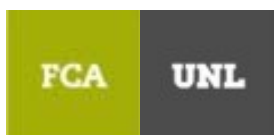




**UNIVERSIDAD NACIONAL  
DEL LITORAL**



**Facultad de Ciencias Agrarias  
Maestría en Cultivos Intensivos**

**TÉCNICAS PARA REGULAR EL CRECIMIENTO DE PLANTINES  
FLORALES**

**Alumna: Ing. Agr. Marcela Alejandra Buyatti**

**Director: Ing. M Sc. Rubén Andrés Pilatti**

**Esperanza, Febrero 2012**

A Rodolfo, Agustina y Guillermina por estar siempre y ser mi apoyo constante

No debemos buscar, sino encontrar, no debemos juzgar, sino observar y comprender, inspirar y elaborar lo inspirado. Tenemos que sentir nuestra propia esencia integrada y ordenada en el todo. Sólo entonces tendremos relaciones verdaderas con la naturaleza.

Hermann Hesse

### **AGRADECIMIENTOS**

A mi profesor y director, Rubén Pilatti, por la paciencia, dedicación y ejemplo. Mil Gracias.

A Marcela Weber, Norma Micheloud, Verónica Dovis por el apoyo, compañía y por las sesiones terapéuticas de mate y tantos lindos momentos . . .

A los alumnos que me acompañaron en las jornadas de campo e interminable recopilación de datos, Leandro, Romanella, Alejandra, Francisco, por los hermosos momentos compartidos y el aprendizaje mutuo. . .

A todo el equipo de Cultivos Intensivos y Fisiología Vegetal de la Facultad de Ciencias Agrarias. Un gracias muy especial a Norberto Gariglio y a Juan Carlos Favaro.

A la Facultad de Ciencias Agrarias, por permitir un espacio para superarnos cada día, a favor de una mejor formación académica y profesional.

A la familia Arnold del vivero Los Robles por los cientos de plantines de petunia con los que colaboraron para el proyecto.





**INDICE GENERAL**

INDICE.....	V
ÍNDICE DE FIGURAS .....	VII
ÍNDICE DE TABLAS .....	IX
RESUMEN .....	XII
ABSTRACT .....	XIII
1. INTRODUCCIÓN .....	2
1.1.Planteamiento del problema .....	2
1.2.Calidad de los plantines florales .....	5
1.3.Retardadores de crecimiento .....	6
1.3.1. Definición y usos .....	6
1.3.2. Tipos de retardadores de crecimiento y sus efectos anti-giberelinas .....	7
1.3.3. Métodos de aplicación y otras consideraciones .....	11
1.4.Acondicionamiento Mecánico .....	12
1.4.1. Definición y formas de aplicación .....	12
1.4.2. Efecto sobre las plantas y otras consideraciones .....	14
1.4.3. Hormonas relacionadas con la fisiología del estrés .....	16
1.5.La Luz como regulador – Fotomorfogénesis .....	17
1.5.1. Calidad de la luz y sus efectos .....	17
1.5.2. Fotorreceptores .....	18
1.5.3. Fitocromos: Propiedades biológicas y formas de respuestas .....	19
1.5.4. Efectos de los pulsos de luz y luz continua .....	21
1.5.5. Regulación de la biosíntesis de giberelina y localización del fitocromo .....	23
2. HIPÓTESIS .....	26
2.1.Hipótesis General .....	26
2.2.Hipótesis Particulares .....	26
3. OBJETIVOS .....	28

---

3.1. Objetivo general . . . . .	28
3.2. Objetivos particulares . . . . .	28
4. MATERIALES Y MÉTODOS . . . . .	30
4.1. Datos experimentales . . . . .	30
4.2. Retardadores de crecimiento . . . . .	30
4.3. Acondicionamiento mecánico . . . . .	32
4.4. Calidad de luz . . . . .	33
4.4.1 Metodología . . . . .	33
4.4.2. Primera etapa – Ajuste de metodología . . . . .	33
4.4.3. Segunda etapa . . . . .	34
4.5. Diseño experimental . . . . .	34
4.6. Recolección de datos . . . . .	34
5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN . . . . .	37
5.1. Retardadores de crecimiento . . . . .	37
5.2. Acondicionamiento mecánico . . . . .	49
5.3. Calidad de luz . . . . .	60
6. CONCLUSIONES . . . . .	67
7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS . . . . .	70
8. ANEXO . . . . .	84
8.1. Regulación del crecimiento de plantines de tomate ( <i>Lycopersicon esculentum</i> Mill.) a través del manejo de la relación rojo/rojo lejano . . . . .	84
8.1.1. Introducción . . . . .	84
8.1.2. Materiales y Métodos . . . . .	86
8.1.3. Resultados y Discusión . . . . .	87
8.1.4. Bibliografía . . . . .	90

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1.1: Plantines anuales para ajardinamiento. a) <i>Impatiens walleriana</i> Hook.f., b) <i>Ageratum houstonianum</i> Mill., c) <i>Petunia hybrida</i> Vilm., d) <i>Tagete minuta</i> L.	3
Figura 1.2: Áreas de producción de viveros especializados en plantines anuales	4
Figura 1.3: Esquema general de la biosíntesis de giberelina y vías de control por parte de diferentes reguladores del crecimiento. Adaptado de Sponsel (2007a,b). Explicación en el texto	9
Figura 1.4: Interconversión de las formas Pr y Pfr del fitocromo	20
Figura 4.1: Dispositivo utilizado para producir el acondicionamiento mecánico a los plantines de petunias y tagetes	32
Figura 5.1: Diferencia en el número de tallos axilares en plantas de petunia, a) Control y b) Paclobutrazol Asperjado (40ppm)	40
Figura 5.2: Efecto de los retardadores de crecimiento sobre el color del follaje en plantines de petunia, a) Control; b) Paclobutrazol Asperjado (40 ppm)	43
Figura 5.3: Efecto de los retardadores de crecimiento sobre plantines de petunia a los 55 días desde el trasplante, a) Control; b) Paclobutrazol Asperjado (40 ppm); c) Paclobutrazol Riego (160 ppm)	44
Figura 5.4: Plantas de petunias en condiciones de ajardinamiento, a) Control; b) CCC Asperjado (500 ppm); c) CCC Asperjado (250 ppm)	48
Figura 5.5: Plantas de petunias en condiciones de ajardinamiento, a) Paclobutrazol Asperjado (20 ppm); b) Paclobutrazol Asperjado (40 ppm); c) Paclobutrazol Asperjado (80 ppm)	48
Figura 5.6: Plantas de petunias en condiciones de ajardinamiento, a) Paclobutrazol Riego (20 ppm); b) Paclobutrazol Riego (80 ppm); c) Paclobutrazol Riego (160 ppm)	48
Figura 5.7: Efecto de los tratamientos sobre plantas de petunia, (a) Control; (b)	54



Paclobutrazol Asperjado (40 ppm); (c) Acondicionamiento mecánico

Figura 5.8: Efecto del tratamiento con Luz R al Final del Día (FDD) y tratamiento Control sobre el crecimiento de los entrenudos de plantines de copetes

61

**INDICE DE TABLAS**

Tabla 1.1: Denominación común, comercial y química de retardadores de crecimiento usados en floricultura	8
Tabla 5.1: Longitud del tallo principal (cm), Longitud de tallos axilares (cm), número de tallos axilares, diámetro planta (cm), materia seca de tallos (gr) y materia seca de raíces (gr) de petunia, en respuesta a diferentes dosis de retardadores de crecimiento	38
Tabla 5.2: Efecto de los retardadores de crecimiento sobre el Área foliar (AF), la materia seca (MS) y Área foliar específica (AFE) de hojas de plantas de petunia	41
Tabla 5.3: Efecto de los retardadores sobre la concentración de Clorofila <i>a</i> , Clorofila <i>b</i> y Clorofila Total en hojas de plantas de petunia. (Datos expresados en mg de clorofila/ gr de tejido fresco)	42
Tabla 5.4: Efecto de los retardadores de crecimiento sobre el número de flores y pimpollos de plantas de petunia a los 55 días desde el trasplante	45
Tabla 5.5: Efecto de los tratamientos Control, Paclobutrazol Asperjado (40 ppm) y Acondicionamiento Mecánico, sobre el largo del tallo principal, número de tallos axilares y diámetro de plantas de petunia	49
Tabla 5.6: Efecto de los tratamientos Control, Paclobutrazol Asperjado (40 ppm) y Acondicionamiento Mecánico, sobre el largo del tallo principal, número de tallos axilares y diámetro de plantas de copete	50
Tabla 5.7: Efectos de los tratamientos Control, Paclobutrazol Asperjado (40 ppm) y Acondicionamiento Mecánico, sobre la Materia Seca (MS) de tallos y raíces en plantas de petunia, a los 50 días después del trasplante	52
Tabla 5.8: Efectos de los tratamientos Control, Paclobutrazol Asperjado (40 ppm) y Acondicionamiento Mecánico, sobre la de Materia Seca (MS) de tallos	

---

y raíces en plantas copetes, a los 50 días desde el trasplante	52
Tabla 5.9: Efectos de los tratamientos Control, Paclobutrazol Asperjado, dosis 40 ppm, (Pbz As 40) y Acondicionamiento Mecánico, sobre el Área foliar (AF), la Materia seca (MS) y Área foliar específica (AFE) de las hojas de plantas de petunia, a los 50 días después del trasplante	55
Tabla 5.10: Efecto de los tratamientos Control, Paclobutrazol Asperjado, dosis 40 ppm (Pbz As 40) y Acondicionamiento Mecánico, sobre el Área foliar (AF) y Materia Seca (MS) en hojas de copete, a los 50 días después del trasplante	55
Tabla 5.11: Efecto de los tratamientos Control, Paclobutrazol Asperjado, dosis 40 ppm (Pbz As 40) y Acondicionamiento Mecánico sobre la concentración de Clorofila <i>a</i> , Clorofila <i>b</i> y Clorofila Total en hojas de plantas de petunia, a los 50 días después del trasplante (Datos expresados en mg de clorofila/ gr de tejido fresco)	56
Tabla 5.12: Efecto de los tratamientos Control, Paclobutrazol Asperjado, dosis 40 ppm (Pbz As 40) y Acondicionamiento Mecánico sobre la concentración de Clorofila <i>a</i> , Clorofila <i>b</i> y Clorofila Total en hojas de plantas copetes, a los 50 días después del trasplante. (Datos expresados en mg de clorofila/ gr de tejido fresco)	57
Tabla 5. 13: Efecto de los tratamientos Control, Paclobutrazol Asperjado, dosis 40 ppm (Pbz As 40) y Acondicionamiento Mecánico, sobre el número de Pimpollos y Número de Flores de petunia	58
Tabla 5.14: Efecto de los tratamientos Control, Paclobutrazol Asperjado, dosis 40 ppm (Pbz As 40) y Acondicionamiento Mecánico, sobre el número de Pimpollos y Número de Flores de plantas de Copetes	58
Tabla 5.15: Efecto del tratamiento con luz Normal y Luz Roja al Final del Día (FDD) sobre la Altura (cm) de la planta y número de tallos axilares de petunia	60

Tabla 5.16: Efecto del tratamiento con luz Normal y Luz Roja al Final del Día (FDD) sobre la Altura (cm) de la planta y número de tallos axilares de copetes	60
Tabla 5.17: : Efecto del tratamiento con luz Normal y Luz Roja al Final del Día (FDD) sobre el área foliar (AF), materia seca (MS) y área foliar específica (AFE) de plantas de petunia	62
Tabla 5.18: Efecto del tratamiento con luz Normal y Luz Roja al Final del Día (FDD) sobre el área foliar (AF), materia seca (MS) y área foliar específica (AFE) de plantas de copetes	62
Figura 5.19: Efecto del tratamiento con luz Normal y Luz Roja al Final del Día (FDD) sobre la Materia Seca (MS) de tallos y raíces, en plantas de petunia	63
Figura 5.20: Efecto del tratamiento con luz Normal y Luz Roja al Final del Día (FDD) sobre la Materia Seca (MS) de tallos y raíces, en plantas de copetes	63
Tabla 5.21: Efecto del tratamientos Control (luz Normal) y Luz Roja al Final del Día (FDD) sobre la concentración de Clorofila <i>a</i> , Clorofila <i>b</i> y Clorofila Total en hojas de plantas petunia . (Datos expresados en mg de clorofila/ gr de tejido fresco)	64
Tabla 5.22: Efecto del tratamientos Control (luz Normal) y Luz Roja al Final del Día (FDD) sobre la concentración de Clorofila <i>a</i> , Clorofila <i>b</i> y Clorofila Total en hojas de plantas copetes . (Datos expresados en mg de clorofila/ gr de tejido fresco)	65
Tabla 8.1: Efectos del tratamiento con Luz Roja al Final del Día (FDD), sobre la altura de plantines de tomate ( <i>Lycopersicon esculentum</i> Mill.) con crecimiento indeterminado, cv. "Oso", y determinado cv. "Topacio"	88
Tabla 8.2: Efectos del tratamiento con Luz Roja al Final del Día (FDD), sobre el Área Foliar, Materia Seca ( MS) de Hojas, Tallos y Raíces, de plantines de tomate ( <i>Lycopersicon esculentum</i> Mill.) con crecimiento indeterminado, cv. "Oso", y determinado cv. "Topacio"	89

## **RESUMEN**

### **TÉCNICAS PARA REGULAR EL CRECIMIENTO DE PLANTINES FLORALES**

El éxito en los establecimientos comerciales dedicados a la producción de plantines anuales, está relacionado con la capacidad de generar plantas de alta calidad comercial, pues la posibilidad de penetración en el mercado depende del interés visual que origine el producto ofertado. Los objetivos de este trabajo fueron comparar diferentes técnicas para el control del crecimiento de plantines florales de cultivo anual (*Petunia hybrida* Mill., y *Tagete erecta* L.), y medir sus efectos sobre la morfología de los mismos. Las técnicas utilizadas fueron: a) diferentes dosis de retardadores de crecimiento: Paclobutrazol y Cycocel, en dos formas de aplicación, asperjado y en riego; b) estrés mecánico inducido; c) luz, que con su distribución espectral tiene un fuerte impacto sobre la morfología de las plantas. El tipo de compuesto aplicado, la forma de acción, la dosis y forma de aplicación afectaron la respuesta de los retardadores de crecimiento ensayados. Siendo Paclobutrazol, con una sola aplicación en forma asperjada (40ppm), con el que se obtuvo plantas de aspecto atractivo para el consumidor. Resultados similares al alcanzado con este tratamiento, se lograron con el acondicionamiento mecánico y con la aplicación de luz roja FDD (Final del día). Si bien los distintos tratamientos lograron un impacto visual interesante en el producto alcanzado, las técnicas de acondicionamiento mecánico y aplicación de luz roja FDD (Final del día) resultaron promisorias ya que suponen un muy bajo riesgo para la salud humana.

## **ABSTRACT**

### TECHNIQUES TO REGULATE THE GROWTH OF BEDDING PLANTS

Success in annual seedlings production business, is related to the ability to generate high quality commercial plants, since the possibility of marketing depends on the visual interest induced by the product offered. The aims of this study were to compare different techniques to controlling the growth of annual crop flower seedlings (*Petunia hybrida* Mill., and *Tagete erecta* L.), and measure their effects on the morphology of these plants. The techniques used were: a) aifferent doses of growth retardants: Paclobutrazol and Cycocel, in two forms of application, spraying and drench practice; b) mechanical stress; c) light, whose spectral distribution has a strong impact on plant morphology. The type of compound applied, the form of action, and the dose and mode of application affected the response of the growth retardants tested. So, with a single application of Paclobutrazol (40ppm) attractive plants were obtained. Similar results were reached in the treatment of mechanical stress, and red light aplication in End of Day (EOF). While individual treatments achieved an interesting visual impact in the product attained, mechanical stress and application of red light EOD were promising as they account for a very low risk to human health.



## TÉCNICAS PARA REGULAR EL CRECIMIENTO DE PLANTINES FLORALES

### 1. INTRODUCCIÓN

#### 1.1. Planteamiento del Problema

A escala mundial, la horticultura ornamental comprende el 43 % de todo el comercio florícola mundial. El rango de categorías y tamaños de plantas es enorme: desde pequeños plantines, hasta palmeras gigantes, destinadas a las plantaciones en líneas en las autopistas de Arabia Saudita, o a la decoración de los atrios de Bancos y Condominios en Europa. Alemania es el importador más grande de plantas ornamentales vivas y representa el 22 % del mercado mundial. Francia importa el 12 %, el Reino Unido un 9 % y E.E.U.U. el 7 % (Laws, 2005).

Entre las producciones de base agropecuarias en Argentina, la horticultura ornamental ocupa un lugar relevante, tanto a nivel de producción, como de comercialización. Produce beneficios económicos, y genera un elevado nivel de ocupación de mano de obra en forma directa e indirecta. El tamaño del sector florícola en el contexto nacional, medido como el valor bruto (a precios de productor) de las ventas mayoristas, fue en 2001, de 284,46 millones de dólares. El subsector de plantas en macetas representó en 2001 el 69,2 % del total y, en 2002, esta participación se incrementó ligeramente, pasando a ser de 70,2 % (INTeA, 2003).

De acuerdo a datos más recientes, y tomando como referencia a la provincia de Buenos Aires, que de acuerdo a los datos del INTeA (2003), representa un 46 % del total de la superficie dedicada a la floricultura a nivel nacional, existe un franco ascenso en los niveles de producción, lo que hace suponer una demanda todavía insatisfecha (CHFPBA, 2005).

Dentro del rubro plantas en macetas, los plantines ornamentales se definen como, plantas herbáceas, que incluyen un amplio rango de especies y cultivares, obtenidas bajo condiciones controladas en invernadero. Las mismas tienen múltiples aplicaciones, entre ellas la confección de jardines de asiento en las diversas estaciones, principalmente primavera. La producción de plantas anuales en maceta se ha establecido en viveros cercanos a las áreas de comercialización e incluyen a especies como petunia (*Petunia hybrida* Mill), tagetes (*Tagetes*



*minuta* L. - *Tagetes patula* L.), ageratum (*Ageratum houstonianum* Mill.), conejitos (*Antirrhinum majus* L.), alegrías del hogar (*Impatiens walleriana* Hook. f.), corales (*Salvia splendens* Kerk – Gawl.), zinnia (*Zinnia elegans* Jacq.) (Figura 1.1).



Figura 1.1: Plantines anuales para ajardinamiento. a) *Impatiens walleriana* Hook. f, b) *Ageratum houstonianum* Mill., c) *Petunia hybrida* Vilm., d) *Tagete minuta* L.

El éxito en los establecimientos comerciales, que se dedican al rubro plantines anuales, está relacionado con la capacidad de producir plantas de una alta calidad comercial, pues la posibilidad de penetración en el mercado depende del interés visual que genere el producto ofertado (Di Benedetto, 2004). Sin embargo, la amplia clasificación de especies y cultivares, exige de conocimiento y habilidad de quien las produce, para lograr las condiciones ambientales y culturales apropiadas (Figura 1.2) para cada una de ellas, y así obtener una óptima programación de la producción para satisfacer la demanda de mercado, con una elevada calidad.

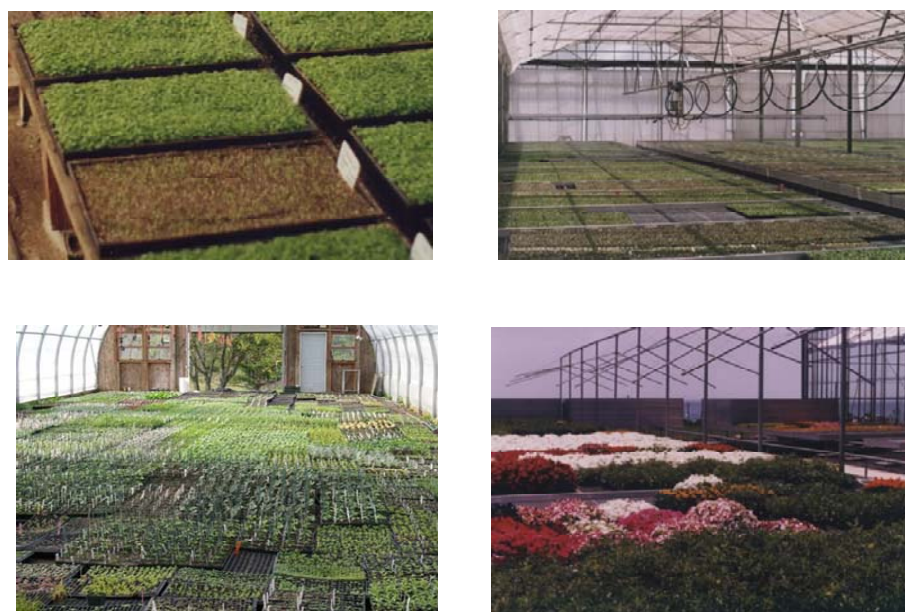


Figura 1.2: Áreas de producción de viveros especializados en plantines anuales

Es común, que en la zona de influencia de la Facultad de Ciencias Agrarias de la UNL, las condiciones ambientales a principios de las ventas de primavera, presenten un aumento de la temperatura y alargamiento del fotoperíodo. Como consecuencia de ello, se observa en los plantines de petunia, un excesivo crecimiento en longitud de los tallos, lo que lleva a una disminución de la calidad comercial de los mismos, generando la necesidad de solucionar este problema. En los últimos tiempos, se dio mayor énfasis al control del crecimiento, especialmente aplicado sobre la altura, quizás porque las técnicas de manejo de cultivo y el control de enfermedades, pueden inducir un vigoroso crecimiento de la planta. Se dispone de diferentes técnicas para el control de la morfogénesis; las cuales permiten, con mayor o menor éxito, regular la tasa de crecimiento, controlando la disposición de las ramificaciones y el largo de entrenudos, con lo cual se logran plantas más compactas y equilibradas (Ball, 1997; Kessler, 2004).

El uso de productos de síntesis química para retardar el crecimiento de las plantas es una técnica utilizada desde hace varias décadas (Kuraishi & Muir, 1962); y se ha convertido en una

práctica usual en las operaciones comerciales. Otra forma, es el estrés mecánico inducido, el cual, produce una reducción en la longitud de los tallos, hojas y pecíolos, generando plantas más pequeñas y compactas. Esto ocurre en forma natural en las plantas, cuyas partes aéreas son movidas por el viento, granizo, lluvia, o por los animales; aunque también puede ser inducido por algunas prácticas agrícolas y hortícolas, como el cepillado, vibraciones, sacudidas o fricciones aplicados en los puntos de crecimiento (Jaffe & Forbes, 1993; Mitchell & Myers, 1995; Mitchell, 1996; Latimer, 1998; Kläring, 1999).

Además, es importante tener en cuenta que otros factores del ambiente también puede modificar el crecimiento (Latimer, 1998). Entre estos factores ambientales, encontramos la luz, que con su distribución espectral tiene un fuerte impacto sobre la morfología de las plantas (Casal & Smith, 1988). Las características de dirección y composición espectral de la luz en el ambiente que rodea a la planta, es transferida a ella a través de la intercepción y activación de un sistema de pigmentos. Esta información afecta el desarrollo morfológico, tamaño y proporción de raíces y tallos, de las plantas (Decoteau, 1998). Sin embargo, es poco lo que se ha probado en nuestra zona, lo que nos demuestra la necesidad de lograr alternativas posibles para el control del crecimiento.

### **1.2. Calidad de los plantines florales**

En la producción de la horticultura ornamental, es común el uso de fertirrigación para obtener el máximo crecimiento de las plantas. Esto, sumado a las condiciones ambientales que suministran los invernaderos, a menudo deriva en una planta que es más alta de lo deseado (Gent & McAvoy, 2000).

Según Styer & Koranski (1997), la calidad comercial de los plantines florales no es un concepto estático y tampoco se puede definir de manera exacta, ya que la misma involucra la subjetividad del observador, pero es posible señalar ciertos parámetros cualitativos, que aunque no estén estandarizados, son perceptibles por el consumidor y se relacionan positivamente con un producto superior.

Es importante que las plantas presenten un hábito de crecimiento compacto, con entrenudos cortos y una buena ramificación basal, especialmente aquellas especies que tiene un crecimiento en roseta. La presencia de muchas ramificaciones, hace que las plantas se vean más compactas, con mayor área foliar y un periodo de floración más extendido. También influye una adecuada relación tallo/raíz; turgencia e intensidad del color en hojas y flores. El color del follaje debe ser verde oscuro, esto incluye a las hojas viejas donde la presencia de tonalidades amarillentas, indican situaciones de estrés o presencia de patógenos radicales (Styer & Koranski, 1997).

En el caso especial de petunias, las temperaturas por encima de 24 °C decrecen significativamente el desarrollo de ramas axilares y causan un alargamiento de los entrenudos, por ello, para obtener una planta de buena calidad es necesario mantener temperaturas moderadas (Bertram & Karlsen, 1994; Ball, 1997). De no ser esto posible, varios métodos para control de la altura pueden ser usados en la producción de plantas en macetas; de manera de obtener una mayor calidad y uniformidad de plantas.

### **1.3. Retardadores de crecimiento**

#### **1.3.1. Definición y usos**

Cathey (1964), ha definido al retardador del crecimiento (RC), como aquel producto de síntesis química, que retrasa la división celular y la elongación en los tejidos del tallo sin mostrar algún defecto formativo. Estos productos químicos, actúan al menos en parte, inhibiendo la biosíntesis de las giberelinas (GAs). La evidencia de esto reside en que: a) las plantas tratadas poseen un menor contenido de GAs endógena, b) los efectos morfológicos de los tratamientos son revertidos mediante la aplicación de GAs exógena, c) la biosíntesis de GAs en sistemas de células libres de plantas superiores, es inhibida mediante RC (Graebe, 1987). Estos RC han sido usados por varios años para reducir la altura de las plantas, con el objeto de aumentar la producción de frutos o granos (Gent & McAvoy, 2000). La utilidad de los RC depende de su efectividad para inhibir la biosíntesis de GAs, su carencia de toxicidad, y su especificidad (Graebe, 1987; Sponsel, 2007a).

En horticultura ornamental, los RC son usados sobre varias especies con una diversidad de hábitos de crecimiento (Gent & McAvoy, 2000). Esto incluye plantas anuales, perennes, bulbos y arbustos, que se cultivan principalmente por sus flores; así como plantas tropicales y arbustos que se cultivan por la apariencia de su follaje. Los viveristas que producen plantas ornamentales para su comercialización al por mayor, hacen uso de los retardadores para mantener un crecimiento compacto (Cavins *et al.*, 2003; Mullinax *et al.*, 2005).

Su uso ha tenido un considerable impacto en la producción de ciertos cultivos florales, como por ejemplo crisantemos (Roerber *et al.* 1995; Cavins *et al.*, 2003), poinsettia o estrella federal (Lewis *et al.*, 2004), *Lilium* sp. (Han, 2000; Miller *et al.*, 2003; Pobudkiewicz & Treder, 2006), para su cultivo en macetas. También han sido ampliamente usados en la producción de herbáceas anuales y bianuales, para lograr un producto de alta calidad y uniformidad (Yoshimura *et al.*, 1997; Starman & Williams, 2000; Kuehny *et al.*, 2001; Matsoukis *et al.*, 2003).

### 1.3.2. Tipos de retardadores de crecimiento y sus efectos anti - giberelinas

Existen en el mercado una amplia variedad de productos químicos, recomendados para el control del crecimiento, pero solo algunos de ellos son los más usados. En nuestro país, a nivel comercial, es posible encontrar en la actualidad tres de estos productos, CCC, Daminozide y Paclobutrazol (CASAFE, 2007); aunque en el mundo, se dispone de una amplia variedad (Tabla 1.1).

Tabla 1.1: Denominación común, comercial y química de retardadores de crecimiento usados en floricultura

Denominación común	Denominación comercial	Denominación química
AMO 1618	Carvadan	5-isopropil-2-metil-4-cloruro de fenil amonio
Ancimidol	A-Rest	$\alpha$ -ciclopropil- $\alpha$ - (4 metoxifenil)-5 pirimidin metanol
Cloromequat - CCC	Cycocel	(2-cloroetil) cloruro de trimetilamonio
Daminozide	Alar, B-Nine	Ácido N-dimetilamonio Succinámico / Ácido Succínico 2,2 dimetil hidracida
Paclobutrazol	Bonzi	(2RS,3RS)-1- (4 clorofenil)- 4,4 dimetil-2-2(1H-(1,2,4 triazol-1il)-penta-3ol
Uniconazole	Sumagic	(E)-(S)-1-(4 clorofenil)-4,4 dimetil-2-(1H- 1,2,4, triazol-1 il) penta-1- ene 3 ol

Fuente: Larson, 1985.

El efecto de los RC sobre el crecimiento del tallo ocurre en la región subapical de la yema terminal, donde la división celular, y en menor grado, la elongación celular, son inhibidas. Dennis *et al.* (1965), han demostrado que la aplicación de AMO 1618 induce una reducción drástica de la actividad mitótica en el meristema subapical de esquejes vegetativos de crisantemos. Estos inhibidores están relacionados con una depresión de la concentración de GAs en las plantas, inhibiendo la expansión celular, y disminuyendo la plasticidad de la pared celular (Gent & MacAvoy, 2000; Srivastava, 2002). Así, los entrenudos de las plantas tratadas con RC son más cortos, porque poseen menos células.

Algunos de estos RC actúan inhibiendo un paso específico en la síntesis de giberelinas, la cual es necesaria para el mantenimiento de la actividad del meristema subapical

(Shive & Sisler, 1976; Frost & West, 1977; Coolbaugh *et al.*, 1982; Graebe, 1987; Nickell, 1994). Trabajos presentados por Rademacher (2000) y más recientemente por Sponsel (2007b), demuestran que el efecto de estos productos se realiza a nivel de la inhibición de enzimas específicas en las diferentes etapas de la biosíntesis de GAs (Figura 1.3).

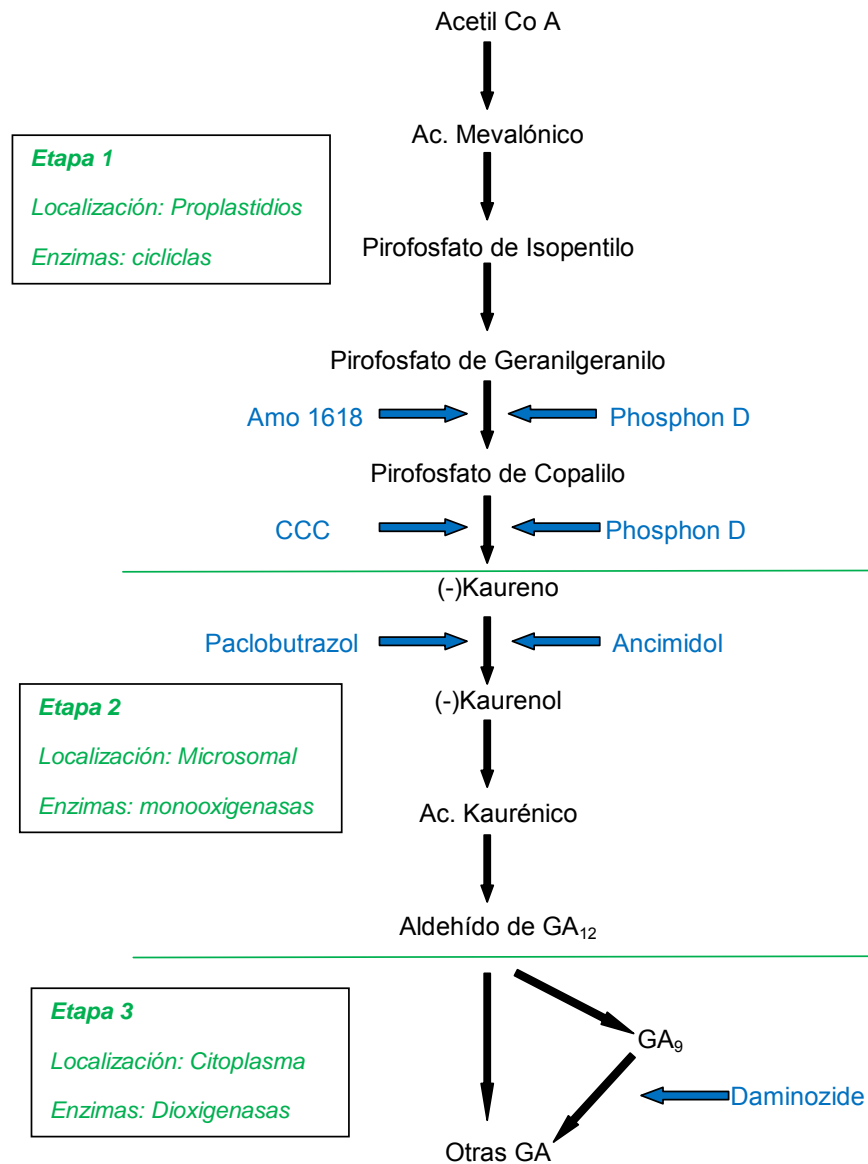


Figura 1.3: Esquema general de la biosíntesis de giberelina y vías de control por parte de diferentes reguladores del crecimiento. Adaptado de Sponsel (2007 a,b). Explicación en el texto

Es posible distinguir cuatro grupos de inhibidores de la biosíntesis de giberelinas, según en que etapa de la biosíntesis de GAs en la que actúen (Rademacher, 2000; Srivastava, 2002).

a) Compuestos que presentan una carga positiva, representada por un grupo amonio, fosfonio o sulfonio, y actúan a nivel de las terpeno-sintetasas, como por ejemplo la copalil-difosfato sintetasa y la kaureno sintetasa. Estos compuestos inhiben la conversión de pirofosfato de geranilgeranilo en pirofosfato de copalilo, a nivel de la etapa 1 de la biosíntesis de GAs (Figura 1.3). Dentro de ellos el Cycocel (CCC), AMO 1618, con un grupo amonio cuaternario, son algunos de los compuestos usados en la producción de plantines. Otro compuesto como el Phosphon D también inhibe la subsecuente formación de *kaureno* (Dennis *et al.*, 1965).

b) Compuestos heterocíclicos que contienen N, como por ejemplo, ancimidol, flourpirimidol, de amplio uso en ornamentales. Estos retardadores actúan como inhibidores de las mono-oxigenasas, las cuales actúan a nivel de la etapa 2 (Figura 1.3) de la biosíntesis de GAs, catalizando el paso oxidativo del kaureno en ácido kaurenoico (Rademacher, 2000). En la década del '80, aparecieron en el mercado los *Triazoles*, productos fungicidas con acción retardadora, de los cuales, paclobutrazol y uniconazole, son los más conocidos y de amplio uso (Salisbury & Ross, 1994; Rademacher, 2000).

c) Estructuras similares al ácido 2-oxoglutarico. Las enzimas dioxigenasas catalizan el paso oxidativo entre los carbonos C<sub>20</sub> y C<sub>19</sub> de las GAs en la etapa 3 (Figura 1.3). Estas enzimas utilizan el 2-oxoglutarato, como un co-sustrato, de modo que los RC que actúan en esta etapa, se comportan como inhibidores competitivos que reemplazan al 2-oxoglutarato. Ejemplos de este tipo de inhibidores son el prohexadione-Ca y el daminozide, que bloquean particularmente la 3β-hidroxilación, la cual inhibe la formación de GAs activas a partir de un precursor inactivo (Sponsel, 2007b).

d) Las 16,17 dihidro giberelinas, son los compuestos de más reciente aparición en el mercado. Su acción como RC del crecimiento es debido a la inhibición de las dioxigenasas, las cuales catalizan el último paso del metabolismo de las GAs, particularmente la 3β-



hidroxilación, en la etapa 3 de la síntesis (Rademacher, 2000) (Figura 1.3). Como resultado de investigaciones, la *exo*-16, 17 – dihidro-GA<sub>5</sub>-13 acetato, representa el compuesto de este grupo con mayor acción retardante sobre plantas gramíneas, especialmente trigo y cebada. Este compuesto y otras estructuras similares son virtualmente inactivas sobre otras especies de plantas analizadas (Rademacher, 2000).

En muchas plantas, la inhibición del crecimiento debido a cada uno de estos compuestos puede superarse con la aplicación de GA<sub>3</sub>, lo cual confirma que sus efectos principales son inhibir la síntesis de giberelina, sin embargo, Phosphon D, AMO-1618 y CCC inhiben también la síntesis de esteroides en el tabaco, indicando que esos compuestos, no son sólo inhibidores de la formación de giberelinas (Nickell, 1994; Salisbury & Ross, 1994).

Las diferentes respuestas entre las especies, son debidas en parte, a los diferentes hábitos de crecimiento, y también a diferencias en el metabolismo y respuesta de las giberelinas. Los inhibidores de la síntesis de GAs no afectan de la misma manera a todas las giberelinas (Dicks, 1976; Wilkins *et al.*, 1979; Seeley, 1979; Shanks, 1982; Larson, 1985; Gent & McAvoy, 2000; Rademacher, 2000). Leopold (1971), observó que la GA<sub>3</sub> es capaz de remediar el efecto enanizante del ancymidol sobre maíz. Sin embargo, la proporción en la que fue remediado el efecto fue difícil de determinar. En otro trabajo se experimentó con GA<sub>7</sub> para revertir el efecto del ancymidol; en el mismo la adición de 10 µl de 2mM de GA<sub>7</sub>, favoreció el incremento de la elongación del epicótilo de plántulas de poroto (*Phaseolus vulgaris* L.) tratadas con ancymidol y triarimol (α-(2,4-diclorofenil)-α-fenil-5-pirimidinemetanol) (Shive & Sisler, 1976).

### 1.3.3. Métodos de aplicación y otras consideraciones

La efectividad de los RC está influenciada por los métodos de aplicación, ya que pueden ser aplicados a través del asperjado sobre la planta, o en el riego al sustrato. Las recomendaciones de aplicación, que pueden encontrarse en los marbetes de los envases comerciales, están dadas en función de la concentración de ingrediente activo. De este modo, la dosis de aplicación, será la concentración de ingrediente activo en el volumen de la solución aplicada por planta. En el caso de las aplicaciones a través del riego, las dosis de ingrediente

activo son dadas por planta o por maceta, por que la respuesta de la planta al RC se relaciona con la dosis recibida en miligramos de ingrediente activo por planta (Larson, 1985; Sanderson *et al.*, 1988).

La edad de las plantas y su tamaño, también puede afectar la efectividad del RC. Los productos comerciales proveen recomendaciones específicas para un gran número de especies de plantas ornamentales; y aún para las especies en particular, los marbetes recomiendan diferentes dosis de aplicación. Las plantas que crecen más rápido requieren dosis más altas para alcanzar el control deseado, mientras que aquellas que crecen en condiciones sub-óptimas requieren dosis menores (Larson, 1985; Gent & McAvoy, 2000; Kessler, 2004; Mullinax *et al.*, 2005).

La mezcla de sustrato, la temperatura del aire, el cultivar, los programas de riego y fertilización son otros de los factores que pueden influenciar el éxito de la aplicación de RC (Larson, 1985; Gent & McAvoy, 2000; White, 2003).

#### **1.4. Acondicionamiento Mecánico**

##### *1.4.1. Definición y formas de aplicación*

La acción de frotar el extremo superior de los tallos en la zona de crecimiento, es efectivo para retardar o disminuir la elongación de los mismos (Mitchell *et al.*, 1975; Biro *et al.*, 1980; Latimer, 1988). El cepillado o “brushing” es una técnica de acondicionamiento mecánico táctil, usada para el control de la altura en plantines hortícolas para transplantes y en plantas ornamentales (Keller & Steffen, 1995).

De acuerdo con Latimer (1991), el acondicionamiento mecánico es una estimulación física deliberadamente aplicada para producir estrés, que permite manejar el crecimiento y mejorar la calidad de una planta; ello ocurre generalmente al reducir el crecimiento, mejorar el vigor y talla de la misma. Estos estímulos físicos, que afectan a las plantas, son descritos mediante prefijos; por ejemplo, el prefijo *seismo* o *seismic*, describe una acción dinámica de sacudida, mientras que *tigmo* o *tigmic*, hace mención a un contacto por fricción (Mitchell & Myers, 1995; Braam, 2005).

Las respuestas fisiológicas al *seismic* o *tigmic*, pueden ser similares, pero las respuestas morfológicas no son siempre idénticas, y los estímulos físicos son bastantes distintos. Este puede ser aplicado mediante fricción de los tallos, cepillado de los ápices (Latimer, 1998), vibración de las macetas o planta (Mitchell *et al.*, 1975), o mediante la perturbación de las plantas con agua, aire forzado o viento (Liptay, 1985) todos ellos resultan en un cambio físico de los puntos de crecimiento.

Se han realizados numerosos trabajos de aplicación de estrés mecánico sobre la regulación del crecimiento de las plantas que crecen en ambientes modificados, los cuales han sido, ampliamente discutidos por diversos autores (Mitchell & Myers, 1995). En estas revisiones, se presenta la inhibición de la elongación de los entrenudos y el engrosamiento radial del tallo, como una característica definitoria de la *tigmo-morfogénesis*.

Una vez que el retraso en la elongación del entrenudo ha ocurrido, el cese del tratamiento de fricción, no revierte la compresión de los entrenudos afectados. Sin embargo, los subsecuentes entrenudos post-tratamiento, crecerán normalmente. La recuperación del crecimiento ocurre varias horas o varios días posteriores al cese del tratamiento de estrés mecánico (Mitchell *et al.*, 1975; Latimer, 1998).

Estudios microscópicos han revelado que el retardo del crecimiento axial del tallo, puede ocurrir exclusivamente mediante la inhibición de la elongación celular o de la división celular (Biro *et al.*, 1980; Mitchell & Myers, 1995). El segundo efecto, el engrosamiento lateral del tallo, se produce por la división celular, especialmente xilema secundario, y alargamiento lateral de las células de los tejidos internos (Biro *et al.*, 1980).

El cepillado o "brushing", es uno de los métodos de inducción de estrés mecánico, de mayor aplicación en la producción de plantines hortícolas y ornamentales. El cepillado provee un estímulo táctil o tigmomorfogénico de los puntos de crecimiento de la planta (Latimer, 1998). La inducción a curvarse de los tallos por un estímulo *tigmo asimétrico* puede ser una causa de tigmotropismo, es decir cambios de dirección por medio de un contacto (Ishikawa & Evans, 1992).

Hay diversas formas para su aplicación, que incluyen el cepillado de los ápices de las plantas con una pequeña escobilla (Takaki *et al.*, 1977), un dispositivo similar a un plumero (Hiraki & Ota, 1975), pliegues realizados con hojas de papel (Biddington & Dearman, 1985), una pieza de cartulina (Latimer, 1990), una barra de aluminio suspendida (Nakaseko, 1988), un tubo de PVC suspendido, o una lámina de espuma de poliuretano (Garner & Björkman, 1996).

El material o mecanismo para producir el cepillado debe ser lo suficientemente fuerte y duradero para manipular los ápices sobre una alta densidad de plantación, especialmente después que el tratamiento ha causado un incremento típico en la firmeza y rigidez de los tallos, y que las plantas han alcanzado una cierta altura (Latimer, 1998). Pöntinen & Vaipio (1992) citado por Latimer (1998), encontraron que el cepillado era mucho más efectivo para reducir la altura al transplante que el viento o la sacudida. Este acondicionamiento mecánico puede llegar a reducir la altura de la planta entre un 20 – 50 % o más en algunos casos. Estas reducciones en el crecimiento son similares a aquellas logradas con RC (Latimer, 1998).

#### 1.4.2. Efecto sobre las plantas y otras consideraciones

Probablemente tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.), haya sido la especie más estudiada con respecto a la aplicación de estrés mecánico. Pero el cepillado es también efectivo sobre un gran número de otras especies, como berenjena (*Solanum melongena* L.), pepino (*Cucumis sativus* L.), sandía (*Citrullus lanatus* L.), observándose un acortamiento de los entrenudos en todos ellos (Latimer, 1998).

Así mismo, la altura de plantas ornamentales, como aquilegia (*Aquilegia hybrida*), Impatiens Nueva Guinea (*Impatiens hybrida*) y tagetes (*Tagete erecta* L.), fue reducida entre un 20 % y un 35 % en respuesta al cepillado con barra de cáñamo (Latimer, 1998). La altura de otras plantas ornamentales, tales como aster (*Callistephus chinensis* (L.) Nees), senecio (*Senecio cineraria* DC.), petunia (*Petunia hybrida* Hort. Vilm.-Andr.) y pensamientos (*Viola tricolor* L.) también ha sido efectivamente reducida mediante el cepillado con cáñamo (Autio *et al.*, 1994; Garner & Langton, 1997).

Además del control del crecimiento, el acondicionamiento mecánico afecta otras características de las plantas, provocando un incremento del peso del área foliar específica en plantas de tomate, berenjenas, lechuga, apio y coliflor; pudiendo también incrementar el número de tallos (Garner & Björkman, 1997; Latimer, 1998; Garner & Björkman, 1999).

El acondicionamiento mecánico también ha mostrado que estimula el crecimiento radial de los tallos, en detrimento de la flexibilidad e incrementando el número de traqueidas (y por ende de lignina) en plántulas de pino (Telewski & Jaffe, 1986b). Tales cambios en las propiedades celulares y físicas inducidos por el estrés mecánico son parte del proceso de “endurecimiento” natural de las plantas cuando son transferidas de un ambiente protegido al campo o jardín.

El análisis de los componentes estructurales de los tallos de plantas de tomate acondicionadas mecánicamente, mostraron también un incremento en el porcentaje de celulosa (Latimer, 1998). Esto hace que las plantas que son sometidas a algún tipo de acondicionamiento mecánico, no necesiten de un proceso de endurecimiento, para volverlas menos susceptibles a la falta de agua o temperaturas extremas (Garner & Björkman, 1999).

Otra respuesta observada es que las hojas de las plantas presentan una coloración verde más intensa. En plantas de tomate mecánicamente estresadas, se observó este enverdecimiento. El contenido específico de clorofila fue mayor, pero también se observó una reducción del área foliar, debido a que la expansión foliar fue retardada, de modo que el enverdecimiento resultó de un aumento en la concentración de cloroplastos dentro de células pequeñas, más que de un aumento de la síntesis de clorofila por sí misma (Mitchell *et al.*, 1975; Latimer, 1998).

En general, el estrés mecánico disminuye la fotosíntesis neta en las plantas. Una posible explicación incluye, un incremento en la tasa respiratoria, un decrecimiento del área foliar y cambios en la orientación de las hojas que disminuyen una eficiente absorción de la luz (Mitchell *et al.*, 1975; Pappas & Mitchell (1985a), Pappas & Mitchell (1985b).

El grado de reducción del crecimiento depende de la duración y de la intensidad del tratamiento de acondicionamiento mecánico. Björkman (1998), presentó evidencia que con 10

toques diarios sobre plantines de tomate se lograba reducir el crecimiento de los mismos. Un número mayor de estímulos no significaban una reducción mayor, por el contrario, la reducción del crecimiento estuvo directamente relacionada con el número de días de tratamiento.

Por otro lado, el momento de inicio del tratamiento también afecta el grado de reducción de la altura de las plantas (Latimer, 1998). Garner & Björkman (1996), encontraron que la reducción del crecimiento en plantas de tomate no solo dependía del número de días de tratamiento, si no del tamaño de las plantas al momento de inicio del tratamiento. Cuando el cepillado se inició con una altura de plántula de 6 cm (primera hoja verdadera expandida), la reducción del crecimiento fue mayor que cuando el tratamiento fue iniciado a los 8 – 10 cm.

Otro punto a tener en cuenta es el tiempo, durante el cual debe aplicarse. En un rango entre 10 y 40 acciones de cepillado por día, se observan efectos similares sobre la reducción de la altura de plantas de tomate (Garner & Björkman, 1996) o plantines de pensamiento (*Viola tricolor* L.) (Garner & Langton, 1997). Sanders (1994), citado por Latimer (1998), encontró una efectiva reducción del crecimiento en plántulas de tomate, berenjena y pimiento con un cepillado de ocho ciclos (ida y vuelta) aplicado tres o seis veces por día.

El hábito de crecimiento y la textura de las plantas es también otro punto a tener en cuenta, pues ello determina la susceptibilidad al daño. Garner & Langton (1997), encontraron que plantas de pensamientos, respondieron al acondicionamiento mecánico, mientras, *impatiens* (*Impatiens walleriana* Hook.f.) y geranium (*Pelargonium hortorum* Bailey) fueron más fácilmente dañados por los tratamientos. El daño a las flores es un punto importante a tener presente, especialmente en plantines ornamentales.

#### 1.4.3. Hormonas relacionadas con la fisiología del estrés

El etileno, ha recibido una atención importante en relación al control del crecimiento a través de medios mecánicos. El acondicionamiento mecánico ha mostrado que induce la actividad de la enzima 1- aminociclopropano – 1 – ácido carboxílico (ACC) sintetasa, la cual cataliza la producción de ACC, precursor inmediato del etileno (Biro & Jaffe, 1984). Por otro lado, es conocido el rol que juegan las giberelinas en la elongación de los tallos. Ensayos

realizados al respecto, comprobaron una reducción importante en el contenido de giberelinas en plantas estresadas, mientras que en las plantas control el contenido de giberelinas activas se mantenía constante (Mitchell & Myers, 1995).

Asimismo, diferencias genotípicas en la partición de la biomasa entre hojas, tallos y raíces están correlacionadas con diferencias en los niveles endógenos de giberelinas (Niklas, 1998).

Erner & Jaffe (1982), también encontraron relación entre el contenido de auxinas y ácido abscísico (ABA) en condiciones de estrés. En plantas jóvenes de poroto, a las que se perturbaron por más de 10 días, observaron que se acumulaba una sustancia parecida a las auxinas (AIA) y se incrementaban los niveles de ABA. Etileno exógeno, aplicado en forma de Etephon, lograba el mismo resultado. Tanto la perturbación mecánica, como la aplicación exógena de Etephon, tenían un significativo retardo del transporte basípeto del  $^{14}\text{C}$ -AIA. Ellos propusieron que la perturbación mecánica de los entrenudos de poroto provoca un aumento en la producción de etileno, el cual, induce una acumulación de AIA y la producción de ABA, contribuyendo este último a un retraso de la elongación de los entrenudos. Estos resultados concuerdan con el trabajo de Biro & Jaffe (1984), donde los autores encontraron que la perturbación mecánica de entrenudos de poroto influía sobre la producción de etileno, comenzando su síntesis a los 45 – 60 minutos de iniciada la perturbación y llegando a un pico de producción dos horas después.

El conocimiento acerca de la sensibilidad física de las plantas ha conducido a cambios graduales en las prácticas convencionales en los viveros para la producción de árboles y arbustos jóvenes que crecen en contenedores (Kellogg & Steucek, 1980; Telewski & Jaffe. 1986 a; Telewski & Jaffe. 1986 b)

## **1.5. La luz como regulador - Fotomorfogénesis**

### **1.5.1. Calidad de la luz y sus efectos**

Las plantas perciben la calidad, cantidad, dirección y duración de la luz incidente, y usan estas señales para optimizar su crecimiento y desarrollo. Todos los aspectos del crecimiento y desarrollo son influenciados por la luz, ya que actúa como fuente de energía, en

procesos cuantitativos como la fotosíntesis; y además, como fuente de información para las plantas verdes, en procesos cualitativos de fotomorfogénesis, incluyendo la elongación de entrenudos, floración, abscisión foliar, crecimiento de ramas axilares, y crecimiento de tallos y raíces (Casal & Smith, 1988; Decoteau, 1998; Batschauer, 1998; Deng & Quail, 1999; Aphalo, 2001).

En ausencia de luz, una plántula utiliza primeramente las reservas almacenadas en la semilla para el inicio del crecimiento etiolado, proceso llevado a cabo bajo el suelo en condiciones de oscuridad. Posteriormente es necesaria la energía lumínica para iniciar el cambio desde el crecimiento en la oscuridad, al crecimiento con luz, y dar inicio al proceso de fotosíntesis (Salisbury, 1994; Arnim & Deng, 1996).

Estos cambios son inducidos mediante una respuesta a la luz claramente diferente, llamada fotomorfogénesis, la cual puede definirse con mayor propiedad, como la habilidad de la luz para regular el crecimiento y desarrollo de las planta, independientemente de la fotosíntesis (Decoteau, 1998; Taiz & Zeiger, 2002). Por sí misma, la luz no porta información morfogénica; más bien, el factor crucial es la capacidad de respuesta o sensibilidad de las células (Salisbury & Ross, 1994).

#### 1.5.2. Fotorreceptores

Las características de dirección y composición espectral de la luz en el ambiente que rodea a las plantas, es transferida a estas a través de la interceptación y activación de una compleja red de fotorreceptores, los cuales perciben estas señales, que son luego usadas por las plantas para reunir información posicional de las plantas vecinas (Casal, 2000; Casal *et al.* 2003).

A través de estos pigmentos, las plantas tienen la habilidad de percibir variaciones en la composición de la luz para iniciar cambios fisiológicos y morfológicos (Aphalo & Ballaré, 1995; Arnim & Deng, 1996; Aphalo *et al.*, 1999; Ballaré, 1999). Así, se puede observar que todas las plantas responden al sombreado y/o a la vecindad de otras plantas con un aumento de la elongación del tallo, mayor área de las hojas individuales, alterando la forma de las hojas, con hojas más horizontales; tallos y ramas más verticales; se incrementa la



dominancia apical; y se producen cambios en la composición química (nutrientes minerales, antocianinas, clorofilas y otros metabolitos) (Decoteau, 1998; Aphalo, 2001; Henry & Thomas, 2002).

Se conocen cuatro tipos de fotorreceptores, que influyen en la fotomorfogénesis de las plantas; estos detectan diferentes calidades de luz sobre un amplio rango espectral, pero con cierta superposición en el espectro de acción (Batschauer, 1998; Nagy & Schäfer, 2002):

- Fitocromos, son los responsables de la detección de la luz roja (660 – 680 nm) y rojo-lejano (730 – 740 nm), pero también perciben en la región del azul.
- Criptocromo, grupo de pigmentos similares y no identificados que absorben longitudes de onda del ultravioleta de onda larga (región UV-A 320 – 3800 nm) y luz azul (400 – 500 nm)
- Fotorreceptores UV – V, uno o más compuestos no identificados (técnicamente no son pigmentos), que absorben radiación ultravioleta con longitud de onda alrededor de 290 nm).
- Fotoclorofilina *a*, pigmento que absorbe luz roja y azul y que, una vez reducida, da clorofila *a*.

### 1.5.3. *Fitocromos: propiedades biológicas y formas de respuestas*

Las principales propiedades biológicas de fotorreceptores, fueron establecidas inicialmente en ensayos con plantas. Los primeros indicios relacionados al rol del fitocromo en el desarrollo de las plantas, proviene de estudios, iniciados en la década del '30, sobre respuestas morfogénicas inducidas por luz roja, especialmente en la germinación de semillas (Arnim & Deng, 1996; Batschauer, 1998; Casal, 2000).

Una clave del avance en la historia de los fitocromos fue el descubrimiento de que los efectos de la luz roja (650 – 680 nm) sobre la morfogénesis, podían ser revertidos mediante una subsecuente irradiación con longitudes de onda larga, luz rojo lejano (710 – 740 nm). Este fenómeno, fue demostrado, sobre la germinación de semillas, pero luego fue también observado en relación al crecimiento de tallos y hojas, así como también sobre la inducción floral (Batschauer, 1998; Casal *et al.*, 1998; Aphalo, 2001; Taiz & Zeiger, 2002).

El fitocromo natural es una proteína soluble, con una masa molecular de cerca de 250 kDa. Se presenta como un dímero formado por dos sub-unidades equivalentes. Cada sub-unidad contiene dos componentes: una molécula de pigmento para la absorción de luz, llamado *cromóforo*, y una cadena de polipéptidos, o *apoproteína*. En conjunto forman una *aloproteína*. El cromóforo del fitocromo es un tetrapirrol lineal, denominado *fitocromobilin* (Batschauer, 1998; Aphalo, 2001).

En condiciones de oscuridad o de plantas etioladas, el fitocromo se presenta en la forma de absorción de luz roja ( $Pr$ )<sup>1</sup>, ya que es sintetizado bajo esta forma. La forma  $Pr$  es convertida mediante luz roja a la forma de absorción luz rojo lejano ( $Pfr$ )<sup>2</sup>.  $Pfr$ , a su vez, puede reconvertirse en  $Pr$  mediante luz roja lejano. Esto confirma el hecho, de que ambas formas tengan distinto espectro de absorción, con una absorción máxima en la región del rojo ( $Pr \lambda_{max} = 660 \text{ nm}$ ) y rojo lejano ( $Pfr \lambda_{max} = 730 \text{ nm}$ ). Esta propiedad de conversión/reconversión, denominada fotorreversibilidad, es la más distintiva del fitocromo (Figura 1.4) (Aphalo, 2001; Taiz & Zeiger, 2002).



Figura 1.4: Interconversión de las formas  $Pr$  y  $Pfr$  del fitocromo

Cuando moléculas de  $Pr$  son expuestas a luz roja, la mayoría de ellas la absorbe y son convertidas a la forma  $Pfr$ , pero algunas de las moléculas de  $Pfr$  son reconvertidas a la forma  $Pr$ , pues ambas formas absorben luz roja. En estas condiciones, la proporción de fitocromo en la forma  $Pfr$ , después de una saturación de irradiación con luz roja es solamente del 85 %. Así mismo, pequeñas cantidades de luz rojo lejano absorbida por la forma  $Pr$ , hace imposible convertir  $Pfr$  enteramente a  $Pr$ , por el amplio espectro de luz rojo lejano. En lugar de ello, se alcanza un equilibrio del 97 % de la forma  $Pr$  y un 3 % de la forma  $Pfr$ , denominado Estado foto-estacionario (Taiz & Zeiger, 2002).

<sup>1</sup> Se toma la denominación en Idioma Inglés:  $Pr$  = Phytochrome red

<sup>2</sup> Se toma la denominación en Idioma Inglés  $Pfr$  = Phytochrome far red

Se asume que la forma Pfr es la forma activa en la señal de la planta para responder a los cambios en el ambiente y por consiguiente, la cantidad de Pfr al inicio del período oscuro, juega un rol crítico en la regulación de la morfología de la planta, tal como la altura. La exposición al final del día a luz roja (R) o rojo – lejano (RL) puede influir en la morfología de la planta mediante la alteración de la cantidad de Pfr presente al inicio del período oscuro. Por ejemplo, las plantas que crecen bajo la canopia de un bosque o una selva reciben grandes cantidades de luz RL debido a la absorción de la luz R por parte de las plantas más altas. El mutuo sombreado entre plantas adyacentes puede tener un efecto similar bajo densas condiciones de plantación en el campo o en el invernadero. En estas circunstancias las plantas tienden a crecer más altas debido a la gran cantidad de luz RL, la que resulta en una alta cantidad de fitocromo en su forma de absorción R inactiva en la planta (Aphalo & Ballaré, 1995; Decoteau, 1998; Aphalo *et al.*, 1999; Ballaré, 1999).

Es beneficioso conocer la proporción relativa de cómo se encuentra el fitocromo, ya sea, bajo su forma activa (Pfr), o bajo su forma inactiva (Pr), ya que de ello dependerá el tipo de respuesta de la planta (Decoteau, 1998; Aphalo, 2001).

Dependiendo de la calidad de la luz, se establece un foto-equilibrio del fitocromo ( $Pfr / P$ , donde  $P = Pr + Pfr$ ). Una alta relación R : RL, da lugar a una elevada relación  $Pfr / P$ , y viceversa (Runkle & Heins, 2003).

Modelos basados en la distribución del espectro de radiación incidente desde 300 a 800 nm, han sido desarrollados para estudiar la relación  $Pfr / P$  (Sager *et al.*, 1988, citado por Runkle & Heins, 2003).

Los estudios de la inhibición de la elongación del hipocótilo mediante la luz han sido de gran valor en el estudio de la morfogénesis, debido a que es fácilmente medible y dinámico, y también es posible disponer de mutantes para el análisis genético de estas respuestas (Sharrock & Quail, 1989; Parks *et al.*, 2001).

#### 1.5.4. Efectos de los pulsos de luz y luz continua

Un aspecto importante, y muchas veces ignorado, es cómo la planta distingue entre un simple pulso de luz y la luz continua; y percibe de que forma la señal de la luz va decayendo

(Batschauer, 1998). Existe evidencia de que las respuestas de los fitocromos se diferencian por la cantidad de luz requerida para su inducción. Esta cantidad de luz necesaria, se denomina fluencia, y la misma es definida como el número de fotones interceptados por unidad de superficie, siendo su unidad característica, moles por metro cuadrado ( $\text{mol. m}^{-2}$ ).

Estas respuestas caen dentro de tres categorías, basadas, en la cantidad de luz requerida. Así se pueden reconocer, respuestas de muy baja fluencia (very- low -fluence responses = VLFRs), este tipo de respuestas pueden ser iniciadas con fluencias tan bajas como  $0,0001 \mu\text{mol.m}^{-2}$ , y se saturan con un máximo alrededor de los  $0,05 \mu\text{mol.m}^{-2}$ . Por ejemplo, semillas de *Arabidopsis* pueden ser inducidas a germinar con luz roja en un rango de  $0,001 - 0,1 \mu\text{mol.m}^{-2}$  (Casal, 2000; Taiz & Zeiger, 2002).

Por otro lado pueden darse también, Respuestas de Baja Fluencia (low-fluence responses =LFRs), la cual no puede ser iniciada hasta que la fluencia no alcance  $1,0 \mu\text{mol.m}^{-2}$ , saturándose con niveles de  $1000 \mu\text{mol.m}^{-2}$ , incluyen la mayoría de las respuestas foto-reversibles rojo/rojo lejano, tales como la promoción de la germinación de semillas de lechuga (*Lactuca sativa* L.) y la regulación del movimiento de las hojas (Taiz & Zeiger, 2002).

Por último, es posible reconocer, respuestas de alta irradiancia (high-irradiance responses = HIRs) requieren de una exposición prolongada o continua de luz de relativamente alta irradiancia, y la respuesta es proporcional a esta irradiancia dentro de un cierto rango. La razón de que estas respuestas sean llamadas de Alta Irradiancia, antes que respuestas de alta fluencia, es debido a que ellas son proporcionales a la irradiancia (brillo de la luz), más que de su fluencia. Las repuestas de alta irradiancia se saturan a muy altas tasas de fluencia, al menos 10 veces más que las respuestas de baja fluencia, y no son foto-reversibles (Casal *et al.*, 1998; Taiz & Zeiger, 2002).

Algunas respuestas, no requieren necesariamente de luz continua, y pueden ser inducidas (al menos parcialmente) con pulsos frecuentes de la misma longitud de onda y fluencia total, que la obtenida con luz permanente. Los efectos de los pulso frecuentes de luz (promoción o inhibición), seguidos de un período oscuro son llamados "Respuestas Inductivas", por que la señal de luz establecida durante el pulso dado, continúa actuando durante algún tiempo en el período oscuro, y pueden ser clasificados como de RMBF o RBF, dependiendo del

rango efectivo de los valores de Pfr, o fluencia de luz R necesaria para establecer esos valores de Pfr. (Casal *et al.*, 1998).

Una manipulación artificial, bastante efectiva de la luz ambiente, es aquella en la cual se expone a las plantas a pulsos cortos (5 – 15 min) de luz roja o rojo lejano al final del día (End Of Day = EOD). Trabajos realizados con plantas expuestas a la luz con una alta relación R /RL durante el día (por ejemplo luz fluorescente o luz solar), un pulso de luz rojo lejano (denominado EOD – FR) dado inmediatamente antes del comienzo de la noche (ocaso), promueve la elongación del tallo, a través del crecimiento de los entrenudos. Por otro lado, estas respuestas de luz rojo lejano dado al EOD, fueron revertidas por una aplicación inmediata de luz roja, lo que implica la participación del fitocromo como pigmento foto-receptor, y se clasifican como respuesta de baja fluencia (Graham & Decoteau, 1995; Graham & Decoteau, 1997; Casal, 2000; Casal *et al.*, 2003).

#### 1.5.5. Regulación de la biosíntesis de giberelina y localización del fitocromo

Como se mencionara con anterioridad, existe abundante evidencia, de que varios procesos del desarrollo de la planta, como el crecimiento del tallo, son controlados por la actividad de las hormonas, entre ellas, las giberelinas (GAs), principalmente GA<sub>1</sub>, la principal GA biológicamente activa, en varias especies (Wada & Kadota, 1989; Salisbury, 1994).

Factores ambientales, como la luz y la temperatura, pueden afectar los procesos de las plantas, tanto, cambiando las concentraciones de GAs, como así también, alterando la sensibilidad al efecto de las GAs (Kamiya & García Martínez, 1999; Olszewski *et al.*, 2002; Alabadí *et al.*, 2004).

Estos efectos sobre los procesos de crecimiento y desarrollo de las plantas pueden ser substituido, en algunos caso (por ejemplo, germinación, elongación del tallo, y floración), mediante la aplicación de hormonas o mediante la reducción de su contenido (García Martínez & Gil, 2002; Alabadí *et al.*, 2004).

La mayoría de los genes que codifican las enzimas en la biosíntesis de GAs, han sido clonados y esto ha permitido el estudio de la regulación de la luz sobre la biosíntesis a nivel

molecular (Hedden & Kamiya, 1997; Helliwell *et al.*, 1998; Hedden & Proebsting, 1999; Helliwell *et al.*, 2001).

El efecto de la dirección de la luz, es otro punto a tener presente, y está muy relacionado a la localización del fitocromo en los tejidos de las plantas. El fitocromo se concentra muy fuertemente en las regiones donde ocurren cambios continuos en el crecimiento y desarrollo, es decir, tejidos jóvenes, preferentemente indiferenciados, en las células donde el ARNm es más abundante y los promotores más activos, por ejemplo, regiones meristemáticas, tales como yemas y primeros nudos en arveja, o el extremo y región nodal del coleoptilo en avena, gancho apical y extremos de las raíces. A nivel de la canopia, la foto-recepción de la luz roja lejano en forma lateral tiene lugar en los entrenudos en crecimiento (Casal & Smith, 1988; Aphalo, 2001).







## **2. HIPÓTESIS**

### **2.1. HIPÓTESIS GENERAL**

Las plantas tienen la capacidad de responder con una gran plasticidad a las condiciones del ambiente que las rodea y a las condiciones a las que son sometidas durante su cultivo. La utilización de diferentes técnicas de manejo, permite el control de la morfogénesis, optimizando así su arquitectura, haciéndolas más compactas y atractivas para su comercialización.

### **2.2. HIPÓTESIS PARTICULARES**

#### **2.2.1. Reguladores del crecimiento**

El uso de sustancias que afectan la división y elongación celular de los meristemas permite regular fisiológicamente la altura de la planta sin causar deformaciones, y puede ser usado para obtener plantas con una buena arquitectura para su comercialización.

#### **2.2.2. Acondicionamiento mecánico**

La aplicación de un estrés mecánico, a través del cepillado de los puntos de crecimiento, permite controlar el crecimiento de los plantines modificando su morfología.

#### **2.2.3. Calidad de luz**

La luz es un medio para controlar la morfogénesis de las plantas, a través del manejo de su calidad (relación R / RL), ya que puede ser controlada espacial y temporalmente a través de pequeños pulsos de luz dados al final del día (FDD).





### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1. OBJETIVO GENERAL**

Comparar diferentes técnicas de manejos para el control del crecimiento, y medir sus efectos sobre la morfología de plantines florales de cultivo anual o de temporada.

#### **3.2. OBJETIVOS PARTICULARES**

##### **3.2.1. Reguladores del crecimiento**

Evaluar la aplicación de Retardadores del Crecimiento, que se encuentran en el mercado nacional, teniendo en cuenta que, factores tales como la forma de aplicación, el momento de aplicación, las condiciones ambientales y el modo de acción de los productos, determinan su efectividad.

##### **3.2.2. Acondicionamiento mecánico**

Determinar los efectos de la aplicación de estímulos físicos, como el cepillado, para controlar el crecimiento en plantas tratadas. Evaluando la reducción en altura en función de la duración y momento de aplicación.

##### **3.2.3. Calidad de la luz – Fotomorfogénesis**

Analizar que relación existe entre el control de la elongación de los entrenudos con la fuente de luz y su calidad espectral, duración y momento de aplicación.





## **4. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **4.1. Datos experimentales**

El trabajo se llevó a cabo en el Campo Experimental de Cultivos Intensivos y Forestales (CECIF) de la Facultad de Ciencias Agrarias de la UNL, en la ciudad de Esperanza, Santa Fe, Argentina (31° 26' S; 60° 56' W.; 40 m.s.n.m.).

Los ensayos se condujeron bajo invernadero tipo curvo: altura lateral 3,5 m; altura central 5,5 m; ancho de módulo 9 m; cubierto con plástico LDT 150 mm; apertura de ventanas cenitales y laterales con sistema automatizado, según temperatura, humedad relativa y velocidad del viento.

Los plantines se produjeron en bandejas plásticas de 288 celdas (6 ml/celda). Al momento del trasplante los mismos tenían 45 días, y poseían entre dos y tres hojas verdaderas.

El repique de los plantines se realizó en macetas N° 10 (250 cm<sup>3</sup>), tamaño de comercialización tradicional en la zona. Las macetas se espaciaron a 15 x 15 cm, de modo de evitar la competencia por luz entre plantas. Se utilizó un sustrato comercial (Dynamics – Sustrato profesional) a base de turba y perlita. Las plantas fueron sometidas a las prácticas culturales habituales de un establecimiento de producción (frecuencias de riego, fertilización, control de plagas y enfermedades, etc.).

### **4.2. Retardadores de crecimiento**

Se tomó la época de producción primavera – estival (septiembre a noviembre). La elección de la fecha de producción se basa en que las temperaturas máximas de estos meses suelen superar los 24 °C, y el crecimiento de los plantines se ve promovido, afectando la calidad comercial de los mismos.

Para este trabajo se utilizaron plantines de petunia (*Petunia hybrida* Vilm.), var. ULTRA, del tipo grandifloras. Esta es una especie anual, perteneciente a la familia de las Solanáceas.

A los 15 días del trasplante se procedió a la aplicación de los retardadores. Se trabajo con dos Retardadores:

- CCC ((2-cloroetil- cloruro de trimetilamonio).
- Paclobutrazol, ((2RS, 3RS)-1- (4 clorofenil)- 4,4 dimetil- 2-2(1H-(1,2,4 triazol-1il)- penta-3ol).

Ambos se aplicaron una solo vez, en forma de Spray (Asperjado), para lo cual se recurrió a un aspersor manual. La aplicación se realizó por única vez con un volumen de rocío de 200 cm<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>. En el caso de Paclobutrazol se realizó también una aplicación en riego, la misma se realizó en forma manual aplicando la dosis en forma individual a cada maceta, en una única vez, con un volumen de aplicación de 60 ml por maceta (Latimer *et al.*, 1999; Starman & Williams, 2000; Kuehny *et al.*, 2001; Matsoukis *et al.*, 2003; Gent, 2004).

Aplicación en Spray:

Control: Sin RC. Se lo roció con agua destilada.

Pbz As 20: Paclobutrazol (20 ppm)

Pbz As 40: Paclobutrazol (40 ppm)

Pbz As 80: Paclobutrazol (80 ppm)

CCC As 250: Cycocel (250 ppm)

CCC As 500: Cycocel (500 ppm)

Aplicación en riego:

Pbz Ri 20: Paclobutrazol (20 ppm)

Pbz Ri 80: Paclobutrazol (80 ppm)

Pbz Ri 160: Paclobutrazol (160 ppm)



### 4.3. Acondicionamiento mecánico

Durante esta experiencia se comparó el efecto de la aplicación de un estímulo mecánico de “brushing” o peinado sobre la planta, con un retardador de crecimiento, paclobutrazol, y un lote control.

El estímulo mecánico se realizó mediante un dispositivo que contó de una malla de alambres de las que colgaban tiras de espuma de poliuretano (Garner & Björkman, 1996; Latimer, 1998). Este sistema estuvo suspendido sobre un soporte de caño estructural y conectado a través de una varilla a un motor, el cual aportó un movimiento continuo para la producción de un cepillado sobre las plantas. El motor producía un movimiento de vaivén de la malla que se encontraba colgada de un caballete de hierro (Figura 4.1).



Figura 4.1: Dispositivo utilizado para producir el acondicionamiento mecánico a los plantines de petunias y tagetes

La experiencia se realizó con plantines de petunia (*Petunia hybrida* Vilm.), var. “Ultra”, del tipo grandifloras y Tagetes (*Tagete patula* L.) var. “Africa”, durante la época de producción primavera – estival (septiembre – noviembre) de 2005.

Se realizaron los siguientes tratamientos:

Control (TC): Sin tratamiento.

Retardador de Crecimiento (RC) – 40 ppm: Paclobutrazol, aplicado en forma de asperjado a la parte aérea de los plantines.

Estrés Mecánico (EM): se realizó un efecto de cepillado sobre los puntos de crecimiento de los plantines. El rozamiento de cada tratamiento se realizó en horas de la mañana, duraba 10 minutos y se aplicó tres (3) veces por semana, durante tres semanas (Garner & Björkman, 1996; Latimer, 1998; Garner & Björkman, 1999).

#### **4.4. Calidad de luz**

##### *4.4.1. Metodología*

Los ensayos se llevaron a cabo en cámara de crecimiento, donde se mantuvo un fotoperíodo de 16 horas, una temperatura de  $25,0 \pm 2$  °C, y un flujo de radiación fotosintéticamente activa de  $150 \mu\text{mol}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{seg}^{-1}$ . El flujo se midió con un Sensor integrador de flujo cuántico (LI- 190SA; LI-COR, Lincoln, Nebr.).

Para generar el pulso de luz roja al Final del Día (FDD), se construyó un sistema experimental con 2 tubos fluorescentes monocromaticos (TL-D 36 W/15 rojo – PHE) de 1,2 m de longitud. Los mismos se encontraban suspendidos a 0,25 m por encima de las bandejas, independientes del sistema de luz que generaba las condiciones de fotoperíodo. Mediante un equipo de control, se aplicó un pulso de 15 minutos de luz roja al final del día (FDD), de manera de lograr una alta relación R/RL (Decoteau & Friend, 1991; Graham & Decoteau, 1995; Graham & Decoteau, 1997; Decoteau, 1998).

##### *4.4.2. Primera etapa – Ajuste de metodología*

En una primera etapa se trabajó con plantines de tomate, para lograr el ajuste de la técnica. (Ver ANEXO 8.1.)

#### 4.4.3. Segunda etapa

En una segunda etapa, los ensayos se llevaron a cabo con plantines de Copetes (*Tagete patula* L.) var. "Africa" y Petunia (*Petunia hybrida* Vilm.) var. "Ultra", tomando como referencia las características de producción primavera – estival (septiembre – noviembre).

Tratamientos:

Control: se mantuvo un fotoperíodo de 16 horas, una temperatura de  $25,0 \pm 2$  °C, y un flujo de radiación fotosintéticamente activa de  $150 \mu\text{mol}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{seg}^{-1}$ .

Aplicación de Pulso de Luz Roja: se trabajó de acuerdo a lo explicado en el punto 4.4.1.

#### 4.5. Diseño experimental

El diseño Experimental fue completamente al azar. Cada tratamiento tuvo tres repeticiones con 60 plantas cada una. Las mediciones se realizaron tomando 6 muestras al azar de cada una de las repeticiones.

Los datos fueron procesados a través del Software Estadístico InfoStat (versión 2008). A cada una de las variables se le efectuó un Análisis de Varianza, en el caso de detectar diferencias significativas entre tratamientos con un  $\alpha \pm 0.05$ , se procedió a realizar la separación de las medias de los tratamientos mediante la prueba de Tukey, y se empleó un nivel de confianza del 95 %.

#### 4.6. Recolección de datos

La toma de datos se realizó cuando las plantas alcanzaron el estado de comercialización (el plantín presentaba de una a dos flores abiertas). En todos los tratamientos se midieron las siguientes variables:

➤ Índice de área foliar ( $\text{cm}^2$ ). Se utilizó para este propósito un medidor de área foliar marca LI-COR modelo LI-3000 A.

➤ Peso fresco (PF) y Peso Seco (PS) de la parte aérea (hojas, tallos y flores) y raíces (gr). El peso de la materia seca se determinó una vez realizado el secado a estufa a 70°C hasta peso constante. Ambos pesos se determinaron a través de una balanza Scientech ( $\pm 1\text{mg}$ ).

- Concentración de Clorofila *a*, Clorofila *b* y Clorofila Total (Arnon, 1949; Porra, 2005).
- Longitud del tallo principal (cm). Este parámetro se determinó por medio de un calibre y una regla graduada en milímetros (mm).
- Número de tallos axilares.
- Longitud de los tallos axilares (cm).
- Diámetro de la planta (cm). Promedio de dos medidas perpendiculares, una de otra. La medición se realizó con calibre graduado en milímetros (mm).
- Número de flores y pimpollos visibles.
- Días a floración.



## 5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 5.1. RETARDADORES DE CRECIMIENTO

En la evaluación de las variables vegetativas realizada durante la temporada de primavera, se encontró que las plantas tratadas con RC, principalmente Paclobutrazol, mostraron una forma más compacta y armónica, que las plantas control, esto debido a que el tallo principal, y los tallos axilares resultaron más cortos; observándose también una reducción del diámetro de las plantas; por otro lado, las plantas, presentaron un mayor número de ramas axilares comparadas con el control (Tabla 5.1).

No se observaron diferencias en el crecimiento del tallo principal, entre los diferentes tratamientos con Paclobutrazol, tanto aplicado en forma de asperjado, como en riego, mientras que si se observaron diferencias significativas entre tratamientos y el Control, con reducciones entre un 41 – 48 % (Tabla 5.1). Por otro lado, en los tratamientos de CCC Asperjado (CCC As), solo la dosis de 500 ppm mostró una reducción en el crecimiento del tallo principal del 35 % con respecto al control (Tabla 5.1).

En este trabajo, todas las dosis de Paclobutrazol, tanto asperjado como en riego, tuvieron un control efectivo del crecimiento en altura del tallo principal y de las ramificaciones, mostrando valores similares a 500 ppm de CCC. Starmann & Williams (2000), donde los investigadores encontraron un mayor efecto reductor del paclobutrazol sobre el crecimiento en altura de *Scaevola aemula* R. Br.) Kuntze, “New Wonder”, comparado con otros RC, como Ancymidol y Daminozide. Por otro lado, Blanchard & Runkle (2007), dependiendo de la dosis de Paclobutrazol (a mayor dosis mayor reducción), obtuvieron una reducción en la altura, entre un 56 y el 64 % en plantas de calibrachoa (*Calibrachoa hybrida* “Callie Dark Blue”), 27 y 51 % en plantas de petunia (*Petunia hybrida* Vilm., “Cascadias Vivid Red”), 66 % en scaevola (*Scaevola albida* (Sm.) Druce, “Jacob’s White) y entre el 25 y 42 % en plantas de verbena (*Verbena hybrida*, “Rapunzel Red”). Esto no se observó en nuestra experiencia, pero si se encontraron diferencias entre las dosis de Paclobutrazol a nivel del diámetro de la planta y el número de ramificaciones por planta (Tabla 5.1).

Con respecto al diámetro de las plantas, la mayor reducción (20 %), fue con la dosis en riego de Pbz Ri 160 y solo disminuyeron un 9 % los tratamientos Pbz As 20 y Pbz Ri 20 con respecto al control. En los tratamientos con CCC las reducciones en el diámetro de la planta fueron de solo el 3 % para el tratamiento CCC As 250 y del 6 % para el tratamiento CCC As 500 (Tabla 5.1).

Tabla 5.1: Longitud del tallo principal (cm), Longitud de tallos axilares (cm), Número de tallos axilares diámetro planta (cm), materia seca de tallos (gr) y materia seca de raíces (gr) de petunia, en respuesta a diferentes dosis de retardadores de crecimiento

Tratamiento/ Variable	Longitud tallo principal (cm)	Longitud tallos axilares (cm)	Número de tallos Axilares	Diámetro planta (cm)	MS Tallos (gr)	MS Raíces (gr)
Control	7,78 b	6,11 c	8,56 a	12,34 f	0,32 a	1,03 a
Pbz As 20 <sup>s</sup>	4,61 a	3,94 ab	9,67 ab	11,26 cd	0,31 a	1,46 b
Pbz As 40 <sup>t</sup>	4,22 a	3,34 a	11,89 bcde	10,31 ab	0,49 bc	1,49 b
Pbz As 80 <sup>u</sup>	4,06 a	2,81 a	9,78 ab	10,12 ab	0,49 bc	1,60 c
Pbz Ri 20 <sup>v</sup>	4,34 a	3,53 a	13,22 de	11,24 cd	0,35 ab	1,44 b
Pbz Ri 80 <sup>w</sup>	4,16 a	3,36 a	12,33 cde	10,67 bc	0,46 abc	1,57 c
Pbz Ri 160 <sup>x</sup>	4,06 a	3,01 a	13,56 e	9,89 a	0,56 c	1,96 d
CCC 250 <sup>y</sup>	7,20 b	5,61 c	10,78 abcd	11,97 ef	0,33 a	1,02 a
CCC 500 <sup>z</sup>	5,08 a	5,07 bc	10,00 abc	11,62 de	0,42 abc	1,03 a

Test de Tuckey, letras distintas en la vertical, indican diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ )

<sup>s</sup>20ppm Asperjado sobre el follaje; <sup>t</sup>40 ppm Asperjado sobre el follaje; <sup>u</sup>80 ppm Asperjado sobre el follaje; <sup>v</sup>20 ppm Riego por única vez; <sup>w</sup>80 ppm Riego por única vez; <sup>x</sup>160 ppm Riego por única vez; <sup>y</sup>250 ppm Asperjado sobre el follaje; <sup>z</sup>500 ppm Asperjado sobre el follaje

Con la variable, número de tallos axilares, las diferencias se ven acentuadas en los tratamientos de Paclobutrazol aplicado en riego (Figura 5.1), llegándose a un aumento entre el 44 y 58 %, con respecto al control. Mientras que en los tratamientos de Paclobutrazol asperjado los aumentos estuvieron entre el 12 % y el 38 %. Para los tratamientos de CCC el aumento estuvo entre el 16 % y 25 % para las dosis de CCC As 250 y CCC As 500, respectivamente (Tabla 5.1).



Figura 5.1: Diferencia en el número de tallos axilares en plantas de petunia. a) Control y b) Paclobutrazol Asperjado 40ppm

Esta respuesta sobre el crecimiento de tallos axilares, se encuentra muy influenciada en función de la especie de planta evaluada. Davis *et al.* (1988) encontraron que el efecto de los triazoles sobre el número de tallos axilares, variaba en función de las especies tratadas, así fue que encontraron que Paclobutrazol aplicado en riego retardaba la producción de tallos laterales en *Plectranthus australis* R. Br., e incrementaba el número de tallos axilares en *Gardenia jasminoides* Ellis.

Mientras que, Olsen & Andersen (1995), no encontraron diferencias en el número de tallos axilares en plantas de *Osteospermum ecklonis* L. cv. "Calypso", tratadas con Paclobutrazol y CCC. Por otro lado, Hamid & Williams (1997), trabajando con plantas de *Swainsona formosana* (G. Don) J. Thomson, con diferentes retardadores del crecimiento,



encontraron que paclobutrazol, provocó una importante disminución en el tamaño de las plantas, con un aumento en el número de tallos laterales. En este trabajo, se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos de asperjado y riego de Paclobutrazol, lo que concuerda con la bibliografía, que expresa que cuando Paclobutrazol es aplicado mediante el riego, se mueve directamente a través del xilema hacia el sistema vascular inmediatamente por debajo del ápice; manteniendo en el xilema una alta concentración del retardador, reduciendo así la elongación de los entrenudos. Mientras que, cuando es aplicado a las hojas, se transloca principalmente por floema más que por xilema, reduciendo su eficiencia (Barret & Bartuska, 1982; Cramer & Bridgen, 1998; Starmann & Williams, 2000).

Los RC, además de afectar la anatomía de las plantas a través del control del crecimiento de los tallos, también pueden influir sobre otras partes de las plantas. Por ejemplo, el aumento en el número de los tallos axilares, se correspondió con un aumento en la MS de los tallos (Tabla 5.1). También se encontró un aumento en la MS de raíces en los diferentes tratamientos de Retardadores (Tabla 5.1). Estos datos coinciden con trabajos de Williamson *et al.* (1986), donde encontraron que Paclobutrazol puede aumentar el diámetro de raíces de *Prunus persica* Batsch. "Redhaven". Ruvalcaba *et al.* (2007), en trabajo con plantines de pimiento (*Capsicum annum* L.) y berenjena (*Solanum melongena* L.) encontraron un aumento en el largo de las raíces de las plantas tratadas, así como un aumento en el peso fresco de las mismas, comparadas con el tratamiento testigo.

Con respecto al Área Foliar, en nuestro trabajo, se observó una disminución en las plantas tratadas con RC, especialmente con Paclobutrazol asperjado 80 ppm y Paclobutrazol riego 160 ppm con una reducción del 38 % (Tabla 5.2). En el caso de CCC esto fue menos evidente, ya que se alcanzó una reducción del 13 % del AF con la dosis de 500 ppm y del 7 % con la dosis de 250 ppm. La disminución del área foliar no se correlacionó con una disminución de la MS de las hojas (Tabla 5.2), muy por el contrario, las hojas de las plantas tratadas con retardadores, presentaron un aumento de la MS. En general, las hojas de las plantas tratadas con RC, presentaron un aspecto más grueso y menor tamaño (Figura 5.2, Figura 5.3). Si analizamos el Área Foliar Específica (AFE) (Tabla

5.2), que es la razón entre el área de la hoja y su peso seco, podemos explicar mejor la situación encontrada; en la cual, un incremento en el AFE implica que la hoja invierta menos biomasa por unidad de área. Esto se observa en el tratamiento control, donde se observa un crecimiento más rápido, sin restricciones climáticas ni las inducidas por los retardadores.

Tabla 5.2: Efecto de los retardadores de crecimiento sobre el Área Foliar (AF), la Materia Seca (MS) y Área Foliar Específica (AFE) de hojas de plantas de petunia

Tratamiento	AF (cm <sup>2</sup> )	MS Hojas (gr)	AFE (cm <sup>2</sup> /gr)
Control	325,78 g	1,09 a	298,88 h
Pbz As 20 <sup>s</sup>	264,10 d	1,10 a	240,09 f
Pbz As 40 <sup>t</sup>	241,48 bc	1,37 bc	176,26 c
Pbz As 80 <sup>u</sup>	203,75 a	1,23 abc	165,65 b
Pbz Ri 20 <sup>v</sup>	256,49 cd	1,15 ab	223,03 e
Pbz Ri 80 <sup>w</sup>	237,25 b	1,22 abc	194,47 d
Pbz Ri 160 <sup>x</sup>	202,67 a	1,41 c	143,74 a
CCC 250 <sup>y</sup>	304,56 f	1,17 ab	260,31 g
CCC 500 <sup>z</sup>	285,68 e	1,20 abc	238,07 f

Test de Tuckey, letras distintas en la vertical indican diferencias significativas (p<=0,05)

<sup>s</sup>20ppm Asperjado sobre el follaje; <sup>t</sup>40 ppm Asperjado sobre el follaje; <sup>u</sup>80 ppm Asperjado sobre el follaje; <sup>v</sup>20 ppm Riego por única vez; <sup>w</sup>80 ppm Riego por única vez; <sup>x</sup>160 ppm Riego por única vez; <sup>y</sup>250 ppm Asperjado sobre el follaje; <sup>z</sup>500 ppm Asperjado sobre el follaje

Las plantas tratadas con los RC, especialmente Paclobutrazol, mostraron una coloración verde más intensa comparadas con el tratamiento control (Figura 5.2), también puede observarse una disminución en el largo del pecíolo de las hojas. En la Tabla 5.2, al observar el AFE, encontramos una disminución de la misma en las plantas tratadas con

retardadores. Plantas con baja AFE, en general poseen mayor cantidad de componentes de pared celular. Este tipo de hojas son más duras y gruesas. De acuerdo con Gent & Mc Avoy (2000), los RC aplicados en altas dosis, pueden afectar, los procesos fisiológicos en la planta. Las hojas que se desarrollan después de una aplicación de retardador, tienden a ser más pequeñas pero gruesas, y la clorofila, la densidad estomática y la fotosíntesis específica a menudo incrementan por unidad de área. Esto se puede observar en la tabla 5.3, donde las hojas de las plantas tratadas con RC presentaron una concentración de clorofila mayor a las plantas control.

Tabla 5.3: Efecto de los retardadores sobre la concentración de Clorofila *a*, Clorofila *b* y Clorofila Total en hojas de plantas de petunia

(Datos expresados en mg de clorofila/ gr de tejido fresco)

Tratamiento	Clorofila <i>a</i> (mg/gr)	Clorofila <i>b</i> (mg/gr)	Clorofila Total (mg/gr)
Control	0,73 c	0,37 b	1,10 c
Pbz As 20 <sup>s</sup>	0,94 ab	0,45 ab	1,46 ab
Pbz As 40 <sup>t</sup>	0,99 ab	0,47 ab	1,53 ab
Pbz As 80 <sup>u</sup>	1,03 a	0,49 a	1,60 ab
Pbz Ri 20 <sup>v</sup>	0,96 ab	0,46 ab	1,49 ab
Pbz Ri 80 <sup>w</sup>	1,03 a	0,49 a	1,60 ab
Pbz Ri 160 <sup>x</sup>	1,06 a	0,50 a	1,65 a
CCC 250 <sup>y</sup>	0,80 bc	0,39 b	1,38 b
CCC 500 <sup>z</sup>	0,93 ab	0,51 a	1,52 ab

Test de Tuckey, letras distintas en la vertical indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ )

<sup>s</sup>20ppm Asperjado sobre el follaje; <sup>t</sup>40 ppm Asperjado sobre el follaje; <sup>u</sup>80 ppm Asperjado sobre el follaje; <sup>v</sup>20 ppm Riego por única vez; <sup>w</sup>80 ppm Riego por única vez; <sup>x</sup>160 ppm Riego por única vez; <sup>y</sup>250 ppm Asperjado sobre el follaje; <sup>z</sup>500 ppm Asperjado sobre el follaje

Trabajos realizados por Shin *et al.* (2009), con plantines de tomate, obtuvieron concentraciones elevadas de clorofila en aquellas plantas tratadas con retardadores de crecimiento. En nuestro trabajo se observaron diferencias entre tratamientos, siendo las plantas tratadas con Paclobutrazol en riego, dosis de 160 ppm, las que presentaron la mayor concentración. Esto se puede corroborar en la Figura 5.3 c, donde observamos plantas achaparradas, hojas pequeñas, verde intenso y gruesas.

La mayor coloración verde en las hojas de las plantas tratadas con Paclobutrazol, parece ser un efecto común, como resultado de un incremento en la biosíntesis de clorofila (Davis *et al.*, 1988; Halmann, 1990; Rossini Pinto *et al.*, 2005).

Con respecto a CCC, trabajos realizados por Armitage *et al.* (1984) revelan que este retardador incrementó, las tasas de Fotosíntesis y Respiración y la concentración de clorofila en *Pelargonium* "Scarlet Sprinter", con dosis de 3.000 ppm aplicada en forma de asperjado sobre el follaje, dos a tres días posteriores al tratamiento y se mantuvo en estas condiciones por cuatro a cinco días posteriores. Debemos notar que la dosis utilizada por estos autores, corresponde para una especie perenne que se reproduce mayormente por esquejes de madera tierna, a diferencia de la herbácea anual (Petunia) que se ha utilizado en el presente trabajo.

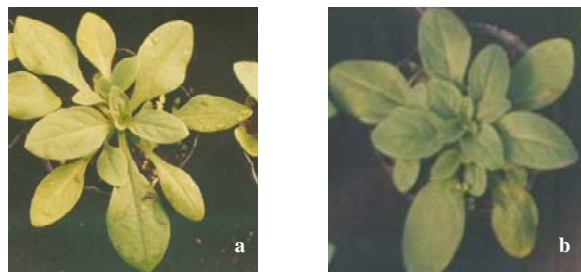


Figura 5.2: Efecto de los retardadores de crecimiento sobre el color del follaje en plantines de petunia.

a) Control, b) Paclobutrazol Asperjado (40ppm)



Figura 5.3: Efecto de los retardadores de crecimiento sobre plantines de petunia a los 55 días desde el transplante, a) Control; b) Paclobutrazol Asperjado( 40ppm); c) Paclobutrazol Riego (160ppm)

En trabajos realizados por Gonçalves Martins & Camargo e Castro (1999) con tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) tratados con CCC, verificaron un aumento del peso de las hojas de tomate, esto ocurrió en virtud de un aumento del espesor de los tejidos en empalizada y/o lagunosos, como lo observaron a través de cortes histológicos, notándose un aumento en el número de células del parénquima en empalizada y una disminución de los espacios intercelulares.

En nuestro trabajo podemos decir que, a los 55 días desde el transplante las plantas Control, se encontraban listas para la venta, pues presentaban más de dos (2) flores completamente abiertas. Para realizar el análisis reproductivo teniendo en cuenta el número de flores abiertas y número de pimpollos, se esperó a que la mayoría de los otros tratamientos llegaran al estadio de una (1) flor abierta, esto se logró a los 75 días desde el transplante, momento en el cual el tratamiento de P Ri 160 todavía no presentaba ninguna flor expandida, lo que implica un retraso importante en la salida a mercado de los plantines tratados con altas dosis de RC Paclobutrazol (Figura 5.3).

Los Retardadores usados en las experiencias son también denominados Anti-giberelinas, por lo que su acción sobre la floración está relacionada en forma directa con una disminución en la concentración de esta hormona, con gran implicancia en la inducción a la floración (Salisbury, 1994). En nuestro trabajo, se observaron diferencias entre los tratamientos de Paclobutrazol en riego y asperjado y CCC. El tratamiento de Pbz Ri 160 a

pesar de que a los 75 días después del trasplante todavía no presentaba una flor abierta, si poseía una importante cantidad de pimpollos, un total de cuarenta (40), contra seis (6) pimpollos del tratamiento Control (Tabla 5.4).

Tabla 5.4: Efecto de los retardadores de crecimiento sobre el número de flores y pimpollos de plantas de petunia a los 55 días desde el trasplante

Tratamiento	Nro. Pimpollos	Nro. Flores Abiertas
Control	6,22 a	5,00 d
Pbz As 20 <sup>s</sup>	15,22 b	1,67 b
Pbz As 40 <sup>t</sup>	17,78 bc	2,00 bc
Pbz As 80 <sup>u</sup>	12,44 b	1,78 bc
Pbz Ri 20 <sup>v</sup>	27,56 de	1,89 bc
Pbz Ri 80 <sup>w</sup>	31,00 e	1,00 b
Pbz Ri 160 <sup>x</sup>	40,44 f	0 a
CCC 250 <sup>y</sup>	17,67 d	3,11 c
CCC 500 <sup>z</sup>	22,78 e	2,33 bc

Test de Tuckey, letras distintas en la vertical indican diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ )

<sup>s</sup>20ppm Asperjado sobre el follaje; <sup>t</sup>40 ppm Asperjado sobre el follaje; <sup>u</sup>80 ppm Asperjado sobre el follaje; <sup>v</sup>20 ppm Riego por única vez; <sup>w</sup>80 ppm Riego por única vez; <sup>x</sup>160 ppm Riego por única vez; <sup>y</sup>250 ppm Asperjado sobre el follaje; <sup>z</sup>500 ppm Asperjado sobre el follaje

En general se observa en los tratamientos con Retardadores, un aumento importante en el número de pimpollos, con respecto al Control, en concordancia con datos aportados por Larson (1985), Gent & Mc Avoy (2000), Starmann & Williams (2000).

Starman & Williams (2000), observaron diferencias entre especies y cultivares sobre la reducción en el largo de los tallos, y el número de flores por tallos, lo que resultó en un aumento del N° flores/cm en *S. striata* R. Br., cv. "Colonial Fan", *S. aemula* (R. Br.) Kuntze "Pink Fan", "Purple Fan", "Royal Fan", mientras que *S. albida* (Sm.) Druce, "White Fan", no tuvo la misma respuesta; datos similares fueron hallados en nuestro estudio con plantines de Petunia (Tabla 5.4).

Bañón *et al.* (2002), trabajando con clavel (*Dianthus caryophyllus* L., cv. Mondriaan) en macetas, aplicaron Paclobutrazol en forma de asperjado y en riego, con diferentes dosis y dos épocas de aplicación (primavera e invierno), encontrando que Paclobutrazol tuvo un gran efecto sobre el control del crecimiento en las dos épocas, siendo la aplicación en riego la más efectiva; pero la producción de flores no respondió de la misma manera, ya que en primavera aumentó, mientras en la aplicación de invierno disminuyó.

Con respecto al momento de venta de los plantines de Petunia de nuestro trabajo, teniendo en cuenta la cantidad de flores abiertas, se observó un retraso de alrededor de 10 días para las plantas tratadas con CCC, 15 días para las tratadas con paclobutrazol en forma de spray y de 20 días para el paclobutrazol en el riego. Datos similares son presentados en la bibliografía internacional (Latimer *et al.*, 1999; Gent & Mc Avoy, 2000; Blanchard & Runkle, 2007).

En nuestro trabajo, las plantas tratadas con CCC, aunque se diferenciaron del tratamiento Control, el efecto sobre la arquitectura de la plantas no fue muy notorio (Figura 5.4). Esto está de acuerdo con la bibliografía, que cita que la efectividad de los retardadores se ve influenciada por un lado, con su sitio de acción dentro de la biosíntesis de Giberelina, (Rademacher, 2000; Sponsel, 2007a), así como con su persistencia en las plantas (Gent & Mc Avoy, 2000). En el presente trabajo se pudo comprobar, que un retardador con poca efectividad o que la misma puede revertirse con el tiempo es el CCC, un compuesto con amonio cuaternario, el cual actúa a nivel de la primer etapa de la Biosíntesis de Giberelina inhibiendo la acción de las terpeno sintetasa, siendo la *ent*-kaureno sintetasa un ejemplo de ellas (Rademacher, 2000). Cathey (1964), presenta evidencia de que estos compuestos con

amonio cuaternario, son muy solubles en agua y están fuertemente vinculados con las proteínas, por lo que pueden ser rápidamente transformados. CCC es convertido en Colina en tallos de *Dendranthema* y *Hordeum vulgare*. Esto puede explicar porque CCC es menos efectivo a dosis similares de otros productos que no se metabolizan tan fácilmente (Gent & Mc Avoy, 2000). En un amplio rango de plantas es necesario realizar varias aplicaciones foliares para mantener el control del crecimiento (Cathey, 1964; Larson, 1985).

Compuestos heterocíclicos que contienen N, como por ejemplo, paclobutrazol, actúan como inhibidores de las mono-oxigenasas, bloqueando la oxidación del kaureno en ácido kaurénico, posiblemente a nivel del citocromo P450, monooxigenasa dependiente. Esta última enzima cataliza la Etapa 2 de la biosíntesis de Giberelina (Rademacher, 2000; Sponsel, 2007a).

El Paclobutrazol, tiene una mayor persistencia en las plantas, y bloquea la biosíntesis de Giberelina en una forma más específica (Gent & Mc Avoy, 2000). También existe evidencia de que posee una mayor persistencia en hojas y raíces, lo que produce un mayor control sobre la elongación de los tallos (Curry & Reed, 1989; Reed, *et al.*, 1989; Karaguzel *et al.*, 2004). Estos efectos quedaron claramente evidenciados en este trabajo.

Realizando una evaluación visual de los plantines obtenidos en nuestro ensayo, luego de un período de un mes en condiciones de ajardinamiento, se observó que las plantas con mejor aspecto para su salida a la venta, resultaron de la aplicación de una dosis de 40 ppm de Paclobutrazol en forma de asperjado, y 20 ppm de Paclobutrazol en el riego (Figura 5.5). Las dosis de 80 ppm en la aplicación de asperjado y de 80 ppm y 160 ppm en el riego de la maceta afectaron fuertemente a las plantas; fundamentalmente la dosis de Pbz Ri 160, estas plantas presentaron un aspecto demasiado achaparrado, deformación de las hojas y con una coloración verde intensa (Figura 5.6). En general plantas bajas, compactas y con un gran número de pimpollos para abrirse en condiciones de ajardinamiento resultaron con un aspecto visual, muy atractivo para el consumidor.





Figura 5.4: Plantas de petunias en condiciones de ajardinamiento, a) Control; b) CCC Asperjado (500ppm);c) CCC Asperjado (250ppm)



Figura 5.5: Plantas de petunias en condiciones de ajardinamiento, a) Paclobutrazol Asperjado (20ppm); b) Paclobutrazol Asperjado (40ppm); c) Paclobutrazol Asperjado (80ppm)



Figura 5.6: Plantas de petunias en condiciones de ajardinamiento, a) Paclobutrazol Riego (20ppm); b) Paclobutrazol Riego (80ppm); c) Paclobutrazol Riego (160ppm)

## 5.2. ACONDICIONAMIENTO MECÁNICO

Plantas de petunias con aplicación de Acondicionamiento o Estrés Mecánico, alcanzaron una reducción de la altura del tallo principal del 34 % y un 43 % en la altura de la planta con respecto al tratamiento Control. Mientras que con el tratamiento de RC, Paclobutrazol, aplicado en forma de Asperjado a una dosis de 40 ppm (Pbz As 40) estas reducciones alcanzaron un 56 % y 57 %, respectivamente (Tabla 5.5).

Por otro lado, en las plantas de copetes, se alcanzaron resultados similares a los alcanzados en petunia, lográndose con la aplicación de Estrés Mecánico, una reducción del 32 % y del 45 % con la aplicación de Paclobutrazol Asperjado, dosis 40 ppm, en la altura de la planta con respecto al Control (Tabla 5.6).

Tabla 5.5: Efecto de los tratamientos Control, Paclobutrazol Asperjado, dosis 40 ppm (Pbz As 40) y Acondicionamiento Mecánico, sobre el largo del tallo principal, número de tallos axilares y diámetro de plantas de petunia

Cultivo	Tratamientos	Altura tallo principal (cm)	Altura planta (cm)	Número tallos axilares	Diámetro planta (cm)
	Control	4,25 b	7,33 c	8,00 a	12,50 b
<i>Petunia</i>	Pbz As 40	1,88 a	3,17 a	12,50 b	11,00 a
	A. Mecánico	2,83 ab	4,25 b	12,00 b	11,50 a

Test de Tuckey, letras distintas en la vertical indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ )

Tabla 5.6: Efecto de los tratamientos Control, Paclobutrazol Asperjado, dosis 40 ppm (Pbz As 40) y Acondicionamiento Mecánico, sobre el largo del tallo principal, número de tallos axilares y diámetro de plantas de copete

Cultivo	Tratamientos	Altura tallo principal (cm)	Altura planta (cm)	Número tallos axilares	Diámetro planta (cm)
	Control	30,90 c	32,95 c	9,00 a	11,87 b
<i>Copete</i>	Pbz As 40	18,23 a	18,35 a	15,00 b	10,15 a
	A. Mecánico	21,00 b	22,55 b	14,33 b	10,36 a

Test de Tuckey, letras distintas en la vertical indican diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ )

Los resultados obtenidos en nuestra experiencia, coinciden con lo expuesto por Garner & Björkman (1997) y Garner & Björkman (1999). Estos autores, trabajando con plántulas de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.), a las cuales le aplicaron una estimulación mecánica a partir de un cepillado, alcanzaron una significativa reducción (40 % con respecto al Control) en la altura final de los plantines.

Autio *et al.* (1994) en un trabajo en el que aplicaron acondicionamiento mecánico, con tela de arpillera, sobre plantas de aster, senecio y petunias, encontraron que el aumento de la duración del cepillado diario conducía a una mayor reducción del crecimiento en las tres especies. Aster mostró una reducción del crecimiento después de 20 días de aplicación, mientras senecio y petunia tomaron más tiempo en responder. En nuestro trabajo la respuesta en la reducción del crecimiento en petunia se comenzó a observar a partir de los 30 días desde el transplante. Al día 50 desde el transplante ya se pudo observar una diferencia significativa con respecto al Control.

En lo que respecta al diámetro de las plantas, los tratamientos de Acondicionamiento Mecánico y Paclobutrazol Asperjado, dosis 40 ppm, lograron reducciones similares en el diámetro de la planta (12%) de petunias (Tabla 5.5), y del 13 %

en copetes (Tabla 5.6). Estos resultados, son más elevados que los alcanzados por Garner & Björkman (1996), los cuales, aplicando Acondicionamiento Mecánico a plantas de tomate, lograron una reducción del 5 % en el diámetro de plantines de tomate.

Por otro lado, Garner & Langton (1997), trabajando con plántulas de pensamiento (*Viola tricolor* L.), lograron una reducción en el diámetro de las plantas entre el 25 y el 31 %, dependiendo de la cantidad de toques realizados, sin causar daño a las mismas. Niklas (1998), logró una reducción en el diámetro del 30 %, en plantas de *Capsella bursa-pastoris* L. (Crucífera). Las diferencias observadas en cada uno de los trabajos citados, es debida principalmente, a las especies con las que se trabajó en cada caso.

Otro parámetro evaluado sobre los plantines de petunia y copetes, fue la emisión de tallos axilares. En ambos casos, tanto el tratamiento de Acondicionamiento Mecánico como el de Paclobutrazol Asperjado, dosis 40 ppm, alcanzaron resultados similares, lográndose un aumento del 56 % para petunia (Tabla 5.5), y 55 % para copete con respecto al Control (Tabla 5.6).

Por otro lado, en las plantas de petunia, al tiempo que se observaba una reducción en la altura de la planta en los tratamientos de Acondicionamiento Mecánico y Paclobutrazol Asperjado (dosis 40 ppm), se obtenía un aumento en la de Materia Seca (MS) de los tallos y raíces (Tabla 5.7).

Por el otro lado, en las plantas de copetes, se observó también un aumento de la Materia Seca de tallos y raíces en los tratamientos de Acondicionamiento Mecánico y Paclobutrazol Asperjado, dosis 40 ppm (Pbz As 40) (Tabla 5.8).

Tabla 5.7: Efectos de los tratamientos Control, Paclobutrazol Asperjado, dosis 40 ppm (Pbz As 40) y Acondicionamiento Mecánico, sobre la Materia Seca ( MS) de tallos y raíces en plantas de petunia, a los 50 días después del transplante

Cultivo	Tratamientos	MS de Tallos (gr)	MS de Raíces (gr)
	Control	0,19 a	0,90 a
<i>Petunia</i>	Pbz As 40	0,41 b	1,64 b
	A. Mecánico	0,33 ab	1,34 b

Test de Tuckey, letras distintas indican diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ )

Tabla 5.8: Efectos de los tratamientos Control, Paclobutrazol Asperjado, dosis 40 ppm (Pbz As 40) y Acondicionamiento Mecánico, sobre la Materia Seca ( MS) de tallos y raíces en plantas copetes , a los 50 días después del transplante

Cultivo	Tratamientos	MS de Tallos (gr)	MS de Raíces (gr)
	Control	0,35 a	0,98 a
<i>Copete</i>	Pbz As 40	0,73 c	2,06 c
	A. Mecánico	0,56 b	1,44 b

Test de Tuckey, letras distintas indican diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ )

El aumento en la Materia Seca de los tallos en plantas de petunia (Tabla 5.7) y copetes (Tabla 5.8) tratadas con Acondicionamiento Mecánico, podemos relacionarlo con el aumento de tallos axilares obtenidos en este tratamiento, aunque también, de acuerdo con la bibliografía, podría correlacionarse con un aumento en el crecimiento radial de los

mismos, al aumentar el número de traqueidas y en consecuencia de lignina, como citan Mitchel & Myers, (1995); lo que disminuye la flexibilidad de los tallos, pero los hace más resistentes al vuelco, por acción del viento (Braam, 2005). Aumentos en la MS de los tallos en plantas tratadas con Estrés Mecánico, fueron encontrados en coliflor (Pöntinen & Voipio, 1992) y crisantemos (Beyl & Mitchell, 1977), citados por Kläring (1999).

Tales cambios en las propiedades celulares y físicas inducidos por el Acondicionamiento Mecánico, son parte del proceso de “endurecimiento” natural de las plantas cuando son transferidas, de un ambiente protegido al campo o jardín (Grierson, 1993).

Los efectos de la perturbación mecánica sobre las propiedades del material y la distribución de la biomasa hacia las raíces y los tallos encontrados para *C. bursa-pastori* L. (Niklas, 1998), son similares a aquellas reportadas por trabajos previos en arbustos así como también en especies herbáceas (Telewski & Jaffe, 1986 a, b; Henry & Thomas, 2002). Los tallos de plantas que sufrieron disturbios mecánicos son generalmente grueso, además de cortos y fuertes, comparados con las plantas control (Niklas, 1998). Esto se correlaciona con el aumento en MS de tallos y raíces obtenido en el presente trabajo, tanto en petunia (Tabla 5.7) y como en copete (Tabla 5.8).

Por otro lado, el aumento en MS de las raíces encontrada en los plantines de Petunia (Tabla 5.7) y Copetes (Tabla 5.8) de nuestro ensayo, puede deberse a un aumento en el largo y grosor de las mismas, de acuerdo con los resultados expuestos en los trabajos de Niklas (1998) para *Capsella bursa – pastoris* L., y Kläring (1999) para *Capsicum annum* L.

Plantas de petunia, sometidas a Acondicionamiento Mecánico presentaron un aspecto más compacto y una arquitectura más homogénea (Figura 5.7).

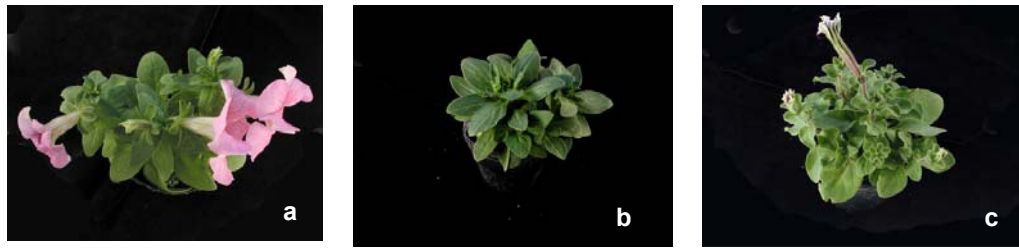


Figura 5.7: Efecto de los tratamientos sobre plantas de petunia, (a) Control; (b) Paclobutrazol Asperjado (40 ppm); (c) Acondicionamiento mecánico

Al analizar los efectos de los tratamientos de Estrés Mecánico, Paclobutrazol y Control, a nivel de las hojas, se observó una reducción del Área Foliar ( $\text{cm}^2$ ), del 24 % para las plantas de Petunia, tratadas con Estrés Mecánico y del 64% a las tratadas con Paclobutrazol Asperjado, dosis 40 ppm, pero a pesar de esta reducción en el tamaño la MS de las hojas aumentó en las plantas tratadas con respecto al control. En cuanto al número de hojas el tratamiento de Acondicionamiento Mecánico fue el que presentó el mayor número (Tabla 5.9). En el caso de Paclobutrazol Asperjado, dosis 40 ppm, los datos obtenidos concuerdan con los datos obtenidos en los ensayos del inciso 5.1. Retardadores de Crecimiento.

Tabla 5.9: Efectos de los tratamientos Control, Paclobutrazol Asperjado, dosis 40 ppm (Pbz As 40) y Acondicionamiento Mecánico, sobre el área foliar (AF), la materia seca (MS) y área foliar específica (AFE) de las hojas de plantas de petunia, a los 50 días después del transplante

Cultivo	Tratamientos	Nº de Hojas	Área Foliar (cm <sup>2</sup> )	MS Hojas (gr)	AFE (cm <sup>2</sup> /gr)
	Control	112,17 b	450,52 c	0,75 a	600,69 c
<i>Petunia</i>	Pbz As 40	61,83 a	165,19 a	1,28 b	129,05 a
	A. Mecánico	132,83 c	346,14 b	1,02 ab	339,35 b

Test de Tuckey, letras distintas indican diferencias significativas (p<=0,05)

Tabla 5.10: Efecto de los tratamientos Control, Paclobutrazol Asperjado, dosis 40 ppm (Pbz As 40) y Acondicionamiento Mecánico, área foliar (AF), materia seca (MS) y área foliar específica (AFE) en hojas de plantas de copete, a los 50 días después del transplante

Cultivo	Tratamientos	Área Foliar (cm <sup>2</sup> )	MS Hojas (gr)	AFE (cm <sup>2</sup> /gr)
	Control	450,52 c	0,90 a	500,57 c
<i>Copetes</i>	Pbz As 40	165,19 a	1,35 b	122,36 a
	A. Mecánico	346,14 b	1,19 ab	290,87 b

NP = No Presentado - Test de Tuckey, letras distintas indican diferencias significativas (p<=0,05)

Keller & Steffen (1995), trabajando con plantines de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill. Cv. "Caruso") a los cuales se les aplicó un cepillado durante 15 días, encontraron plantas, con hojas más delgadas y con un menor peso por área específica (mg. cm<sup>-2</sup>), y supusieron que esto podría deberse a una reducción en la actividad fotosintética o a un incremento en la tasa respiratoria. Pappas & Mitchell (1985 a.b), trabajando con plantas de Soja, reportaron una declinación de la tasa fotosintética temporaria, debido al cierre



estomático inducido por el estrés mecánico aplicado. Mitchell *et al.* (1977), observaron el cierre de estomas en plantas de tomate estresadas. Estos cambios fueron de corta duración.

Mitchell & Myers (1995) afirman que las hojas de las plantas estresadas mecánicamente pueden tener un color verde más oscuro y un tamaño más reducido que aquellas plantas que crecen en un ambiente estable.

De acuerdo al análisis de clorofila *a*, *b* y total realizados, podemos señalar que las plantas tratadas con Paclobutrazol y Acondicionamiento Mecánico presentaron un aumento en la concentración de Clorofila *b* y Clorofila Total (Tabla 5.11).

Tabla 5.11: Efecto de los tratamientos Control, Paclobutrazol Asperjado, dosis 40 ppm (Pbz As 40) y Acondicionamiento Mecánico sobre la concentración de Clorofila *a*, Clorofila *b* y Clorofila Total en hojas de plantas de petunia, a los 50 días después del trasplante. (Datos expresados en mg de clorofila/ gr de tejido fresco)

Cultivo	Tratamiento	Clorofila <i>a</i> (mg/gr)	Clorofila <i>b</i> (mg/gr)	Clorofila Total (mg/gr)
	Control	0,78 a	0,46 b	1,24 b
<i>Petunia</i>	Pbz As 40 <sup>t</sup>	0,75 a	0,97 a	1,72 a
	A. Mecánico	0,74 a	0,90 a	1,64 a

Test de Tuckey, letras distintas indican diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ )

Tabla 5.12: Efecto de los tratamientos Control, Paclobutrazol Asperjado, dosis 40 ppm (Pbz As 40) y Acondicionamiento Mecánico sobre la concentración de Clorofila *a*, Clorofila *b* y Clorofila Total en hojas de plantas copetes, a los 50 días después del transplante. (Datos expresados en mg de clorofila/ gr de tejido fresco)

Cultivo	Tratamiento	Clorofila <i>a</i> (mg/gr)	Clorofila <i>b</i> (mg/gr)	Clorofila Total (mg/gr)
	Control	0,73 c	0,37 b	1,10 c
<i>Copetes</i>	Pbz As 40 <sup>t</sup>	0,99 ab	0,47 ab	1,53 ab
	A. Mecánico	1,03 a	0,49 a	1,60 ab

Test de Tuckey, letras distintas indican diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ )

El movimiento per se, y otras formas de estimulación mecánica tienen un marcado efecto sobre el enanismo en las plantas. Estos efectos varían entre las especies hortícolas, entre las variedades, e inclusive entre los diferentes cultivares, pero en general origina una reducción en la estatura de las plántulas, como consecuencia de una reducción en la elongación del tallo y en los pecíolos, acompañado de incrementos en la superficie foliar específica y en el contenido en clorofila, junto a un incremento en la resistencia elástica del tallo (Biddington, 1986).

En el análisis reproductivo, podemos ver los datos referentes a petunia (Tabla 5.13) y copete (Tabla 5.14) con respecto al Número de flores y pimpollos emitidos en cada tratamiento. En ambos cultivos, se presentó un aumento en el número de pimpollos por planta en los tratamientos de Estrés Mecánico y RC Paclobutrazol. Esto podría estar relacionado, con el aumento de tallos axilares observado en estos tratamientos.

Tabla 5.13: Efecto de los tratamientos Control, Paclobutrazol Asperjado, dosis 40 ppm (Pbz As 40) y Acondicionamiento Mecánico, sobre el número de pimpollos y número de flores de petunia

Cultivo	Tratamientos	Nº de Pimpollos	Nº de Flores
	Control	10,50 a	3 c
<i>Petunia</i>	Pbz As 40	28,17 c	1 a
	Estrés Mecánico	19,33 b	1 a

Test de Tuckey, letras distintas indican diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ )

Tabla 5.14: Efecto de los tratamientos Control, Paclobutrazol Asperjado, dosis 40 ppm (Pbz As 40) y Acondicionamiento Mecánico, sobre el número de pimpollos y número de flores de plantas de copetes

Cultivo	Tratamientos	Nº de Pimpollos	Nº de Flores
	Control	8 a	1 b
<i>Copetes</i>	Pbz As 40	16 c	0 a
	Estrés Mecánico	12 b	1 b

Test de Tuckey, letras distintas indican diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ )

El efecto que tiene el Acondicionamiento Mecánico podría estar relacionado con la evolución hormonal de las plantas. Así en los tratamientos de EM y RC, se observó un retraso de 10 y 15 días respectivamente, con respecto al Control (Figura 5.7).

Existe evidencia, de que los estímulos mecánicos, en forma de roces, dan inicio a la evolución del etileno. Datos presentados por Biro & Jaffe (1984), en trabajos con Poroto, muestran el inicio de la evolución del Etileno a partir de los 45 – 60 minutos después de

iniciada la perturbación con picos alrededor de dos horas más tardes. Tejidos jóvenes muestran una mayor sensibilidad que tejidos más viejos (Braam, 2005). Por otro lado, trabajos realizados por Mitchell & Myers (1995), mostraron una importante reducción del contenido de Giberelinas en plantas estresadas, siendo que esta es una las principales hormonas relacionadas con el crecimiento de las plantas. Erner & Jaffe (1982), también encontraron relación entre el contenido de Auxinas y Ácido abscísico (ABA) en condiciones de estrés. Estos autores, sostienen que la perturbación mecánica de los entrenudos de plantas de poroto, provoca un aumento en la producción de Etileno, el cual, induce una acumulación de AIA y la producción de ABA, contribuyendo este último a un retraso de la elongación de los entrenudos.

### 5.3. CALIDAD DE LUZ

Tanto Petunia (Tabla 5.15) como Copete (Tabla 5.16), respondieron al tratamiento con pulso de luz Roja al Final del Día (FDD), con una disminución de la altura de la planta y mientras el número de tallos axilares no difirió del Control, en forma similar a lo que había ocurrido con tomate.

Tabla 5.15: Efecto del tratamiento con luz Normal y Luz R al Final del Día (FDD) sobre la altura (cm) de la planta y número de tallos axilares de petunia

Cultivo	Tratamientos	Altura Planta (cm)	Nº Tallos Axilares
Petunia	Control	10,0 a	6 a
	Luz Roja (FDD)	7,2 b	6 a

Test de Tuckey, letras distintas indican diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ )

Tabla 5.16: Efecto del tratamiento con luz Normal y Luz R al Final del Día (FDD) sobre la altura (cm) de la planta y número de tallos axilares de copetes

Cultivo	Tratamientos	Altura Planta (cm)	Nº Tallos Axilares
Copetes	Control	30,62 a	8 a
	Luz Roja (FDD)	20,82 b	8 a

Test de Tuckey, letras distintas indican diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ )

En la figura 5.8, se puede observar la evolución del crecimiento de los entrenudos de plantas de Copetes, durante la aplicación del tratamiento de Luz Roja FDD. El número de

entrenudos no varía entre Control y Luz Rojas FDD, pero si disminuye el crecimiento de entrenudos, llegando a una disminución de la altura total de las plantas, del 28 % para Petunia y del 32 % para copete. La disminución de la longitud del tallo principal en las plantas de copete, afectó la longitud media de los entrenudos, pero no el número de ellos (Figura 5.8). Khattak & Pearson (2005), en su trabajo con filtros espectrales sobre plantas de conejito (*Antirrhinum majus* L.) encontraron una reducción en la altura de las plantas, esta estuvo asociada con una disminución en la longitud media de los entrenudos pero no sobre el número de los mismos.

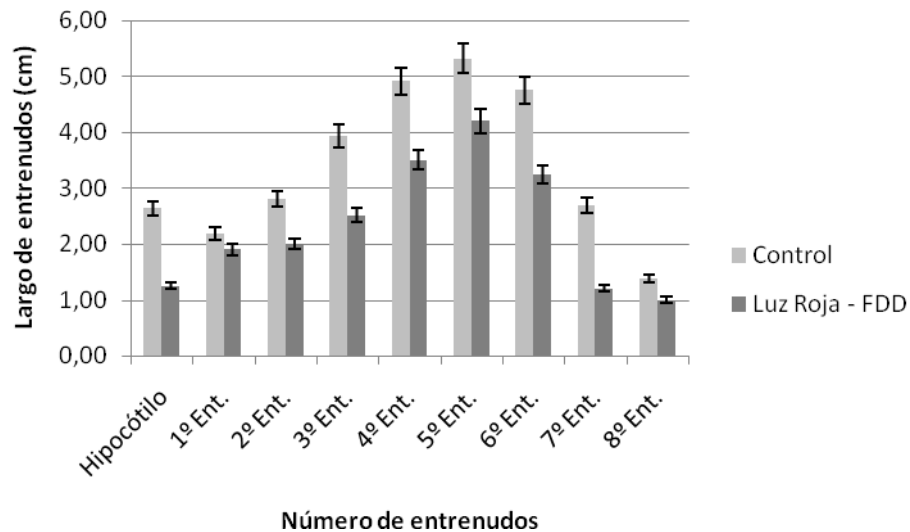


Figura 5.8: Efecto del tratamiento con Luz R al Final del Día (FDD) y tratamiento Control sobre el crecimiento de los entrenudos de plántulas de copetes

Por otro lado, Mortensen & Strømme (1987); trabajando con una fuente de luz azul (conteniendo una alta relación R/FR), encontraron que plantas de Crisantemos y Tomate redujeron su altura comparadas con el Control.

Patil *et al.* (2001), en un trabajo realizado con plásticos coloreados, con diferentes relaciones R/RL incidentes sobre plantas de Petunia (*Petunia hybrida* Vilm., "Ultra Blue" y

“Silvana Purpur”), *Fuchsia hybrida* “Beacon” y *Pisum sativum* L., encontraron que relaciones altas de R / RL, disminuyeron la longitud de los tallos de las plantas tratadas, entre un 33 % y un 44 %, con respecto al control.

Graham & Decoteau (1997) aplicando pulsos de luz Roja y Rojo Lejano al FDD, sobre plantines de sandía (*Citrullus lanatus* L.), encontraron que las plantas expuestas a pulso de luz roja al FDD, presentaban una disminución de la altura de los tallos.

En nuestro trabajo también se encontró una reducción del Área Foliar en los tratamientos de Luz Roja FDD. Si tomamos el Área Foliar Específica, se sigue observando tal diferencia (Tablas 5.17 y 5.18).

Tabla 5.17: Efecto del tratamiento con luz Normal y Luz Roja al Final del Día (FDD) sobre el área foliar (AF), materia seca (MS) y área foliar específica (AFE) de plantas de petunia

Cultivo	Tratamiento	Área Foliar (cm <sup>2</sup> )	MS Hojas (gr)	AFE (cm <sup>2</sup> /gr)
Petunia	Control	330,58 a	1,12 a	295,16 a
	Luz Roja (FDD)	258,10 b	0,90 b	286,78 b

Test de Tuckey, letras distintas indican diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ )

Tabla 5.18: Efecto del tratamiento con luz Normal y Luz R al Final del Día (FDD) sobre el área foliar (AF), materia seca (MS) y área foliar específica (AFE) de plantas de copete

Cultivo	Tratamiento	Área Foliar (cm <sup>2</sup> )	MS Hojas (gr)	AFE (cm <sup>2</sup> /gr)
Copete	Control	658,32 a	1,16 a	567,52 a
	Luz Roja (FDD)	369,29 b	0,83 b	444,93 b

Test de Tuckey, letras distintas indican diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ )

Casal *et al.* (1987) trabajando con diferentes regímenes de luz al FDD, aplicados a *Petunia axillaris*, encontraron que con la aplicación de luz Roja se redujo el tamaño de las hojas y en consecuencia el Área Foliar de las plantas tratadas, lo que le otorgaba un aspecto más compacto.

Por otro lado, en nuestro ensayo, se pudo observar una disminución de la Materia Seca (MS) en las diferentes partes de las plantas de petunia (Tabla 5.19) y copete (Tabla 5.20) bajo el tratamiento de Luz Roja FDD.

Tabla 5.19: Efecto del tratamiento Control (luz Normal) y Luz Roja al Final del Día (FDD) sobre la Materia Seca (MS) de tallos y raíces, en plantas de petunia

Cultivo	Tratamientos	MS tallos (gr)	MS raíces (gr)
Petunia	Control	0,33 a	1,43 a
	Luz Roja (FDD)	0,19 b	0,98 b

Test de Tuckey, letras distintas indican diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ )

Figura 5.20: Efecto del tratamiento Control ( luz Normal )y Luz Roja al Final del Día (FDD) sobre la Materia Seca (MS) de tallos y raíces, en plantas de copete

Cultivo	Tratamientos	MS tallos (gr)	MS raíces (gr)
Copetes	Control	0,42 a	1,32 a
	Luz Roja (FDD)	0,22 b	0,90 b

Test de Tuckey, letras distintas indican diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ )



Oyaert *et al.* (1999) también observaron una disminución en el Peso Seco Total, de las plantas de crisantemos evaluadas. Probablemente la disminución de la Materia Seca de las plantas se deba a un decrecimiento en la tasa de asimilación de CO<sub>2</sub> (Mortensen & Strømme, 1987). Decoteau *et al.* (1993) y Rajapakse & Kelly (1995), demostraron que al aumentar la relación R / RL, se producía una reducción de los azúcares solubles y almidón en hojas y tallos de plantas de crisantemos y rosas.

En nuestro trabajo se pudo constatar una diferencia al determinar contenido de clorofila en hojas de petunia (Tabla 5.21) y copete (Tabla 5.22). Observándose un contenido menor en las plantas expuestas a Luz R al final del Día (FDD).

Tabla 5.21: Efecto del tratamientos Control (luz Normal) y Luz Roja al Final del Día (FDD) sobre la concentración de Clorofila *a*, Clorofila *b* y Clorofila Total en hojas de plantas petunia. (Datos expresados en mg de clorofila/ gr de tejido fresco)

Cultivo	Tratamiento	Clorofila <i>a</i> (mg/gr)	Clorofila <i>b</i> (mg/gr)	Clorofila Total (mg/gr)
<i>Petunia</i>	Control	0,75 a	0,88 a	1,63 a
	Luz Roja (FDD)	0,73 a	0,62 b	1,35 b

Test de Tuckey, letras distintas indican diferencias significativas (p<=0,05)

Tabla 5.22: Efecto de los tratamientos Control (luz Normal) y Luz Roja al Final del Día (FDD) sobre la concentración de Clorofila *a*, Clorofila *b* y Clorofila Total en hojas de plantas Copetes. (Datos expresados en mg de clorofila/ gr de tejido fresco)

Cultivo	Tratamiento	Clorofila <i>a</i> (mg/gr)	Clorofila <i>b</i> (mg/gr)	Clorofila Total (mg/gr)
	Control	0,78 a	0,94 a	1,72 a
<i>Copetes</i>	Luz Roja (FDD)	0,75 a	0,67 b	1,42 b

Test de Tuckey, letras distintas indican diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ )

Por otro lado, fue notoria la falta de floración en los tratamientos con luz Roja al FDD en *Petunia* y en *Copetes*. En ambos tratamientos se produjo un retraso de casi 20 días en la floración con respecto al testigo.

Estudios recientes, reportan sobre la relación entre la señal de luz que llega a las plantas y la actividad de las auxinas y giberelinas, indicando que el fotocontrol del crecimiento de los tallos está envuelto en esta asociación entre fitocromo y las vías de señalización hormonal (Parks *et al.*, 2001). La naturaleza de los mensajeros en la cadena de transducción entre la fotoconversión del fitocromo y la respuesta de crecimiento todavía no se encuentra bien dilucidada (Casal & Smith, 1988).



## **6. CONCLUSIONES**

### ***Retardadores del crecimiento***

- ✓ Varios factores afectaron la eficiencia de los RC, como por ejemplo el tipo de compuesto, su forma de acción antigiberelina, dosis de aplicación y forma de aplicación.
- ✓ Todas las dosis de Paclobutrazol, tanto asperjado como en riego, tuvieron un control efectivo del crecimiento en altura del tallo principal y de las ramificaciones, así como sobre el diámetro de plantas de petunia y el número de tallos axilares.
- ✓ La mayor reducción se obtuvo con las dosis en riego de Paclobutrazol (especialmente con 160 ppm), aunque el resto de las dosis se diferenciaron con respecto al control.
- ✓ La dosis de paclobutrazol Asperjado 40 ppm, fue la que mostró un mejor comportamiento, tanto en el número de tallos axilares, número de flores y pimpollos, así como en el aspecto general de la planta.
- ✓ En los tratamientos con CCC las reducciones en altura, diámetro de la planta y número de tallos axilares se diferenciaron del control, pero no fueron tan efectivas como los tratamientos con Paclobutrazol.

### ***Acondicionamiento Mecánico***

- ✓ El Acondicionamiento o Estrés Mecánico es una herramienta natural que puede traer beneficios en la producción de plantines.
- ✓ Con la aplicación de Acondicionamiento Mecánico en plantines de petunia y copete, se lograron resultados similares a los alcanzados con la aplicación de paclobutrazol asperjado 40 ppm.

- ✓ Se obtuvieron plantines con una buena arquitectura en cuanto a altura, diámetro de planta, número de tallos axilares y número de pimpollos y flores al momento de comercialización.
- ✓ Como punto más importante de la investigación, podemos decir que al lograr resultados similares a los alcanzados por los RC, y al ser esta una técnica amigable con el ambiente, es factible su aplicación a nivel del productor, sin riesgos para su salud o de sus empleados.

### **Calidad de luz**

- ✓ La selectividad de la calidad de luz es un método alternativo muy interesante para regular el crecimiento de las plantas en los invernaderos.
- ✓ En el trabajo se alcanzaron resultados satisfactorios tanto en la producción de petunias como de copetes con la aplicación de luz R al Final del Día.
- ✓ Esto puede resultar en una aplicación fácilmente accesible a nivel comercial, en comparación con la adquisición de plásticos selectivos, que pueden resultar más onerosos y una forma más natural, frente al uso de Retardadores Químicos del Crecimiento.

En todas estas instancias de control del crecimiento de las plantas, podemos decir que siempre estaremos interfiriendo en mayor o menor medida en el balance hormonal de la planta, especialmente en lo referido al balance de Giberelina, también llamada hormona del crecimiento.



## 7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

---

## 7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

**Alabadí D.; J. Gil; M. A. Blázquez & J. L. García Martínez. 2004.** Gibberellins Repress Photomorphogenesis in Darkness. *Plant Physiology*. 134: 1050 – 1057.

**Aphalo, P. J. & C. L. Ballaré. 1995.** On the importance of information-acquiring systems in plant-plant interactions. *Essay Review. Functional Ecology*. 9: 5 – 14.

**Aphalo, P. J., C. L. Ballaré & A. L. Scopel. 1999.** Plant-plant signaling, the shade-avoidance response and competition. *Journal of Experimental Botany*. 50 (340): 1629 – 1634. <http://jxb.oxfordjournals.org/cgi/reprint/50/340/1629.pdf>. Consultado Abril 2005.

**Aphalo, P. 2001.** Light signals and the growth and development of plants – a gentle introduction. *The plant photobiology Note* 1. <http://www.mv.helsinki.fi/aphalo/photobio/pdf/notes1.pdf>. Consultado Abril 2005.

**Armitage, A. M.; Z. P. Tu & H. M. Vives. 1984.** The influence of chlormequat and daminozide on net photosynthesis, transpiration, and photorespiration of hybrid geranium. *HortScience*. 19: 705 – 707.

**Arnim A. Von & X. W. Deng. 1996.** Light control of seedling development. *Annual. Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*. 47: 215 – 243.

**Arnon, D.I. 1949.** Copper enzymes in isolated chloroplasts. Polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*. *Plant Physiol.* 24: 1 – 15.

**Autio, J.; I. Voipio & T. Koivunen. 1994.** Responses of aster, dusty miller, and petunia seedlings to daily exposure to mechanical stress. *HortScience*. 29: 1449 – 1452.

**Ball, V. 1997.** Chapter 18: Bedding Plants: Trends and seed basics (201 – 234). En: *Ball Red Book*. Vic Ball Editor. 16<sup>th</sup> Ed.

**Ballaré C. L. 1999.** Keeping up with the neighbours: phytochrome sensing and other signalling mechanisms. *Trends in Plant Science* 4:97 – 102.



**Bañón, S.; A. González; E. A. Cano; J. A. Franco & J. A. Fernández. 2002.** Growth, development and color response of potted *Dianthus caryophyllus* cv. Mondriaan to paclobutrazol treatment. *Scientia Horticulturae*. 94: 371 – 377.

**Barret, J. E. & C. A. Bartuska. 1982.** PP333 effects on stem elongation dependent on site of application. *HortScience* 17:737 – 738.

**Batschauer, A. 1998.** *Review*. Photoreceptors of higher plants. *Planta*, 206: 479-492.

**Bertram L. & P. Karlsen. 1994.** A comparison study on stem elongation of several greenhouse plants. *Scientia Horticulturae*. 59: 265 – 274.

**Biddington N. L & A. S. Dearman. 1985.** The effect of mechanically induced stress on the growth of cauliflower, lettuce and celery seedling. *Annals Botany*: 55:109 – 119.

**Biddington, N.L. 1986.** The effect of mechanically induced stress in plants. A review. *Plant Growth Regulation* 4: 103-123.

**Biro, R.; E. Hunt & M. Jaffe. 1980.** Thigmomorphogenesis: changes in cell division and elongation in the internodes of mechanically perturbed or ethrel – treated bean plants. *Annals of Botany*. 45: 655 – 664.

**Biro, R. L. & M. J. Jaffe. 1984.** Thigmomorphogenesis: Ethylene evolution and its role in the changes observed in mechanically perturbed bean plants. *Physiologia Plantarum*. 62: 289 – 296.

**Björkman, T. 1998.** Mechanical conditioning for controlling excessive elongation in transplants. *J. Japan. Soc. Hort. Sci.* 67:1121-1123.

**Blanchard, M. G. & E. S. Runkle. 2007.** Dipping Bedding plant liners in Paclobutrazol or Uniconazole inhibits subsequent stem extension. *HortTechnology* 17 : 178 – 182.

**Braam, J. 2005.** In Touch: Plant responses to mechanical stimuli. *Tansley Review. New Phytologist*. 165: 373 – 389.

**CASAFE. 2007.** Guía de Productos Fitosanitarios para la República Argentina. Cámara de Sanidad Agropecuaria y Fertilizantes República Argentina. Tomo II. Décimo tercera edición. pp 2073.

**Casal J.J.; P. Aphalo & R.A. Sánchez. 1987.** Phytochrome effects on leaf growth and chlorophyll content in *Petunia axillaris*. Plant, Cell and Environment 10: 509-514.

**Casal, J. & H. Smith. 1988.** Persistent effects of changes in phytochrome status on internode growth in light-grown mustard: occurrence, kinetics and locus of perception. Planta 175: 214 – 220.

**Casal, J. J.; R. A. Sánchez & J. F. Botto. 1998.** Modes of action of phytochrome. Review article. Journal of Experimental Botany. 319: 127 – 138.

**Casal, J. J. 2000.** Phytochromes, Cryptochromes, Phototropin: Photoreceptor Interactions in Plants. Photochemistry and Photobiology. 71 (1): 1 – 11.

**Casal, J. J., L. G. Luccioni, K. A. Oliverio & H. E. Boccalandro. 2003.** Light, phytochrome signalling and photomorphogenesis in *Arabidopsis*. Photochem. Photobiol. Sci. 2: 1 – 13.

**Cathey, H. M. 1964.** Physiology of growth retarding chemicals. Annual. Rev. Plant Physiol. 15: 271-302

**Cavins, T. J., L. Greer, J. L. Gibson, B. E. Whipker & J. M. Dole. 2003.** Response of Marguerite Daisy (*Argyranthemum frutescens*) “Comet Pink” to Plant Growth Regulators. PGRSA Quarterly. 31:1: 2 - 7.

**CHFPBA. Censo HortiFloricultura Provincia de Buenos Aires. 2005.** Gobierno de la Provincia de Buenos Aires. Ministerio de Economía, Dirección Provincial de Estadística. Ministerios de Asuntos Agrarios, Dirección Provincial de Economía Rural. Consejo Federal de Inversiones

**Coolbaugh, R. C. D. R. Hell & Ch. A. West. 1982.** Comparative effects of substituted pyrimidines on growth and Gibberellin Biosynthesis in *Gibberella fujikuroi*. Plant Physiol. 69, 712 – 716. <http://www.plantphysiol.org/cgi/reprint/69/3/712.pdf>.

Consultado junio 2007

**Cramer C. S. & M. P. Bridgen. 1998.** Growth Regulators Effects on plant height of potted Mussaenda “Queen Sirikit”. HortScience 33 : 78 – 81.

**Curry, E. A. & A. N. Reed. 1989.** Transitory growth control of apple seedlings with less persistent triazole derivatives. Journal of Plant Growth Regulation. 8: 167 – 174.

**Davis, T. D.; G. L. Stefens & N. Sankhla. 1988.** Triazole plant growth regulators. Horticultural Reviews, 10: 63 – 105.

**Decoteau, D. R. & H. H. Friend. 1991.** Growth and subsequent yield of tomatoes following end-of-day light treatments of transplant. HortScience 26: 1528 – 1530.

**Decoteau, D. 1998.** Plant Physiology: Manipulating Plant Growth with Solar Radiation. In: Greenhouse Glazing & Solar Radiation Transmission Workshop. <http://aesop.rutgers.edu/~horteng/Workshop/Lecture5.pdf>. Consultado diciembre 2005.

**Deng, X. W. & P. H. Quail. 1999.** Signalling in light-controlled development. Cell & Developmental Biology. 10: 121 – 129.

**Dennis, D. T., C. Upper & C. West. 1965.** An Enzymic site of inhibition of Gibberellin Biosynthesis by AMO 1618 and other Plant Growth Retardants. Plant Physiology. <http://www.plantphysiol.org/cgi/reprint/40/5/948.pdf>. Consultado junio 2007.

**Di Benedetto, A. 2004.** Capítulo 9: Control de la elongación (pp121 – 128). En: Cultivo Intensivo de Especies Ornamentales. Bases Científicas y Tecnológicas. 1º Ed. Editorial Facultad de Agronomía. Buenos Aires.

**Dicks, J.W. 1976.** Chemical restriction of stem growth in ornamentals, cereals and tobacco. Outlook on Agr. 9:69-75.

**Erner, Y. & M. J. Jaffe. 1982.** Thigmomorphogenesis: The involvement of Auxin and Abscisic Acid in Growth retardation due to mechanical perturbation. *Plant and Cell Physiology*. 23:935-941.

**Frost. R. G. & C. A. West. 1977.** Properties of Kaureno Synthetase from *Marah macrocarpus*. *Plan Physiol*. 59: 22 – 29.

**García Martínez J. L. & J. Gil. 2002.** Light regulation of Gibberellin Biosynthesis and mode of action. *Journal Plant Growth Regulation*. 20: 354 – 368.

**Garner, L. C. & T. Björkman. 1996.** Mechanical conditioning for controlling excessive elongation in tomato transplant: Sensitivity to dose, frequency, and timing of brushing. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 121:894 – 900.

**Garner, L. C. & T. Björkman. 1997.** Using impedance for mechanical conditioning of tomato transplants to control excessive stem elongation. *HortScience* 32:227-229.

**Garner, L. C. & T. Björkman. 1999.** Mechanical Conditioning of Tomato seedling improves transplant quality without deleterious effects on field performance. *HortScience* 34:848-851.

**Garner, L. C. & F. A. Langton. 1997.** Brushing pansy (*Viola tricolor* L.) transplants: a flexible, effective method for controlling plant size. *Scientia Horticulturae* 70 : 187 - 195.

**Gent, M. P. N. 2004.** Efficacy and Persistence of Paclobutrizol applied to rooted cuttings of *Rhododendron* before transplant. *HortScience* 39 : 105 – 109.

**Gent, M P N. & R J. McAvoy. 2000.** Chapter 4: Plant Growth Retardants in Ornamental Horticulture: A critical Appraisal (pp 89 - 145). In: *Plant Growth Regulators in Agriculture and Horticulture. Their Role and Commercial Uses*. Amarjit S Basra, Editor. Food Products Press

**Gonçalves Martins, M.B. & P. R. Camargo e Castro. 1999.** Reguladores vegetais e a anatomía da folha de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) cv, Ângela Gigante. Scientia Agricola. 56 (3)

**Graebe, J. E. 1987.** Gibberellin Biosynthesis and Control. Ann. Rev. Plant Physiol. 38: 419 – 465.

**Graham H. A. H. & D. R. Decoteau. 1995.** Regulation of bell pepper seedling growth with End-of-Day supplemental fluorescent light. HortScience 30 (3): 487 – 489.

**Graham H. A. H. & D. R. Decoteau. 1997.** Sensitivity of Shoots and Roots of young watermelon plants to End-of-Day Red and Far-red light. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 122 (4): 481 – 484.

**Grierson, W. 1993.** Beneficial aspects of stress on plants (pp. 645 – 657). In: Handbook of Plant and crop stress. Edited by Mohammad Pessarakli.

**Halmann, M. 1990.** Synthetic plant growth regulators. Advances in Agronomy 43 :47 – 105.

**Hamid, M. M. & R. R. Williams. 1997.** Effect of different types and concentrations of plant growth retardants on Sturt's desert pea (*Swainsona formosana*). Scientia Horticulturae 71: 79 – 85.

**Han, S. S. 2000.** Growth Regulators Reduce Leaf yellowing in Easter Lily caused by close spacing and root rot. HortScience 35 (4): 657 – 660.

**Hedden, P. & Y. Kamiya. 1997.** Gibberellin biosynthesis: enzymes, genes and their regulation. Annual Reviews of Plant Physiology and Plant Molecular Biology 48: 431 – 460.

**Hedden, P. & W. M. Proebsting, 1999.** Genetic analysis of Gibberellin biosynthesis. Plant Physiology 119: 365 – 370.

**Helliwell, C. A; C. C. Sheldon; M. R. Olive; A. R. Walker; J. A. D. Zeevaart; W. J. Peacock & E. S. Dennis. 1998.** Cloning of the *Arabidopsis ent*-kaureno oxidase gene GA3. Proc. Natl. Acad. Sci. USA. 95: 9019 – 9024.

**Helliwell, C. A.; P. M. Chandler; A. Poole; E. S. Dennis & W. J. Peacock. 2001.** The CYP88A cytochrome P450, ent-kaurenoic acid oxidase, catalyzes three steps of the gibberellins biosynthesis pathway. Proc. Natl. Acad. Sci USA 98: 2065 – 2070.

**Henry, H. A. L. & S. C. Thomas. 2002.** Interactive effects of lateral shade and wind on stem allometry, biomass allocation and mechanical stability in *Abutilon theophrasti* (Malvaceae). American Journal of Botany 89: 1609 – 1615.

**Hiraki, Y. & Y. Ota. 1975.** The relationship between growth inhibition and ethylene production by mechanical stimulation in *Lilium longiflorum*. Plant Cell Physiol. 16: 185-189. En: Mechanical stress Regulation of Plants growth and development. Horticultural reviews 17: 1-42.

**INTeA S.A. 2003.** Estudio sobre la Caracterización de la Producción Florícola en la república Argetina. Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA), Instituto Nacional de tecnología Agropecuaria (INTA). 88 pp.

**Ishikawa & M. Evans. 1992.** Introductions of curvature in maize roots by calcium or by thigmostimulacion. Plant physiology. 100:762-768. En: Mechanical stress Regulation of Plants growth and development. Horticultural reviews 17: 1-42.

**Jaffe M. J. & S. Forbes. 1993.** Thigmomorphogenesis: the effect of mechanical perturbation on plants. Plant Growth Reglation. 12: 313 – 324.

**Kamiya, Y. & J. L. García Martínez. 1999.** Regulation of gibberellins biosynthesis by light. Current Opinion in Plant Biology 2: 398 – 403.

**Karaguzel, O.; I. Baktir; S. Cakmakci & V. Ortacesme. 2004.** Growth and flowerin responses of *Lupinus varius* L. to Paclobutrazol. HortScience 39: 1659 – 1663.

**Khattak, A. M. & S. Pearson. 2005.** Light quality and temperature effects on antirrhinum growth and development. Journal of Zhejiang University SCIENCE 6B: 119 - 124

**Keller, E. & K. L. Steffen. 1995.** Increased chilling tolerance and altered carbon metabolism in tomato leaves following application of mechanical stress. Physiologia Plantarum 93: 519 – 525.

**Kellogg, R. M. & G. L. Steucek, G. L. 1980.** Mechanical stimulation and xylem production in Douglas fir. Forest Science 26: 643 – 651.

**Kessler, J. R. 2004.** Growing and Marketing Bedding Plant. Alabama Cooperative Extension System. ANR – 559. Alabama A&M and Auburn Universities. [http://www.aces.edu/pubs/docs/A/ANR-0559/ANR\\_0559.pdf?PHPSESSID=5b371f8000a6209573b52b9ce379c0bf](http://www.aces.edu/pubs/docs/A/ANR-0559/ANR_0559.pdf?PHPSESSID=5b371f8000a6209573b52b9ce379c0bf). Consultado mayo 2007.

**Kläring, H. P. 1999.** Effects of non-destructive mechanical measurements on plant growth: a study with sweet pepper (*Capsicum annuum* L.). Scientia Horticulturae 81: 369 – 375.

**Kuehny, J., A. Painter & P. C. Branch. 2001.** Plug Source and growth retardants affect finish size of bedding plants. HortScience 36 (2): 321 – 323.

**Kuraishi S. & R. M. Muir. 1962.** Mode of Action of Growth Retarding chemicals. Plant Physiology 19 – 24.

**Larson, R.A. 1985.** Growth Regulators in Floriculture. Horticultural Reviews. 7:399-481. Ed. By Jules Janick.

**Latimer, J. G. 1990.** Drought or mechanical stress affects broccoli transplant growth and establishment, but not yield. HortScience 25:1233-1235. In: Mechanical stress Regulation of Plants growth and development. Horticultural reviews17: 1-42

**Latimer, J.G. 1991.** Mechanical conditioning for control of growth and quality of vegetable transplants. HortScience 26:1456-1461.

**Latimer, J.G. 1998.** Mechanical conditioning to control height. HortTechnology 8:529-534.

**Latimer, J. G.; P Lewis & P. A. Thomas. 1999.** Plant Growth regulator effects on height and landscape performance of perennial bedding plants. Acta Hort 504: 83 - 91. ISHS.

**Laws, N. 2005.** A Strong Year for Floriculture. A look at the UN Comtrade statistics (pp 26 – 29). Floraculture International. February 2005.

**Leopold, A. C. 1971.** Antagonism of some Gibberellin actions by a substituted Pyrimidine. Plant Physiol 48: 537 – 540.

**Lewis, K. P.; J. E. Faust; J. D. Sparkman & L. W. Grimes. 2004.** The effect of Daminozide and Chlormequat on the Growth and Flowering of Poinsettia and Pansy. HortScience 39 (6): 1315 – 1318.

**Liptay, A. 1985.** Reduction of spindliness of tomato transplants grown at high densities. Canadian Journal of Plant Science 65: 797 - 801.

**Matsoukis, A; A. Chronopoulou-Sereli & J. K. Chronopoulos. 2003.** Growth and flowering of Lantana camara L. subsp. Camara as affected by triapenthenol and environmental factors. HortScience 38 (2): 173 – 175.

**Miller, W.; A. Ranwala & G. Legnani. 2003.** Growth Regulators. Growth regulation for potted hybrid liliun (pp 18 – 23). FloraCulture Internacional.

**Mitchell, C.A.; C.J. Severson; J.A. Wott & P.A. Hammer. 1975.** Seismorphogenic regulation of plant growth. J. Am. Soc. Hort. Sci.100:161-165.

**Mitchell, C. A.; H. C. Dostal & T. M Eipel. 1977.** Dry weight reduction in mechanically – dwarfed tomato plants. Journal of American Society of Horticultural Science 102: 605 – 608.

**Mitchell, C. A. & P. N. Myers. 1995.** Mechanical Stress Regulation of plant Growth and Development. Horticultural Reviews 17: 1 - 42.



**Mitchell, C.A. 1996.** Recent advances in plant response to mechanical stress: theory and application. HortScience 31:31-35

**Mortensen, M. & E. Strømme. 1987.** Effects of light quality on some greenhouse crops. Scientia Horticulturae 33: 27 – 36.

**Mullinax, L; J. L. Gibson; S Crowley & S Haddock. 2005.** Ornamental Vegetable Growth Responses to Topflor and Sumagic. University of Florida, Dept. of Environmental Horticulture, Milton, FL. In: Growth Regulators Section. SNA Research Conference 50.

**Nakaseko, K. 1988.** Productivity of a dwarf type soybean induced by mechanical stimulation applied during the vegetative stage. Jpn. J. Crop sci. 57:782-789. En: Mechanical stress Regulation of Plants growth and development. Horticultural reviews 17: 1-42.

**Nagy, F. & E. Schäfer. 2002.** Phytochromes control. Photomorphogenesis by differentially regulated, interacting signaling pathways in higher plants. Annual Reviews of Plant Biology 53: 329 – 355.

**Nickell, L. G. 1994.** Chapter 1. Plant Growth Regulators in Agriculture and Horticulture. In: ACS Symposium Series N° 557. Bioregulators for Crop Protection and Pest Control. P. A. Hedin, Editor. American Chemical Society.

**Niklas, K. J. 1998.** Effects of Vibration on mechanical properties and Biomass allocation Pattern of *Capsella bursa-pastoris* (Cruciferae). Annals of Botany 82 :147 – 156.

**Olsen, W. W. & A. S. Andersen. 1995.** The influence of five growth retardants on growth and postproduction qualities of *Osteospermum ecklonis* cv. “Calypso”. Scientia Horticulturae 62: 263 – 270.

**Olszewski, N., T. Sun & F. Gubler. 2002.** Gibberellin Signaling: Biosynthesis, Catabolism, and response pathways. The Plant Cell S61 – S80.

**Oyaert, E. ; E. Volckaert & P.C. Debergh. 1999.** Growth of chrysanthemum under coloured plastic films with different light qualities and quantities. *Scientia Horticulturae*. 79: 195 – 205.

**Pappas, T. & C. A. Mitchell. 1985a.** Effects of seismic stress on the vegetative growth of *Glycine max* (L.) Merr. cv. Wells II. *Plant, Cell & Environment*. 8: 143 – 148.

**Pappas, T. & C. A. Mitchell. 1985b.** Effects of seismic stress on the vegetative growth of *Glycine max* (L.) Merr. cv. Wells II. *Plant Physiol*. 79: 285 – 289.

**Parks, B. M., K. M. Folta & E. P. Spalding. 2001.** Photocontrol of stem growth. *Current Opinion in Plant Biology*, 4: 436 – 440. <http://www.sciencedirect.com/science>. Consultado abril 2007.

**Patil, G. G.; R. Oi; A. Gissinger & R. Moe. 2001.** Plant morphology is affected by light quality selective plastic films and alternating day and night temperature. *Gartenbauwissenschaft*. 66: 53 – 60.

**Pobudkiewicz, A. & J. Treder. 2006.** Effects of flurprimidol and daminozide on growth and flowering of oriental lily “Mona Lisa”. *Scientia Horticulturae* 110: 328 – 333.

**Porra. R. 2005.** The chequered history of the development and use of simultaneous equations for the accurate determination of chlorophylls *a* and *b*. In: Govindjee, J., Beatty H. Gest & J.F. Allen (eds): *Discoveries in Photosynthesis*, pp 633 – 640.

**Rademacher, W. 2000.** Growth Retardants: Effects on Gibberellin Biosynthesis and Other Metabolic Pathways. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology* 51:501-531

[.http://arjournals.annualreviews.org/doi/pdf/10.1146/annurev.arplant.51.1.501](http://arjournals.annualreviews.org/doi/pdf/10.1146/annurev.arplant.51.1.501).

Consultado abril 2007.

**Rajapakse, N.C. & J.W. Kelly. 1995.** Spectral filters and growing season influence growth and carbohydrate status of chrysanthemum. *Scientia Horticulturae* 117:481–485.

**Reed, A. N.; E.A Curry & M. W. Williams. 1989.** Translocation of triazole growth retardants in plant tissues. *Journal of the American Society of Horticultural Science* 114: 893 – 898.

**Roeber, R.; D. Kolb & G. Ohmayer. 1995.** Influence of drought stress, DIF, and growth retardant on yield and quality of *Dendranthema X grandiflorum*. *Acta Hort. (ISHS)* 378:139-148. [http://www.actahort.org/books/378/378\\_18.htm](http://www.actahort.org/books/378/378_18.htm). Consultado abril 2007.

**Rossini Pinto, A.; T. Deléo Rodrigues; I. C. Leite & J. C. Barbosa. 2005.** Growth Retardants on development and ornamental quality of potted “Lilliput” *Zinnia elegans* JACQ. *Sci. Agric* 62: 337 – 345.

**Runkle E. S. & R. D. Heins. 2003.** Photocontrol of Flowering and Extension Growth in the Long-day Plant Pansy. *Journal of America Society of Horticulturae Science* 128 (4): 479 – 485.

**Ruvalcaba, L. P.; T. J Velázquez Alcaráz; B. Acosta Villegas; F Ayala Tafoya; T. Díaz Valdés; J. F Inzunza Castro; J. E. Cruz Ortega. 2007.** Paclobutrazol y crecimiento de raíz y parte aérea de plántulas de pimiento de Morrón y berenjena. *Revista Fitotecnia Mexicana* 30 (002):145 – 149.

**Salisbury, F. B. 1994.** The Role of Plant Hormones (pp. 39 – 81). En: *Plant – Environment Interactions*. Ed. Robert E. Wilkinson. Marcel Dekker, Inc.

**Salisbury F. B. & C. W Ross. 1994.** Capítulo 20: Fotomorfogénesis (pp 487 – 514). En: *Fisiología Vegetal*. S.A. de C. V. Grupo Editorial Iberoamérica. México. 759 p

**Sanderson, K. C.; W. C. Martin & J. McGuire. 1988.** Comparison of paclobutrazol tablets, drenches, gels, capsules, and spray on chrysanthemum growth. *HortScience* 23: 1008 – 1009.

**Seeley, J. G. 1979.** Interpretation of growth regulator research with floriculture crops. *Acta Hort.* 91:83-92.

**Shanks, J.B. 1982.** Fundamentals of plant growth regulation. N. C. Flower Growers' Bull. 26 (5):4-11.

**Sharrock R. A. & P H Quail. 1989.** Novel phytochrome secuencias in *Arabidopsis thaliana*: structure, evolution, and differential expression of a plant regulatory photoreceptor family. *Genes & Development.* 3: 1745 – 1757.

**Shin, W. G.; S. J. Hwang; I. Sivanesan & B. R. Jeong. 2009.** Height suppression of tomato plug seedlings by an environment friendly seed treatment of plant growth retardants. *African Journal of Biotechnology.* 8 (17) 4100 – 4107. <http://www.ajol.info/index.php/ajb/article/viewFile/62135/50172>.

**Shive, J. B. Jr. & H. D. Sisler. 1976.** Effects of ancymidol (a Growth Retardant) and Triarimol (a Fungicide) on the growth, sterols, and Gibberellins of *Phaseolus vulgaris* (L.). *Plant Physiol.* 57, 640 – 644. <http://www.plantphysiol.org/cgi/reprint/57/4/640.pdf>. Consultado Junio 2007.

**Sponsel, V. 2007a.** Chapter 20. Topic 20.1. Structures of some important Gibberellins, T precursors and derivatives, and inhibitors of Gibberellins biosynthesis. In: *Plant Physiology, Fourth Edition* by L. Taiz and E. Zeiger. <http://4e.plantphys.net/article.php?ch=20&id=384>. Consultado abril 2007.

**Sponsel, V. 2007b.** Chapter 20. Topic 20.3. Gibberellin Biosynthesis. In: *Plant Physiology, Fourth Edition* by L. Taiz and E. Zeiger. <http://4e.plantphys.net/article.php?ch=20&id=366>. Consultado abril 2007.

**Srivastava, L. M. 2002.** *Plant Growth and Development. Hormones and Environment.* Chapter 7: Gibberellins. pp 171 – 190. Academic Press. An imprint of Elsevier Science.

**Starman, T. W. & M. Williams. 2000.** Growth retardants affect growth and flowering of *Scaevola*. *HortScience* 35 (1): 36 – 38.

**Styer, R.C. & D.S Koranski. 1997.** Plug and transplant Production. A Grower's Guide. Ball Publishing, Batavia, Illinois, USA.

**Taiz & Zeiger. 2002.** Chapter 17: Phytochrome and Light Control of Plant Development. pp 375 – 402. In: Plant Physiology. Third Edition.

**Takaki, A.; T. Masuda; N. Tsukishima; K. Kagawa & K. Kurosawa. 1977.** The effect of mechanical stimulation on the seedling growth of sugar beets. Proc. Sugar Beet Res. Assn 19: 203 – 212.

**Telewski, F. W. & M. Jaffe. 1986a.**Thigmomorphogenesis: Field and laboratory studies of *Abies fraseri* in response to wind or mechanical perturbation. Physiologia Plantarum 66: 211 – 218.

**Telewski, F. W. & M. Jaffe. 1986b.** Thigmomorphogenesis: Anatomical, morphological and mechanical analysis of genetically different sibs of *Pinus taeda* in response to mechanical perturbation Physiologia Plantarum 66: 219 – 226.

**Yoshimura, T., H. Kuramochi; M. Konnai; H. Seto; T. Sassa & K. Yoneyama. 1997.** Effects of plant growth regulators on shoot growth and flowering of a perennial paddy weed, *Sagittaria pygmaea* Miq. Biosci. Biochem 61 (11): 1896 – 1900.

**Wada, M. & A. Kadota. 1989.** Photomorphogenesis in lower green plants. Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology 40: 169 - 191

**White, S. A. 2003.** Nutrition and Plant Growth Regulator Rates for High Quality Growth of Containerized Spiderwort (*Tradescantia virginiana* L.). Thesis Master of Science in Horticulture. [http://scholar.lib.vt.edu/theses/available/etd-04242003130320/unrestricted/Tradescantia\\_thesis.pdf](http://scholar.lib.vt.edu/theses/available/etd-04242003130320/unrestricted/Tradescantia_thesis.pdf)

**Wilkins. H.F.; W.E. Healy & R.D Heins. 1979.** Past, present, future plant growth regulators. Acta Hort 91:23-32.

**Willamson, J. G.; D. C. Coston & L. W. Grimes. 1986.** Growth responses of peach roots and shoots to soil and foliar – applied paclobutrazol. HortScience. 21: 1001 – 1003.



## **8.1. Regulación del crecimiento de plantines de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) a través del manejo de la relación rojo/rojo lejano**

### **8.1.1 Introducción**

La distribución espectral de la luz tiene un fuerte impacto sobre la morfología de las plantas. Es conocido que las características de dirección y composición de la luz en el ambiente que rodea a las plantas, es transferida a estas a través de la interceptación y activación de una compleja red de fotorreceptores, los cuales perciben estas señales, que son luego usadas para reunir información posicional entre plantas vecinas (Casal, 2000; Casal *et al.* 2003).

A través de estos pigmentos, las plantas tienen la habilidad de percibir variaciones en la composición de la luz para iniciar cambios fisiológicos y morfológicos (Aphalo & Ballaré, 1995; Arnim & Deng, 1996; Aphalo *et al.*, 1999; Ballaré, 1999). Estos cambios están relacionados con la elongación o no del tallo, con el área de las hojas individuales, alteraciones de la forma de las hojas; efectos sobre la dominancia apical y cambios en la composición química (nutrientes minerales, antocianinas, clorofilas y otros metabolitos) (Decoteau, 1998; Aphalo, 2001; Henry & Thomas, 2002). En la mayoría de estos sistemas, es la alteración de la cantidad relativa de luz R y luz Rojo Lejano (R/RL) que llega a la planta, la que afecta al sistema de fitocromo y al mismo tiempo al crecimiento y la producción de una amplia variedad de cultivos, entre ellos el tomate (Decoteau *et al.*, 1988; Graham & Decoteau, 1995; Decoteau, 1998). Una elevada relación, Rojo/Rojo Lejano (R/RL), decrecería el largo de los tallos, mientras que condiciones ambientales enriquecidas con luz RL (baja relación R/RL) favorecería su elongación.

Una manipulación artificial, bastante efectiva de la luz ambiente, es aquella en la cual se expone a las plantas a pulsos cortos (5 – 15 min) de luz R o RL al final del Día (End Of Day = EOD). Por ejemplo, respuestas de RL dado al EOD, pueden ser revertidas por una aplicación inmediata de luz R, lo que implica la participación del fitocromo como pigmento foto-receptor, y se clasifican como Respuesta de Baja Fluencia (Graham & Decoteau, 1995; Graham & Decoteau, 1997; Casal, 2000; Casal *et al.*, 2003).

El objetivo de este trabajo fue documentar la repuesta de la morfogénesis de plantines de tomate, aumentando la relación R/RL, modificando la longitud de onda de la luz aplicada al final del día (FDD).

### **8.1.2. Materiales y Métodos**

Se sembraron semillas de dos híbridos de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.): Topacio (crecimiento determinado) y Oso (crecimiento indeterminado), en bandejas de 200 celdas. Se utilizaron seis bandejas para cada híbrido, tres bandejas por tratamiento resultantes de una asignación completamente aleatorizada. Estas se colocaron en una cámara de crecimiento, donde se mantuvo un fotoperíodo de 16 horas, temperatura de  $22,0 \pm 2$  °C, y un flujo de radiación fotosintéticamente activa de  $150 \mu\text{mol}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{seg}^{-1}$  (El flujo se midió con un Sensor integrador de flujo cuántico (LI- 190SA; LI-COR, Lincoln, Nebr.).

Para el llenado se utilizó un sustrato comercial a base de de una mezcla de perlita 20 % (v/v) y turba 80 % (v/v). Para todas las bandejas se utilizó la misma rutina de riego y fertilización mediante una solución nutritiva con 300 ppm de N, 100 ppm de P, 100 ppm de K, 95 ppm Ca y 30 ppm de Mg.

Para cada híbrido se trabajó con los siguientes tratamientos:

1. Control: en el cual se mantuvieron las condiciones de fotoperíodo, temperatura y radiación fotosintéticamente activa dadas arriba.
2. Suplementación de luz Roja (R) al Final del Día (FDD). A las condiciones normales anteriores se le agregó un pulso de luz roja al Final del Día (FDD), para lo cual se construyó un sistema experimental con 2 tubos fluorescentes monocromáticos (TL-D 36 W/15 rojo – PHE) de 1,2 m de longitud. Los mismos se encontraban suspendidos a 0,25 m por encima de las bandejas, independientes del sistema de luz que generaba las condiciones de fotoperíodo. Mediante un equipo de control, se aplicó un pulso de 15 minutos de luz roja al final del día (FDD), de manera de lograr una alta relación R/RL



(Decoteau & Friend, 1991; Graham & Decoteau, 1995; Graham & Decoteau, 1997; Decoteau, 1998).

Se midieron las siguientes variables:

- Índice de área foliar (cm<sup>2</sup>). Se utilizó un medidor de área foliar marca LICOR modelo LI-3000 A.
- Peso fresco (PF) y Peso Seco (PS) de la parte aérea (hojas, tallos) y raíces (gr). El peso de la materia seca se determinó una vez realizado el secado a estufa a 60°C hasta peso constante. Ambos pesos se determinaron a través de una balanza Scientech ( $\pm 1$ mg).
- Concentración de Clorofila *a*, Clorofila *b* y Clorofila Total (Arnon, 1949; Porra, 2005)
- Longitud del tallo principal (cm). Este parámetro se determinó por medio de un calibre y una regla graduada en milímetros (mm).

El ensayo culminó, al cumplirse los 45 días, momento en el cual los plantines estaban en condiciones para realizar el trasplante a campo.

### **8.1.3. Resultados y Discusión**

Las plantas de los dos cultivares de tomate, tratadas con pulso de luz roja al Final del Día (FDD), redujeron la longitud de los entrenudos con respecto al Control. Se observó una reducción de la altura del tallo del 24 % para el cv. "Oso", de crecimiento indeterminado, y un 43 % en el cv. "Topacio", de crecimiento determinado (Tabla 8.1).

Estos datos de reducción en la altura obtenidos en nuestro ensayo, son mayores a los resultados presentados por Decoteau & Friend, (1991), quienes trabajando con plantines de tomate, a los cuales suplementaron con una fuente de luz roja, formada por dos bulbos de tubos fluorescentes, al FDD, reportaron que los plantines de pimiento fueron un 16 % más cortos. Graham & Decoteau (1995), encontraron una relativa

reducción de la altura de plantines de pimiento (*Capsicum annuum*), trabajando con luz suplementaria roja (lo que elevaba la relación R/RL) al FDD.

En nuestro ensayo, se obtuvo una reducción sobre el crecimiento de los entrenudos en las plantas evaluadas, pero no afectó el número de ellos, ya que en los tres tratamientos todas las plantas alcanzaron el mismo número de entrenudos (Tabla 8.1).

Tabla 8.1: Efectos del tratamiento con luz roja al Final del Día (FDD), sobre la altura de plantines de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) con crecimiento indeterminado, cv. "Oso", y determinado cv. "Topacio"

Tratamiento	Altura Hipocótilo (cm)	Altura 1° Entrenudo (cm)	Altura 2° Entrenudo (cm)	Altura 3° Entrenudo (cm)	Altura 4° Entrenudo (cm)	Altura total (cm)
Control						
cv. "Topacio"	3,33 b	3,77 b	2,49 b	2,00 b	1,56 b	13,15 b
<hr/>						
Luz R – FDD cv. "Topacio"	2,57 a	2,37 a	1,59 a	1,14 a	0,39 a	8,06 a
<hr/>						
Control						
cv. "Oso"	3,56 b	3,24 b	2,66 b	2,48 b	2,78 b	14,72 b
<hr/>						
Luz R – FDD cv. "Oso"	2,86 a	2,41 a	2,28 a	2,21 a	1,54 a	11,30 a

Test de Tuckey, letras distintas indican diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ )

Por otro lado, las plantas tratadas con pulso de luz Roja al FDD, presentaron una reducción en el Área Foliar, con respecto al control (Tabla 8.2). Esto coincide con

trabajos de Oyaert *et al.* (1999), los cuales trabajando con plásticos coloreados que absorbían la luz Rojo Lejano, encontraron que el Área Foliar, del tallo principal y tallos axilares de plantas de Crisantemo, *Dendranthema x grandiflorum* “White Reagan” (*Chrysanthemum morifolium*), era disminuida en un 50 % con respecto al control.

En nuestro trabajo también se obtuvieron diferencias en los Porcentajes de Materia Seca en Tallo, Hojas y Raíces de los cultivares de tomate evaluados en el ensayo, con respecto al tratamiento control (Tabla 8.2).

Tabla 8.2: Efectos del tratamiento con luz roja al Final del Día (FDD), sobre el Área Foliar, Materia Seca (MS) de Hojas, Tallos y Raíces, de plantines de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) con crecimiento indeterminado, cv. “Oso”, y determinado cv. “Topacio”

Tratamiento	Área Foliar (cm <sup>2</sup> )	MS Hojas	MS Tallos	MS Raíces
Control cv. “Topacio”	122,41 b	11,20 b	10,02 b	14,20 b
Luz R – FDD cv. “Topacio”	90,07 a	9,81 a	7,65 a	11,04 a
Control cv. “Oso”	130,21 b	13,23 b	14,22 b	16,30 b
Luz R – FDD cv. “Oso”	114,10 b	10,12 a	8,51 b	11,21 a

Test de Tuckey, letras distintas indican diferencias significativas (p<=0,05)

Graham & Decoteau (1997) aplicando pulsos de luz Roja y Rojo Lejano al FDD, sobre plantines de sandía (*Citrullus lanatus*), encontraron que las plantas expuestas a pulso de luz roja al FDD, presentaban una disminución de la altura de los tallos, pero no encontraron diferencias significativas en, MS de tallos y raíces, pero si en MS de hojas.

Decoteau (1998) reportó una reducción de la altura del 10 % en plantines de tomate tratados con luz Roja al FDD. El tratamiento con luz Roja FDD no tuvo efectos posteriores sobre la producción de frutas.

Oyaert et al., (1999), también observaron una disminución en el Peso Seco total, de las plantas de Crisantemos evaluadas. Probablemente la disminución de la Materia Seca de las plantas se deba a un decrecimiento en la tasa de asimilación de CO<sub>2</sub> (Mortensen & Strømme, 1987). En trabajos de Decoteau *et al.* (1993) y Rajapakse & Kelly (1995), trabajando con filtros azules (que aumentaban la relación R / RL), encontraron una reducción de los azúcares solubles (sucrosa, glucosa y fructosa) y almidón en hojas y tallos de plantas de crisantemos y rosas.

#### **8.1.4. Bibliografía**

**Aphalo, P. J. & C. L. Ballaré. 1995.** On the importance of information-acquiring systems in plant-plant interactions. *Essay Review. Functional Ecology.* 9: 5 – 14.

**Aphalo, P. J., C. L. Ballaré & A. L. Scopel. 1999.** Plant-plant signaling, the shade-avoidance response and competition. *Journal of Experimental Botany.* 50 (340): 1629 – 1634. <http://jxb.oxfordjournals.org/cgi/reprint/50/340/1629.pdf>. Consultado Abril 2005.

**Aphalo, P. 2001.** Light signals and the growth and development of plants – a gentle introduction. *The plant photobiology Note* 1. <http://www.mv.helsinki.fi/aphalo/photobio/pdf/notes1.pdf>. Consultado Abril 2005.

**Arnim A. Von & X. W. Deng. 1996.** Light control of seedling development. *Annual. Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology.* 47: 215 – 243.

**Arnon, D.I. 1949.** Copper enzymes in isolated chloroplasts. Polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*. *Plant Physiol.* 24: 1 – 15.

**Ballaré C. L. 1999.** Keeping up with the neighbours: phytochrome sensing and other signalling mechanisms. *Trends in Plant Science* 4:97 – 102.

**Casal, J. J. 2000.** Phytochromes, Cryptochromes, Phototropin: Photoreceptor Interactions in Plants. *Photochemistry and Photobiology*. 71 (1): 1 – 11.

**Casal, J. J., L. G. Luccioni, K. A. Oliverio & H. E. Boccalandro. 2003.** Light, phytochrome signalling and photomorphogenesis in *Arabidopsis*. *Photochem. Photobiol. Sci.* 2: 1 – 13.

**Decoteau, D.R.; Kasperbauer, M. J.; Daniels, D.D. & Hunt, P.G. 1988.** Plastic mulch color affects on reflected light and tomato plant development. *Sci. Hortic.* 34:169 – 175.

**Decoteau, D. R. & H. H. Friend. 1991.** Growth and subsequent yield of tomatoes following end-of-day light treatments of transplant. *HortScience* 26: 1528 – 1530.

**Decoteau, D.R.; H.A Hatt; J.W Kelly; M.J McMahon; N Rajapakse; R.E Young & R.K Pollock. 1993.** Applications of photomorphogenesis research to horticultural systems. *HortScience*. 28 10, p. 974.

**Decoteau, D. 1998.** Plant Physiology: Manipulating Plant Growth with Solar Radiation. In: *Greenhouse Glazing & Solar Radiation Transmission Workshop*. <http://aesop.rutgers.edu/~horteng/Workshop/Lecture5.pdf>. Consultado diciembre, 2005.

**Graham H. A. H. & D. R. Decoteau. 1995.** Regulation of bell pepper seedling growth with End-of-Day supplemental fluorescent light. *HortScience* 30 (3): 487 – 489.

**Graham H. A. H. & D. R. Decoteau. 1997.** Sensitivity of Shoots and Roots of young watermelon plants to End-of-Day Red and Far-red light. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 122 (4): 481 – 484.

**Henry, H. A. L. & S. C. Thomas. 2002.** Interactive effects of lateral shade and wind on stem allometry, biomass allocation and mechanical stability in *Abutilon theophrasti* (Malvaceae). *American Journal of Botany*. 89: 1609 – 1615.

**Oyaert, E. ; E. Volckaert & P.C. Debergh. 1999.** Growth of chrysanthemum under coloured plastic films with different light qualities and quantities. *Scientia Horticulturae*. 79: 195 – 205.

**Porra. R. 2005.** The chequered history of the development and use of simultaneous equations for the accurate determination of chlorophylls *a* and *b*. In: Govindjee, J., Beatty H. Gest & J.F. Allen (eds): Discoveries in Photosynthesis, pp 633 – 640.

**Rajapakse, N.C & J.W Kelly. 1995.** Spectral filters and growing season influence growth and carbohydrate status of chrysanthemum. J. Am. Soc. Horti. Sci. 120 (1): pp. 78–83.