **4.1.5. Preparación del Triacontanol**

La solución madre de triacontanol se preparó según la metodología señalada por Laughlin *et al.* (1983); generando una dispersión coloidal que consiste en llevar el triacontanol a un sonicador y hacer la dispersión coloidal con grasa de cerdo y sulfato de sodio. Se mezclaron 25 mg de triacontanol, 0.1 g de sulfato de sodio y de 0.05-0.1 g de grasa de cerdo y se llevaba al sonicador (Sonifier Cell Disruptor B-30 de Brason Sonic Power Co.) en ciclos de 5 minutos para obtener una dispersión coloidal uniforme hasta que no se

observaran los cristales de triacontanol. Se utilizó triacontanol con 99% de pureza.

#### **4.1.6. Aplicación de tratamientos**

Dos días después del pinch se aplicó la mitad de los tratamientos de triacontanol. Para esto se prepararon soluciones con las diferentes concentraciones (1, 5, 10 y 15 mgL<sup>-1</sup>) utilizando la solución madre de triacontanol. La otra mitad de tratamientos se realizó el día 5 de diciembre a los 18 días de haberse iniciado la inducción fotoperiódica con días cortos; las soluciones de triacontanol se prepararon de la misma forma que para la primera aplicación. Las plantas fueron asperjadas a punto de goteo con aspersores manuales, aislando las plantas de cada concentración al momento de la aplicación.

#### **4.1.7. Diseño experimental**

Se utilizó un diseño experimental completamente al azar con la consideración de que las condiciones del invernadero son suficientemente homogéneas. La unidad experimental estuvo constituida por tres plantas y se tuvieron cuatro repeticiones; lo cual dio un total de 360 plantas.

#### **4.1.8. Variables respuesta**

Al final del ciclo de cultivo se analizaron datos de las siguientes variables respuesta:

##### **4.1.8.1. Diámetro de flor (DIAFLOR)**

Técnicamente, la flor verdadera de la nochebuena son los ciatios también llamada centro; para fines prácticos nos referimos como flor al conjunto de ciatios y brácteas, que fue a lo que se le determinó el diámetro. Se tomaron dos lecturas de diámetros en cm de las dos flores más grandes, haciendo lecturas en cada una de manera cruzada extendiendo las brácteas; finalmente se consideró sólo el promedio.

##### **4.1.8.2. Diámetro de copa (DICOPA)**

Se tomaron dos diámetros a la copa de cada planta considerando brotes opuestos hasta donde se extendía el follaje o las brácteas, se obtuvo el promedio en cm.

##### **4.1.8.3. Altura de planta (APLANT)**

Se midió la altura de la planta en cm, desde el cuello del tallo principal hasta el ápice del brote de mayor altura.

##### **4.1.8.4. Diámetro de brote (DIBROTE) y longitud de brote (LOBROTE)**

Se determinó el diámetro y longitud del brote de las dos flores más grandes en la parte media; determinados en mm y cm, respectivamente.

#### 4.1.8.5. Número de flores (NOFLOR)

Se determinó el número de flores por planta, tomando como flor sólo si ésta alcanzaba un diámetro mayor a 12 cm.

#### 4.1.8.6. Número de brotes

Se registró el número de brotes desarrollados (NOBROTE) y brotes no desarrollados (NBROND) por planta; estos últimos considerados con una longitud menor de 10 cm y que no alcanzan a desarrollar brácteas y ciatios de tamaño aceptable.

#### 4.1.8.7 Área foliar (AFOL) y Área de brácteas (ABRAC)

Se determinó el área foliar y de brácteas ( $\text{cm}^2$ ) por planta con un integrador de área foliar, AT Area Meter MK2 de AT Delta-t Devices LTD (Area Measurement System). Para lo anterior se desprendió cada una de las hojas y brácteas de la planta y se colocaron en la pantalla de integración de área, evitando su deshidratación para tener una reducción mínima en el área. El integrador funciona con base en el registro directo en un monitor del área reflejada en un dispositivo y puede irse acumulando hasta obtener un área total con un margen de error de  $0.5 \text{ cm}^2$ .

#### 4.1.8.8. Relación ABRAC/AFOL

Con los datos de área de brácteas (ABRAC) y área foliar (AFOL) se calculó la relación ABRAC/AFOL .

#### 4.1.8.9. Peso fresco de Brácteas (PFBRAC)

Se pesaron las brácteas de cada planta en una báscula con aproximación de 0.01 g.

#### 4.1.8.10. Peso fresco de follaje (PFFOL)

Se determinó el peso (g) del follaje por planta.

#### 4.1.8.11. Peso fresco de ciatios (PFCIAT)

Se separaron los ciatios de los tallos y se determinó su peso fresco en g.

#### 4.1.8.12. Peso fresco de tallos (PFTAL)

Se determinó el peso (g) de los tallos por planta, incluyendo el tallo principal cortado en el cuello y los tallos de los brotes.

#### 4.1.8.13. Peso seco de Brácteas (PSBRAC)

Se determinó el peso en g después de ser secadas en la estufa durante 72 horas a una temperatura de 75 °C.

#### 4.1.8.14. Peso seco de follaje (PSFOL)

Se determinó en g después de ser llevado a secar en la estufa a peso constante.

#### 4.1.8.15. Peso seco de ciatios (PSCIAT)

Determinación del peso en g después de ser secados a 75 °C durante 72 horas.

#### 4.1.8.16. Peso seco de tallos (PSTAL)

Se pesaron en g después de haber sido secados en la estufa a 75 °C durante 72 horas.

#### 4.1.8.17. Contenido de clorofila

Se determinó el contenido de clorofila a (CLA), clorofila b (CLB) y clorofila total (CLTOT) como lo sugiere la AOAC (1980) y con la técnica descrita por Witham *et al.*, (1971). El procedimiento es el siguiente: Se pesaron 100 mg de tejido fresco, se cortó en pedazos pequeños y se maceró el tejido en un mortero con 3 ml de acetona al 80% v/v y se dejó reposar 3 minutos. Posteriormente se transfirió el líquido verde decantado a un embudo Buchner con un filtro Whatman No. 1 acoplado a un matraz Kitasato, mismo que se conectó a una bomba de vacío para obtener por succión el filtrado. Al residuo se le adicionaron 2 ml de acetona y se dejó reposar. Posteriormente se aforó a 10 ml con acetona para obtener el volumen final y determinar la densidad óptica o absorbancia a 645 y 663 nm en un espectrofotómetro (Spectronic 21D Milton Roy). Para esta determinación se colectó la hoja anterior a la bráctea de transición de tres plantas con el mismo tratamiento (3 repeticiones).

La cantidad de clorofila presente en el extracto (en miligramos de clorofila por gramo de tejido) se calculó de acuerdo con las siguientes ecuaciones:

$$\text{mg clorofila a/g de tejido} = [12.7(D663) - 2.69 (D645)] \times V / (1000 \times W)$$

$$\text{mg clorofila b/g de tejido} = [22.9(D645) - 4.68 (D663)] \times V / (1000 \times W)$$

$$\text{mg clorofila total/g de tejido} = [20.2(D645) + 8.02(D663)] \times V / (1000 \times W)$$

Donde:

D = Densidad óptica en la que se realizó la lectura de clorofila a la longitud de onda indicada,

V = Volumen final del extracto clorofila-acetona 80% y

W = Peso fresco en g del tejido utilizado.

#### 4.1.9. Análisis Estadístico

Mediante SAS (Statistical Analysis System) se realizó el análisis de varianza con un  $\alpha \leq 0.05$ , 0.01 y 0.001, prueba de comparación de medias de Tukey y análisis de correlación de Pearson con el nivel de significancia  $\alpha \leq 0.05$ . Los datos se analizaron como corresponde a un experimento factorial para conocer el efecto de cada factor sobre las variables respuesta y como tratamientos, considerando a cada combinación de los niveles de los factores como un tratamiento. Para las interacciones se realizó la comparación de medias según Tukey sólo para las que resultaron con diferencias significativas en el análisis de varianza y especialmente de las de interés desde el punto de vista práctico.

El modelo estadístico considerado para el análisis factorial fue el siguiente:

$$Y_{ijkl} = \mu + F_i + T_j + N_k + FT_{ij} + FN_{ik} + TN_{jk} + FTN_{ijk} + E_{ijkl},$$

donde:

$Y_{ijkl}$  = Es la observación de la variable respuesta correspondiente a la repetición l de la combinación ijk,

$\mu$  = La media poblacional,

$F_i$  = Al efecto de la i-ésima fecha de aplicación de TRIA,

$T_j$  = Al efecto de la j-ésima concentración de TRIA,

$N_k$  = Al efecto de la k-ésima concentración de nitrógeno,

$FT_{ij}$  = Al efecto de la interacción entre la i-ésima fecha de aplicación con la j-ésima concentración de TRIA,

$FN_{ik}$  = Al efecto de la interacción entre la i-ésima fecha de aplicación con la k-ésima concentración de nitrógeno,

$TN_{jk}$  = Al efecto de la interacción entre la j-ésima concentración de TRIA con la k-ésima concentración de nitrógeno,

$FTN_{ijk}$  = Al efecto de la interacción entre la i-ésima fecha de aplicación con j-ésima concentración de TRIA y la k-ésima concentración de nitrógeno y

$\varepsilon_{ijkl}$  = Error experimental correspondiente a  $Y_{ijkl}$

El análisis considerando a cada combinación de niveles de los factores como un tratamiento se basó en el siguiente modelo estadístico:

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

donde:

$Y_i$  = Observación del i-ésimo tratamiento,

$\mu$  = La media general,

$T_i$  = Al efecto del i-ésimo tratamiento y

$\varepsilon_{ij}$  = Error experimental correspondiente a  $Y_{ij}$ .

## **4.2. FASE II: Efecto en la producción y calidad de esquejes**

La fase de planta madre de nochebuena y evaluación de esquejes se realizó del 4 de abril al 6 de junio de 1997.

### **4.2.1. Material vegetal**

Se utilizaron esquejes enraizados de nochebuena del cv. Freedom provenientes de la empresa "Vivero internacional" del estado de Morelos.

### **4.2.2. Localización**

El cultivo de planta madre se realizó en el invernadero de la Maestría en Ciencias en Horticultura en el Departamento de Fitotecnia de la Universidad Autónoma Chapingo.

### **4.2.3. Factores de estudio**

Los factores de estudio para esta fase fueron:

**Factor A:** Concentración de Triacontanol ( $\text{mgL}^{-1}$ )

a1     1  $\text{mgL}^{-1}$

a2     5  $\text{mgL}^{-1}$

a3 10 mgL<sup>-1</sup>

a4 15 mgL<sup>-1</sup>

**Factor B: Frecuencia de aplicación (días)**

b1 8 días

b2 15 días

b3 30 días

**4.2.4. Descripción de tratamientos**

De la combinación de los niveles de los factores más un testigo resultaron 13 tratamientos (Cuadro 2).

**Cuadro 2.** Tratamientos de cinco concentraciones triacontanol con tres frecuencias de aplicación a plantas madre de nochebuena (*Euphorbia pulcherrima* Willd. Ex. Klotzsch) en Chapingo, Méx.

TRAT	Triacontanol (mgL <sup>-1</sup> )	Frecuencia (Días)
1	0	0
2	1	8
3	1	15
4	1	30
5	5	8
6	5	15
7	5	30
8	10	8
9	10	15
10	10	30
11	15	8
12	15	15
13	15	30

#### **4.2.5. Preparación del triacontanol**

El triacontanol se preparó en una solución madre según la metodología de Laughlin *et al.* (1983), por la disolución en cloroformo; se disolvieron 25 mg de cristales de triacontanol en 25 ml de cloroformo al 95% más 25  $\mu$ l de tween 20, se agitó durante 5 minutos. Posteriormente se adicionaron 100 ml de agua para evaporar el cloroformo y se agitó durante 30 minutos; finalmente se aforó a 250 ml.

#### **4.2.6. Aplicación de tratamientos**

Se prepararon soluciones de triacontanol con la dosis señaladas y se asperjó a las plantas a punto de goteo con atomizadores manuales según la frecuencia de aplicación.

#### **4.2.7. Labores de cultivo**

Se utilizaron macetas de plástico negro tipo estándar de 8"; como sustrato se utilizó una mezcla de polvo de coco con agrolita en proporción de 80:20 (v:v).

El transplante se realizó el día 4 de abril de 1997, haciendo antes un lavado del sustrato mediante riegos pesados y llevándolo a capacidad de contenedor; para la aclimatación de las plantas y evitar daños por sol, se colocó una malla sombra del 60% después del transplante durante una semana.

Durante el ciclo de cultivo se aplicó cal a la cubierta del invernadero para mantener una intensidad luminosa cercana a 3000 fc.

Las plantas ya traían con un pinch al momento del tranplante. Se realizó un segundo pinch dejando de 3 a 6 yemas según el desarrollo de la planta a los 30 días después del trasplante, y un tercer pinch el 6 de junio que fue la fecha en que se evaluaron los esquejes.

Se aplicó cada semana una solución con la fórmula de fertilización utilizada en producción comercial de nochebuena como en el experimento anterior, al igual que los riegos. Se realizaron dos aplicaciones de cal dolomítica; una en mayo y otra en junio.

Con la finalidad de mantener a las plantas en estado vegetativo se proporcionó iluminación durante 4 horas a partir de las 21:00 horas con 100 watts/m<sup>2</sup> durante todo el ciclo de cultivo. Para promover el desarrollo de esquejes se hicieron tres espaciamientos conforme desarrollaba la planta dejando una densidad final de 4 plantas/m<sup>2</sup>.

Como medida de prevención de enfermedades fungosas se realizaron aplicaciones periódicas de Banrot, Alliete y Benlate en forma alternada a dosis de 1 gL<sup>-1</sup> en el riego; también se aplicó caldo bordelés preparado en proporción 1:1. Para control de mosquita blanca se realizaron aplicaciones alternadas de Temik (espolvoreo al sustrato en cada maceta), Confidor a dosis de 0.2 mL<sup>-1</sup> y Folimat a 1 mL<sup>-1</sup> de agua. Para el control de *Fungus gnat* se aplicó Vydate a dosis de 1.00 mL<sup>-1</sup>.

#### **4.2.8. Cosecha de esquejes**

La cosecha de esquejes se realizó el día 6 de junio realizando el corte a una longitud de 7.5 cm, considerándolos como esquejes de primera calidad; también se cosecharon esquejes de menor longitud a los que se les clasificó como de segunda calidad.

#### **4.2.9. Diseño experimental**

El diseño experimental usado fue un bloques al azar con cuatro repeticiones; los bloques se establecieron con base en el número de brotes desarrollados por planta después del primer pinch. La unidad experimental estuvo constituida por 4 plantas.

#### **4.2.10. Variables respuesta**

##### **4.2.10.1. Número de esquejes de primera (NEPRI)**

Se determinó el número de esquejes por unidad experimental con una longitud de 7.5 cm, a los que se les llamó esquejes de primera calidad.

##### **4.2.10.2. Número de esquejes de segunda (NESEG)**

Se registró el número de esquejes de segunda calidad por unidad experimental.

##### **4.2.10.3. Número total de esquejes (NETOTAL)**

Total de esquejes por unidad experimental.

#### 4.2.10.4. Peso fresco de esquejes de primera (PFEPRI)

A los esquejes de primera calidad se les determinó el peso fresco en g inmediatamente después de su corte en una balanza digital.

#### 4.2.10.5. Peso fresco de esquejes de segunda (PFESEG)

Se determinó el peso fresco en g después del corte.

#### 4.2.10.6. Peso fresco total de esquejes (PFTOTAL)

Con la suma del peso fresco de esquejes de primera y de segunda se obtuvo el peso fresco total en g.

### 4.2.11. Análisis estadístico

Mediante SAS (Statistical Analysis System) se realizó el análisis de varianza con  $\alpha \leq 0.05$ , una comparación de medias de Tukey y análisis de correlación de Pearson con el mismo nivel de significancia. Los datos se analizaron como un experimento factorial para conocer el efecto de cada factor sobre las variables respuesta.

El modelo estadístico en el análisis factorial fue el siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + T_i + F_j + FT_{ij} + B_k + \varepsilon_{ijk}$$

donde:

$Y_{ijk}$  = La observación de la variable respuesta correspondiente a la combinación ij de los factores frecuencia de aplicación y concentración de triacontanol en el bloque K,

$\mu$  = La media poblacional,

$T_i$  = Al efecto de la i-ésima concentración de TRIA,

$F_j$  = Al efecto de la j-ésima frecuencia de aplicación de TRIA,

$TF_{ij}$  = Al efecto de la interacción entre la i-ésima concentración con la j-ésima frecuencia de aplicación de TRIA,

$B_k$  = Efecto del k-ésimo bloque y

$\varepsilon_{ijk}$  = Al error experimental correspondiente a  $Y_{ijk}$ .

### **4.3. FASE III: Efecto sobre el intercambio de CO<sub>2</sub> y otras variables fisiológicas**

Esta fase se llevó a cabo durante diciembre de 1997.

#### **4.3.1. Material vegetal**

Se utilizaron plantas de nochebuena cv. Freedom de 120 días después del transplante ya inducidas; en presentación de 6" a un pinch, las cuales fueron adquiridas en el "Invernadero Mancilla" en Texcoco, México.

#### **4.3.2. Localización**

El experimento se realizó en el Laboratorio de Usos Múltiples del Departamento de Fitotecnia de la Universidad Autónoma Chapingo, con una intensidad luminosa de 1100 fc proporcionada por lámparas fluorescentes.

### 4.3.3. Factor de estudio y tratamientos

El factor de estudio fue la concentración de triacontanol y considerando un testigo los tratamientos fueron:

TRATAMIENTO	CONCENTRACIÓN
1	0 mgL <sup>-1</sup> de triacontanol (testigo),
2	1 mgL <sup>-1</sup> de triacontanol y
3	15 mgL <sup>-1</sup> de triacontanol.

### 4.3.4. Aplicación de tratamientos

La solubilización de triacontanol se realizó en cloroformo al 95% y 10  $\mu$ l de tween 20. Las plantas se asperjaron a punto de rocío a las 10 am, con atomizadores manuales evitando el contacto de plantas de un tratamiento con las de otro.

### 4.3.5. Variables respuesta

Mediante el CIRAS (Combined Infrared Gas Analysis System) de PPSYSTEMS se determinaron por un diferencial de CO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>O, las siguientes variables:

4.3.5.1 Tasa de transpiración (milimol/m<sup>2</sup>/s),

4.3.5.2 Conductancia estomatal (milimol/m<sup>2</sup>/s),

4.3.5.3 Intercambio de CO<sub>2</sub> (micromol/m<sup>2</sup>/s) y

4.3.5.4 Concentración interna de CO<sub>2</sub> (ppm).

#### **4.3.5.5. Temperatura de la hoja (°C)**

Las mediciones iniciaron una vez que el follaje estaba seco para evitar errores por el flujo de aire húmedo, posteriormente se realizó a la media hora y a las 27 horas después de la aplicación. Se seleccionaron hojas de la misma posición en la planta con la consideración de tener una actividad fotosintética semejante.

#### **4.3.6. Diseño experimental**

El experimento se realizó bajo un diseño completamente al azar con tres repeticiones.

#### **4.3.7. Análisis**

Se realizó un análisis descriptivo de cada variable respuesta, mediante gráficas.

## V RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 5.1 FASE I: Efecto sobre el desarrollo vegetativo y floración

#### 5.1.1 Diámetro de flor

En el análisis de varianza del experimento factorial se pueden observar diferencias estadísticas significativas por el efecto de las concentraciones de triacontanol (TRIA), al igual que en las combinaciones de la fecha de aplicación con las concentraciones de TRIA sobre el diámetro de la flor (DIAFLOR) con  $\alpha \leq 0.001$ . Las fechas de aplicación (FEC), así como la adición de nitrógeno en la fertilización (N) no produjeron diferencias significativas para esta variable (Cuadro 3), lo cual indica que la respuesta al aplicar diferentes concentraciones de TRIA a las plantas de nochebuena modifican el DIAFLOR.

**Cuadro 3.** Cuadrados medios de cuatro variables evaluadas en dos fechas de aplicación (FEC) de cinco concentraciones de triacontanol (TRIA) y tres dosis de nitrógeno (N) en nochebuena (*Euphorbia pulcherrima* Willd. Ex. Klotzsch) en Chapingo, México.

F.V	GL	DIAFLOR	NOFLOR	DIBROTE	LOBROTE
FEC	1	2.6 NS	4.0 ***	1.2 ***	58.6 ***
TRIA	4	19.7 ***	0.8 **	0.5 ***	33.4 ***
N	2	1.5 NS	0.6 NS	0.1 NS	3.0 NS
FEC*TRIA	4	7.8 ***	0.2 NS	0.6 ***	13.9 ***
FEC*N	2	4.5 **	0.4 NS	0.2 *	0.4 NS
TRIA*N	8	1.0 NS	0.0 NS	0.0 NS	1.4 NS
FEC*TRIA*N	8	0.8 NS	0.1 NS	0.1 *	2.5 NS
R <sup>2</sup>	-	0.6	0.3	0.6	0.6
C.V.	-	3.4	9.8	3.8	6.1
MEDIA	-	27.1	4.8	6.3	19.5

\*, \*\*, \*\*\* Significativo al nivel 0.05, 0.01 y 0.001 respectivamente. NS No significativo  
C.V.= Coeficiente de Variación (%).

Además la combinación de fechas de aplicación con las concentraciones de TRIA excepto para NOFLOR siempre fue significativa con  $\alpha \leq 0.001$ .

Cuando analizamos el experimento considerando a las combinaciones de los niveles de cada factor como tratamientos, las combinaciones presentaron diferencias estadísticas significativas con  $\alpha \leq 0.001$  para el DIAFLOR, presentando un bajo C.V. similar al obtenido cuando se analiza como experimento factorial (Cuadro 4). El mayor DIAFLOR resulta de la aplicación de  $10 \text{ mgL}^{-1}$  de TRIA después del pinch con  $410 \text{ mgL}^{-1}$  de nitrógeno, siendo estadísticamente diferente del obtenido con la aplicación de  $5 \text{ mgL}^{-1}$  de TRIA después de inducción fotoperiódica (Anexo 1).

**Cuadro 4.** Cuadrados medios para cuatro variables evaluadas en dos fechas de aplicación (FEC) de cinco concentraciones de triacontanol (TRIA) y tres dosis de nitrógeno (N) en nochebuena (*Euphorbia pulcherrima* Willd. Ex. Klotzsch) en análisis considerando a las combinaciones de los niveles de los factores como tratamientos.

FV	GL	DIAFLOR	NOFLOR	DIBROTE	LOBROTE
TRAT	29	4.8 ***	0.4 *	0.2 ***	9.8 ***
REP	3	1.9 NS	0.2 NS	0.0 NS	4.8 *
R <sup>2</sup>	-	0.6	0.3	0.6	0.7
C.V.	-	3.3	9.8	3.8	5.8
MEDIA	-	27.1	4.8	6.3	19.5

\*, \*\*, \*\*\* Significativo al nivel 0.05, 0.01 y 0.001 respectivamente. NS No significativo  
C.V.= Coeficiente de Variación (%).

Respecto a las concentraciones de TRIA, el mayor DIAFLOR ( $27.81 \text{ cm}$ ) se obtiene con la aplicación de  $1 \text{ mgL}^{-1}$  de TRIA aunque estadísticamente no es diferente del obtenido al aplicar  $15 \text{ mgL}^{-1}$  de TRIA, que son las concentraciones que promueven un mayor DIAFLOR superando al testigo; la concentración menos efectiva es  $5 \text{ mgL}^{-1}$  (Cuadro 5). Flores (1996) reporta que  $5 \text{ mgL}^{-1}$  de TRIA aplicado a crisantemo en dos fases de desarrollo incrementa el diámetro

de inflorescencia debido a un mayor número de florecillas por capítulo, siendo mejor que las concentraciones 0.1 y 1.0 mgL<sup>-1</sup> de TRIA; sin embargo, en nochebuena la respuesta es diferente posiblemente por la existencia de compuestos inhibidores que afectan la actividad del TRIA, ya que concentraciones mínimas de alcoholes u otros compuestos oxidantes inactivan al TRIA (Jones *et al.*, 1979); así como emulsificantes y pesticidas (Ries y Houtz, 1983). El TRIA también mejora la calidad de la inflorescencia de crisantemo incrementando el tamaño y el número de inflorescencias por planta (Skogen *et al.*, 1982). En orquídeas del género *Cymbidium* sp. favorece su crecimiento (Stoutmeyer, 1982).

**Cuadro 5.** Comparación de medias (Tukey,  $\alpha \leq 0.05$ ) de cuatro variables respuesta correspondientes a la aplicación de cinco concentraciones de triacontanol en nochebuena (*Euphorbia pulcherrima* Willd. Ex. Klotzsch).

TRIACONTANOL mgL <sup>-1</sup>	DIAFLOR (cm)	NOFLOR	DIBROTE (mm)	LOBROTE (cm)
1	27.81 A	4.81 AB	6.36 AB	19.50 B
15	27.60 AB	4.84 AB	6.41 AB	20.57 A
0	27.56 AB	4.94 AB	6.46 A	20.53 AB
10	27.04 B	5.07 A	6.23 BC	19.22 B
5	25.56 C	4.57 B	6.09 C	17.68 C
<b>DMS</b>	<b>0.742</b>	<b>0.3853</b>	<b>0.1931</b>	<b>0.9572</b>

Nota: Medias con la misma letra no son estadísticamente diferentes con  $\alpha \leq 0.05$ .

La concentración de TRIA es un factor importante para su respuesta en el desarrollo de las plantas, ya que es más efectivo a concentraciones bajas y un incremento en la concentración no mejora la respuesta (Ries *et al.*, 1977a). Sin embargo, la aplicación de TRIA puede no tener efecto, ya que cuando se

aplicó en melón (*Cucumis melo* L.) durante la octava y décima hoja de desarrollo en concentraciones de 0.01 a 10 mgL<sup>-1</sup> no produjo efecto sobre el desarrollo (Bosland *et al.*, 1979).

La aplicación de TRIA dos días después del pinch (DDPINCH) promueve un mayor DIAFLOR aunque no es estadísticamente diferente del promovido por la aplicación 18 días después de iniciada la inducción fotoperiódica (DDIF) (Cuadro 6). Esto se puede deber a que el TRIA actúa en el crecimiento activo de los brotes después del pinch, mientras que en la inducción floral el tamaño de la flor ya está influenciado por el crecimiento anterior de la planta; Ries y Houtz (1983) mencionan que la etapa más adecuada para la aplicación de TRIA en hortalizas de hoja es durante su crecimiento activo por una mayor respuesta, y también tiene un mayor efecto durante la brotación (Nath y Mishra, 1990). Aunque la nochebuena no es una hortaliza de hoja, una de las características de calidad es el desarrollo vigoroso de follaje y brácteas; entre mayor sea el tamaño de las brácteas mayor será el DIAFLOR.

**Cuadro 6.** Comparación de medias (Tukey,  $\alpha \leq 0.05$ ) de cuatro variables respuesta evaluadas por efecto de la fecha de aplicación de triacontanol en nochebuena (*Euphorbia pulcherrima* Willd. Ex. Klotzsch).

FECHA DE APLICACIÓN	DIAFLOR (cm)	NOFLOR	DIBROTE (mm)	LOBROTE (cm)
DDPINCH	27.25 A	5.03 A	6.41 A	20.20 A
DDIF	26.96 A	4.66 B	6.21 B	18.80 B
<b>DMS</b>	<b>0.3349</b>	<b>0.0872</b>	<b>0.0872</b>	<b>0.432</b>

Nota: Medias con la misma letra no son estadísticamente diferentes con  $\alpha \leq 0.05$ .

El incremento de nitrógeno en la fertilización disminuye el DIAFLOR, aunque no presenta diferencias estadísticamente significativas con  $\alpha > 0.05$  (Anexo 2), por lo que se puede decir que el incremento de nitrógeno no favorece la respuesta a un mayor DIAFLOR; Awang *et al.* 1983, reportan un aumento en el desarrollo por la aplicación de TRIA en plantas de chile (*Capsicum annum* L.), pero no se incrementa el contenido de N, P, K, Ca y Zn. Sin embargo, Miniraj y Shanmugavelu (1987) mencionan que la aplicación de TRIA en  $2 \text{ mgL}^{-1}$  en chile aumentó el rendimiento y absorción de nutrientes elevándose la calidad. Un nivel alto de nitrógeno durante la etapa de floración en nochebuena (*Euphorbia pulcherrima* Willd. Ex. Klotzsch) lejos de favorecer el desarrollo de las brácteas, puede ocasionar daños en el tejido en crecimiento caracterizados por áreas necróticas, por su acumulación en el tejido cuando ya no está en crecimiento (Boodley, 1969), además de que con altas concentraciones de nitrógeno se disminuye el desarrollo y se suprime la elongación radical (Rose y White, 1994).

El análisis de varianza muestra que la combinación de las fechas de aplicación con concentraciones de TRIA es significativa con  $\alpha \leq 0.001$  sobre el DIAFLOR (Cuadro 3). La aplicación de  $15 \text{ mgL}^{-1}$  de TRIA 18 días después de iniciada la inducción fotoperiódica (DDIF) produce el mayor DIAFLOR (28.27 cm), mientras que el menor resulta con  $5 \text{ mgL}^{-1}$  aplicado 2 días después del pinch (DDPINCH) (Cuadro 7). En este caso la aplicación de TRIA durante el desarrollo activo de la bráctea tiene respuesta sobre un mayor DIAFLOR con la

combinación de una concentración elevada de TRIA, 10 mgL<sup>-1</sup> de TRIA aún cuando se aplica en el pinch no presenta diferencias significativas, pero sí superan al testigo. La aplicación de 5 mgL<sup>-1</sup> de TRIA independientemente de la fecha de aplicación promueve el menor DIAFLOR.

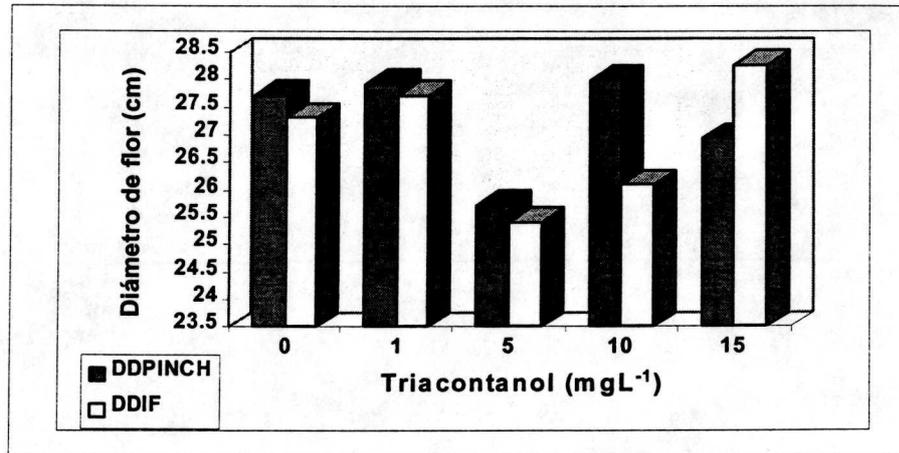
**Cuadro 7.** Comparación de medias (Tukey,  $\alpha \leq 0.05$ ) para cuatro variables respuesta correspondientes a las combinaciones de cinco concentraciones de triacontanol y dos fechas de aplicación en nochebuena (*Euphorbia pulcherrima* Willd. Ex. Klotzsch).

COMBINACIÓN FECHA*TRIA		DIAFLOR (cm)	NOFLOR	DIBROTE (mm)	LOBROTE (cm)
DDIF	15 mgL <sup>-1</sup>	<b>28.27</b> a	4.66	6.50 bc	20.49 ab
DPINCH	10 mgL <sup>-1</sup>	27.99 ab	<b>5.19</b>	<b>6.60</b> a	21.07 a
DPINCH	1 mgL <sup>-1</sup>	27.91 ab	5.14	6.47 bcd	19.60 abcd
DPINCH	0 mgL <sup>-1</sup>	27.71 abc	5.15	6.51 b	<b>21.61</b> a
DDIF	1 mgL <sup>-1</sup>	27.71 abc	4.48	6.25 g	19.40 abcd
DDIF	0 mgL <sup>-1</sup>	27.31 abcd	4.73	6.42 de	19.44 abcd
DPINCH	15 mgL <sup>-1</sup>	26.93 abcd	5.01	6.32 f	20.64 ab
DDIF	10 mgL <sup>-1</sup>	26.09 bcd	4.95	<b>5.87</b> j	17.37 cd
DPINCH	5 mgL <sup>-1</sup>	25.72 cd	4.66	6.17 h	18.07 bcd
DDIF	5 mgL <sup>-1</sup>	<b>25.41</b> d	<b>4.48</b>	6.02 i	<b>17.29</b> d
<b>DMS</b>		<b>2.1</b>	<b>NS</b>	<b>0.065</b>	<b>2.715</b>

Nota: Medias con la misma letra no son estadísticamente diferentes con  $\alpha \leq 0.05$ .

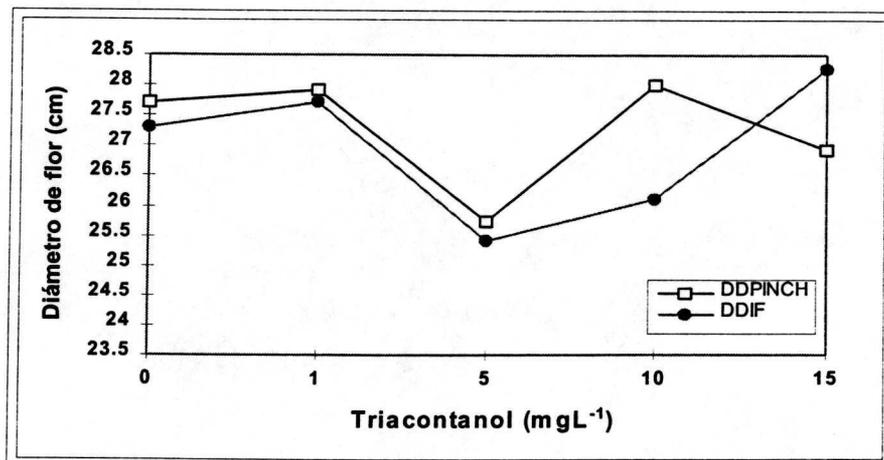
En espinaca (*Spinacea oleracea* L.) la aplicación de 2.5 a 10 mgL<sup>-1</sup> de TRIA 30 días después de la siembra incrementó el rendimiento por un mayor desarrollo vegetativo (Kadam *et al.*, 1988); en este trabajo se pudo observar que concentraciones altas de TRIA 10 y 15 mgL<sup>-1</sup> producen un mayor DIAFLOR en nochebuena, independientemente de la fecha de aplicación, ya que en ambas fechas existe un crecimiento activo, por ello no muestran diferencias significativas. Podemos observar que 1 y 10 mgL<sup>-1</sup> de TRIA aplicado después del pinch promueve un mayor DIAFLOR, mientras que para la aplicación en

inducción fotoperiódica la mejor concentración resulta ser 15 mgL<sup>-1</sup> de TRIA (Figura 1).



**Figura 1.** Efecto de la concentración de triacontanol y la fecha de aplicación sobre el diámetro de flor (DIAFLOR).

En la interacción de las fechas de aplicación y las concentraciones de TRIA, se observa que con 10 mgL<sup>-1</sup> de TRIA aplicado después del pinch se produce el mayor DIAFLOR, mientras que en inducción floral es mejor aplicar 15 mgL<sup>-1</sup> de TRIA (Figura 2).



**Figura 2.** Efecto de la interacción de las fechas de aplicación con las concentraciones de TRIA sobre el diámetro de flor (DIAFLOR).

En la combinación de las concentraciones de triacontanol con la dosis de nitrógeno (TRIA\*N) no se presenta diferencias estadísticas significativas (Cuadro 3), lo cual indica que cierta concentración de TRIA en combinación con una dosis de nitrógeno no favorecerá el DIAFLOR. Se puede observar que una concentración baja de TRIA es favorecida por una dosis media de nitrógeno en la fertilización; 1 mgL<sup>-1</sup> de TRIA con 380 mgL<sup>-1</sup> de N producen el mayor DIAFLOR (28.23 cm), mientras que 5 mgL<sup>-1</sup> de TRIA con niveles altos de nitrógeno lo reducen (24.87 cm) (Anexo 3).

En general, el menor DIAFLOR que resulta con la aplicación de 5 mgL<sup>-1</sup> de TRIA (25.56 cm) es cercano al obtenido por el factor fecha en inducción floral (25.41 cm); pero puede considerarse que son flores de calidad por su tamaño. Martínez (1996) reporta que en la fibra de coco es donde mejor desarrollo tiene la planta de nochebuena alcanzando la flor un diámetro de

19.78 cm, mientras que el sustrato menos favorable para el desarrollo de la flor es la mezcla con alto contenido de peat moss, en donde sólo alcanza 17.05 cm en diámetro.

El DIAFLOR presenta una correlación positiva con el diámetro de brote (0.7317); lo cual indica que al desarrollarse brotes con un mayor diámetro la inflorescencia tendrá un mayor DIAFLOR (Anexo 4); también está altamente correlacionado con la longitud de brote (0.6917) y la altura de planta. Se observa una correlación negativa (-0.1404), pero no es significativa con el número de brotes, lo cual indica que a mayor número de brotes por la competencia se tiene un menor DIAFLOR.

### **5.1.2. Número de flores**

Respecto a las diferentes concentraciones de TRIA, el número de flores (NOFLOR) presenta diferencias estadísticas significativas ( $\alpha \leq 0.01$ ); los efectos de las diferentes fechas de aplicación (FEC) también fueron diferentes en forma estadísticamente significativa ( $\alpha \leq 0.001$ ) (Cuadro 3). En el análisis donde las combinaciones de los niveles de cada factor se consideraron como tratamientos, se observan diferencias estadísticamente significativas entre sus efectos ( $\alpha \leq 0.05$ ) (Cuadro 4). La aplicación de TRIA afecta el NOFLOR de nochebuena y con ello la calidad de la planta. El mayor NOFLOR se observa en el testigo y en la aplicación de  $1 \text{ mgL}^{-1}$  de TRIA después del pinch con  $350 \text{ mgL}^{-1}$  de nitrógeno (Anexo 1).

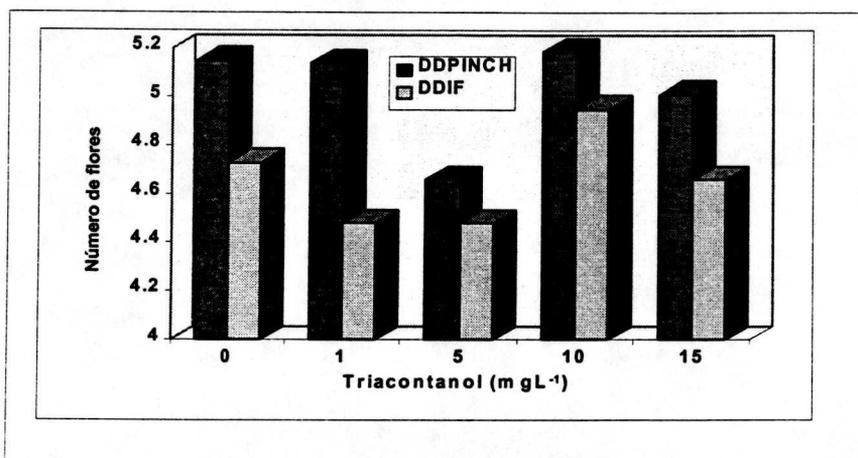
El mayor NOFLOR fue producido por la aplicación de  $10 \text{ mgL}^{-1}$  de TRIA y es estadísticamente diferente del correspondiente a  $5 \text{ mgL}^{-1}$  de TRIA que es la concentración que promueve el menor NOFLOR. Sin embargo el testigo presenta un mayor NOFLOR que el obtenido en las concentraciones 1, 5 y  $15 \text{ mgL}^{-1}$  de TRIA (Cuadro 5).

La aplicación de TRIA después del pinch, promueve un mayor NOFLOR que el obtenido cuando se aplica durante la inducción fotoperiódica (Cuadro 6), presentando diferencias estadísticas significativas con  $\alpha \leq 0.05$ . La aplicación foliar de TRIA después del trasplante en Chile a concentraciones de 1.25 a  $5.0 \text{ mgL}^{-1}$  incrementa el número de flores por planta y con esto el rendimiento; por lo que se comprueba que la aplicación de TRIA en etapas tempranas de desarrollo de la nochebuena favorecen una mejor floración (Rajamani *et al.*, 1990).

La fertilización con  $350 \text{ mgL}^{-1}$  de nitrógeno da como resultado el mayor NOFLOR, aunque no es estadísticamente diferente del obtenido con 380 y  $410 \text{ mgL}^{-1}$ ; por lo que el incremento en nitrógeno no modifica el NOFLOR (Anexo 2).

Cuando se aplican  $10 \text{ mgL}^{-1}$  de TRIA después del pinch se produce el mayor NOFLOR, sin embargo, no se presentan diferencias estadísticas con respecto a las demás combinaciones de las concentraciones de TRIA con la fecha de aplicación ( $\alpha > 0.05$ ), pero el menor NOFLOR se presenta con  $5 \text{ mgL}^{-1}$  cuando se aplica en inducción fotoperiódica (Cuadro 7).

En general se observa un mayor NOFLOR con la aplicación de TRIA después del pinch, siendo más efectiva la concentración  $10 \text{ mgL}^{-1}$  de TRIA aún cuando se aplica hasta la inducción fotoperiódica; comparado con su respectivo testigo (Figura 3).



**Figura 3.** Efecto de la concentración de triacontanol y la fecha de aplicación sobre el número de flores (NOFLOR).

En las combinaciones de la concentración de TRIA con la dosis de nitrógeno en la fertilización no se observan diferencias estadísticas significativas ( $\alpha > 0.05$ ), pero el mayor NOFLOR se produce con la aplicación de  $10 \text{ mgL}^{-1}$  de TRIA con  $350 \text{ mgL}^{-1}$  de nitrógeno; con altos niveles de nitrógeno se tiene un menor NOFLOR (Anexo 3), resultando con la aplicación de  $5 \text{ mgL}^{-1}$  de TRIA y  $410 \text{ mgL}^{-1}$  de nitrógeno las plantas con menos flores.

La longitud y número de brotes desarrollados presentan una correlación positiva significativa con el NOFLOR (0.4055 y 0.5344 respectivamente), a mayor longitud y número de brotes el NOFLOR se incrementa; pero se

correlaciona negativamente con el número de brotes no desarrollados (-0.5723) (Anexo 4).

### **5.1.3. Diámetro de brote**

La aplicación de TRIA en diferentes concentraciones produce diferencias estadísticamente significativas ( $\alpha \leq 0.001$ ), al igual que las fechas de aplicación (FEC) sobre el diámetro de brote (DIBROTE) (Cuadro 3). En el análisis considerando a cada combinación de los niveles de los factores como un tratamiento, también se observan diferencias estadísticas significativas (Cuadro 4), en el que el mayor DIBROTE se presenta al aplicar  $10 \text{ mgL}^{-1}$  de TRIA después del pinch con la fertilización de  $350 \text{ mgL}^{-1}$  de nitrógeno y el menor con  $10 \text{ mgL}^{-1}$  de TRIA en inducción fotoperiódica con  $410 \text{ mgL}^{-1}$  de nitrógeno (Anexo 1).

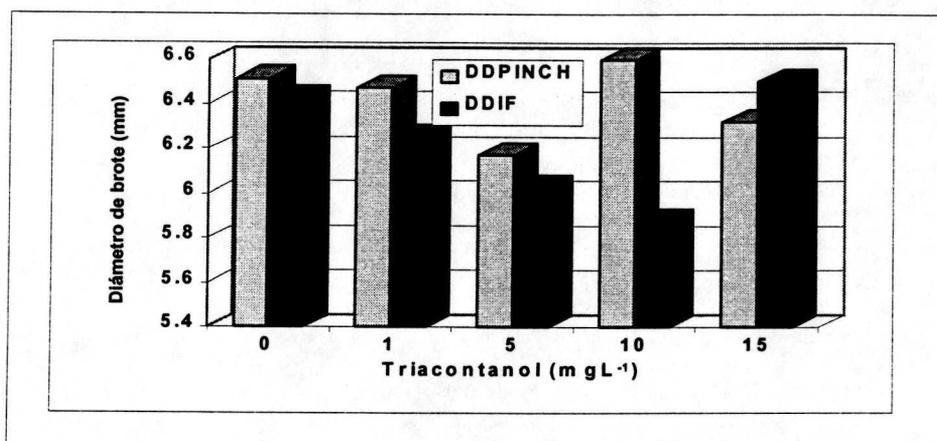
La aplicación de triacontanol reduce el DIBROTE por lo que se presenta un mayor diámetro en el testigo, aunque estadísticamente no es diferente de la aplicación de  $15 \text{ mgL}^{-1}$  de TRIA, pero si del obtenido al aplicar  $5 \text{ mgL}^{-1}$  (Cuadro 5); lo cual indica que con una concentración menor de TRIA el DIBROTE es menor.

Respecto a las fechas de aplicación (FEC) el mayor DIBROTE se produce cuando el TRIA se aplica 2 días después del pinch y es estadísticamente diferente del obtenido por la aplicación de TRIA ya iniciada la inducción fotoperiódica (Cuadro 6), por lo que una vez más se comprueba que

la aplicación del TRIA es más efectiva durante el crecimiento activo, como lo reportan Ries y Houtz (1983) para hortalizas de hoja, o durante la brotación (Nath y Mishra, 1990).

Una dosis baja de nitrógeno en la fertilización promueve un mayor DIBROTE y cuando ésta se incrementa el diámetro disminuye; aunque estadísticamente no se observan diferencias entre los efectos producidos por las diferentes dosis de nitrógeno (Anexo 2).

Con respecto a las combinaciones de las fechas de aplicación y concentraciones de TRIA, la aplicación de  $10 \text{ mgL}^{-1}$  de TRIA dos días después del pinch produce un mayor DIBROTE; mientras que el menor diámetro se da con  $10 \text{ mgL}^{-1}$  de TRIA cuando se aplica iniciada la inducción fotoperiódica (Cuadro 7). La aplicación del TRIA en etapas tempranas del desarrollo de la planta promueve brotes más vigorosos y con mayor diámetro, en cambio cuando se aplica durante la inducción fotoperiódica el grosor de los tallos ya está determinado por su desarrollo en la etapa vegetativa, por lo que no tiene un efecto significativo la aplicación en este periodo. En general la concentración baja de TRIA es más efectiva cuando se aplica durante el pinch y durante la inducción fotoperiódica la concentración alta (Figura 4).



**Figura 4.** Efecto de la concentración de triacontanol y la fecha de aplicación sobre el diámetro de brote (DIBROTE).

Con relación a la concentración de TRIA y a la dosis de nitrógeno; se observa que  $350 \text{ mgL}^{-1}$  de nitrógeno sin la aplicación de TRIA (testigo) da como resultado el mayor DIBROTE, aunque no se observan diferencias estadísticas con respecto a las otras combinaciones; pero el menor diámetro se produce al aplicar  $5 \text{ mgL}^{-1}$  de TRIA con  $410 \text{ mgL}^{-1}$  de nitrógeno (Anexo 3). Generalmente, una dosis baja de nitrógeno en cualquiera que sea la concentración de TRIA, da como resultado un mayor DIBROTE, por lo que se puede afirmar que el incremento de nitrógeno en la fertilización no promueve un mayor diámetro. Al tener un mayor DIBROTE, se tendrán plantas más vigorosas y con ello una mejor floración y resistencia al transporte.

El DIBROTE presenta una correlación significativa con la longitud del brote (0.7250), altura de planta (0.6333) y diámetro de copa (0.5234); lo cual indica que al desarrollarse brotes más largos se tiene una planta con mayor diámetro de copa y altura; y con ello un mayor DIBROTE. Existe una

correlación negativa no significativa con el número de brotes (-0.0546), a mayor número menor DIBROTE (Anexo 4).

#### **5.1.4. Longitud del brote**

Se encontraron diferencias estadísticamente significativas para las longitudes del brote (LOBROTE) correspondientes a las diferentes fechas de aplicación (FEC) y concentraciones de TRIA; así como la combinación de éstos ( $\alpha \leq 0.001$ ) (Cuadro 3). Cuando se analiza el experimento considerando como un tratamiento a cada combinación de los niveles de los factores, también se observan diferencias estadísticas significativas ( $\alpha \leq 0.001$ ) (Cuadro 4).

La mayor LOBROTE se produce con la aplicación de  $15 \text{ mgL}^{-1}$  de TRIA, aunque el incremento respecto al testigo no es significativo, el cual no muestra diferencias estadísticas significativas de los obtenidos por la aplicación de las concentraciones 1, 10 y  $15 \text{ mgL}^{-1}$ ; pero sí del obtenido al aplicar  $5 \text{ mgL}^{-1}$  de TRIA, con la cual se da la menor LOBROTE (Cuadro 5).

La LOBROTE es mayor cuando se aplica el TRIA después del pinch, presenta diferencia estadística significativa ( $\alpha \leq 0.05$ ) del obtenido cuando se aplica durante la inducción fotoperiódica (Cuadro 6). Con la aplicación del TRIA después del pinch se logrará incrementar la altura de planta por promover brotes más largos; elevando la calidad, ya que el cv. Freedom presenta un porte compacto. Este incremento en la LOBROTE se atribuye a las

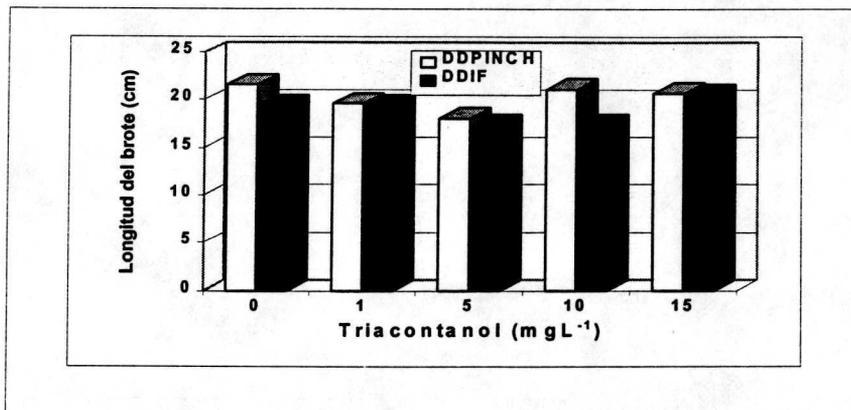
propiedades de regulación de crecimiento del TRIA (Ries *et al.*, 1977); además de que en etapas de desarrollo activo el efecto es mayor (Ries y Houtz, 1983).

El incremento de nitrógeno en la fertilización no presenta diferencias estadísticas significativas para la LOBROTE, pero cuando se incrementa la dosis de nitrógeno de 350 a 410  $\text{mgL}^{-1}$  la longitud de los brotes se reduce (Anexo 2).

Respecto a las combinaciones de las fechas de aplicación y las concentraciones de TRIA, la mayor LOBROTE se observa en el testigo, con la aplicación de 10 y 15  $\text{mgL}^{-1}$  de TRIA después del pinch se reduce la LOBROTE aunque no de manera significativa (Cuadro 7); mientras que la menor LOBROTE se presenta con 5  $\text{mgL}^{-1}$  de TRIA aplicado durante la inducción fotoperiódica.

De manera general, la aplicación del TRIA no promueve una mayor LOBROTE con respecto al testigo; pero su aplicación después del pinch promueve una mayor LOBROTE cualquiera que sea la concentración (Figura 5).

La mayor LOBROTE por efecto de la concentración de TRIA y la dosis de nitrógeno en la fertilización se produce con la aplicación de 15  $\text{mgL}^{-1}$  de TRIA con 350  $\text{mgL}^{-1}$  de nitrógeno; y aunque no produce diferencias estadísticas significativas respecto a las obtenidas con las demás combinaciones, la concentración que promueve la menor LOBROTE es la aplicación de 5  $\text{mgL}^{-1}$  de TRIA con 410  $\text{mgL}^{-1}$  de nitrógeno (Anexo 3).



**Figura 5.** Efecto de la concentración de triacontanol y la fecha de aplicación en la longitud del brote (LOBROTE).

El DIAFLOR y DIBROTE tienen una correlación positiva significativa con la LOBROTE (0.6917 y 0.7250 respectivamente), al ser de mayor longitud los brotes, su diámetro y el de las flores que de ellos se desarrollan son mayores también. La altura de planta y diámetro de copa están correlacionados significativamente con la LOBROTE (0.6497 y 0.6438 respectivamente); al desarrollarse brotes con mayor longitud la altura de la planta y diámetro de copa se incrementan. Su correlación con el NOFLOR (0.2046) es significativa pero baja (Anexo 4).

#### 5.1.5. Altura de planta

La altura de planta (APLANT) presenta diferencias estadísticas significativas para las diferentes concentraciones de TRIA; así como para la combinación de las fechas de aplicación con las concentraciones de TRIA ( $\alpha \leq 0.001$ ) (Cuadro 8). Esto indica que cierta concentración de TRIA da como

resultado una diferencia en altura sobre las demás y que la aplicación de una determinada concentración en cierta fecha es diferente a las demás combinaciones.

**Cuadro 8.** Cuadrados medios de cuatro variables respuesta evaluadas en dos fechas de aplicación (FEC) de cinco concentraciones de triacantanol (TRIA) y tres dosis de nitrógeno (N) en nochebuena (*Euphorbia pulcherrima* Willd. Ex. Klotzsch) en Chapingo, México.

F.V	GL	APLANT	DICOPA	NBROTE	NBROND
FEC	1	1.7 NS	202.9 ***	2.5 ***	0.2 NS
TRIA	4	22.0 ***	32.9 ***	0.1 NS	0.4 *
N	2	2.9 NS	24.4 ***	0.1 NS	0.4 NS
FEC*TRIA	4	40.1 ***	25.4 ***	0.4 NS	0.9 **
FEC*N	2	0.9 NS	5.9 NS	0.6 *	0.0 NS
TRIA*N	8	1.5 NS	2.8 NS	0.1 NS	0.0 NS
FEC*TRIA*N	8	2.7 NS	5.8 NS	0.0 NS	0.1 NS
R <sup>2</sup>		0.6	0.6	0.3	0.3
C.V.		4.3	5.2	8.3	69.3
MEDIA		27.9	34.5	5.4	0.6

\*, \*\*, \*\*\* Significativo al nivel 0.05, 0.01 y 0.001 respectivamente. NS No significativo  
C.V.= Coeficiente de Variación (%).

La APLANT también presenta diferencias significativas entre las combinaciones de fechas, concentraciones de TRIA y dosis de nitrógeno al considerarse como tratamientos (Cuadro 9). Con la aplicación de 1 mgL<sup>-1</sup> de TRIA con 350 mgL<sup>-1</sup> de nitrógeno durante la inducción fotoperiódica se produce la mayor APLANT (Anexo 1).

La aplicación de 0 mgL<sup>-1</sup> de TRIA (testigo) produce la mayor APLANT, aunque no existen diferencias estadísticas debido a la aplicación de 1 y 15 mgL<sup>-1</sup> de TRIA (Cuadro 10).

**Cuadro 9.** Cuadrados medios para cuatro variables evaluadas en dos fechas de aplicación (FEC) de cinco concentraciones de triacantanol (TRIA) y tres dosis de nitrógeno (N) en nochebuena (*Euphorbia pulcherrima* Willd. Ex. Klotzsch) en análisis como tratamientos.

FV	GL	APLANT	DICOPA	NBROTE	NBROND
TRAT	29	10.0 ***	19.5 ***	0.2 NS	0.3 *
REP	3	7.4 **	5.8 NS	0.2 NS	0.1 NS
R <sup>2</sup>		0.7	0.6	0.3	0.3
C.V.		4.0	5.1	8.3	69.8
MEDIA		27.9	34.5	5.4	0.6

\*, \*\*, \*\*\* Significativo al nivel 0.05, 0.01 y 0.001 respectivamente. NS No significativo  
C.V.= Coeficiente de Variación (%).

Con la aplicación de TRIA la longitud de los brotes es menor y como resultado se tienen plantas de menor altura; aún cuando esto es desable para la nochebuena, pero en este cultivar por su porte pequeño el incremento en altura puede mejorar la calidad de la planta. La menor APLANT se produce por la aplicación de 5 mgL<sup>-1</sup> de TRIA.

**Cuadro 10.** Comparación de medias (Tukey,  $\alpha \leq 0.05$ ) de cuatro variables respuesta correspondientes a la aplicación de cinco concentraciones de triacantanol en nochebuena (*Euphorbia pulcherrima* Willd. Ex. Klotzsch).

TRIACONTANOL mgL <sup>-1</sup>	APLANT (cm)	DICOPA (cm)	NBROTE	NBROND
1	28.57 A	34.50 A	5.47 A	0.66 A
15	28.16 A	34.22 A	5.56 A	0.72 A
0	28.98 A	35.61 A	5.45 A	0.50 A
10	27.12 B	35.61 A	5.49 A	0.45 A
5	26.72 B	32.78 B	5.37 A	0.79 A
<b>DMS</b>	<b>0.9867</b>	<b>1.460</b>	<b>0.3665</b>	<b>0.3507</b>

Nota: Medias con la misma letra no son estadísticamente diferentes con  $\alpha \leq 0.05$ .

La aplicación del TRIA después del pinch promueve una mayor APLANT, pero no es estadísticamente diferente del obtenido por la aplicación durante la

inducción fotoperiódica (Cuadro 11). Una aplicación en etapas tempranas de desarrollo favorece una mayor altura, debido a una mejor respuesta al triacontanol durante la brotación (Nath y Mishra, 1990).

**Cuadro 11.** Comparación de medias (Tukey,  $\alpha \leq 0.05$ ) de cuatro variables respuesta evaluadas por efecto de la fecha de aplicación de triacontanol en nochebuena (*Euphorbia pulcherrima* Willd. Ex. Klotzsch) en Chapingo, México.

FECHA DE APLICACIÓN	APLANT (cm)	DICOPA (cm)	NBROTE	NBROND
DDPINCH	28.03 A	35.85 A	5.61 A	0.58 A
DDIF	27.79 A	33.24 B	5.32 B	0.67 A
<b>DMS</b>	<b>0.4463</b>	<b>0.6594</b>	<b>0.1654</b>	<b>0.1583</b>

Nota: Medias con la misma letra no son estadísticamente diferentes con  $\alpha \leq 0.05$ .

El incremento de la dosis de nitrógeno en la fertilización no mejora la respuesta al TRIA; la mayor APLANT se observa al aplicar  $350 \text{ mgL}^{-1}$  de nitrógeno y tiende a disminuir conforme se incrementa la dosis de nitrógeno. Sin embargo, no existen diferencias estadísticas significativas ( $\alpha > 0.05$ ) (Anexo 2).

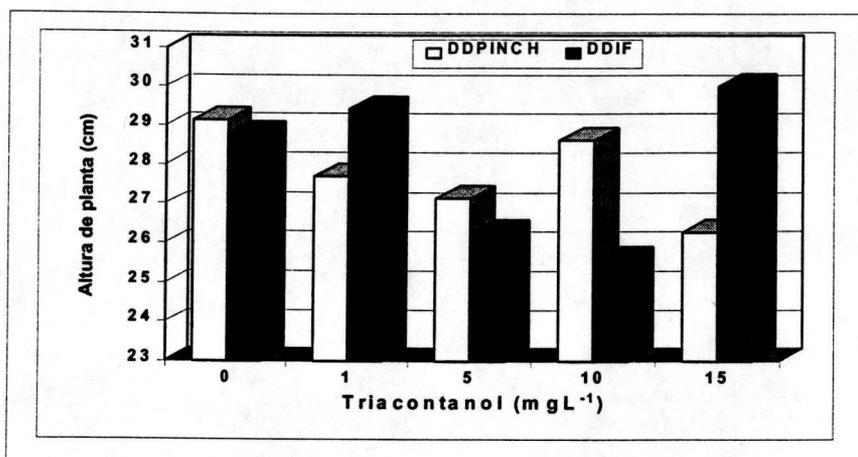
Respecto a las combinaciones de las fechas de aplicación y concentraciones de TRIA. Con  $15 \text{ mgL}^{-1}$  de TRIA aplicados durante la inducción fotoperiódica se produce la mayor APLANT, pero no es estadísticamente diferente de la obtenida por la aplicación de  $10$  y  $1 \text{ mgL}^{-1}$  de TRIA después del pinch (Cuadro 12). Estas concentraciones en las fechas indicadas, superan al testigo en APLANT. Sin embargo, la aplicación de  $10 \text{ mgL}^{-1}$  durante la inducción fotoperiódica promueve una menor altura (Figura 6).

**Cuadro 12.** Comparación de medias (Tukey,  $\alpha \leq 0.05$ ) para cuatro variables respuesta correspondientes a las combinaciones de cinco concentraciones de triacontanol y dos fechas de aplicación en nochebuena (*Euphorbia pulcherrima* Willd. Ex. Klotzsch).

COMBINACIÓN FECHA*TRIA	APLANT (cm)	DICOPA (cm)	NBROTE	NBROND
DDIF 15 mgL <sup>-1</sup>	<b>30.02 a</b>	33.58 cdefg	5.26 a	0.64 b
DPINCH 10 mgL <sup>-1</sup>	28.65 abcd	<b>38.67 a</b>	5.59 a	0.40 b
DPINCH 1 mgL <sup>-1</sup>	27.71 abcde	35.67 abcde	5.44 a	<b>0.30 b</b>
DPINCH 0 mgL <sup>-1</sup>	29.14 ab	36.77 abcde	5.54 a	0.42 b
DDIF 1 mgL <sup>-1</sup>	29.44 ab	33.33 defg	5.50 a	<b>1.01 a</b>
DDIF 0 mgL <sup>-1</sup>	28.81 abcd	34.46 bcdefg	5.35 a	0.59 b
DPINCH 15 mgL <sup>-1</sup>	26.30 cde	34.85 abcdefg	<b>5.86 a</b>	0.80 ab
DDIF 10 mgL <sup>-1</sup>	<b>25.60 e</b>	32.55 fg	5.39 a	0.50 b
DPINCH 5 mgL <sup>-1</sup>	27.15 bcde	33.26 efg	5.63 a	0.95 ab
DDIF 5 mgL <sup>-1</sup>	26.28 de	<b>32.30 g</b>	<b>5.10 a</b>	0.62 b
<b>DMS</b>	<b>2.798</b>	<b>4.144</b>	<b>0.934</b>	<b>0.45</b>

Nota: Medias con la misma letra no son estadísticamente diferentes con  $\alpha \leq 0.05$ .

En las combinaciones de la concentración de TRIA con la dosis de nitrógeno tenemos que la mayor APLANT resulta con 0 mgL<sup>-1</sup> de TRIA con 350 mgL<sup>-1</sup> de nitrógeno; sin embargo, no se presentan diferencias estadísticas significativas con lo obtenido por las demás combinaciones; la menor APLANT se produce al aplicar 5 mgL<sup>-1</sup> de TRIA con dosis altas de nitrógeno en la fertilización (Anexo 3).



**Figura 6.** Efecto de la concentración de triacantanol y la fecha de aplicación sobre la altura de planta (APLANT).

La APLANT está correlacionada significativamente con el DIAFLOR (0.6732) y el DIBROTE (0.6333), indicando que a mayor APLANT tendremos un mayor DIBROTE y DIAFLOR; también con la LOBROTE (0.6497) y el diámetro de copa se tiene correlación significativa, con brotes de mayor longitud se tiene una mayor APLANT y diámetro de copa. Con el número de brotes desarrollados presenta una correlación negativa (-0.0616) indicando que con un mayor número de brotes desarrollados se tiene una menor APLANT (Anexo 4).

### 5.1.6 Diámetro de copa

El diámetro de copa (DICOPA) muestra diferencias estadísticas significativas para las fechas de aplicación (FEC), concentraciones de TRIA y dosis de nitrógeno (N); así como para la combinación de las fechas de aplicación con dosis de nitrógeno ( $\alpha \leq 0.001$ ) (Cuadro 8).

En el análisis como tratamientos, considerando a las combinaciones de los niveles de los factores como un tratamiento, también se observan diferencias estadísticas significativas al mismo nivel y el coeficiente de variación es menor (Cuadro 9). El mayor DICOPA se observa en la aplicación de 10 mgL<sup>-1</sup> de TRIA con 350 mgL<sup>-1</sup> de nitrógeno después del pinch siendo estadísticamente diferente del obtenido por la aplicación de 1 mgL<sup>-1</sup> de TRIA con 410 mgL<sup>-1</sup> de nitrógeno durante la inducción fotoperiódica (Anexo 1).

Con relación a las concentraciones de TRIA, se presentan diferencias significativas en el que el mayor DICOPA resulta con la aplicación de 10 mgL<sup>-1</sup> de TRIA, aunque el testigo presenta el mismo diámetro; al aplicar 5 mgL<sup>-1</sup> de TRIA se produce el menor DICOPA (Cuadro 10). Desde el punto de vista práctico es mejor tener una planta con un mayor DICOPA en la que los brotes presente un ángulo abierto y una arquitectura horizontal en la que las flores tengan mayor vista.

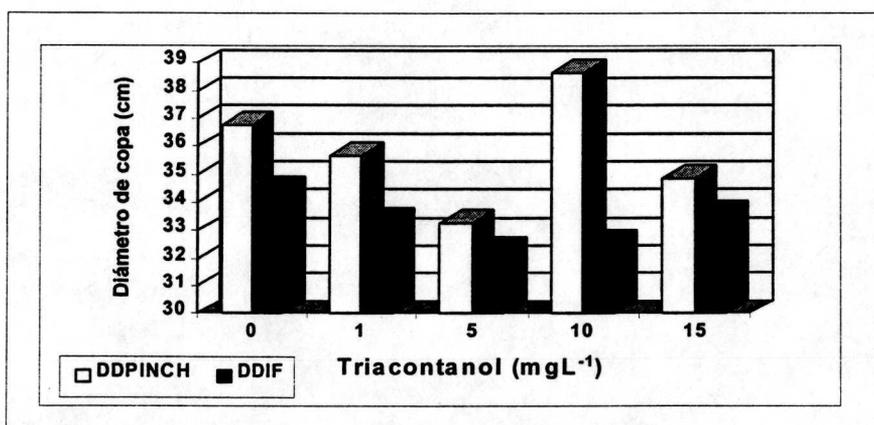
La aplicación del TRIA después del pinch promueve un mayor DICOPA siendo estadísticamente diferente del obtenido por la aplicación durante la inducción fotoperiódica (Cuadro 11). Esto se explica en que la aplicación temprana de TRIA da como resultado el desarrollo de brotes con mayor longitud y esto favorece un mayor DICOPA.

El incremento de nitrógeno en la fertilización provoca un menor DICOPA, el mayor diámetro se observa al aplicar 350 mgL<sup>-1</sup> de nitrógeno en la

fertilización (Anexo 2). Esto puede deberse a que niveles altos de nitrógeno inactiva al TRIA.

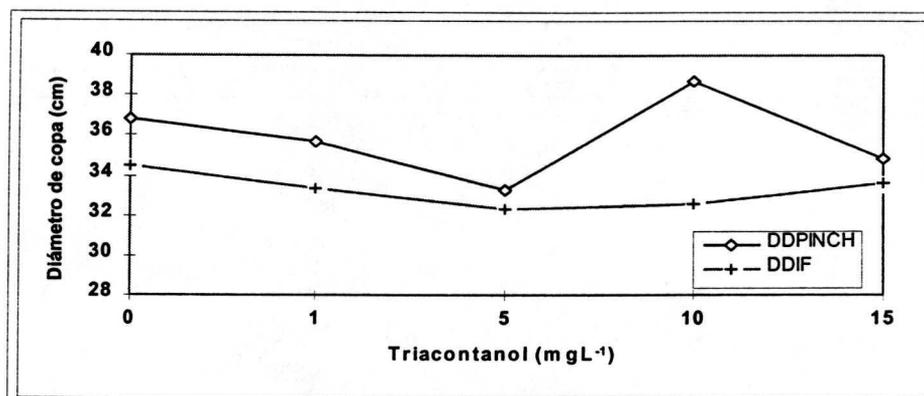
En la combinación de las fechas de aplicación y concentraciones de TRIA, el mayor DICOPA se observa en la aplicación de 10 mgL<sup>-1</sup> de TRIA después del pinch, aunque no es estadísticamente diferente del obtenido en la aplicación de 1 mgL<sup>-1</sup> en esa misma fecha y el testigo (Cuadro 12). EL menor DICOPA se produce al aplicar 5 mgL<sup>-1</sup> durante la inducción fotoperiódica.

La aplicación de 10 mgL<sup>-1</sup> TRIA durante el pinch da como resultado un mayor DICOPA, siendo la única concentración que supera al testigo, el mayor DICOPA es por el efecto del TRIA sobre el peso fresco del follaje, ya que aunque no se logra incrementar el área foliar, sí existe un incremento del 3.0% sobre el peso fresco del testigo; además de que el NOFLOR se incrementa ligeramente (Figura 7).



**Figura 7.** Efecto de la concentración de triacontanol y la fecha de aplicación en el diámetro de copa (DICOPA).

EL DICOPA con respecto a la interacción de las fechas de aplicación con las concentraciones de TRIA, siempre es mayor en la aplicación del TRIA después del pinch, pero con la concentración de  $5 \text{ mgL}^{-1}$  se produce menor DICOPA (Figura 8).



**Figura 8.** Efecto de la interacción de las fechas de aplicación con las concentraciones de TRIA sobre el diámetro de copa (DICOPA).

La aplicación de la concentración de  $10 \text{ mgL}^{-1}$  TRIA en combinación con  $350 \text{ mgL}^{-1}$  de nitrógeno produce el mayor DICOPA (Anexo 3), pero al incrementarse el nitrógeno en cualquiera que sea la concentración de TRIA el DICOPA disminuye. Y aunque no se presentan diferencias estadísticas significativas, el menor DICOPA se observa al aplicar  $5 \text{ mgL}^{-1}$  de TRIA con  $410 \text{ mgL}^{-1}$  de nitrógeno.

El DICOPA presenta una correlación significativa con la LOBROTE (0.6438) y el DIBROTE (0.5234), al desarrollarse brotes con mayor diámetro y longitud se tiene un mayor DICOPA. La APLANT, NOFLOR, DIAFLOR y el

número de brotes desarrollados tienen una baja correlación con el DICOPA (0.3323, 0.4055, 0.4162 y 0.2714 respectivamente) (Anexo 4).

#### 5.1.7. Número de brotes

La aplicación de diferentes concentraciones de TRIA no presenta diferencias estadísticas significativas para el número de brotes desarrollados (NOBROTE); sin embargo para el número de brotes no desarrollados (NBROND) sí existen diferencias significativas ( $\alpha \leq 0.05$ ). Las fechas de aplicación de TRIA presenta diferencias significativas para el NOBROTE, pero no para el NBROND (Cuadro 8).

En el análisis considerando a las combinaciones de los niveles de los factores como tratamientos, se observan diferencias significativas para el NBROND ( $\alpha \leq 0.05$ ) (Cuadro 9). El mayor NOBROTE se produce con el tratamiento de  $15 \text{ mgL}^{-1}$  de TRIA con  $350 \text{ mgL}^{-1}$  de nitrógeno después del pinch (Anexo 1).

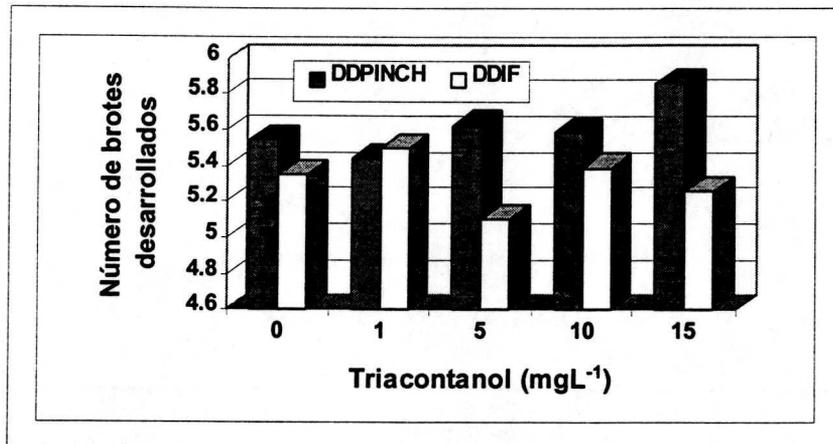
El NOBROTE se incrementa ligeramente al aplicar  $15 \text{ mgL}^{-1}$  de TRIA sobre el testigo y las demás concentraciones, aunque no existen diferencias significativas; el menor NOBROTE se obtiene en la aplicación de  $5 \text{ mgL}^{-1}$ , mientras que el menor NBROND se produce por la concentración de  $10 \text{ mgL}^{-1}$ , pero no se presentan diferencias estadísticas significativas, donde el mayor NBROND resulta al aplicar  $5 \text{ mgL}^{-1}$  (Cuadro 10). Esto último difiere de lo reportado por Cuautle (1996) quién encontró un menor NBROND con la

aplicación de 3 y 5 mgL<sup>-1</sup>, esta diferencia en la respuesta puede deberse al cultivar Subjibi. En esta variable nos interesa la concentración que promueva un mayor NOBROTE y con ello el menor NBROND.

Cuando se aplica el TRIA después del pinch promueve un mayor NOBROTE y menor NBROND; aunque no se presentan diferencias estadísticas significativas en el NBROND, el NOBROTE si es estadísticamente diferente del obtenido cuando se aplica el TRIA durante la inducción fotoperiódica (Cuadro 11). La aplicación del TRIA después del pinch favorece el desarrollo de las yemas con lo cual se tiene un mayor NOBROTE; en cambio al aplicarse en inducción fotoperiódica el NOBROTE ya está determinado por el desarrollo anterior de la planta, razón por lo que es más recomendable la aplicación del TRIA durante la brotación (Nath y Mishra, 1990).

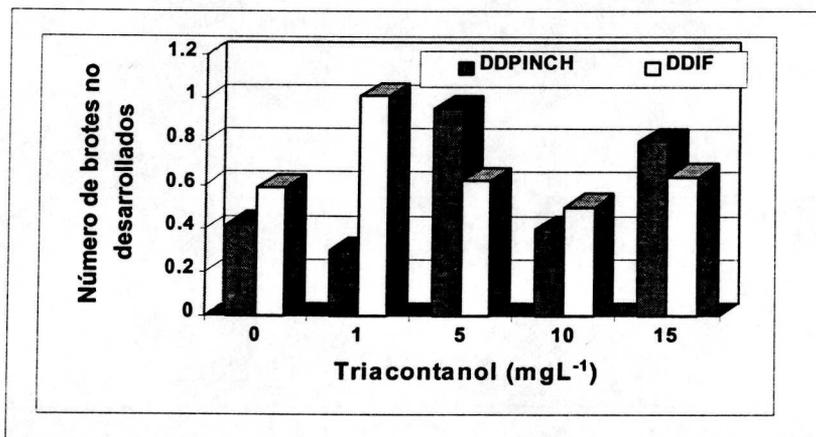
El incremento de nitrógeno en la fertilización disminuye el NOBROTE, en tanto que se incrementa el NBROND; no presentándose diferencias estadísticas para éste último. El mayor NOBROTE y menor NBROND se observa con la fertilización de 350 mgL<sup>-1</sup> de nitrógeno (Anexo 2). Este incremento en el NBROND es desfavorable para la calidad de la nochebuena por presentar flores con un diámetro pequeño.

En general la aplicación después del pinch favorece un mayor NOBROTE (Figura 9), con 10 mgL<sup>-1</sup> de TRIA en cualquier fecha que se aplique se logra disminuir el NBROND con respecto al testigo, pero con 1 mgL<sup>-1</sup> después del pinch se observa el menor NBROND (Figura 10).



**Figura 9.** Efecto de la concentración de triacantanol y la fecha de aplicación en el número de brotes desarrollados (NBROT).

Respecto a las fechas de aplicación y concentraciones de TRIA. Con 15 mgL<sup>-1</sup> de TRIA aplicado después del pinch se favorece un mayor NOBROTE, aunque no existen diferencias estadísticas con los obtenidos en las otras combinaciones; pero con la aplicación de 5 mgL<sup>-1</sup> de TRIA resulta el menor NOBROTE. El menor NBROND se produce al aplicar 1 mgL<sup>-1</sup> de TRIA después del pinch, siendo estadísticamente diferente del obtenido al aplicar la misma concentración durante la inducción fotoperiódica (Cuadro 12). Estos resultados son similares a los que reporta Cuautle (1996), quien menciona que con la aplicación de 10 mgL<sup>-1</sup> de TRIA 10 días después del pinch y posteriormente 12 días iniciada la inducción fotoperiódica se promueve el mayor NOBROTE; podemos afirmar que una aplicación temprana del TRIA favorece un mayor NOBROTE por tener un efecto mejor durante el crecimiento activo de la planta (Ries y Houtz, 1983).



**Figura 10.** Efecto de la concentración de triacontanol y la fecha de aplicación en el número de brotes no desarrollados (NBROND).

Respecto a las combinaciones de las concentraciones de TRIA y las dosis de nitrógeno, el mayor NOBROTE resulta de aplicar 15 mgL<sup>-1</sup> de TRIA con 350 mgL<sup>-1</sup> de nitrógeno; mientras que el menor NBROND se produce con la aplicación de 10 mgL<sup>-1</sup> de TRIA con la misma dosis de nitrógeno (Anexo 3).

El NOBROTE presenta una correlación significativa con el NOFLOR (0.5344) y el DICOPA (0.2714), al aumentar el NOBROTE es mayor el NOFLOR y el DICOPA, pero disminuye la APLANT (-0.0616). EL NBROND tiene una correlación negativa con el NOFLOR (-0.5723), al incrementarse el NBROND el NOFLOR disminuye; sin embargo a mayor NOBROTE se tiene un mayor NBROND (0.3515) (Anexo 4).

### 5.1.8. Peso fresco y peso seco

El peso fresco de brácteas (PFBRAC) y peso fresco de follaje (PFFOL) presentan diferencias estadísticas significativas con  $\alpha \leq 0.001$  para las fechas de aplicación y las concentraciones de TRIA; al igual que para el peso seco de brácteas (PSBRAC) y peso seco del follaje (PSFOL). En la combinación de estos factores también existen diferencias para el peso fresco y seco de brácteas (PFBRAC y PSBRAC) (Anexo 5).

El peso fresco y seco de tallos (PFTAL y PSTAL) muestran diferencias estadísticas para las fechas de aplicación y concentraciones de TRIA con  $\alpha \leq 0.001$ ; y la combinación de estos factores con  $\alpha \leq 0.05$  (Anexo 5).

En el peso fresco y seco de ciatios (PFCIAT y PSCIAT) sólo se observan diferencias estadísticas para las concentraciones de TRIA con  $\alpha \leq 0.001$  (Anexo 5). Lo anterior nos indica que al aplicar TRIA se van a desarrollar plantas con peso diferente en cada estructura; por lo que una concentración es favorable para un mayor PFBRAC y otra para el PSCIAT, de igual forma cierta fecha de aplicación es más favorable para el peso fresco o seco.

El mayor peso de brácteas, follaje y tallo se produce en el testigo, pero los obtenidos en la aplicación de las concentraciones 15 y 1 mgL<sup>-1</sup> de TRIA no son estadísticamente diferentes; mientras que con la aplicación de 5 mgL<sup>-1</sup> se promueve el menor peso en todas las estructuras de la planta (Anexo 6). En el presente trabajo la respuesta es diferente, lo cual puede deberse a una respuesta particular de la planta y cultivar Freedom, ya que Cuautle (1996)

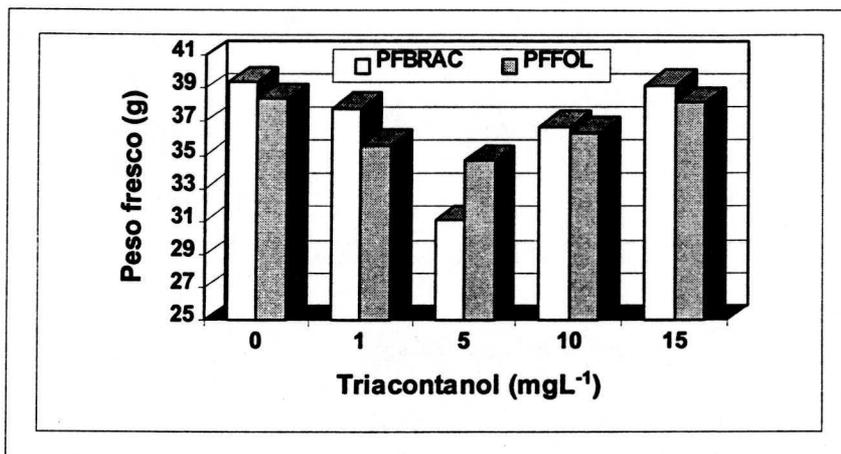
menciona que el mayor peso fresco y seco de la parte aérea resulta de aplicar  $1 \text{ mgL}^{-1}$  de TRIA seguida por  $10 \text{ mgL}^{-1}$ . Por su parte Sashirekha y Narasimham (1990) reportan que tubérculos de papa tratados con TRIA de 0.1 a  $10 \text{ mgL}^{-1}$  muestran un mayor peso fresco de los brotes desarrollados.

El menor peso fresco y seco de brácteas y de follaje es producido por la aplicación de  $5 \text{ mgL}^{-1}$  de TRIA en las diferentes estructuras de la planta (Figura 11), lo cual difiere a lo reportado por Flores (1996), quien indica que la aplicación de  $5 \text{ mgL}^{-1}$  de TRIA en crisantemo da como resultado un mayor peso seco de la inflorescencia, por un mayor desarrollo de flores líguladas.

En el peso de ciatios, el mayor PFCIAT se produce por la aplicación de  $15 \text{ mgL}^{-1}$  de TRIA; aunque estadísticamente es igual al obtenido en la aplicación de  $1 \text{ mgL}^{-1}$  y al testigo (Anexo 6). Esto es importante para el desarrollo de la planta, ya que los ciatios son la flor verdadera de la nochebuena y dan mayor vistocidad a la inflorescencia junto con las brácteas.

Con respecto a las fechas de aplicación; la aplicación de TRIA después del pinch se observa un mayor peso fresco y seco en todas las estructuras de la planta, siendo estadísticamente diferente al obtenido por la aplicación de TRIA durante la inducción fotoperiódica (Anexo 7). Una vez más se comprueba que la aplicación de TRIA es más efectiva durante la brotación (Nath y Mishra, 1990) por promover mayor desarrollo; con lo cual tendremos mayor peso fresco y seco. Como también las plántulas de arroz tratadas con TRIA incrementan

linealmente el peso seco a las 2 y 6 horas de su aplicación (Ries y Houtz, 1983).



**Figura 11.** Efecto de la concentración de triacontanol en el peso fresco de brácteas (PFBRAC) y peso fresco de follaje (PFFOL).

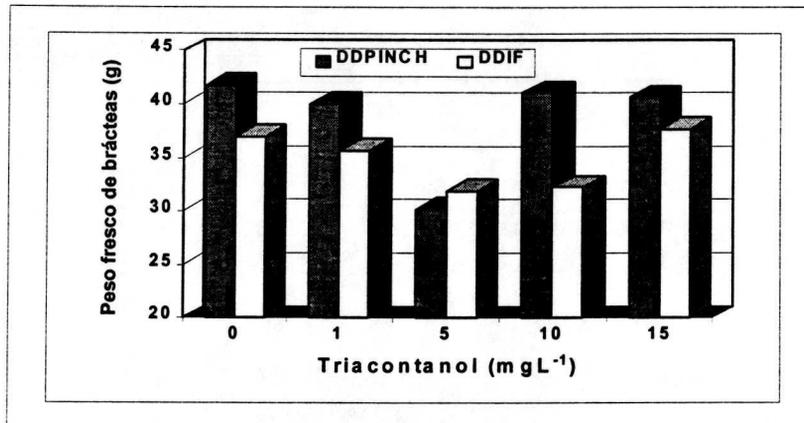
El mayor peso fresco y seco en las estructuras de la planta se observa en la fertilización con 350 mgL<sup>-1</sup> de nitrógeno (Anexo 8); aunque estadísticamente no es diferente del obtenido por las otras dosis, pero un incremento en la dosis de nitrógeno disminuye el peso fresco y seco ligeramente. Al incrementarse el nitrógeno en la fertilización se esperaba un mayor efecto del triacontanol; debido a que en plantas de Chile el contenido de nitrógeno no se incrementa por la aplicación de TRIA; sin embargo se reduce el contenido de Fe y Mg en las hojas (Awang *et al.*, 1983). Además la efectividad de la aplicación foliar del TRIA se refleja en un incremento en el nitrógeno en

hojas de papa (Ries *et al.*, 1978); y en maíz se incrementa la absorción de N, P y K por la aplicación de TRIA (Singh *et al.*, 1991).

Respecto a las combinaciones de las fechas de aplicación y las concentraciones de TRIA, se observan diferencias estadísticas sólo para el PFBRAC y PFTAL; los otros resultados son estadísticamente iguales con  $\alpha > 0.05$  (Anexo 9). El mayor PFBRAC y PSBRAC se produce en el testigo por ser plantas de mayor altura y brotes de mayor longitud; aunque estadísticamente es igual a los obtenidos por la aplicación de 10 y 15 mgL<sup>-1</sup> de TRIA después del pinch. El mayor PFFOL, PSFOL, PFTAL y PSTAL se obtiene con la aplicación de 10 mgL<sup>-1</sup> de TRIA después del pinch, pero es estadísticamente igual al testigo y al obtenido al aplicar 15 mgL<sup>-1</sup> de TRIA en esa misma fecha. Al sumar el peso de las estructuras el peso fresco total de testigo es de 106.48 g y el peso seco 17.104 g, mientras que con la aplicación de 10 mgL<sup>-1</sup> de TRIA el peso fresco y seco total es de 108.70 y 17.618 g respectivamente, lo cual indica un incremento de 2.08% y 3.0% de ganancia en peso fresco y seco. Cuautle (1996) reporta un mayor peso fresco y seco de la parte aérea con 10 mgL<sup>-1</sup> de TRIA aplicado en el pinch y nuevamente en la inducción fotoperiódica.

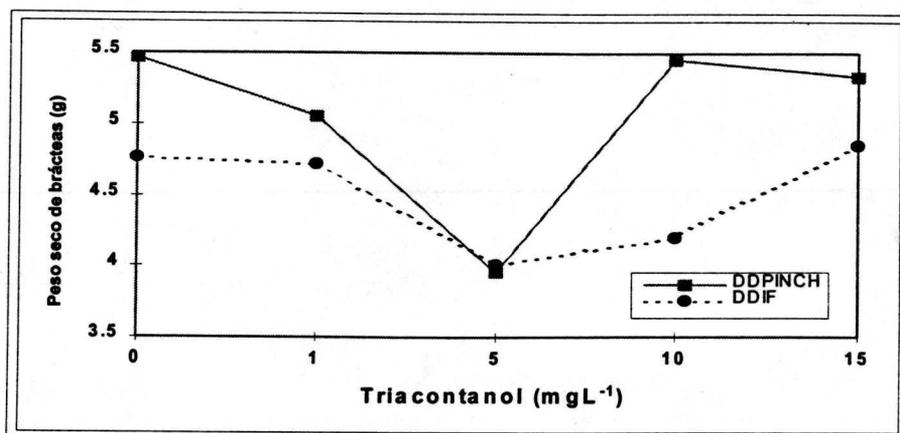
Con la aplicación de 5 mgL<sup>-1</sup> de TRIA después del pinch se produce el menor PFBRAC y PSBRAC; mientras que el menor PFTAL, PSTAL, PFCIAT y PSCIAT se observa con esta misma concentración cuando se aplica durante la inducción fotoperiódica (Anexo 9).

El peso del testigo no es estadísticamente diferente al obtenido en la aplicación de  $10 \text{ mgL}^{-1}$  de TRIA después del pinch, con el que se promueve el mayor PFBRAC cuando se aplica TRIA (Figura 12), mientras que al aplicar  $5 \text{ mgL}^{-1}$  resulta el menor peso.



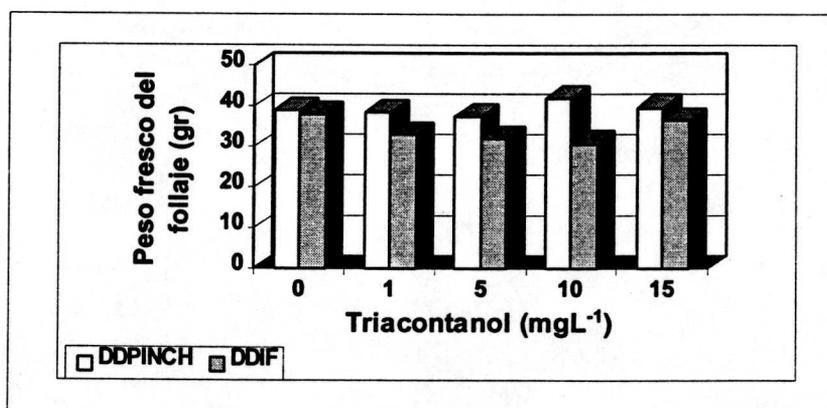
**Figura 12.** Efecto de la concentración de triacontanol y la fecha de aplicación en el peso fresco de brácteas (PFBRAC).

En el efecto de la interacción de las fechas de aplicación con las concentraciones de TRIA sobre el PSBRAC, a excepción de la aplicación de  $5 \text{ mgL}^{-1}$  de TRIA, el PSBRAC es mayor después del pinch (Figura 13).



**Figura 13.** Efecto de la interacción de las concentraciones de TRIA y las fechas de aplicación sobre el peso seco de brácteas (PSBRAC).

La aplicación de 10 mgL<sup>-1</sup> de TRIA después del pinch produce el mayor PFFOL, seguido por 15 mgL<sup>-1</sup>, pero con esta misma concentración cuando se aplica durante la inducción fotoperiódica resulta el menor peso (Figura 14).

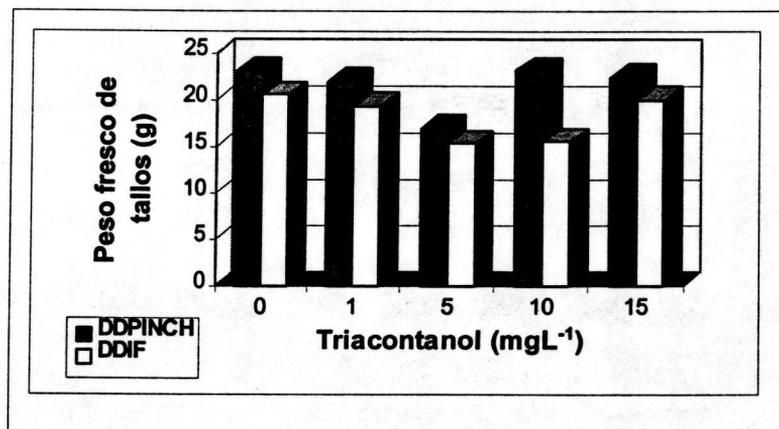


**Figura 14.** Efecto de la concentración de triacantanol y la fecha de aplicación sobre el peso fresco de follaje (PFFOL).

No se logra incrementar el peso fresco y seco de brácteas con respecto al testigo con la aplicación de TRIA, pero no existen diferencias estadísticas significativas; algo parecido resultó en frutos de tomate, la materia seca no se

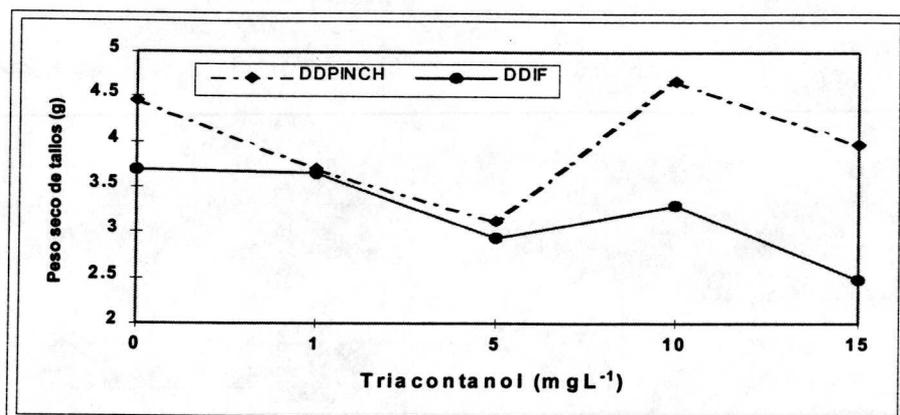
incrementa con la aplicación de TRIA, lo cual indica que el mayor peso fresco es el resultado de un incremento en la absorción de agua, sin embargo se observa un mayor crecimiento (Eriksen *et al.*, 1982). Además se reporta un incremento en el peso seco y aumento del rendimiento del 13 % en algunos cultivos (Biernbaum *et al.*, 1986) y en arroz se incrementa el peso seco de plántulas (Bittenbender *et al.*, 1978); así mismo el maíz presenta una ganancia de peso con la aplicación de una dispersión coloidal de  $100 \text{ mgL}^{-1}$  de TRIA (Laughlin *et al.*, 1983).

El PFTAL es mayor cuando se realiza la aplicación del TRA después del pinch, siendo  $10 \text{ mgL}^{-1}$  la mejor concentración para esta variable (Figura 15).



**Figura 15.** Efecto de la concentración de triacanthanol y la fecha de aplicación en el peso fresco del tallos (PFTAL).

Respecto a la interacción de las concentraciones de TRIA y las fechas de aplicación,  $10 \text{ mgL}^{-1}$  de TRIA produce el mayor PSTAL, pero es menor al aplicarse durante la inducción fotoperiódica (Figura 16)



**Figura 16.** Efecto de la interacción de las concentraciones de TRIA y las fechas de aplicación sobre el peso seco de tallos (PSTAL).

EL mayor PFCIAT se produce al aplicar 15 mgL<sup>-1</sup> de TRIA, mientras que con la aplicación de 5 mgL<sup>-1</sup> se reduce en cerca del 50% con respecto al testigo; sin embargo, el mayor PSCIAT se observa en el testigo, seguido por la aplicación de 15 mgL<sup>-1</sup> de TRIA, con lo que se puede afirmar que el mayor peso fresco en esta concentración de TRIA es por favorecer la absorción de agua (Eriksen *et al.*, 1982).

Al desarrollarse plantas con un mayor peso de follaje tienen correlación positiva con el peso de brácteas (0.5305) y con el peso de los ciatios negativa (-0.0928). El peso seco del tallo tiene una correlación positiva con el peso seco del follaje (0.5510), debido a que al desarrollarse plantas con tallos mas vigorosos se tiene mayor desarrollo de follaje. El PSTAL presenta una correlación significativa con el PSBRAC (0.7072) y PSCIAT (0.3673) (Anexo 10).

### 5.1.9. Área de brácteas y área foliar

El área de brácteas (ABRAC) presenta diferencias significativas con  $\alpha \leq 0.05$  para las fechas de aplicación, las concentraciones de TRIA y la combinación de estos factores; el área foliar (AFOL) también presenta diferencias para estas mismas fuentes de variación pero con  $\alpha \leq 0.001$ . La relación ABRAC/AFOL sólo es significativa para las concentraciones de TRIA (Cuadro 13).

**Cuadro 13.** Cuadrados medios para las variables de área foliar y de brácteas en dos fechas de aplicación de cinco concentraciones de triacantanol y tres dosis de nitrógeno en nochebuena (*Euphorbia pulcherrima* Willd. Ex. Klotzsch) en Chapingo, México.

F.V	GL	ABRAC	AFOL	REL ABRAC/AFOL
FEC	1	342743.5 *	651780.9 ***	0.00 NS
TRIA	4	154718.6 *	1243680.7 ***	0.22 ***
N	2	23938.1 NS	21082.1 NS	0.00 NS
FEC*TRIA	4	150725.1 *	325751.4 ***	0.06 NS
FEC*N	2	15396.8 NS	281896.5 ***	0.11 NS
TRIA*N	8	32435.0 NS	41041.4 NS	0.01 NS
FEC*TRIA*N	8	24243.4 NS	41520.0 NS	0.02 NS
R <sup>2</sup>		0.3	0.7	0.4
C.V.		13.5	9.9	14.9
MEDIA		1701.4	2174.9	1.2

\*, \*\*, \*\*\* Significativo al nivel 0.05, 0.01 y 0.001 respectivamente. NS No significativo  
C.V.= Coeficiente de Variación (%).

La aplicación de TRIA después del pinch favorece una mayor ABRAC y AFOL (Cuadro 14), siendo estadísticamente diferente de las obtenidas por la aplicación durante la inducción fotoperiódica; ya que cuando se aplica en el desarrollo activo durante la brotación tiene mayor respuesta (Nath y Mishra,

1990); por promover mayor desarrollo foliar y de brácteas y por lo tanto mayor ABRAC y AFOL. Con una mayor AFOL se pueden tener plantas con mayor capacidad fotosintética y por lo tanto, un mayor desarrollo de brácteas y una mayor ABRAC. Existe un incremento de 170.20 cm<sup>2</sup> de ABRAC y 123.43 cm<sup>2</sup> AFOL cuando se aplica el TRIA después del pinch, lo cual representa un aumento de 8.14% y 7.52% en el área respectivamente.

**Cuadro 14.** Comparación de medias (Tukey,  $\alpha \leq 0.05$ ) del área (cm<sup>2</sup>) por efecto de la fecha de aplicación de triacontanol en nochebuena (*Euphorbia pulcherrima* Willd. Ex. Klotzsch) en Chapingo, México.

FEC	ABRAC cm <sup>2</sup>	AFOL cm <sup>2</sup>	REL ABRAC/AFOL
DDPINCH	2260.00 A	1763.16 A	1.29 A
DDIF	2089.80 B	1639.73 B	1.28 A
<b>DMS</b>	<b>90.953</b>	<b>97.396</b>	<b>0.0811</b>

Nota: medias con la misma letra son estadísticamente iguales con  $\alpha \leq 0.05$

Con respecto al efecto de las concentraciones de TRIA, con la aplicación de 15 mgL<sup>-1</sup> de TRIA se produce la mayor ABRAC superando al testigo en 103.72 cm<sup>2</sup>; pero estadísticamente no son diferentes; la menor ABRAC se observa al aplicar 5 mgL<sup>-1</sup> de TRIA en la cual se tiene una diferencia de 658 cm<sup>2</sup> con respecto a la mayor ABRAC y de 554 cm<sup>2</sup> comparado con el testigo (Cuadro 15).

El AFOL presenta el mismo comportamiento al aplicar TRIA, con la aplicación de 15 mgL<sup>-1</sup> se incrementa el área en 24.89 cm<sup>2</sup> con respecto al testigo, presentándose una diferencia de 218 cm<sup>2</sup> con la menor AFOL. El AFOL en plátano se incrementa al desarrollarse un mayor número de hojas

con la aplicación de TRIA después del transplante (Nagalakshmi y Kulasekaran, 1989).

Se observa un incremento en ABRAC del 4.5% y 1.39% en AFOL con la aplicación de 15 mgL<sup>-1</sup> con respecto al testigo; siendo menor que el incremento reportado por Cuautle (1996); con 10 mgL<sup>-1</sup> de TRIA se incrementa el área foliar de la última hoja en un 22% con respecto al testigo.

**Cuadro 15.** Comparación de medias (Tukey,  $\alpha \leq 0.05$ ) por efecto de la aplicación de cinco concentraciones de triacontanol sobre el área de nochebuena (*Euphorbia pulcherrima* Willd. Ex. Klotzsch) en Chapingo, México.

TRIA	ABRAC cm <sup>2</sup>	AFOL cm <sup>2</sup>	REL ABRAC/AFOL
15	2402.94 A	1810.33 A	1.35 A
1	2315.67 A	1654.33 AB	1.40 A
0	2299.22 AB	1785.44 AB	1.29 A
10	2112.06 B	1664.78 AB	1.29 AB
5	1744.61 C	1592.33 B	1.11 B
<b>DMS</b>	<b>202.2</b>	<b>216.52</b>	<b>0.1803</b>

Nota: Medias con la misma letra no son estadísticamente diferentes con  $\alpha \leq 0.05$

La mayor relación ABRAC/AFOL se produce al aplicar 1 mgL<sup>-1</sup> de TRIA, aunque no es estadísticamente diferente de la obtenida cuando se aplican 15 mgL<sup>-1</sup>; lo cual nos indica que por cada cm<sup>2</sup> de AFOL tendremos 1.40 cm<sup>2</sup> de ABRAC (Cuadro 15). Nos interesa la concentración que promueva una mayor relación ABRAC/AFOL, debido a que al tener más ABRAC, la planta será de mayor calidad pero también se requiere una mayor AFOL para que la fotosíntesis sea suficiente para cubrir la demanda de las brácteas. En plántulas de maíz y arroz se observa un incremento del AFOL, siendo

visiblemente más grandes las hojas nuevas por la aplicación de TRIA (Ries y Wert, 1982); así mismo el índice de AFOL se incrementa en cacahuete cuando se aplica TRIA 25 y 30 días después de la siembra (Kelaiya *et al.*, 1991) y en espinaca un mayor desarrollo foliar incrementa el rendimiento cuando se aplica el TRIA 30 días después de la siembra (Kadam *et al.*, 1988).

El incremento del ABRAC es paralelo al de AFOL; pero se observa que en cualquier concentración de TRIA y el testigo el ABRAC es mayor que el AFOL .

En las combinaciones de las fechas de aplicación y las concentraciones de TRIA; la mayor ABRAC se produce al aplicar  $15 \text{ mgL}^{-1}$  de TRIA después del pinch, aunque estadísticamente no es diferente de la obtenida en el testigo, pues sólo existe un incremento del 1.73% en el ABRAC y una reducción de 2.62% en el AFOL; mientras que la menor ABRAC resulta al aplicar  $5 \text{ mgL}^{-1}$  después del pinch (Cuadro 16).

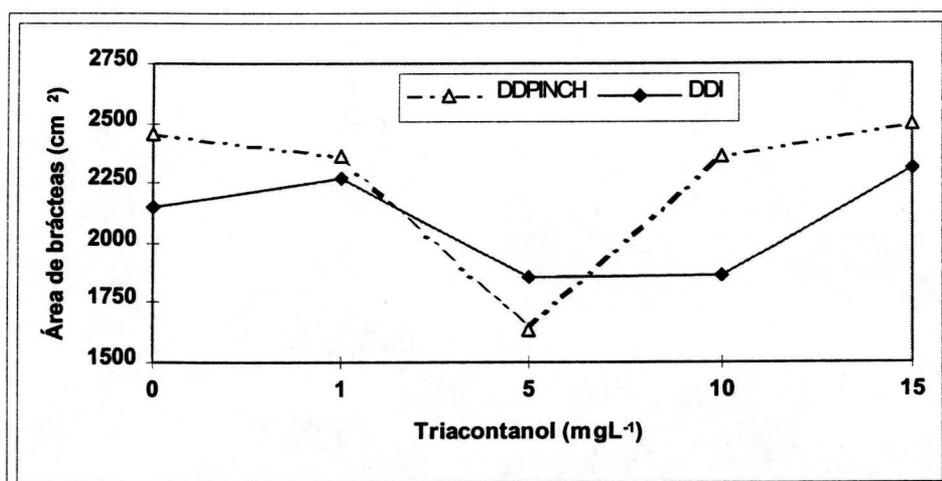
La aplicación del TRIA durante la brotación (Nath y Mishra, 1990) tiene un mayor efecto sobre el desarrollo; lo cual favorece un mayor crecimiento de las hojas y esto está muy relacionado con el tamaño final de las brácteas; por lo cual tendremos mayor AFOL y ABRAC. La mayor AFOL se favorece con la aplicación de  $10 \text{ mgL}^{-1}$  de TRIA después del pinch y aunque no se observan diferencias estadísticas, la menor AFOL resulta de la misma concentración cuando se aplica durante la inducción fotoperiódica.

El ABRAC por efecto de la interacción de las fechas de aplicación con las concentraciones de TRIA, tiende a incrementarse cuando se aplica el TRIA durante la inducción fotoperiódica, pero al incrementarse la concentración el área disminuye y con 15 mgL<sup>-1</sup> vuelve a incrementarse (Figura 17).

**Cuadro 16.** Comparación de medias (Tukey,  $\alpha \leq 0.05$ ) para el área (cm<sup>2</sup>) correspondientes a las combinaciones de cinco concentraciones de triacontanol y dos fechas de aplicación en nochebuena (*Euphorbia pulcherrima* Willd. Ex. Klotzsch).

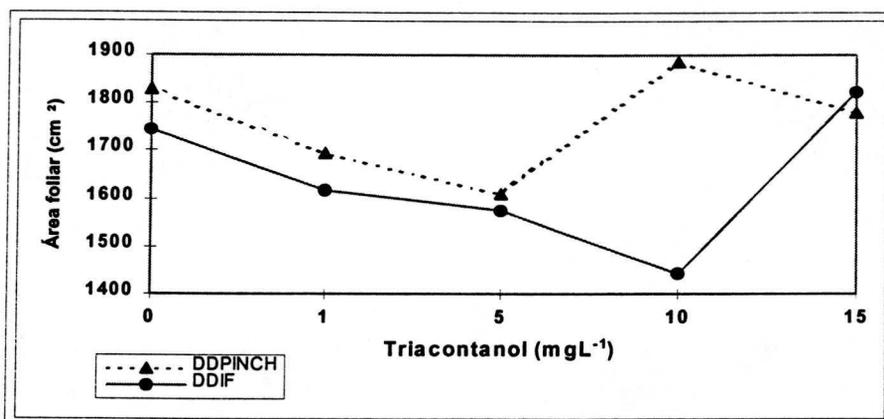
COMBINACIÓN	ABRAC	AFOL	REL ABRAC/AFOL
DDPINCH 15 mgL <sup>-1</sup>	<b>2494.66</b> a	1779.33 a	<b>1.41</b>
DDPINCH 0 mgL <sup>-1</sup>	2452.22 a	1827.33 a	1.35
DDPINCH 10 mgL <sup>-1</sup>	2361.44 abc	<b>1885.77</b> a	1.28
DDPINCH 1 mgL <sup>-1</sup>	2359.55 abc	1693.00 a	1.40
DDIF 15 mgL <sup>-1</sup>	2311.22 abc	1821.33 a	1.29
DDIF 1 mgL <sup>-1</sup>	2271.77 abc	1615.66 a	1.41
DDIF 0 mgL <sup>-1</sup>	2146.22 abcd	1743.55 a	1.23
DDIF 10 mgL <sup>-1</sup>	1862.66 bcd	<b>1443.77</b> a	1.29
DDIF 5 mgL <sup>-1</sup>	1857.11 cd	1574.33 a	1.19
DDPINCH 5 mgL <sup>-1</sup>	<b>1632.11</b> d	1610.33 a	<b>1.02</b>
<b>DMS</b>	<b>579.036</b>	<b>620.059</b>	<b>NS</b>

Nota: Medias con la misma letra no son estadísticamente diferentes con  $\alpha \leq 0.05$ .



**Figura 17.** Efecto de la interacción de las concentraciones de TRIA y las fechas de aplicación sobre el área de brácteas (ABRAC).

Con respecto al efecto de la interacción de las concentraciones de TRIA y las fechas de aplicación, el AFOL tiende a disminuir por la aplicación de TRIA, pero al aplicar 10 mgL<sup>-1</sup> de TRIA después del pinch produce la mayor AFOL (Figura 18).



**Figura 18.** Efecto de la interacción de las concentraciones de TRIA y las fechas de aplicación sobre el área foliar (AFOL).

Con el incremento de nitrógeno en la fertilización el ABRAC y AFOL se disminuye; aunque después vuelve a incrementarse y no se observan diferencias estadísticas con 410 mgL<sup>-1</sup> de nitrógeno, dosis en la que resulta la mayor ABRAC y AFOL (Anexo 11). Pero con altos niveles de nitrógeno en nochebuena, pueden presentarse daños en las brácteas caracterizados por puntos necróticos en los márgenes por su acumulación, principalmente de NH<sub>4</sub> cuando el tejido ya no está en crecimiento (Gaffney *et al.*, 1982).

EL AFOL presenta una correlación positiva significativa con el ABRAC (0.3994), lo cual indica que a mayor AFOL desarrolla más ABRAC. El AFOL y ABRAC están correlacionadas con el NBROTE (0.3352 y 0.2400) y el DICOPA (0.4518 y 0.2376) significativamente; al tener un mayor NBROTE el DICOPA se incrementa al igual que el AFOL y ABRAC. La relación ABRAC/AFOL se correlaciona negativamente con el AFOL (-0.4222), al disminuir el AFOL la relación se incrementa; mientras que se incrementa cuando el ABRAC es mayor con una alta correlación (0.6514) (Anexo 12).

#### **5.1.10. Contenido de clorofila**

Existen diferencias significativas para el contenido de clorofila a (CLA), clorofila b (CLB) y clorofila total (CLTOT) para las fechas de aplicación y concentraciones de TRIA con  $\alpha \leq 0.001$ ; la combinación de estos factores sólo muestra diferencias para el contenido de CLA (Cuadro 17). Por lo que podemos afirmar que las fechas de aplicación y concentraciones de TRIA tiene respuesta diferente en el contenido de clorofila en el tejido.

La aplicación del TRIA durante la inducción floral promueve un mayor contenido de CLA, CLB y CLTOT siendo estadísticamente diferente del obtenido en la aplicación después del pinch (Cuadro 18). Durante el desarrollo floral es menor el crecimiento vegetativo y al estar sintetizándose carotenoides para la pigmentación de las brácteas, la acumulación de clorofila en el tejido es mayor por la aplicación del TRIA.

**Cuadro 17.** Cuadrados medios del contenido de clorofila en follaje en dos fechas de aplicación (FEC) de cinco concentraciones de triacontanol (TRIA) y tres dosis de nitrógeno (N) en nochebuena (*Euphorbia pulcherrima* Willd. Ex. Klotzsch) en Chapingo, México.

F.V	GL	CL A	CL B	CLTOT
FEC	1	0.00000326 ***	0.00000132 ***	0.00000871 ***
TRIA	4	0.00000095 ***	0.00000037 ***	0.00000245 ***
N	2	0.00000020 NS	0.00000009 NS	0.00000056 NS
FEC*TRIA	4	0.00000037 *	0.00000002 NS	0.00000051 NS
FEC*N	2	0.00000016 NS	0.00000012 NS	0.00000055 NS
TRIA*N	8	0.00000015 NS	0.00000007 NS	0.00000041 NS
FEC*TRIA*N	8	0.00000012 NS	0.00000005 NS	0.00000030 NS
R <sup>2</sup>		0.7707	0.7555	0.7622
C.V.		12.301	12.426	12.2267
MEDIA		0.00272	0.00172	0.00444

\*, \*\*, \*\*\* Significativo al nivel 0.05, 0.01 y 0.001 respectivamente. NS No significativo  
C.V.= Coeficiente de Variación (%).

**Cuadro 18.** Comparación de medias (Tukey,  $\alpha \leq 0.05$ ) para el contenido de clorofila ( $\text{mgG}^{-1}$ ) por efecto de la fecha de aplicación de triacontanol en nochebuena (*Euphorbia pulcherrima* Willd. Ex. Klotzsch).

FECHA	CL A	CL B	CLTOT
DDPINCH	0.00249 B	0.00157 B	0.00406 B
DDIF	0.00295 A	0.00187 A	0.00483 A
<b>DMS</b>	<b>0.0002</b>	<b>0.0001</b>	<b>0.0003</b>

Nota: Medias con la misma letra son estadísticamente iguales con  $\alpha \leq 0.05$

Existe una ligera disminución en el contenido de CLA, CLB y CLTOT por la aplicación de TRIA, resultando diferencias estadísticas con  $\alpha \leq 0.05$  (Cuadro 19). El mayor contenido de CLA, CLB y CLTOT se produce en el testigo aunque estadísticamente es igual al obtenido por la aplicación de  $10 \text{ mgL}^{-1}$  de TRIA y el menor contenido de clorofila resulta de aplicar  $15 \text{ mgL}^{-1}$  de TRIA. Estos resultados difieren de lo reportado por Kadam *et al.* (1988), ya que observó un incremento en el contenido de clorofila en espinaca por la

aplicación de TRIA 30 días después de la siembra, atribuyéndolo a una mayor actividad enzimática. Además en el periodo de senescencia de la hoja bandera en cebada, el TRIA detiene la disminución del contenido de clorofila (Nath y Mishra, 1990a); y con el remojo de semillas de chícharo y soya en una solución de 1 a 6 mgL<sup>-1</sup> de TRIA se promueve un mayor contenido de clorofila (Janardhanan, 1992).

**Cuadro 19.** Comparación de medias (Tukey,  $\alpha \leq 0.05$ ) del contenido de clorofila en follaje (mgG<sup>-1</sup>) correspondientes a la aplicación de cinco concentraciones de triacontanol en nochebuena (*Euphorbia pulcherrima* Willd. Ex. Klotzsch).

TRIA	CL A	CL B	CLTOT
0	0.00308 A	0.00199 A	0.00508 A
10	0.00284 AB	0.00177 AB	0.00462 AB
5	0.00273 AB	0.00168 B	0.00441 BC
1	0.00262 BC	0.00163 B	0.00426 BC
15	0.00232 C	0.00153 B	0.00385 C
<b>DMS</b>	<b>0.0004</b>	<b>0.0003</b>	<b>0.0006</b>

Nota: Medias con la misma letra son estadísticamente iguales con  $\alpha \leq 0.05$

Existe una tendencia a incrementarse el contenido de clorofila con el aumento de TRIA y posteriormente disminuye, observándose con la aplicación de 15 mgL<sup>-1</sup> de TRIA el menor contenido de clorofila.

En las combinaciones de las fechas de aplicación y las concentraciones de TRIA, el mayor contenido de CLA, CLB Y CLTOT resulta con 10 mgL<sup>-1</sup> de TRIA aplicado durante la inducción fotoperiódica (Cuadro 20); aunque no existen diferencias significativas de los obtenidos en la demás combinaciones, es seguido por 1 y 15 mgL<sup>-1</sup> de TRIA aplicados en la misma fecha. El menor

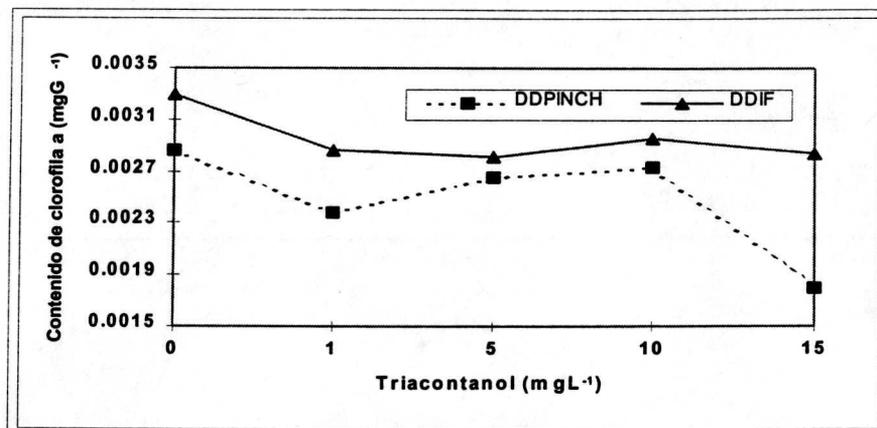
contenido de clorofila se produce por la aplicación de 15 mgL<sup>-1</sup> de TRIA después del pinch. La nochebuena no tiene una respuesta favorable con la aplicación de TRIA sobre el contenido de clorofila, por no mostrar un incremento significativo. Sin embargo el contenido de clorofila en lenteja se incrementa y la relación de clorofila a y b decrece con la aplicación de TRIA, indicando un incremento de la actividad fotosintética (Setia *et al.*, 1995) y en mora (*Morus alba* L.) el contenido de clorofila se incrementa con la aplicación de TRIA (Ali *et al.*, 1994). Se esperaba que con la aplicación del TRIA al incrementarse la actividad enzimática (Houtz, *et al.*, 1982) la fotosíntesis se incremente y con ello el contenido de clorofila en el tejido.

**Cuadro 20.** Comparación de medias (Tukey,  $\alpha \leq 0.05$ ) para el contenido de clorofila en follaje correspondientes a las combinaciones de cinco concentraciones de triacontanol y dos fechas de aplicación en nochebuena (*Euphorbia pulcherrima* Willd. Ex. Klotzsch).

	COMB	CL A	CL B	CLTOT
DDPINCH	0 mgL <sup>-1</sup>	0.002877	0.001914	0.004790
DDPINCH	1 mgL <sup>-1</sup>	0.002380	0.001466	0.003845
DDPINCH	5 mgL <sup>-1</sup>	0.002651	0.001533	0.004184
DDPINCH	10 mgL <sup>-1</sup>	0.002739	0.001647	0.004386
DDPINCH	15 mgL <sup>-1</sup>	0.001802	0.001331	0.003133
DDIF	0 mgL <sup>-1</sup>	0.003290	0.002083	0.005373
DDIF	1 mgL <sup>-1</sup>	0.002875	0.001807	0.004681
DDIF	5 mgL <sup>-1</sup>	0.002816	0.001833	0.004648
DDIF	10 mgL <sup>-1</sup>	0.002955	0.001910	0.004865
DDIF	15 mgL <sup>-1</sup>	0.002843	0.001738	0.004581

El contenido de clorofila a (CLA) por efecto de la interacción de las concentraciones de TRIA con las fechas de aplicación, se reduce por la

aplicación del TRIA y el menor contenido de CLA se produce al aplicar 15 mgL<sup>-1</sup> de TRIA después del pinch (Figura 19).



**Figura 19.** Efecto de la interacción de las concentraciones de TRIA y las fechas de aplicación sobre el contenido de clorofila a (CLA).

Al incrementarse la dosis de nitrógeno en la fertilización el contenido de CLA, CLB y CLTOT disminuye ligeramente, pero no existen diferencias significativas con  $\alpha > 0.05$  (Anexo 11), al igual que en otras variables un incremento de nitrógeno no favorece la respuesta a la aplicación del TRIA.

Existe una alta correlación del contenido de CLA con la CLB (0.9340) y CLTOTAL (0.9903), al incrementarse el contenido de CLA, también se incrementa la CLB y CLTOTAL por la aplicación de TRIA (Cuadro 21).

**Cuadro 21.** Análisis de correlación de Pearson para el contenido de clorofila en dos fechas de aplicación de cinco concentraciones de triacontanol y tres dosis de nitrógeno en nochebuena (*Euphorbia pulcherrima* Willd. Ex. Klotzsch) en Chapingo, México.

	CLB	CLTOTAL
CLA	$\sigma=0.9340$ $\alpha=0.0001$	0.9903 0.0001
CLB	-	0.9745 0.0001

$\sigma$ = Coeficiente de correlación de Pearson

$\alpha$ = Nivel de significancia

## 5.2. FASE II: Efecto en la producción y calidad de esquejes

### 5.2.1 Número de esquejes

El número de esquejes de primera (NEPRI), número de esquejes de segunda (NESEG) y número de esquejes total (NETOTAL) no presentan diferencias estadísticas significativas para las frecuencias de aplicación y concentraciones de TRIA; así como la combinación de estos factores (Cuadro 22). Se observan diferencias significativas para el bloque, debido a que su formación se basó en el número de brotes desarrollados después del primer pinch.

Con la aplicación de  $10 \text{ mgL}^{-1}$  de TRIA se produce el mayor NEPRI, con un incremento de 15.17% de la producción de esquejes de primera, así como un incremento de 7.94% en el NETOTAL con respecto al testigo, disminuyéndose el NESEG en 20.34 %. El menor NESEG se produce al aplicar  $5 \text{ mgL}^{-1}$  de TRIA (Cuadro 23). Esto es favorable para la programación del

enraizamiento; ya que al tener un mayor NEPRI se tiene un mayor número de esquejes para enraizar y posteriormente enraizar los esquejes de segunda cuando alcancen el tamaño adecuado; además de asegurarse un éxito debido a que los esquejes de primera calidad son menos susceptibles a pudriciones durante el enraizamiento por hongos y bacterias (Allen, 1995).

**Cuadro 22.** Cuadrados medios para el número de esquejes en tres frecuencias de aplicación (FREC) de cinco concentraciones de triacontanol (TRIA) en plantas madre de nochebuena (*Euphorbia pulcherrima* Willd. Ex. Klotzsch) en Chapingo, México.

FV	GL	NEPRI	NESEG	NETOTAL
TRIA	4	0.38384	0.54759	47.8974
FREC	3	0.13239	0.30857	11.4118
TRIA*FREC	5	0.00000	0.46922	8.3195
BLO	3	4.01664 ***	1.78836 *	1230.2243 ***
R2	-	0.6941	0.3587	0.8207
C.V.	-	5.8996	24.4953	8.4075
MEDIA	-	6.95	2.99	58.28

\*, \*\*, \*\*\* Significativo al nivel 0.05, 0.01 y 0.001 respectivamente. NS No significativo.  
C.V.= Coeficiente de Variación (%).

**Cuadro 23.** Comparación de medias (Tukey,  $\alpha \leq 0.05$ ) del número de esquejes producidos en plantas madre de nochebuena (*Euphorbia pulcherrima* Willd. Ex. Klotzsch) correspondientes a la aplicación de cinco concentraciones de triacontanol.

TRIA (mgL <sup>-1</sup> )	NEPRI	NESEG	NETOTAL
0 (testigo)	45.00 *	11.50	26.50
1	46.66	8.75	55.41
5	50.83	8.16	59.00
10	51.83	9.16	60.99
15	47.16	10.43	57.59

NOTA: \* Promedio de tres plantas madre.

Con una mayor frecuencia en las aplicaciones de TRIA en las plantas madre de nochebuena se incrementa en un 10.13% el NEPRI con respecto al

testigo (Cuadro 24); además se produce un menor NESEG y el mayor NETOTAL (un 4.63% más que en el testigo). A medida que se incrementa el intervalo entre aplicaciones de TRIA el NEPRI disminuye y el NESEG se incrementa. Con la aplicación de TRIA cada 15 días se produce un NETOTAL similar al del testigo; pero en éste último el NESEG obtenido se incrementa en un 48.19 %. Por lo tanto la aplicación de TRIA con mayor frecuencia promueve una mayor productividad (mayor NETOTAL) de la planta madre; aun cuando se tengan más esquejes de segunda.

**Cuadro 24.** Comparación de medias (Tukey,  $\alpha \leq 0.05$ ) del número de esquejes producidos en plantas madre nochebuena (*Euphorbia pulcherrima* Willd. Ex. Klotzsch) correspondientes a tres frecuencias de aplicación de cinco concentraciones de triacontanol (FREC).

FRECUENCIA	NEPRI	NESEG	NETOTAL
Testigo	45.00 *	11.50	56.50
Cada 8 días	49.56	9.56	59.12
Cada 15 días	49.06	7.76	56.82
Cada 30 días	48.56	10.06	58.62

NOTA: \* Promedio de tres plantas madre.

Con respecto a las combinaciones de las frecuencias de aplicación y las concentraciones de TRIA. La aplicación de  $5 \text{ mgL}^{-1}$  de TRIA cada 8 días produce el mayor NEPRI y un menor NESEG lográndose un incremento del 15% en el NEPRI; aunque al aplicar  $10 \text{ mgL}^{-1}$  de TRIA cada 8 días, se tiene el mismo NEPRI pero un mayor NESEG. El menor NEPRI resulta al aplicar  $1 \text{ mgL}^{-1}$  de TRIA cada 30 días, aún menos que en el testigo. El mayor NESEG se produce por la aplicación de  $15 \text{ mgL}^{-1}$  de TRIA cada 8 días, pero es mayor el

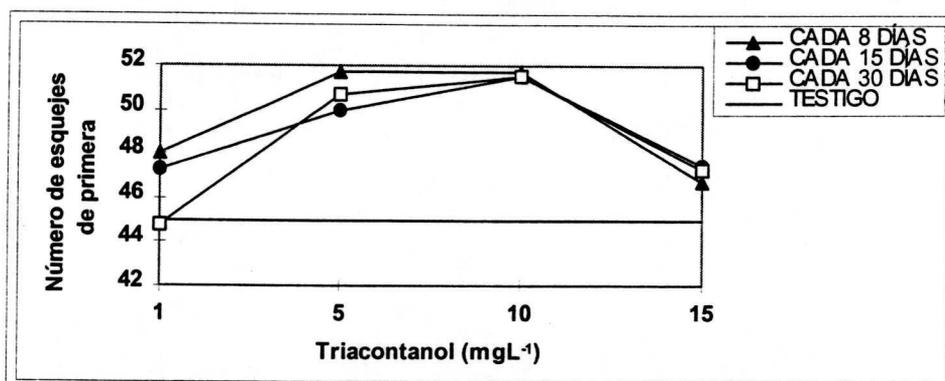
NEPRI comparado con el testigo. El mayor NETOTAL resulta de aplicar 10 mgL<sup>-1</sup> de TRIA cada 8 días, lográndose un incremento de 16.12% con respecto al menor NETOTAL y 11.50% con respecto al testigo (Cuadro 25); esto es importante, ya que lo que buscamos en la planta madre es la producción de esquejes de primera calidad que aseguren un enraizamiento adecuado y aunque se tenga una alto NESEG pueden dejarse desarrollar hasta que alcancen una longitud de 7.5 cm y hacer una cosecha de esquejes periódica.

Con la aplicación de 5 y 10 mgL<sup>-1</sup> de TRIA cada 8 días se produce un mismo NEPRI; pero el NETOTAL es mayor al aplicar 10 mgL<sup>-1</sup> de TRIA, por promover un mayor NESEG (Anexo 13).

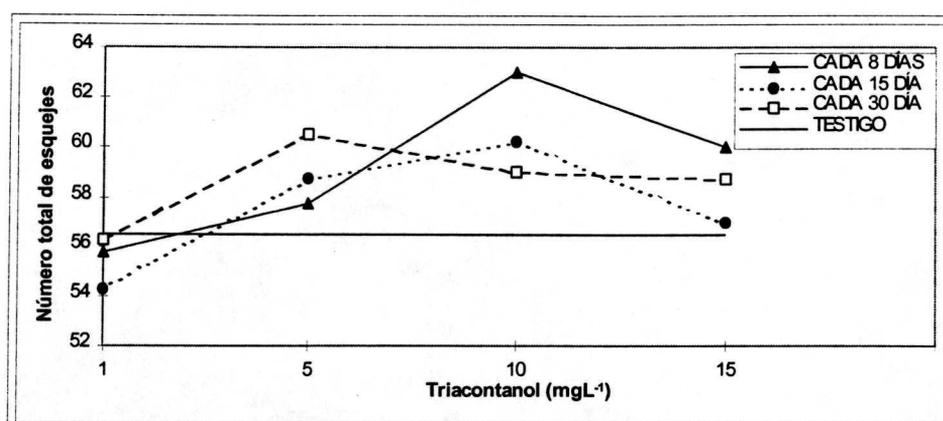
**Cuadro 25.** Comparación de medias (Tukey,  $\alpha \leq 0.05$ ) para el número de esquejes de nochebuena (*Euphorbia pulcherrima* Willd. Ex. Klotzsch) correspondientes a las combinaciones de cinco concentraciones de triacontanol y tres frecuencias de aplicación.

COMBINACIÓN	NEPRI	NESEG	NETOTAL
5 mgL <sup>-1</sup> cada 8 días	<b>51.75</b>	<b>6.00</b>	57.75
10 mgL <sup>-1</sup> cada 8 días	51.75	11.25	<b>63.00</b>
10 mgL <sup>-1</sup> cada 30 días	51.50	7.50	59.00
10 mgL <sup>-1</sup> cada 15 días	51.50	8.75	60.25
5 mgL <sup>-1</sup> cada 30 días	50.75	9.75	60.50
5 mgL <sup>-1</sup> cada 15 días	50.00	8.75	58.75
1 mgL <sup>-1</sup> cada 8 días	48.00	7.75	55.75
15 mgL <sup>-1</sup> cada 15 días	47.50	6.55	57.00
15 mgL <sup>-1</sup> cada 30 días	47.25	11.50	58.75
1 mgL <sup>-1</sup> cada 15 días	47.25	7.00	<b>54.25</b>
15 mgL <sup>-1</sup> cada 8 días	46.75	13.25	60.00
testigo	45.00	11.50	56.50
1 mgL <sup>-1</sup> cada 30 días	<b>44.75</b>	<b>11.50</b>	56.25

Por efecto de la interacción de las concentraciones de TRIA con la frecuencia de aplicación el NEPRI se incrementa con la aplicación de las concentraciones de 5 y 10 mgL<sup>-1</sup> de TRIA con mayor frecuencia (Figura 20). Y el mayor NETOTAL se produce al aplicar 10 mgL<sup>-1</sup> de TRIA cada 8 días (Figura 21).



**Figura 20.** Efecto de la interacción de las concentraciones de TRIA y las frecuencias de aplicación sobre el número de esquejes de primera (NEPRI).



**Figura 21.** Efecto de la interacción de las concentraciones de TRIA y las frecuencias de aplicación sobre el número de esquejes total (NETOTAL).

El NEPRI presenta una correlación negativa no significativa con el NESEG (-0.0203) y positiva con el NETOTAL (0.8757); al incrementarse el NEPRI disminuye el NESEG, pero se incrementa el NETOTAL (Anexo 14).

### 5.2.2. Peso fresco de esquejes

El peso fresco de esquejes de primera (PFEPRI) presenta diferencias estadísticas significativas para las concentraciones de TRIA con  $\alpha \leq 0.05$ ; al igual que el peso fresco total de esquejes (PFTOTAL), pero con  $\alpha \leq 0.01$ . El peso fresco de esquejes de segunda (PFSESEG) no presenta diferencias significativas (Cuadro 26). La aplicación de TRIA en diferentes concentraciones y frecuencias a plantas madre de nochebuena promueve diferente peso fresco en los esquejes producidos.

**Cuadro 26** Cuadrados medios para el peso fresco de esquejes en tres frecuencias de aplicación (FREC) de cinco concentraciones de triacontanol (TRIA) en plantas madre de nochebuena (*Euphorbia pulcherrima* Willd. Ex. Klotzsch) en Chapingo, México.

FV	GL	PFEPRI	PFSESEG	PFTOTAL
TRIA	4	2407.019 *	99.060	2418.833 **
FREC	3	390.338	28.796	354.791
TRIA*FREC	5	564.197	62.288	492.258
BLO	3	4104.230 **	55.923	4845.282 ***
R2		0.5318	0.3289	0.6064
C.V.		11.2827	57.6438	9.475
MEDIA		223.192	12.8076	236.000

\*, \*\*, \*\*\* Significativo al nivel 0.05, 0.01 y 0.001 respectivamente.  
NS No significativo. C.V.= Coeficiente de Variación (%).

Respecto al efecto de las concentraciones de TRIA. Con la aplicación de 10 mgL<sup>-1</sup> de TRIA se produce el mayor NEPRI, por lo que el PFEPRI se incrementa en 15.92% con respecto al testigo; casi el mismo incremento del NEPRI (15.71%). Al aplicar 15 mgL<sup>-1</sup> de TRIA resulta el menor PFESEG (Cuadro 27). En el PFTOTAL existe un incremento del 14.40% con respecto al testigo cuando se aplican 10 mgL<sup>-1</sup> de TRIA; mientras que con la aplicación de 5 y 15 mgL<sup>-1</sup> se logra un incremento promedio del 8.98% sobre el testigo.

**Cuadro 27.** Comparación de medias (Tukey,  $\alpha \leq 0.05$ ) del peso fresco (g) de esquejes producidos en plantas madre nochebuena (*Euphorbia pulcherrima* Willd. Ex. Klotzsch) correspondientes a la aplicación de cinco concentraciones de triacontanol.

TRIA (mgL <sup>-1</sup> )	PFEPRI	PFESEG	PFTOTAL
0 (testigo)	208.75 *	12.75	221.50
1	204.41	11.50	215.91
5	228.33	13.91	242.24
10	242.00	11.41	253.41
15	222.83	17.75	240.58

NOTA: \* Promedio de tres plantas madre.

El mayor PFTOTAL se logra al aplicarse TRIA cada 30 días incrementándose proporcionalmente el PFEPRI y PFESEG sobre el testigo. Con la aplicación cada 8 y 15 días el PFTOTAL es parecido; pero mejor con intervalos de aplicación de 15 días, ya que el PFEPRI es mayor por incrementar el NEPRI y producir menor NESEG; lográndose incrementar un 7% el PFTOTAL con respecto al testigo y además existe una reducción en el PFESEG del 14.28% cuando se aplica el TRIA cada 15 días (Cuadro 28).

**Cuadro 28.** Comparación de medias (Tukey,  $\alpha \leq 0.05$ ) del peso fresco (g) de esquejes producidos en plantas madre de nochebuena (*Euphorbia pulcherrima* Willd. Ex. Klotzsch) correspondientes a tres frecuencias de aplicación de cinco concentraciones de triacontanol (FREC).

FRECUENCIA	PFEPRI	PFESEG	PFTOTAL
Testigo	208.75	12.75	221.50
Cada 8 días	221.06	16.50	237.56
Cada 15 días	226.18	10.93	237.12
Cada 30 días	225.53	13.50	239.43

NOTA: \* Promedio de tres plantas madre.

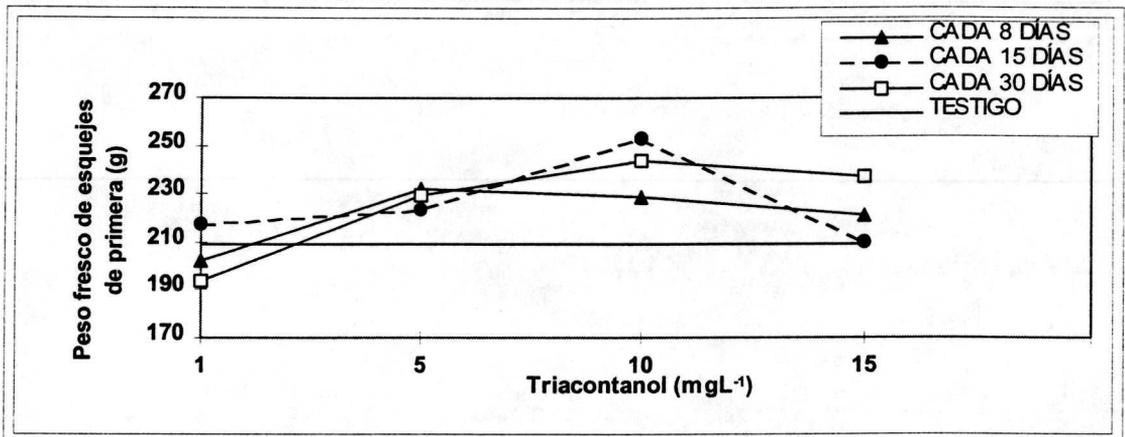
El mayor PFEPRI se produce al aplicar  $10 \text{ mgL}^{-1}$  de TRIA cada 15 días y por lo tanto el mayor PFEPRI y PFTOTAL; con un NESEG menor al testigo. Esto está relacionado con un mayor NEPRI, con este tratamiento se logra incrementar el 14.44% el NEPRI y 16.88% el PFEPRI con respecto al testigo; lo cual indica el desarrollo de esquejes de mayor vigor y peso fresco (Cuadro 29). Este vigor va a favorecer el enraizamiento y resistencia a enfermedades fungosas. El menor PFEPRI y PFTOTAL resulta de aplicar  $1 \text{ mgL}^{-1}$  de TRIA cada 30 días, aún menos que en el testigo, una reducción del 7.30% en PFEPRI, por lo tanto una reducción en el tamaño del esqueje y se incrementa el NESEG.

El PFESEG se incrementa en un 70.58% con respecto al testigo con la aplicación de  $15 \text{ mgL}^{-1}$  de TRIA cada 8 días por promoverse un mayor NESEG; característica desfavorable en la planta madre de nochebuena. Al aplicar  $10 \text{ mgL}^{-1}$  de TRIA cada 30 días se reduce el PFESEG en un 33.33% con respecto al testigo por desarrollarse un menor NESEG.

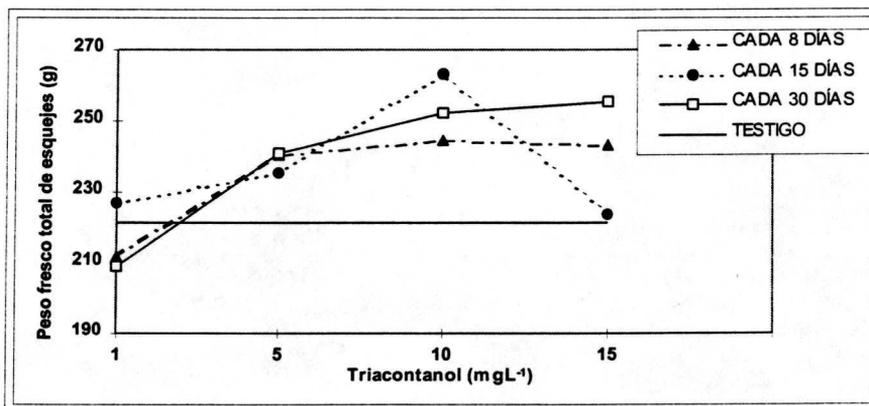
En la interacción de las concentraciones de TRIA con las frecuencias de aplicación el mayor PFEPRI se produce al aplicar 10 mgL<sup>-1</sup> de TRIA cada 15 días aunque es similar el efecto al aplicarse cada 30 días (Figura 22); mientras que el mayor PFTOTAL se observa con la aplicación de 10 mgL<sup>-1</sup> de TRIA cada 15 días (figura 23).

**Cuadro 29.** Comparación de medias (Tukey,  $\alpha \leq 0.05$ ) para el peso fresco (g) de esquejes de nochebuena (*Euphorbia pulcherrima* Willd. Ex. Klotzsch) correspondientes a las combinaciones de cinco concentraciones de triacontanol y tres frecuencias de aplicación.

COMBINACIÓN	PFEPRI	PFESEG	PFTOTAL
5 mgL <sup>-1</sup> cada 8 días	232.00	18.50	240.50
10 mgL <sup>-1</sup> cada 8 días	228.75	16.00	244.75
10 mgL <sup>-1</sup> cada 30 días	244.00	8.50	252.50
10 mgL <sup>-1</sup> cada 15 días	253.25	9.75	263.00
5 mgL <sup>-1</sup> cada 30 días	229.25	11.75	241.00
5 mgL <sup>-1</sup> cada 15 días	223.75	11.50	235.25
1 mgL <sup>-1</sup> cada 8 días	202.25	9.75	212.00
15 mgL <sup>-1</sup> cada 15 días	210.25	13.25	223.50
15 mgL <sup>-1</sup> cada 30 días	237.00	18.25	255.25
1 mgL <sup>-1</sup> cada 15 días	217.50	9.25	226.75
15 mgL <sup>-1</sup> cada 8 días	221.25	21.75	243.00
testigo	208.75	12.75	221.50
1 mgL <sup>-1</sup> cada 30 días	193.50	15.50	209.00



**Figura 22.** Efecto de la interacción de las concentraciones de TRIA y las frecuencias de aplicación sobre el peso fresco de esquejes de primera (PFEPRI).



**Figura 23.** Efecto de la interacción de las concentraciones de TRIA y las frecuencias de aplicación sobre el peso fresco total de esquejes (PFTOTAL).

Al aplicar 15 mgL<sup>-1</sup> de TRIA cada 30 días, se promueve un PFTOTAL de esquejes cercano al máximo PFTOTAL; pero el PFESEG es de casi el doble (Anexo 15).

El PFEPRI presenta una alta correlación con el PFTOTAL (0.9695), pero una correlación negativa no significativa con el PFESEG (-0.2490); al

incrementarse el NEPRI el PFEPRI se incrementa disminuyendo el PFESEG y finalmente se tiene un mayor PFTOTAL (Anexo 14).

### **5.3. FASE III: Efecto en el intercambio de CO<sub>2</sub> y otras variables fisiológicas**

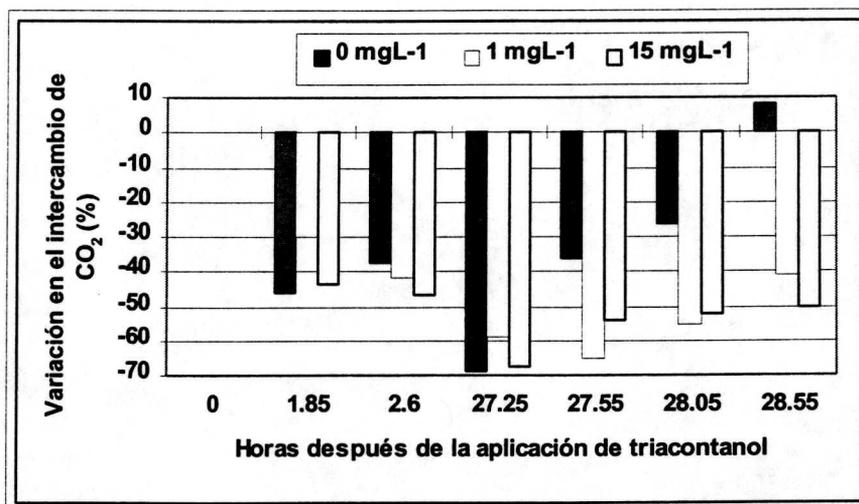
#### **5.3.1. Intercambio de CO<sub>2</sub>**

El intercambio de CO<sub>2</sub> (micromol.m<sup>2</sup>.s<sup>-1</sup>) disminuye inmediatamente después de la aplicación del TRIA, aunque inicialmente las plantas tratadas con TRIA presentaron un mayor intercambio de CO<sub>2</sub> (Cuadro 30), en relación al tratamiento testigo. Sin embargo después de las 27.55 horas de aplicación la reducción del intercambio de CO<sub>2</sub> es mayor en las plantas tratadas con TRIA; para las 28.75 horas después de la aplicación el testigo muestra un incremento de 8.37% en el intercambio de CO<sub>2</sub> sobre el que tenía inicialmente (Figura 24). Esto podría ser importante para el manejo durante la comercialización, ya que la reducción en el intercambio de CO<sub>2</sub> significa que existe una menor tasa de respiración y la planta tendrá más reservas para mantenerse en buenas condiciones. En el cultivo de arroz se reporta que el TRIA incrementa la fotosíntesis y movilización de fotosíntatos (Debata *et al.*, 1981); en el presente experimento las condiciones de luz y temperatura no fueron suficientes para la fotosíntesis, ya que se observó un intercambio de CO<sub>2</sub> negativo, asumiendo que para que se lleve a cabo la fotosíntesis el intercambio de CO<sub>2</sub> tendría que ser positivo. Se ha reportado que la aplicación de TRIA en maíz incrementa la actividad de la fosfoenol piruvato carboxilasa, gluconato 6-fosfato e isocitrato

deshidrogenasas (Ries y Houtz, 1983) y con ello la actividad fotosintética. La respiración radical en plantas de arroz se incrementa por la aplicación de TRIA (Nagoshi y Kawashima, 1995) y en plantas de tomate la fotorrespiración disminuye y aumenta la fotosíntesis dando como resultado un incremento en la acumulación de materia seca del 30% (Eriksen *et al.*, 1982).

**Cuadro 30.** Intercambio de CO<sub>2</sub> (micromol.m<sup>2</sup>.s<sup>-1</sup>) en plantas de nochebuena (*Euphorbia pulcherrima* Willd. Ex. Klotzsch) horas después de la aplicación de triacontanol (TRIA).

HORAS DESPUÉS DE LA APLICACIÓN DE TRIA	CONCENTRACIÓN DE TRIA		
	0 mgL <sup>-1</sup>	1 mgL <sup>-1</sup>	15 mgL <sup>-1</sup>
0	2.03	2.67	2.67
1.85	1.10	1.87	1.50
2.60	1.27	1.55	1.43
27.25	0.63	1.10	0.87
27.55	1.30	0.93	1.23
28.05	1.50	1.20	1.27
28.55	2.20	1.57	1.33



**Figura 24.** Variación en el intercambio de CO<sub>2</sub> en plantas de nochebuena (*Euphorbia pulcherrima* Willd. Ex. Klotzsch) en relación a la respuesta inicial correspondiente al nivel cero.

### 5.3.2. Tasa de transpiración

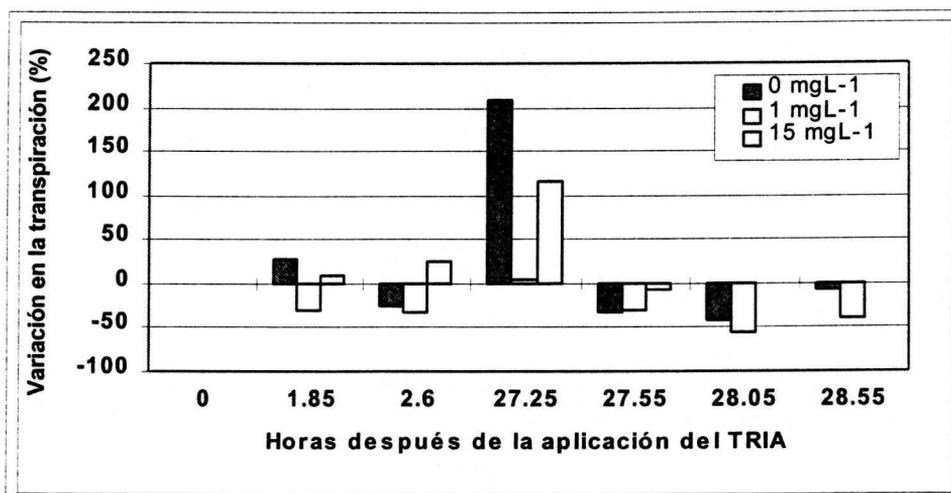
La tasa de transpiración ( $\text{milimolH}_2\text{O.m}^2.\text{s}^{-1}$ ) inicial en las plantas es muy variable, no se observa un efecto marcado al aplicarse TRIA; con las concentraciones 0 y  $1 \text{ mgL}^{-1}$  de TRIA existe una ligera disminución y vuelve a incrementarse para las 27.55 horas después de la aplicación de los tratamientos con 0 y  $15 \text{ mgL}^{-1}$  (Cuadro 31). A las 1.85 horas después de la aplicación del TRIA, el testigo presentaba la mayor tasa de transpiración y con  $1 \text{ mgL}^{-1}$  se obtuvo el mayor porcentaje de reducción en esta respuesta; después de las 27.55 horas la reducción ocurrió en los tres tratamientos, pero después de las 28 horas no se incrementa ni disminuye la transpiración al aplicarse  $15 \text{ mgL}^{-1}$  de TRIA (Figura 25).

**Cuadro 31.** Tasa de transpiración ( $\text{milimolH}_2\text{O.m}^2.\text{s}^{-1}$ ) en plantas de nochebuena (*Euphorbia pulcherrima* Willd. Ex. Klotzsch) horas después de la aplicación de triacotanol (TRIA).

HORAS DESPUÉS DE LA APLICACIÓN DE TRIA	CONCENTRACIÓN DE TRIA		
	$0 \text{ mgL}^{-1}$	$1 \text{ mgL}^{-1}$	$15 \text{ mgL}^{-1}$
0	0.15	0.2	0.12
1.85	0.19	0.14	0.13
2.60	0.11	0.13	0.15
27.25	0.46	0.21	0.26
27.55	0.10	0.14	0.11
28.05	0.08	0.09	0.12
28.55	0.14	0.12	0.12

La transpiración es afectada por la absorción de agua, la cual aumenta considerablemente con la aplicación del TRIA y con ello se presenta una mayor acumulación de materia seca (Ries et al., 1977). La aspersion foliar de TRIA en

*Penisetum polystachyeon* Schult incrementa la transpiración (Muthuchelian *et al.*, 1990); en el presente trabajo los resultados señalan que con excepción de la lectura realizada a las 27.25 horas después de la aplicación, los tratamientos de TRIA reducen la tasa transpiratoria al igual que en el testigo, por lo que se afirma que el TRIA no modifica la transpiración.



**Figura 25.** Variación en la transpiración en plantas de nochebuena (*Euphorbia pulcherrima* Willd. Ex. Klotzsch) en relación a la respuesta inicial correspondiente al nivel cero.

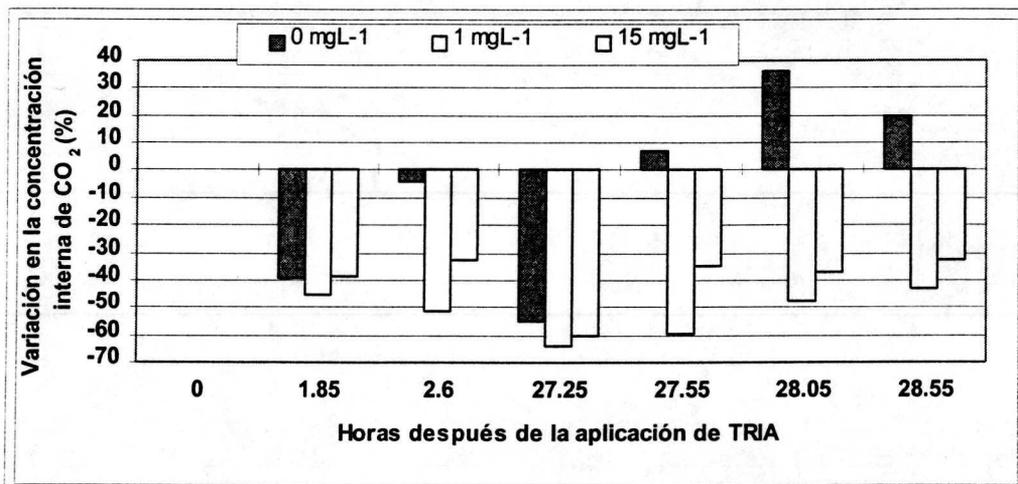
### 5.3.3. Concentración interna de CO<sub>2</sub>

La concentración interna de CO<sub>2</sub> (ppm) tiende a disminuir posteriormente a la aplicación del TRIA aún en el testigo; en este último tiende a incrementarse para las 27.55 horas después de la aspersión (Cuadro 32). Al inicio existe una reducción porcentual en la concentración interna de CO<sub>2</sub> en los tres tratamientos y después de las 28 horas es mayor la reducción con la aplicación de 1 mgL<sup>-1</sup> (47.17 y 43.34%), mientras que el testigo muestra un incremento del

20.08% (Figura 26). Esta disminución de la concentración interna de CO<sub>2</sub> se asocia con la reducción del intercambio de CO<sub>2</sub>, probablemente por reducir la tasa de respiración. Posiblemente el TRIA es un regulador del CO<sub>2</sub> (Ries y Houtz, 1983); por lo cual esa reducción puede deberse a la utilización de CO<sub>2</sub> para el metabolismo de la planta. Los resultados de la reducción de la concentración interna son diferentes a lo que reporta Lesniak *et al.* (1986), ya que estos autores mencionan que el TRIA tiene efectos a nivel membrana, lo que contribuye a la difusión del CO<sub>2</sub>.

**Cuadro 32.** Concentración interna de CO<sub>2</sub> (ppm) en plantas de nochebuena (*Euphorbia pulcherrima* Willd. Ex. Klotzsch) horas después de la aplicación de triacontanol (TRIA).

HORAS DESPUÉS DE LA APLICACIÓN DE TRIA	CONCENTRACIÓN		
	0 mgL <sup>-1</sup>	DE 1 mgL <sup>-1</sup>	TRIA 15 mgL <sup>-1</sup>
0	942.67	1618.67	1288.67
1.85	570.33	886.67	790.00
2.60	902.33	786.50	866.67
27.25	424.30	587.00	507.67
27.55	1011.00	661.00	839.33
28.05	1281.67	855.00	813.67
28.55	1132.00	917.00	866.30



**Figura 26.** Variación en la concentración interna de CO<sub>2</sub> en plantas de nochebuena (*Euphorbia pulcherrima* Willd. Ex. Klotzsch) en relación a la respuesta inicial correspondiente al nivel cero.

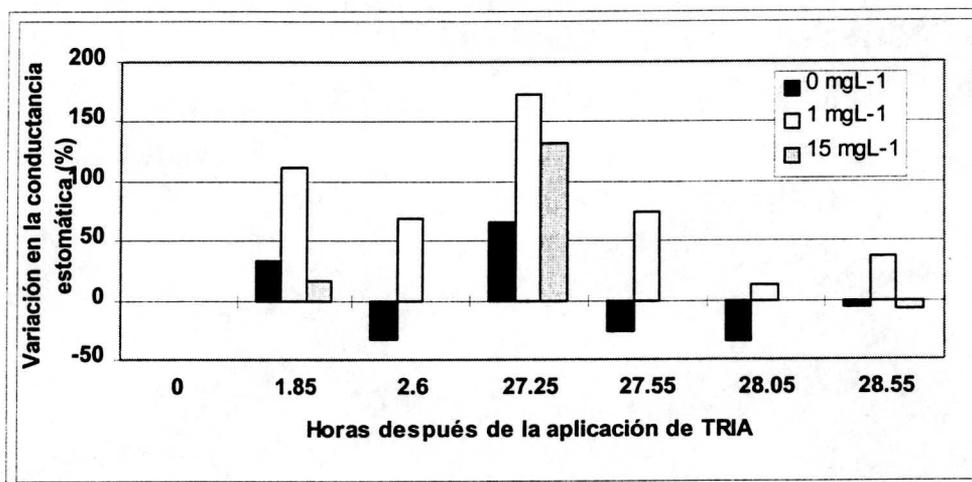
#### 5.3.4. Conductancia estomática

El TRIA incrementa la conductancia estomática ( $\text{milimol.m}^2.\text{s}^{-1}$ ) y posteriormente tiende a disminuirla, pero el incremento es mayor en plantas que no fueron tratadas con TRIA a las 27.25 horas después de la aspersion (Cuadro 33). Después de las 27.25 horas la conductancia estomática es mayor en plantas tratadas con  $1 \text{ mgL}^{-1}$  de TRIA, mientras que en el testigo a las 28.05 después de la aplicación muestra una reducción del 34% (Figura 27). Estos resultados no coinciden a los reportados por Kathieresan y Moorthy (1994) quienes encontraron que la resistencia estomática y los niveles intercelulares de CO<sub>2</sub> se reducen drásticamente con la aplicación de TRIA en *Rhizophya apiculata*, sin embargo este autor señala que existe un incremento de biomasa y rendimiento. La aplicación de TRIA en plantas de arroz incrementa la apertura

estomática como resultado del aumento de la capacidad de absorción de la raíz (Nagoshi y Kawashima, 1995).

**Cuadro 33.** Conductancia estomática (milimol.m<sup>2</sup>.s) en plantas de nochebuena (*Euphorbia pulcherrima* Willd. Ex. Klotzsch) horas después de la aplicación de triacontanol (TRIA).

HORAS DESPUÉS DE LA APLICACIÓN DE TRIA	CONCENTRACIÓN DE TRIA		
	0 mgL <sup>-1</sup>	1 mgL <sup>-1</sup>	15 mgL <sup>-1</sup>
0	5.00	2.67	4.00
1.85	6.67	5.67	4.66
2.60	3.33	4.50	4.00
27.25	8.30	7.30	9.30
27.55	3.67	4.67	4.00
28.05	3.30	3.00	4.00
28.55	4.67	3.67	3.67



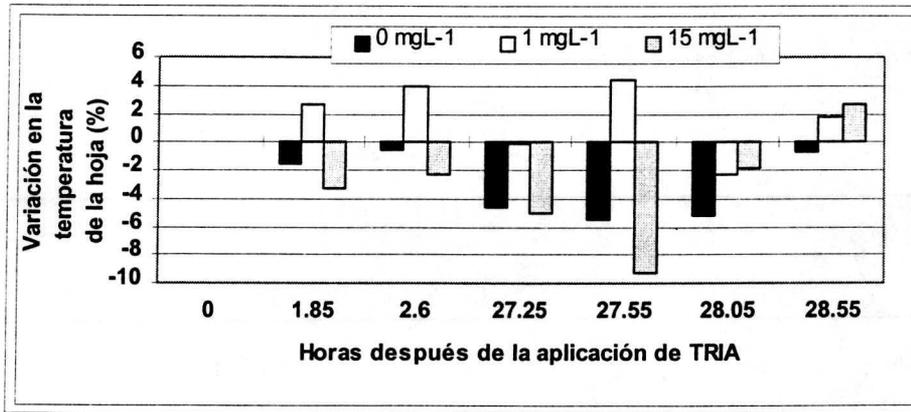
**Figura 27.** Variación en la conductancia estomática en plantas de nochebuena (*Euphorbia pulcherrima* Willd. Ex. Klotzsch) en relación a la respuesta inicial correspondiente al nivel cero.

### 5.3.5. Temperatura de la hoja

La temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ) de la hoja en plantas de nochebuena tratadas con  $1 \text{ mgL}^{-1}$  de TRIA se incrementa ligeramente con respecto al testigo después de la aspersión, mientras que disminuye en los otros tratamientos (Cuadro 34). Para las 28.55 horas después de la aplicación la temperatura de la hoja es mayor en plantas tratadas con TRIA (Figura 28). El efecto del TRIA sobre plántulas de maíz fue más significativo en aquellas que se mantuvieron expuestas a una temperatura del aire de  $35^{\circ}\text{C}$  que las que estuvieron a  $25^{\circ}\text{C}$  (Biernbaum, 1986).

**Cuadro 34.** Temperatura de la hoja ( $^{\circ}\text{C}$ ) en plantas de nochebuena (*Euphorbia pulcherrima* Willd. Ex. Klotzsch) horas después de la aplicación de triacontanol (TRIA).

HORAS DESPUÉS DE LA APLICACIÓN DE TRIA	CONCENTRACIÓN DE TRIA		
	$0 \text{ mgL}^{-1}$	$1 \text{ mgL}^{-1}$	$15 \text{ mgL}^{-1}$
0	24.30	23.77	24.63
1.85	23.93	24.40	23.83
2.60	24.17	24.70	24.07
27.25	23.17	23.73	23.37
27.55	22.97	24.83	22.33
28.05	23.03	23.23	24.17
28.55	24.13	24.20	25.27



**Figura 28.** Variación de la temperatura de la hoja ( $^{\circ}\text{C}$ ) en plantas de nochebuena (*Euphorbia pulcherrima* Willd. Ex. Klotzsch) en relación a la respuesta inicial correspondiente al nivel cero.

## VI CONCLUSIONES

Bajo las condiciones en las que se llevó a cabo el experimento se derivan las siguientes conclusiones:

- ✦ La aplicación del TRIA después del pinch promueve un mayor desarrollo de la planta y con ello un mayor peso fresco de las estructuras de la planta que cuando se aplica durante la inducción floral.
- ✦ El incremento en la fertilización nitrogenada no mejora la respuesta al triacontanol.
- ✦ Por el factor concentración de TRIA en la mayoría de las variables evaluadas el efecto es mejor con  $10 \text{ mgL}^{-1}$  de TRIA, incrementándose en 1.11% y 2.56% el diámetro de flor y número de flores respectivamente.
- ✦ El incremento del diámetro de copa con  $10 \text{ mgL}^{-1}$  de TRIA aplicado después del pinch se debe al efecto del TRIA sobre el follaje, ya que aunque no se logra incrementar el área foliar se tiene un mayor peso fresco del follaje. PFFOL.
- ✦ El mayor peso de brácteas, follaje y tallo se observa en el testigo, pero no se presentan diferencias estadísticas con la aplicación de  $15$  y  $1 \text{ mgL}^{-1}$  de TRIA.
- ✦ En la combinación  $10 \text{ mgL}^{-1}$  de TRIA aplicado después del pinch se tiene un incremento de 2.08% en el peso fresco total y 3.0% en peso seco total con respecto al testigo.

## VI CONCLUSIONES

Bajo las condiciones en las que se llevó a cabo el experimento se derivan las siguientes conclusiones:

- ✦ La aplicación del TRIA después del pinch promueve un mayor desarrollo de la planta y con ello un mayor peso fresco de las estructuras de la planta que cuando se aplica durante la inducción floral.
- ✦ El incremento en la fertilización nitrogenada no mejora la respuesta al triacontanol.
- ✦ Por el factor concentración de TRIA en la mayoría de las variables evaluadas el efecto es mejor con  $10 \text{ mgL}^{-1}$  de TRIA, incrementándose en 1.11% y 2.56% el diámetro de flor y número de flores respectivamente.
- ✦ El incremento del diámetro de copa con  $10 \text{ mgL}^{-1}$  de TRIA aplicado después del pinch se debe al efecto del TRIA sobre el follaje, ya que aunque no se logra incrementar el área foliar se tiene un mayor peso fresco del follaje. PFFOL.
- ✦ El mayor peso de brácteas, follaje y tallo se observa en el testigo, pero no se presentan diferencias estadísticas con la aplicación de  $15$  y  $1 \text{ mgL}^{-1}$  de TRIA.
- ✦ En la combinación  $10 \text{ mgL}^{-1}$  de TRIA aplicado después del pinch se tiene un incremento de 2.08% en el peso fresco total y 3.0% en peso seco total con respecto al testigo.

- ✦ La aplicación de TRIA durante la inducción floral promueve un mayor contenido de clorofila.
- ✦ Con  $10 \text{ mgL}^{-1}$  de TRIA se tiene el mayor número de esquejes de primera calidad y el número total de esquejes, existiendo un incremento de 15.17% y 7.94% respectivamente sobre el testigo, con lo cual se aumenta la productividad de la planta madre de nochebuena.
- ✦ Con una mayor frecuencia de aplicación del TRIA el número de esquejes de primera calidad se incrementa en 10.13%, además de promover un menor número de esquejes de segunda,  $5 \text{ mgL}^{-1}$  cada 8 días presenta la mejor respuesta. Esta concentración también aumenta el peso fresco.
- ✦ El intercambio de  $\text{CO}_2$  disminuye 27.55 horas después de la aplicación de TRIA.
- ✦ La concentración interna de  $\text{CO}_2$  se disminuye por la aplicación de TRIA.
- ✦ Existe un incremento rápido en la conductancia estomática y permanece con la aplicación  $1 \text{ mgL}^{-1}$  de TRIA.

## VII SUGERENCIAS

- ◆ Realizar más aplicaciones para tener una respuesta más marcada en el desarrollo vegetativo y floral.
- ◆ Evaluar los diferentes métodos de solubilización del triacontanol, ya que éste es un factor importante para su respuesta.
- ◆ Considerar varias especies en un mismo experimento para conocer si alguna tiene mayor respuesta que otro al triacontanol.
- ◆ Realizar un estudio de fotosíntesis y transpiración en diferentes condiciones ambientales utilizando los diferentes equipos para tomar las lecturas de estas y otras variables fisiológicas.

## VIII LITERATURA CITADA

- Ahmed, J. 1990. Effects of a growth regulator on rice seedling growth. *International Rice Research Newsletter*. 15: 3, 23.
- Allen, H. P. 1995. Cutting quality is No.1 in propagation. *Growers Talks*. No. 112. West Lafayette, Indiana, U. S. A.
- Allen, H. P. 1995. Poinsettia cuttings. *Growers Talks*. No. 66. West Lafayette, Indiana, U. S. A.
- Ali F., B. K. Chakrabarty and M. Neog. 1994. Chemical composition of mulberry (*Morus alba* L.) leaves as influenced by foliar spray of urea and tricon. *Indian Journal of Sericulture*. 33(2): 149-151.
- Arsana, W. D. 1994. Effect of different concentrations of the plant growth regulator triacontanol on the growth and production of sugarcane. In: *Berita Pusat Penelitian Perkebunan Gula Indonesia*. No. 11: 66-75.
- Association of official Analytical Chemistry (AOAC). 1980. *Official methods of analysis*. 12th. Ed. Washinton, D. C., U.S.A. p. 1018.
- Awang, S. B., J. F. Fontenot and D. W. Newsom. 1983. The effects of triacontanol on the growth and development of Tabasco pepper. *HortScience*. 18: 247-249.
- Bartolini S., R. Viti, C. Vitagliano, S. Lavee and R. Goren. 1993. Effects of different growth regulators on fruit set in olive. *Acta Horticulturae*. 329: 246-248.

- Bhatnagar, G. S., M. K. Porwal and G. C. Nanawati. 1992. Effect of nitrogen and mixtalol on french bean (*Phaseolus vulgaris*) during winter. Indian Journal of Agricultural Science. 62(4): 280-281.
- Bera, B., K. K. Mukherjee and S. N. Ganguly. 1989. Growth regulating compounds in the seeds of diploid cytotype of *Chenopodium album*. Plant Physiology and Biochemistry New delhi. 16(1): 49-51.
- Bhalla, P. R. 1981. Triacontanol as a plant biostimulant. Proc. Annu. Plant Growth regulator Sojc, Aug. 3-6. St. Peterburg Beach, Fla.
- Bhattacharya, A. K., B. R. R. Rao and B. R. Rajeswara. 1996. Effect of triacontanol and mixtalol on rosecented geranium (*Pelargonium* sp.) Journal of Essential Oil Reserach. 8(4): 383-388.
- Biernbaum, J. A. 1986. Enviromental factors altering the response of plants to triacontanol. Dissertation Abstracts International, B-Science and Enginner Ing. 46: 212.
- Bittenbender, H. C., D. R. Dilley, V. Wert and S. K., Ries. 1978. Environmental parameters affecting dark response of rice seedlings (*Oryza sativa* L.) to triacontanol. Plant Physiology. 61: 851-854.
- Boodley, J. W. 1969. Nutrient content of 'Paul Mikkelsen' poinsettia from juvenile to mature growth. Flor. Rev. 155(4021): 16-17, 69-73.
- Bosland, J. M., D. L. Hughes and M. Yamaguchi. 1979. Effects of glyphosine and triacontanol on growth, yield and soluble solids content of 'PMR-45' muskmelons. HortScience. 14: 729-730.

- Bouwkamp J. C. and R. N. Mc Ardle. 1980. Effects of triacontanol on sweet potatoes. *HortScience*. 15: 69.
- Carmichael Jr, J. L. 1990. Manual de nochebuena. Cuarta Edición. Viveros Plantec, S. A. Morelos, México.
- Castro, P. R. C., M. B. Golcalves, M. J. Silva and S. A. Ribeiro. 1983. Action of plant stimulants on growth sunflowers (*Helianthus annus* L.) In: Anais da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. 40: 1319-1332.
- Chandel, J. S. and K. K. Jindal. 1991. Effect of triacontanol (TRIA) and paclobutrazol (PP333) on fruit set, yield and quality of japanese plum (*Prunus salicina* Lindl). *Horticultural Journal*. 4(1): 21-25.
- Cox, D. A. and J. G. Seeley. 1983. The effect of nitrogen and potasium fertilization and sample date on the macronutrient composition of poinsettia leaves. *HortScience*. 18(5): 751-752.
- Crizaldo, E. N., M. Q. Amatorio and A. A. Lausigan. 1979. Effects of triacontanol on seedlings of Mucuna sau (*Albizia falcataria* L. Back) In: Sylvantrop Phillip For. Res. J. 4: 261-267.
- Cuautle, S. P. 1996. Influencia del triacontanol sobre el desarrollo y crecimiento vegetativo en el cultivo de nochebuena (*Euphorbia pulcherrima* Willd) cv. Subjibi. Tesis profesional. Departamento de Fitotecnia. UACH. Chapingo, México.
- Dai, Q. and Z. H. Sun. 1995. Suppressive effects on n-triacontanol on symptoms of mulberry dwarf disease and on the causal phytoplasma. *Plant Pathology*. 44(6): 979-981.

- Datta, J. K. 1996. Influence of growth regulators, algal biofertilizer and sludge on physiological parameters of rice. *Annals of plant Physiology*. 10(1): 87-89.
- Debata, A. and K. S. Murthy. 1981. Effect of growth regulators on photosynthetic efficiency, translocation and senescence rice. *Indian Journal Expt. Biol.* 19: 986-987.
- DeWitt, D. L., C. C. Sweeley, J. F. Jones and S. K. Ries. 1979. Analysis of  $^2\text{H}$  incorporation into plants metabolites in control and I-triacontanol-treated rice seedlings. *Proc. Third Int. Conf. on Stable Isotopes*. Argonne Nat Lab. Chicago. p 253-265.
- Ecke, P. J., O. A. Hatkin and D. Hartley 1990. *The poinsettia manual*. Third edition. Paul Ecke ponsettias. Encinitas, Cal. U. S. A.
- Eriksen A. B., M. K. Haugstad and S. Nilsen. 1982. Yield of tomato and maize in response to foliar and root applications of triacontanol. *Plant Growth Regulation*. 1:11-14.
- Freeman, B., L. C. Albrigo and R. H. Biggs. 1979. Cuticular waxes of developing leaves and fruit of Blueberry, *Vaccinium ashei* Reade cv. Bluegem. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 104: 398-403.
- Flores, De J. R. 1996. Efecto del triacontanol sobre el cultivo del crisantemo (*Dendranthema grandiflora* Tzvelev.) cv. Hartmann 's dignity. Tesis profesional. Departamento de Fitotecnia. UACH. Chapingo, México.

- Gaffney, J. M., R. S. Lindstrom, A. R. McDaniel and A. J. Lewis. 1982. Effect of ammonium and nitrate nitrogen on growth of poinsettia. *HortScience*. 17(4): 603-604.
- Grewal, M., N. Arora and P. Singh. 1993. Effect of foliar sprays with two growth regulators on nodule metabolism of gram. *Crop Improvement* 20(1): 98-100.
- Gupta, R. K., S. Jagdev, D. D. Santani and J. Singh. 1995. Non alkaloidal constituents of some *Astragalus* species. *Fitoterapia*. 66(4): 376.
- Hangarter, R., S. K., Ries and P. Carlson. 1978. Effect of triacontanol on plant cell cultures *in vitro*. *Plant Physiology*. 61:855-857.
- Hartley, D. E., A. N. Terril and J. Barrett. 1993. Schedule Freedom. Growing & Marketing. In Julie A. Martens & Kathleen Pyle. Edited by Published by Ball Publishing Batavia, IL U.S.A.
- Henry E. W. and D. J. Primo. 1979. The effects of triacontanol on seedling growth and polyphenol oxidase activity in dark and light growth lettuce. *Journal Plant Nutrition*. 14:397-405.
- Hoagland, R. E. 1980. Effects of triacontanol on seed germination and early growth. *Botanical Gazette*. 141:53-55.
- Houtz, R. L. and S. K. Ries. 1983. Triacontanol Leaves in ascending sugar maple sap. *HortScience* 18: 101-102.
- Jadhav, A. S., A. A. Shaikh, A. B. Shinde and G. Harinarayana. 1990. Effects of growth hormones, biofertilizer and micronutrients on the yield of pearl millet. *Journal of Maharashtra Agricultural Universities*. 15(2):159-161.

- Jain, N. K., N. R. Jamley, U. R. Khandkar, M. C. Chourasia and G. P. Verma. 1988. Effect of Nutron (triacontanol) on wheat production. *Advancement of Crops and Monitoring of Enviroment. Progress in Ecology. Vol. 10: 81-85.*
- Janardhanan, K. 1992. Triacontanol promoted seed germination, seedling growth and cloroplast pigments content in leguminous crops. *Advances in plant Science. 5: 290-295.*
- Jones, J.; V. F. Wert and S. K. Ries. 1979. Specificty of I-triacontanol as a plant stimulator and inhibition of its effect by other long-chain compounds. *Planta. 144: 277-292.*
- Kadam N. D., G. D. Patil, B. A. Chougule and S. S. Kadam. 1988. Effects of foliar application of Vipul on chlorophyll, active iron, catalase, peroxidase and polyphenol oxidase activities in spinach. *Indian Journal of Plant Physiology. 31(4): 434-436.*
- Kathiresan, K. And P. Moorthy. 1994. Photosynthetic responses of *Rhizophora apiculata* Blume seedlings to a long-chain aliphatic alcohol. *Aquatic Botany. 47(2): 191-192.*
- Kelaiya, V. V., M. G. Jethwa, J. C. Patel and S. G. Sadaria. 1991. Effetc of growth regulators and their spraying schedules on groundnut. *Indian Journal of Agronomy. 36(1): 111-113.*
- Knowles N. R. and S. K. Ries. 1981. Rapid growth and apparent total nitrogen increases in rice and corn plants following applications of triacontanol. *Plant Physiology. 68:1279-1284.*

- Kolker, L. S. 1978. Analytical procedures for I-triacontanol and its presence in plants and environment. MS Thesis. Michigan State Univ. East Lansing.
- Kothale, S. M., P. Y. Sontaker, R. D. Deotale and N. V. Sorte. 1993. Physiological studies on groundnut as influenced by Mixtalol. *Journal of Soils and Crops*. 3(1): 30-32.
- Kramer, P. J. and T. T. Kozlowski. 1979. *Physiology of woody plants*. Academic Press, New York. p. 455-457.
- Laughlin, R. G., R. L. Munyon, S. K. Ries and V. F. Wert. 1983. Growth enhancement of plants by femtomole doses of colloiddally dispersed triacontanol. *Science*. 219: 1219-1221.
- Lee, K. R., K. S. Kim, S. M. Roh and K. D. Jin. 1979. Investigation of triacontanol content in Korean legume. Yeungnam Univ. Gyungnam, Korean. Thesis Colletion 13: 255-263.
- Lesniak, A. P., A Haug and S. K., Ries. 1986. Estimulation of ATPase activity in barley (*Hordeum vulgares*) root plasma membrane after treatment of intact tissue and cell free extracts with triacontanol. *Physiology Plantarum*. 68(1): 20-26.
- Lewak, S. and E. Skowronska, 1981. Interaction of triacontanol with gibberellin in control of lettuce seed germination. Institute of Botany, Warsaw Poland.
- Lim, U. K. 1981. The effect of triacontanol treatment on the germination, growth and yield of pepper (*Capsicumannuum* L.) and tomato (*Lycopersicon esculentum* L.). *Kor. Journal of Botany*. 4: 138-154.

- Mamat, A. S. B., J. F., Fontenot and D. W., Newson. 1983. The effects of triacontanol on the growth and development of Tabasco pepper. HortScience. 18(2): 247-249.
- Mandal, B. K., K. Ram; R. Kumar. 1989. Effect of photosynthesis improving chemicals on vegetative growth, flowering, fruiting and yield of guava. Indian Journal Horticulture. 46(4): 449-452.
- Mandava N. B. 1979. Natural products in plant growth regulation. p. 137-213. In N. B. Mandava (ed). Plant Growth Sustances. ACS Symp. Series III. Amer. Chem. Soc., Washington, D. C.
- Mangal, P., P. Rajendra, Prasad M. and Prasad R. 1994. Effect of some plant growth regulators in cotton. Indian Journal of Plant Physiology. 37(2): 109-110.
- Marimuthu S., R. R. Kumar and L. Manivel. 1994. Factors affecting partitioning of assimilates in tea. Journal of Nuclear Agriculture and Biology. 23(4): 219-223.
- Martínez, M. F. 1995. Manual práctico de producción de nochebuena. Consultoria Oasis. Juitepec, Morelos, México. 87 p.
- Martínez, S. M. 1996. Evaluación de mezclas de sustratos y sus componentes en flor de nochebuena (*Euphorbia pulcherrima* Willd) cv. Freedom. Tesis profesional. Departamento de Fitotecnia. UACH. Chapingo, México.
- Maugh, T. H. 1981. Synthetic analogs of brassinolide prove very effective, while the mystery of triacontalol's inconsistency may finally have been solved. Science. 212: 33-34.

- Mehta, K., H. S. Rana and R. P. Awasthi. 1990. Effect of triacontanol and paclobutrazol on quality of apricot cv. New Castle (*Prunus armeniaca*). *Advances in Plant Science*. 3(2): 219-223.
- Miniraj, N. and K. G. Shanmugavelu. 1987. Studies on the effect of triacontanol of growth, flowering, yield, quality and nutrient uptake in chilies (*Capsicum annum* L.). *South Indian Horticulture*. 35(5): 363-366.
- Muthuchelian K., K. Paliwal, A. Gnanam and R. K. Mitchel. 1990. The effect of three long-chain aliphatic alcohols on photosynthesis and growth of *Pennisetum polystachyeum* Schult. *Photosynthetica*. 24(2):257-260.
- Muthuchelian, K.; C. Murugan; R. Harigiviandan; N. Nedunchezian and G. Kulandaivelu. 1995. Effect of triacontanol in flooded *Erythrina variegata* seedlings. 1. Changes in growth, photosynthetic pigments and biomass productivity. *Photosynthetica*. 31(2): 269-275.
- Muthuchelian, K., C. Murugan, R. Harigovindan; N. Nedunchezian and G. Kulandaivelu. 1996. Ameliorating effect of triacontanol on salt stressed *Erythrina variegata* seedlings. Changes in growth, biomass, pigments and solute accumulation. *Biologia plantarum*. 38(1): 133-136.
- Nagoshi, T. and S. Kawashima. 1995. Effect of foliar application of triacontanol on growth and yield of rice plants. III. Its relevance to the development of roots. *Japanese Journal of Crop Science*. 64(3):537-544.
- Nagalakshmi, U. and M. Kulasekaran. 1989. Effect of triacontanol in increasing vigour and yield of Poovan banana. *South Indian Horticulture*. 37(4):242-243.

- Nair, M. G., M. D. Epp and B. A. Burke. 1988. Ferulate esters of higher fatty alcohols and allelopathy in *Kalanchoe daigremontiana*. *Journal of Chemical Ecology*. 14(2): 589-603.
- Narayan M. S., B. Bhattacharya, N. Dhanaraj and R. Seshadri. 1988. Free and bound triacontanol in tea leaves. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 43(3): 229-233.
- Nath N. and S. D. Mishra. 1990a. Changes in RuBPCase activity of developing and senescing barley leaves and its alteration by plant growth regulators. *Indian Journal of Experimental Biology*. 28(7): 665-670.
- Nath N. and S. D. Mishra. 1990b. Stimulation of ribulose-1,5-bisphosphate carboxylase activity in barley flag leaf by plant growth regulators. *Photosynthetica*. 24(2): 266-269.
- Nath S. and P. K. Das. 1995. Mass production of *Dendrocalamus membranaceus* planting stock through culm cuttings at seedling stage. *Indian Forester*. 121(8):743-748.
- Nogueira, M. A., Oliveira, J. S. de; Ferraz S. 1996. Nematicidal hydrocarbons from *Mucuna aterrima*. *Phytochemistry*. 42(4): 997-998.
- Patel, J. K. 1993. Response of rainfed upland cotton (*Gossypium hirsutum*) to triacontanol and naphthalene acetic acid sprays. *Indian Journal of Agronomy*. 38(1): 97-101.

- Pothiraj, P., N. T. Jaganathan, R. Venkitaswamy, Premsekhar M. and Purushothaman S. 1995. Effect of growth regulators in cotton MCU 9. Madras Agricultural Journal. 82(4): 283-284.
- Puste A. M. and A. L. Kundu. 1995. Effect of Photosynth, growth regulator and irrigation frequency on potato yield. Journal of the Indian Potato Association. 22(3-4): 136-139.
- Rajamani, K., S. Sundararajan and D. Veeraragavathatham. 1990. Effect of triacontanol, 2, 4-D and boron on yield of certain chilli (*Capsicum annum* L.) culture. South Indian Horticulture. 38(5): 253-257.
- Rakesh, K., D. K. Maheshwari and R. Kumar. 1995. Growth and yield response of *Triticum aestivum* L. cv. HD1553, to triacontanol application. Agricultural Science Digest Karnal. 15(3): 163-166.
- Rao, J. M., C. P. Natarajan and R., Seshadri. 1987. A study on the occurrence of n-triacontanol, a plant growth regulator in Tea. Journal Science Food Agriculture. 39(2): 95-99
- Ries, S. K.; V. F. Wert; C. C. Sweeley and R. A. Leavitt. 1977. Growth response of rice seedlings to triacontanol in liht and dark. Planta. 135: 77-82.
- Ries, S. K.; V. F. Wert, C. C. Sweeley and R. A. Leavitt. 1977. Triacontanol: a new naturally occurring plant growth regulator. Science 195: 1339-1341.
- Ries S. K. and R. Houtz. 1983. Triacontanol as a plant growth regulator. Hortscience. 18(5): 654-662.

- Ries, S. K.; T. L. Richman and V. F. Wert. 1978. Growth and yield of crops treated with triacontanol. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 103: 361-364.
- Ries, S. K. and V. F. Wert. 1982. Rapid *in vivo* and *in vitro* effects of triacontanol. *J. Plant Growth Regulation* 1: 117-127.
- Ries, S. K., V. Wert, J. A. Biernbaum, T. Gibson and W. J. Bradley. 1983. Factors altering response of plants to triacontanol. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 109: 145-150.
- Ries, S. K. and V. F. Wert, N. F. D. O' Leary and M. Nair. 1990. 9-BETA-L(+) Adenosine: a new naturally occurring plant growth substance elicited by triacontanol in rice. *Plant Growth Regulation* 9(3): 263-273.
- Ries, S., C. M. Karssen, L. C. Van Loon and D. Vreugdenhil. 1992. Triacontanol and its second messenger 9-beta-L(+) adenosine. *Progress in Plant Growth Regulation. Proceedings of the 14<sup>th</sup> International Conference on Plant Growth Substances, Amsterdam. Current Plant Science and Biotechnology in Agriculture. Volume 13.*
- Ries, S. K., V. F. Wert, S. Savithiry and I. Widders. 1993. Rapid induction of ion pulses in tomato, cucumber and maize plants following a foliar application of L(+) adenosin. *Plant Physiology.* 110(1): 49-55.
- Rose, M. A. and J. W. White. 1994. Nitrogen rate and timing of nitrogen application in poinsettia (*Euphorbia pulcherrima* Willd. Ex. Klotz.). *HortScience.* 29(11): 1309-1313.

- Saldaña, S. E. 1992. El cultivo de la nochebuena (*Euphorbia pulcherrima* W.) en la zona de Xochimilco, D. F. Tesis profesional. Departamento de Fitotecnia. UACH. Chapingo, México.
- Saltveit, M. E. Jr and D. R. Dilley. 1979. Studies of rapidly induce wound ethylene synthesis by excised sections of etiolated *Pisum sativum* L. cv. Alaska. *Plant Physiol.* 64:417-420.
- Samantashinhar, B. and G. Sahu. 1990. Effect of foliar application of growth regulators on grain filling and grain density in rice (*Oryza sativa*). *Indian Journal of Agricultural Sciences.* 60(3): 217-219.
- Sandhu, S. S. and S. Subhadrabandhu. 1992. Effect of preharvest sprays of giberellic acid, Vipul, Calcium choride and Bavistin on the tree storage of kinnow fruits. International symposium on tropical fruit. *Acta Horticulturae.* 321: 366-371.
- Setia, N. Sangeeta and R. C. Setia. 1995. Effect of triacontanol on Lentil yield and yield components. *LENS Newsletter.* 22(1/2)24-27.
- Shashirekha, M. N. and P. Narasimham. 1990. Effect of triacontanol on sprout growth in potatoes (*Solanum tuberosum*). *Journal of the Science of Food and Agriculture.* 50(1): 1-7.
- Shripathi, V. and G. S. Swamy. 1994. Effect of triacontanol on the lipid composition of cotton (*Gossypium hirsutum* L.) leaves and its interaction with indole-3-acetic acid and benzyladenine. *Plant Growth Regulation* 14(1): 45-50.

- Singh, D., G. L. Jain and M. L. Gupta. 1991. Effect of triaccontanol based growth substances on production of rabi maize. *Indian Journal of Agronomy*. 36: 267-270.
- Singh, V. P. N. and S. K. Uttam. 1994. Studies on the method of sowing and integrated nutrient management in wheat. *Advances in Agricultural Research in India*. 1: 78-85.
- Skogen, D., A. B. Eriksen y S. Nilsen. 1982. Effect of triaccontanol on production and quality of flowers of *Chrysanthemum morifolium* Ramat. *Scientia Horticulturae*. 18(82/83): 87-92.
- Somen, C. K. And K. K. Seethalakshmi. 1991. Growth response of seedlings of *Acacia*, *Ailanthus* and *Casuarina* to triaccontanol (Vipul). *Indian Journal of Forestry*. 14(1): 46-50.
- Srivastava, N. K. And S. Sharma. 1991. Effect of triaccontanol on photosynthetic characteristics and essential oil accumulation in japanese mint (*Mentha arvensis* L.). *Photosynthetica*. 25(1): 55-60.
- Srivastava, H. C., M. J. Mulky and V. S. Sharma. 1993. Improving tea productivity through application of photosynthetic improvers. *Tea Culture Processing and Marketing Coonoor, India*. Mar. 1992. pp 70-79.
- Srivastava, R. P. and G. P. Singh. 1995. Effect of Paras Photosynth (Mixtalol) granule on yield and juice quality of sugarcane. *Indian Sugar*. 45(8): 623-625.
- Sukari, M. A., M. Rahmani, G. B. Lee and S. Takahashi. 1995. Constituents of stem barks of *Ocimum sanctum*. *Fitoterapia*. 66(6): 552-553.

- Stoutemyer, V. 1982. Triacontanol and orchid culture. *The Orchi Advocate* 8: 44-46.
- Sud, G. and C. Parmar. 1990. Effect of triacontanol on the fruit size and quality of apricot. *Indian Journal of Horticulture*. 47(2): 177-179.
- Sumiati, E. and Suwandi. 1987. Effect of Dharmasri 5 EC (triacontanol) concentration on total yield of pepper cv. Barito. *Buletin Penelitian Hortikultura*. 15(2): 337-345.
- Thakur, A. S., K. K. Jindal and A. Sud. 1991. Effect of growth substances on vegetative growth, yield and quality parameters in strawberry. *Indian Journal Horticulture*. 48:286-290
- Thakur, P. S., A. Thakur and A. Thakur. 1992. Effect of two bioregulators on growth potential and stomatal characteristics in *Acacia catechu* during early growth phase. *Indian Forester*. 118(11): 807-812.
- Tripathy, S. K., A. K. Patra, R. C. Samui, P. K. Panda and M. K. Nanda. 1996. Effect of growth hormones on productivity and economics of summer sesamum. *Environment and Ecology*. 14(1): 11-13.
- Tomar, V. P. S, G. D. Singh and G. L. Keshwa. 1991. Effect of plant growth chemicals on morpho-physiological characters of late sown wheat. *Indian Journal of Agronomy*. 36(1): 7-11.
- Uchiyama, T. and N. Ogasawara. 1981. Constituents of plant leaf wax contained in rice callus tissues. *Agr. Biol. Chem*. 45: 1261-1263.

- Vidalie, H. 1983. Producción de flores y plantas ornamentales. Ed. Mundiprensa. Madrid, España. pp 236-244.
- Vadiraj, B. A., Rao K. V. R. and R. Naidu. 1992. Effect of biostimulants on the growth and biomass of secondary nursery seedlings of cardamom. *Journal of Spices and Aromatic Crops*. 1(1): 75-80.
- Witham, F. H., D. F. Blaydes and R. M. Devlin. 1971. Experiments in plant physiology. Van Nostrand Reinhold Company. N. Y. pp. 16-18 y 55-58.
- Zheng, G., X. Zheng, X. Jiao, H. Timm and L. Rappaport. 1986. The effect of triacontanol on the growth and yield some crops. *Acta Horticulturae Sinica*. 13: 197-202.
- Zhou, W. J., H. F. Xi, Q. F. Ye and H. C. Shen. 1995. Studies on the physiological regulation of rape senescence by Mixtalol and its yield effect. *Scientia Agricultura Sinica*. 28(-3): 8-13.

## IX ANEXOS

**Anexo 1 . Prueba de comparacion de medias de Tukey para las variables evaluadas en la aplicación de triacantanol en nochebuena (*Euphorbia pulcherrima* Willd. Ex. Klotzsch) en análisis como tratamientos.**

TRAT	SIMBOLO	DIFLOR	NFLOR	APLANT	DICOPA	DIBROTE	NBROTE
1	0 mg l <sup>-1</sup> + 350 N Pinch	27.70 ABCDE	<b>5.41 A</b>	29.74 ABC	36.35 ABCDE	6.54 ABC	5.75 AB
2	0 mg l <sup>-1</sup> + 380 N Pinch	27.80 ABCDE	5.04 A	29.77 ABC	37.20 ABC	6.61 ABC	5.50 AB
3	0 mg l <sup>-1</sup> + 410 N Pinch	27.63 ABCDE	5.00 A	27.91 ABCDEFG	36.76 ABCD	6.39 ABCDE	5.35 AB
4	1 mg l <sup>-1</sup> + 350 N Pinch	27.72 ABCDE	5.41 A	27.33 ABCDEFG	36.52 ABCD	6.51 ABC	5.60 AB
5	1 mg l <sup>-1</sup> + 380 N Pinch	28.03 ABCD	5.25 A	27.70 ABCDEFG	35.45 ABCDEF	6.33 ABCDE	5.50 AB
6	1 mg l <sup>-1</sup> + 410 N Pinch	28.00 ABCDE	4.75 A	28.10 ABCDEFG	35.05 BCDEF	6.57 ABC	5.22 AB
7	5 mg l <sup>-1</sup> + 350 N Pinch	25.63 CDEF	4.83 A	27.25 ABCDEFG	34.08 CDEF	6.17 ABCDE	5.77 AB
8	5 mg l <sup>-1</sup> + 380 N Pinch	25.67 CDEF	4.75 A	27.16 ABCDEFG	34.21 CDEF	6.11 ABCDE	5.75 AB
9	5 mg l <sup>-1</sup> + 410 N Pinch	25.87 BCDEF	4.41 A	27.06 ABCDEFG	31.50 F	6.24 ABCDE	5.55 AB
10	10 mg l <sup>-1</sup> + 350 N Pinch	27.84 ABCDE	5.33 A	28.16 ABCDEFG	<b>40.35 A</b>	<b>6.72 A</b>	5.67 AB
11	10 mg l <sup>-1</sup> + 380 N Pinch	27.72 ABCDE	5.25 A	28.68 ABCDEF	39.29 AB	6.45 ABCD	5.77 AB
12	10 mg l <sup>-1</sup> + 410 N Pinch	<b>28.40 A</b>	5.00 A	29.21 ABCD	36.37 ABCDE	6.62 AB	5.32 AB
13	15 mg l <sup>-1</sup> + 350 N Pinch	27.03 ABCDE	5.33 A	27.04 CDEFG	35.97 ABCDEF	6.49 ABCD	<b>6.17 A</b>
14	15 mg l <sup>-1</sup> + 380 N Pinch	26.60 ABCDE	4.70 A	25.75 FG	35.55 ABCDEF	6.17 ABCDE	5.67 AB
15	15 mg l <sup>-1</sup> + 410 N Pinch	27.16 ABCDE	5.00 A	26.12 DEFG	33.04 CDEF	6.32 ABCDE	5.75 AB
16	0 mg l <sup>-1</sup> + 350 N Dif	27.56 ABCDE	4.83 A	28.96 ABCDE	34.92 BCDEF	6.47 ABCD	5.35 AB
17	0 mg l <sup>-1</sup> + 380 N Dif	27.48 ABCDE	4.45 A	28.54 ABCDEF	34.15 CDEF	6.32 ABCDE	5.30 AB
18	0 mg l <sup>-1</sup> + 410 N Dif	26.88 ABCDE	4.91 A	28.95 ABCDE	34.29 CDEF	6.46 ABCD	5.42 AB
19	1 mg l <sup>-1</sup> + 350 N Dif	27.59 ABCDE	4.67 A	<b>30.45 A</b>	34.87 BCDEF	6.34 ABCDE	5.67 AB
20	1 mg l <sup>-1</sup> + 380 N Dif	28.43 A	<b>4.33 A</b>	29.91 ABC	34.02 CDEF	6.47 ABCD	5.50 AB
21	1 mg l <sup>-1</sup> + 410 N Dif	27.16 ABCDE	4.46 A	27.95 ABCDEFG	<b>31.11 F</b>	5.95 CDE	5.42 AB
22	5 mg l <sup>-1</sup> + 350 N Dif	26.78 ABCDE	4.41 A	27.35 ABCDEFG	33.02 CDEF	6.25 ABCDE	<b>4.82 B</b>
23	5 mg l <sup>-1</sup> + 380 N Dif	25.56 DEF	4.45 A	25.85 EFG	32.32 CDEF	6.06 ABCDE	5.00 AB
24	5 mg l <sup>-1</sup> + 410 N Dif	<b>23.87 F</b>	4.58 A	25.66 FG	31.58 EF	5.75 E	5.50 AB
25	10 mg l <sup>-1</sup> + 350 N Dif	26.03ABCDEF	5.16 A	25.20 G	32.37 CDEF	5.84 DE	5.40 AB
26	10 mg l <sup>-1</sup> + 380 N Dif	26.71 ABCDE	4.91 A	26.41 DEFG	33.04 CDEF	6.05 BCDE	5.25 AB
27	10 mg l <sup>-1</sup> + 410 N Dif	25.53 EF	4.79 A	<b>25.18 G</b>	32.25 DEF	<b>5.73 E</b>	5.25 AB
28	15 mg l <sup>-1</sup> + 350 N Dif	<b>28.48 A</b>	4.50 A	30.29 AB	33.62 CDEF	6.50 ABCD	5.15 AB
29	15 mg l <sup>-1</sup> + 380 N Dif	28.08 ABC	4.83 A	29.58 ABC	32.25 DEF	6.48 ABCD	5.15 AB
30	15 mg l <sup>-1</sup> + 410 N Dif	28.26 AB	4.66 A	30.20 AB	34.87 BCDEF	6.52 ABC	5.40 AB
<b>DMS</b>		<b>2.476</b>	<b>1.3129</b>	<b>3.1281</b>	<b>4.9186</b>	<b>0.6663</b>	<b>1.2494</b>

Nota: medias con la misma letra no son estadísticamente diferentes ( $\alpha > 0.05$ ).

**Anexo 2 . Prueba de comparación de medias para ocho variables evaluadas por efecto de la dosis de nitrógeno en la aplicación de triacontanol en nochebuena (*Euphorbia pulcherrima* Willd. Ex. Klotzsch).**

NITROGENO mgL <sup>-1</sup>	DIAFLOR (cm)	NOFLOR	LOBROTE (cm)	DIBROTE (mm)	APLANT (cm)	DICOPA (cm)	NBROTE	NBROND
350	27.23 A	4.99 A	19.78 A	6.38 A	28.17 A	35.21 A	5.53 A	0.54 A
380	27.21 A	4.80 A	19.49 A	6.30 A	27.92 A	34.75 A	5.40 B	0.60 A
410	26.81 A	4.75 A	19.22 A	6.25 A	27.63 A	33.68 B	5.47 A	0.74 A
<b>DMS</b>	<b>0.492</b>	<b>0.255</b>	<b>0.6347</b>	<b>0.128</b>	<b>0.6543</b>	<b>0.9687</b>	<b>0.243</b>	<b>0.2325</b>

Nota: Medias con la misma letra no son estadísticamente diferentes ( $\alpha \leq 0.05$ ).

**Anexo 3. Medias de ocho variables evaluadas por efecto de la interacción de la concentración de triacontanol con la dosis de nitrógeno en nochebuena (*Euphorbia pulcherrima* Willd. Ex. Klotzsch) en Chapingo, Méx.**

COMBINACIÓN TRIA*N	DIAFLOR (cm)	NFLOR	DIBROTE (mm)	LOBROTE (cm)	APLANT (cm)	DICOPA (cm)	NBROTE	NBROND
TRIA 1*N 380	<b>28.23</b>	4.79	6.40	20.18	28.81	34.73	5.46	0.67
TRIA 15*N 350	27.76	4.91	6.49	<b>21.25</b>	28.66	34.80	<b>5.66</b>	0.75
TRIA 15*N 410	27.71	4.83	6.42	20.38	28.16	33.96	5.62	0.80
TRIA 0*N 380	27.64	4.75	6.47	20.54	29.15	35.67	5.33	0.61
TRIA 0*N 350	27.63	5.12	<b>6.50</b>	20.52	<b>29.35</b>	35.64	5.55	0.41
TRIA 1*N 350	27.63	5.04	6.43	19.61	28.89	35.69	5.63	0.56
TRIA 1*N 410	27.58	4.60	6.26	18.71	28.02	33.08	5.31	0.75
TRIA 15*N 380	27.34	4.77	6.32	20.07	27.66	33.90	5.41	0.62
TRIA 0*N 410	27.26	4.95	6.42	20.52	28.43	35.53	5.46	0.50
TRIA 10*N 380	27.21	5.08	6.25	19.12	27.50	36.16	5.51	0.41
TRIA 10*N 410	26.97	4.89	6.17	19.15	27.19	34.31	5.42	0.65
TRIA 10*N 350	26.93	<b>5.25</b>	6.28	19.39	26.68	<b>36.36</b>	5.53	<b>0.31</b>
TRIA 5*N 350	26.20	4.62	6.21	18.12	27.29	33.55	5.30	0.66
TRIA 5*N 380	25.61	4.60	6.09	17.55	26.51	33.26	<b>5.28</b>	0.70
TRIA 5*N 410	<b>24.87</b>	<b>4.49</b>	<b>5.99</b>	<b>17.37</b>	<b>26.36</b>	<b>31.54</b>	5.52	<b>1.01</b>

Nota: No presentan diferencias estadísticas significas ( $\alpha \leq 0.05$ ).

**Anexo 4.** Análisis de correlación de Pearson para siete variables respuesta evaluadas en dos fechas de aplicación de triacantanol en nochebuena (*Euphorbia pulcherrima* Willd. Ex. Klotzsch).

	DIBROTE	NOFLOR	LOBROTE	APLANT	DICOPA	NBROTE	NBROND
DIAFLOR	$\sigma = 0.7317$ $\alpha = 0.0001$	-0.0206 0.8229	0.6917 0.0001	0.6732 0.0001	0.4162 0.0001	-0.1404 0.1260	-0.1245 0.1754
DIBROTE	-	0.0162 0.8599	0.7250 0.0001	0.6333 0.0001	0.5234 0.0001	-0.0546 0.5536	-0.0824 0.3707
NOFLOR		-	0.2046 0.0249	-0.0250 0.7856	0.4055 0.0001	0.5344 0.0001	-0.5723 0.0001
LOBROTE			-	0.6497 0.0001	0.6438 0.0001	0.1062 0.2482	-0.1304 0.1556
APLANT				-	0.3323 0.0002	-0.0616 0.5035	-0.0378 0.6814
DICOPA					-	0.2714 0.0027	-0.1786 0.050
NBROTE						-	0.3515 0.0001

$\sigma$ = Coeficiente de correlación de Pearson

$\alpha$ = Nivel de significancia

**Anexo 5.** Cuadrados medios para las variables de peso fresco y peso seco en la aplicación de triacontanol en nochebuena (*Euphorbia pulcherrima* Willd. ex Klotzsch) en Chapingo, México.

F.V	GL	PFBRAC	PSBRAC	PFFOL	PSFOL	PFTAL	PSTAL	PFCIAT	PSCIAT
FEC	1	331.545 ***	6.658 ***	629.483 ***	13.728 ***	256.373 ***	7.603 ***	0.394 NS	0.041 NS
TRIA	4	207.837 ***	3.846 ***	45.730 NS	1.430 SN	90.126 ***	3.020 ***	10.555 ***	0.161 ***
N	2	12.167 NS	0.033 NS	15.075 NS	0.241 NS	2.241 NS	0.251 NS	0.553 NS	0.053 NS
FEC*TRIA	4	63.911 ***	1.053 **	64.782 NS	1.487 NS	25.604 **	1.279 **	2.722 NS	0.060 NS
FEC*N	2	23.597 NS	0.761 *	18.358 NS	0.176 NS	9.311 NS	0.626 NS	1.986 NS	0.048 NS
TRIA*N	8	12.520 NS	0.264 NS	21.594 NS	0.453 NS	5.727 NS	0.460 NS	0.549 NS	0.021 NS
FEC*TRIA*N	8	11.046 NS	0.090 NS	5.315 NS	0.168 NS	5.785 NS	0.393 NS	0.857 NS	0.012 NS
R <sup>2</sup>		0.745	0.713	0.456	0.447	0.721	0.662	0.479	0.438
C.V.		8.400	9.841	14.156	13.222	11.700	14.383	46.847	51.186
MEDIA		36.831	4.785	36.617	6.05	19.810	3.702	2.40	0.338

\*, \*\* y \*\*\* Significativo al nivel  $\alpha \leq 0.05, 0.01$  y  $0.001$  respectivamente.

NS No significativo.

C.V. = Coeficiente de variación (%)

**Anexo 6.** Prueba de comparación de medias de Tukey para el peso fresco y peso seco por efecto de la concentración de triacontanol en nochebuena (*Euphorbia pulcherrima* Willd. Ex. Klotzsch).

TRIACONTANOL (mgL) <sup>1</sup>	PESO			FRESCO			SECO		
	PFBRAC	PSBRAC	PFFOL	PSFOL	PFTAL	PSTAL	PFCIAT	PSCIAT	
0	39.37 A	5.12 A	38.35 A	6.40 A	21.79 A	4.07 A	2.75 A	0.426 A	
15	39.17 A	5.09 A	38.12 A	6.16 A	21.13 AB	3.72 A	3.09 A	0.407 A	
1	37.83 A	4.89 A	35.60 A	5.73 A	20.66 AB	3.68 A	2.88 A	0.356 A	
10	36.70 A	4.83 A	36.32 A	6.18 A	19.30 B	3.98 A	2.04 AB	0.315 B	
5	31.06 B	3.98 B	34.67 A	5.80 A	16.15 C	3.03 B	1.22 B	0.188 B	
<b>DMS</b>	<b>2.9007</b>	<b>0.4253</b>	<b>4.8596</b>	<b>0.7511</b>	<b>2.1730</b>	<b>0.4993</b>	<b>1.0540</b>	<b>0.1626</b>	

Nota: Medias con la misma letra no son estadísticamente diferentes ( $\alpha \leq 0.05$ ).

**Anexo 7.** Prueba de comparación de medias de Tukey para fresco y peso seco por efecto de la fecha de aplicación de triacontanol en nochebuena (*Euphorbia pulcherrima* Willd. Ex. Klotzsch).

FECHA	PESO		FRESCO			SECO		(g)
	PFBRAC	PSBRAC	PFFOL	PSFOL	PFTAL	PSTAL	PFCIAT	
DDPINCH	38.75 A	5.05 A	39.26 A	6.45 A	21.44 A	3.99 A	2.46 A	0.360 A
DDIF	34.91 B	4.51 B	33.97 B	5.66 B	18.12 B	3.41 B	2.33 A	0.217 A
<b>DMS</b>	<b>1.3048</b>	<b>0.1913</b>	<b>2.1859</b>	<b>0.3378</b>	<b>0.9775</b>	<b>0.2246</b>	<b>0.4741</b>	<b>0.0731</b>

Nota: Medias con la misma letra no son estadísticamente diferentes ( $\alpha \leq 0.05$ ).

**Anexo 8.** Prueba de comparación de medias de Tukey para peso fresco y peso seco por efecto de la dosis de nitrógeno en dos fechas de aplicación de triacontanol en nochebuena (*Euphorbia pulcherrima* Willd. Ex. Klotzsch).

NITRÓGENO (mgL <sup>-1</sup> )	PESO		FRESCO			SECO		(g)
	PFBRAC	PSBRAC	PFFOL	PSFOL	PFTAL	PSTAL	PFCIAT	
350	37.38 A	4.81 A	35.95 A	5.96 A	20.12 A	3.80 A	2.55 A	0.380 A
410	36.97 A	4.79 A	37.36 A	6.14 A	19.70 A	3.67 A	2.28 A	0.340 A
380	36.13 A	4.74 A	36.52 A	6.07 A	19.61 A	3.63 A	2.36 A	0.296 A
<b>DMS</b>	<b>1.9199</b>	<b>0.2815</b>	<b>3.2165</b>	<b>0.4971</b>	<b>1.4383</b>	<b>0.3305</b>	<b>0.6977</b>	<b>0.1076</b>

Nota: Medias con la misma letra no son estadísticamente diferentes ( $\alpha \leq 0.05$ ).

**Anexo 9 .** Prueba de comparación de medias de Tukey de peso fresco y seco por efecto de la interacción de la concentración de triacantanol con la fecha de aplicación en nochebuena (*Euphorbia pulcherrima* Willd. Ex. Klotzsch).

INTERACCIÓN FEC*N	PESO		FRESCO		Y		SECO		(g)
	PFBRAC	PSBRAC	PFFOL	PSFOL	PFTAL	PSTAL	PFCIAT	PSCIAT	
DDPINCH 0 mgL <sup>-1</sup>	41.76 a	5.47	38.81	6.68	23.08 a	4.46	2.83	0.494	
DDPINCH 10 mgL <sup>-1</sup>	41.10 a	5.46	41.90	7.08	23.09 a	4.68	2.61	0.398	
DDPINCH 15 mgL <sup>-1</sup>	40.64 a	5.33	39.77	6.36	22.34 a	3.98	3.39	0.435	
DDPINCH 1 mgL <sup>-1</sup>	40.00 abc	5.05	38.35	6.04	21.98 a	3.71	2.52	0.298	
DDIF 15 mgL <sup>-1</sup>	37.69 abcd	4.85	36.46	5.97	19.93 abc	2.47	2.79	0.380	
DDIF 0 mgL <sup>-1</sup>	36.99 abcd	4.76	37.89	6.13	20.49 abc	3.68	2.67	0.358	
DDIF 1 mgL <sup>-1</sup>	35.66 abcd	4.72	32.85	5.43	19.33 abc	3.66	3.24	0.413	
DDIF 10 mgL <sup>-1</sup>	32.30 bcd	4.20	30.74	5.28	15.51 bc	3.29	1.46	0.232	
DDIF 5 mgL <sup>-1</sup>	31.90 cd	4.01	31.89	5.52	15.33 c	2.94	1.49	0.202	
DDPINCH 5 mgL <sup>-1</sup>	30.23 d	3.96	37.45	6.07	16.98 abc	3.12	0.96	0.174	
DMS	8.306	NS	NS	NS	6.222	NS	NS	NS	

Nota: Medias con la misma letra no son estadísticamente diferentes ( $\alpha \leq 0.05$ ).

**Anexo 10.** Análisis de correlación de Pearson para peso fresco y peso seco (g) en dos fechas de aplicación de triacantanol en nochebuena (*Euphorbia pulcherrima* Willd. Ex. Klotzsch) en Chapingo, México.

	PESO FRESCO g				PESO SECO g		
	PFCIAT	PFTAL	PFFOL		PSCIAT	PSTAL	PSFOL
PFBRAC	$\sigma = 0.4380$ $\alpha = 0.0001$	0.7993 0.0001	0.5305 0.0001	PSBRAC	0.4998 0.0001	0.7072 0.0001	0.4494 0.0001
PFCIAT	-	0.4552 0.0001	-0.0928 0.3841	PSCIAT	-	0.3673 0.0004	-0.0305 0.7750
PFTAL		-	0.6558 0.0001	PSTAL		-	0.5510 0.0001

$\sigma$  = Coeficiente de correlación de Pearson

$\alpha$  = Nivel de significancia

**Anexo 11.** Comparación de medias de Tukey para el área foliar, área de brácteas y el contenido de clorofila por efecto de la dosis de nitrógeno en dos fechas de aplicación de triacontanol en nochebuena.

N	ABRAC	AFOL	REL ABRAC/AFOL	CL A	CL B	CLTOT
350	2184.63 A	1673.73 A	1.30 A	0.00280 A	0.00178 A	0.00459 A
380	2144.90 A	1700.40 A	1.27 A	0.00274 A	0.00174 A	0.00448 A
410	2195.17 A	1730.20 A	1.29 A	0.00261 A	0.00165 A	0.00426 A
<b>DMS</b>	<b>133.83</b>	<b>143.31</b>	<b>0.1194</b>	<b>0.0003</b>	<b>0.0002</b>	<b>0.0004</b>

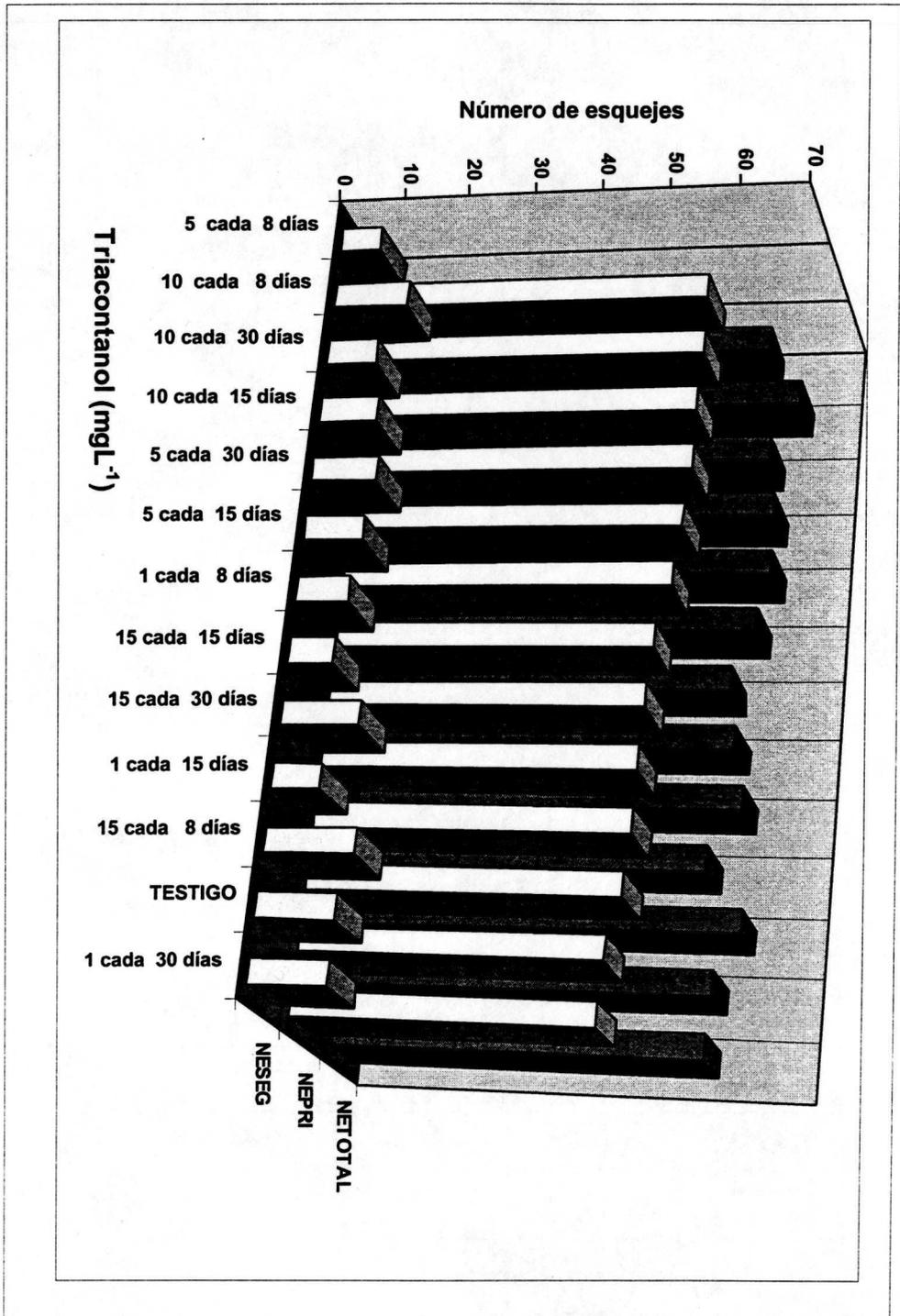
Nota: Medias con la misma letra no son estadísticamente diferentes ( $\alpha \leq 0.05$ ).

**Anexo 12.** Análisis de correlación de Pearson para área foliar y área de brácteas en dos fechas de aplicación de triacontanol en nochebuena (*Euphorbia pulcherrima* Willd. Ex. Klotzsch) en Chapingo, México.

	ABRAC	ABRAC/AFOL	NOFLOR	NBROTE	DICOPA	APLANT
AFOL	$\sigma = 0.3994$ $\alpha = 0.0001$	-0.4221 0.0001	0.2264 0.0319	0.3352 0.0012	0.4518 0.0001	0.1317 0.2156
ABRAC	-	0.6514 0.0001	0.2523 0.0164	0.2400 0.0227	0.2376 0.0241	0.3543 0.0006
ABRAC/AFOL		-	0.0659 0.5370	-0.3500 0.7429	-0.1190 0.2639	0.2222 0.0352
NOFLOR			-	0.3586 0.0005	0.2710 0.0098	-0.0385 0.7186
NBROTE				-	0.0753 0.4806	-0.1218 0.2526
DICOPA					-	0.0498 0.6411

$\sigma$  = Coeficiente de correlación de Pearson

$\alpha$  = Nivel de significancia



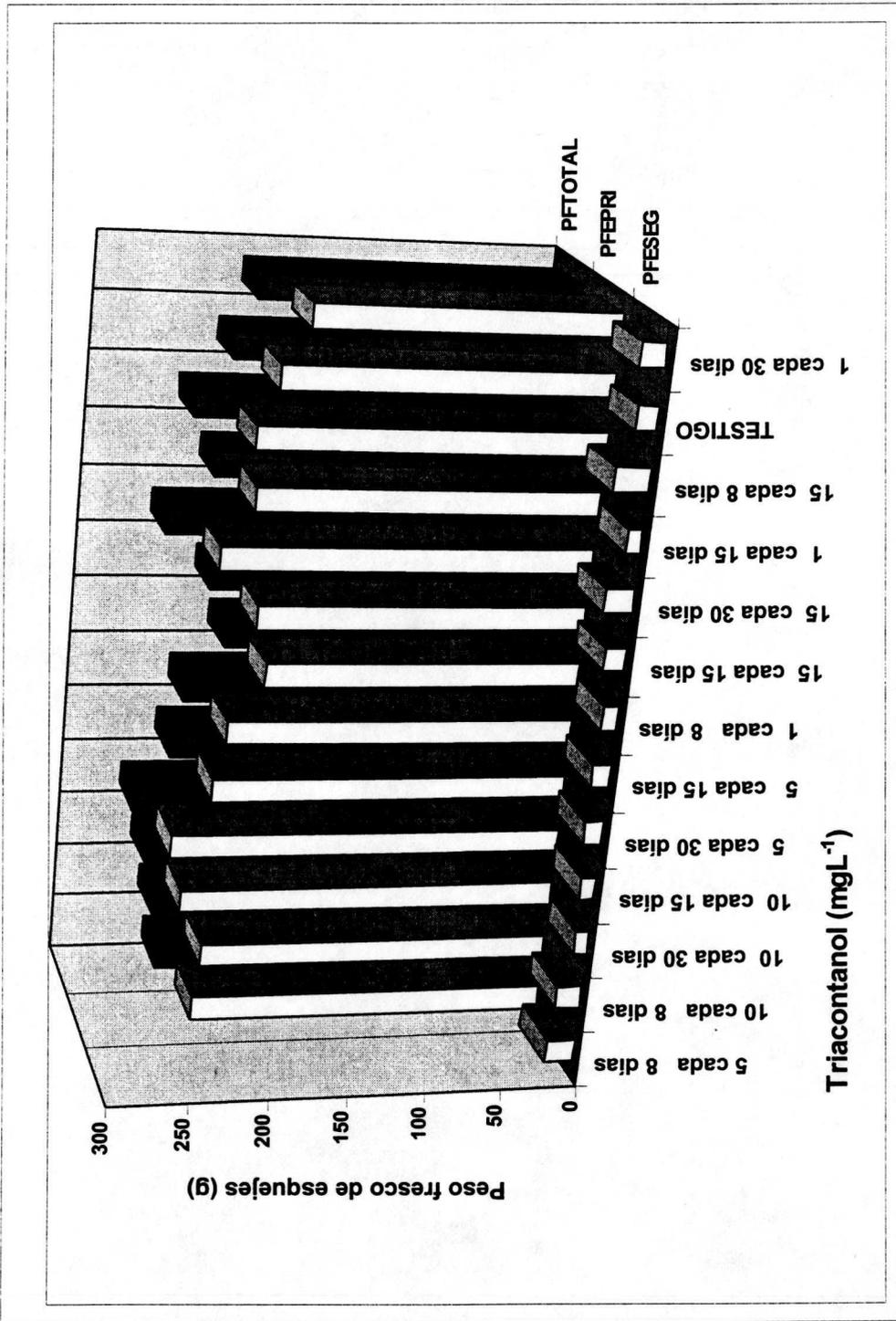
**Anexo 13.** Efecto de la combinación de la concentración de triaccontanol con la frecuencia de aplicación en el número de esquejes en nochebuena (*Euphorbia pulcherrima* Willd. Ex. Klotzsch).

**Anexo 14.** Análisis de correlación de Pearson para el número de esquejes y peso fresco de esquejes de nochebuena (*Euphorbia pulcherrima* Willd. Ex. Klotzsch) en la aplicación de triacontanol en diferentes frecuencias.

	NESEG	NETOTAL	PFEPRI	PFESEG	PFTOTAL
NEPRI	$\sigma=-0.0203$ $\alpha=0.8861$	0.8754 0.0001	0.6799 0.0001	-0.1893 0.1788	0.6541 0.0001
NESEG	-	0.4653 0.0005	-0.1868 0.1846	0.8865 0.0001	0.0312 0.8262
NETOTAL		-	0.5115 0.0001	0.2609 0.0617	0.5942 0.0001
PFEPRI			-	-0.2490 0.0750	0.9695 0.0001
PFESEG				-	-0.0043 0.9757

$\sigma$ = Coeficiente de correlación de Pearson

$\alpha$ = Nivel de significancia



**Anexo 15.** Efecto de la combinación concentración de triacortanol con la frecuencia de aplicación en el peso fresco de esquejes en la aplicación de triacortanol en nochebuena (*Euphorbia pulcherrima* Willd. Ex. Klotzsch).