



*"Enseñar la explotación
de la tierra no la del
hombre"*

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO
DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA



Instituto de Horticultura

INSTITUTO DE HORTICULTURA

**REGULADORES DEL DESARROLLO EN
NOCHEBUENA DE SOL 'VALENCIANA'**

**TESIS PROFESIONAL
QUE COMO REQUISITO PARCIAL PARA
OBTENER EL GRADO DE:
MAESTRO EN CIENCIAS EN HORTICULTURA**



**DIRECCIÓN GENERAL ACADÉMICA,
DEPARTAMENTO DE SERVICIOS ESCOLARES
OFICINA DE EXÁMENES PROFESIONALES**

**PRESENTA:
DIANA LÓPEZ LÓPEZ**

CHAPINGO, MÉXICO, JUNIO DE 2015

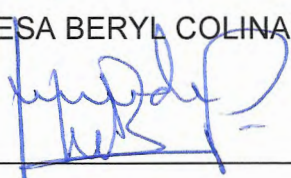
La presente tesis titulada **REGULADORES DEL DESARROLLO EN NOCHEBUENA DE SOL 'VALENCIANA'** fue realizada por la Ing. Diana López López bajo la dirección de la Dra. María Teresa Beryl Colinas León, ha sido revisada y aprobada por el H. Jurado Examinador y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS EN HORTICULTURA

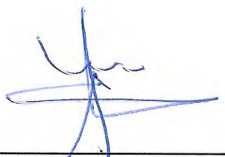
JURADO EXAMINADOR

PRESIDENTE: 

DRA. MARÍA TERESA BERYL COLINAS LEÓN

ASESOR: 

DR. JOEL PINEDA PINEDA

ASESOR: 

M.C. AMANDO ESPINO SA FLORES

DEDICATORIA

A mis padres:

Santos López López y Luvia López Matías

Por todos los sacrificios hechos para apoyarme y terminar una etapa más en la vida. Por sus enseñanzas y consejos tan valiosos.

A mis hermanos:

Eloy, Luvia, Francisco, Adriana (mi gemela), Iván y Vanessa por todos los momentos que compartimos juntos en familia y por su apoyo en todo momento.

A mis sobrino (a)s a quienes quiero mucho que hasta el momento son: Ángel, Iván, Eduardo, Christian, Jhovani, Belén y Francisco con quienes falta mucho más por vivir y compartir. Por su energía que motiva más y más a seguir adelante.

A Roberto Antonio De La Torre:

Gran persona, importante en mi vida a quien admiro mucho. Gracias por seguir compartiendo conmigo muy buenos momentos, faltan palabras para agradecer todo tu apoyo y sobre todo tu comprensión.

A mis primas:

Daniela, Irene y Guadalupe Isabel quienes han estado siempre atentas y en comunicación conmigo por cualquier situación.

A mis amigos:

Lore, Feli, Cecilia, Sara, Marlen, Vero, Adri Luna, Yanet, Lupe, Isabel, Marcelo, Gerardo y a mis compañero(a)s de grupo. Compartí grandes momentos, sobre todo aprendimos a seguir adelante y reír a pesar de los problemas y obstáculos.

Ha sido una etapa inolvidable, gracias por compartirla conmigo.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por brindarme la oportunidad de disfrutar LA VIDA.

A la **Universidad Autónoma Chapingo** por las facilidades otorgadas para formarme como una gran profesionista, a la **Dirección de Posgrado del Departamento de Fitotecnia y al Instituto de Horticultura** por permitirme ingresar a la maestría y llevar a cabo mis estudios.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por la beca otorgada para realizar mis estudios de maestría.

A la Dra. María Teresa Beryl Colinas León gracias por las recomendaciones hechas, por su valioso y constante apoyo durante el presente trabajo.

Al Dr. Joel Pineda Pineda por su colaboración y sugerencias hechas al presente trabajo.

Al M. C. Amando Espinosa Flores por la revisión y sugerencias proporcionadas para concluir este trabajo.

Al Químico Cecilio Bautista Bañuelos por su ayuda y sugerencias proporcionadas en la fase de laboratorio.

Agradecimiento especial a los M.C. Marcelo Garrido y Cecilia Osorio quienes me apoyaron constantemente para la elaboración de este estudio, por todas sus atenciones muchas gracias.

DATOS BIOGRÁFICOS

Diana López López nació el 6 de septiembre de 1988 en el municipio de Chahuities, Oaxaca.

Cursó la primaria Jesús Toledo Fuentes durante el año 1994 al 2000 y la Escuela Secundaria Técnica # 54 del año 2000 al 2003, ambas ubicadas en su municipio natal.

A los 14 años ingresó a la preparatoria en la Universidad Autónoma Chapingo en la cual cursó del 2003 al 2006, posteriormente siguió sus estudios como Ingeniero Agrónomo Especialista en Fitotecnia en esta misma casa de estudios durante cuatro años del 2006 al 2010.

En el año 2011 obtuvo el título profesional como Ingeniero Agrónomo Especialista en Fitotecnia y empezó a laborar.

En el 2013 ingresó al posgrado para obtener el grado de Maestro en Ciencias en el Instituto de Horticultura de la Universidad Autónoma Chapingo, donde culminó sus estudios y actualmente defiende la presente investigación.

REGULADORES DEL DESARROLLO EN NOCHEBUENA DE SOL 'VALENCIANA'

GROWTH REGULATORS IN SUN POINSETTIA 'VALENCIANA'

Diana López López¹ y María Teresa Beryl Colinas León²

Resumen

La nochebuena de sol desarrolla tallos muy largos y poca ramificación disminuyendo su calidad y por tanto su precio en el mercado. Con la finalidad de reducir la altura de brotes y aumentar su diámetro y ramificación, aumentar coloración y pigmentos en hojas y brácteas y reducir la deformación de ciatios del cv. Valenciana, se aplicaron daminozide y etefón a 500 mg L⁻¹ en nochebuenas bajo condiciones de invernadero. El etefón con tres aplicaciones redujo la altura de brotes 46 % y aumentó la coloración de brácteas, sin embargo, disminuyó la biomasa total 25 % y el peso específico de brácteas 26 %. El daminozide con tres aplicaciones redujo la altura de brotes 27 %, aumentó el contenido de antocianinas en brácteas y disminuyó la deformación de ciatios 46 %, pero disminuyó ligeramente la coloración de brácteas. El daminozide y etefón disminuyeron el diámetro de brotes y no generaron ramificación.

Palabras clave: *Euphorbia pulcherrima*, etefón, daminozide, altura de brotes.

Abstract

The sun poinsettia develops very long stems and few branches, decreasing quality and therefore the price in the market. In order to reduce height of shoots and increase its diameter and branching, increase coloration and pigments in leaves and bracts and reduce cyathia deformation of the cv. Valenciana, daminozide and ethephon at 500 mg L⁻¹ were applied in poinsettias under greenhouse conditions. Three ethephon applications reduced height of shoots 46 % and increased the coloration of bracts, however, the total biomass decreased 25 % and the specific weight of bracts decreased 26 %. Three daminozide applications reduced 27 % height of shoots, the levels of anthocyanins in bracts increased and cyathia deformation decreased in 46 % but the coloration of bracts slightly decreased. Daminozide and ethephon decreased shoots diameter and did not induced branching.

Keywords: *Euphorbia pulcherrima*, ethephon, daminozide, height of shoots.

Autor¹ y Director²

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTOS	iv
DATOS BIOGRÁFICOS	v
Resumen	vi
Abstract.....	vi
I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVO.....	3
III. HIPÓTESIS	4
IV. REVISIÓN DE LITERATURA.....	5
4.1 Origen e historia.....	5
4.2 Importancia del cultivo	6
4.3 Cultivares	9
4.4 Requerimientos agroecológicos	10
4.4.1 Temperatura.....	10
4.4.2 Iluminación	12
4.4.3 Humedad	13
4.4.4 Sustrato.....	14
4.4.5 Nutrientes	15
4.4.6 Perfil fenológico y de crecimiento de nochebuena	15
4.4.7 Post-producción.....	16
4.4.8 Comercialización	16
4.5 Retardadores del crecimiento.....	17

4.5.1 Efecto de los reguladores dentro de la planta	18
4.5.2 Daminozide	20
4.5.2.1 Características.....	21
4.5.2.2 Uso	22
4.5.3 Etefón.....	23
4.5.3.1 Características.....	23
4.5.3.2 Uso	24
V. MATERIALES Y MÉTODOS	25
5.1 Localización.....	25
5.2 Material vegetal.....	25
5.3 Diseño experimental y tratamientos	25
5.4 Tiempo, dosis y forma de aplicación de los reguladores del desarrollo	25
5.5 Variables de estudio.....	27
5.5.1 Longitud de brotes	27
5.5.2 Diámetro de brotes.....	27
5.5.3 Ramificación.....	27
5.5.4 Biomasa	27
5.5.5 Área foliar	28
5.5.6 Peso específico	28
5.5.7 Longitud de brácteas	28
5.5.8 Diámetro de inflorescencia	28
5.5.9 Color de brácteas	28
5.5.10 Unidades Spad	29
5.5.11 Deformación de ciatios en inflorescencias.....	29

5.5.12 Análisis de pigmentos.....	30
5.5.12.1 Clorofilas	30
5.5.12.2 Carotenoides	31
5.5.12.3 Antocianinas	31
5.6 Manejo del experimento	33
5.6.1 Establecimiento	33
5.6.2 Despunte	33
5.6.3 Fertilización	33
5.6.4 Riegos	34
5.6.5 Manejo de plagas y enfermedades	34
5.7 Análisis Estadístico	34
VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	35
6.1 Longitud de brotes.....	35
6.2 Diámetro de brotes.....	39
6.3 Ramificación	41
6.4 Biomasa, área foliar y peso específico de hojas	42
6.5 Biomasa total.....	44
6.6 Biomasa, área y peso específico de brácteas	46
6.7 Longitud, diámetro y deformación de ciatios en inflorescencias.....	48
6.8 Color de brácteas	50
6.9 Unidades SPAD	53
6.10 Pigmentos en brácteas.....	54

VII. CONCLUSIONES	59
VIII. BIBLIOGRAFÍA.....	60
ANEXOS.....	69

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Descripción de los tratamientos en nochebuena de sol.	26
Cuadro 2. Escala hedónica visual de porcentaje de deformación en brácteas de nochebuena de sol.....	29
Cuadro 3. Comparación de medias para longitud de brotes en nochebuena de sol ‘Valenciana’ a 53, 65, 83, 97, 113 y 131 días después del despunte.	36
Cuadro 4. Comparación de medias para diámetro de brotes en nochebuena de sol ‘Valenciana’ a 53, 65, 83, 97, 113 y 131 días después del despunte.....	39
Cuadro 5. Comparación de medias para área y peso específico en brácteas de nochebuena de sol ‘Valenciana’.	47
Cuadro 6. Comparación de medias para color de brácteas en nochebuena de sol ‘Valenciana’ a 152 y 159 días después del despunte.	51
Cuadro 7. Comparación de medias para pigmentos en nochebuena de sol ‘Valenciana’.....	55

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ciclo de producción de la nochebuena de sol ‘Valenciana’ bajo invernadero en Texcoco, México.	16
Figura 2. Desarrollo de los brotes de nochebuena de sol ‘Valenciana’.....	38
Figura 3. Diámetro de brotes de nochebuena de sol ‘Valenciana’.....	40
Figura 4. Biomasa de hojas en nochebuena de sol ‘Valenciana’ a los 139 días después del despunte.....	43
Figura 5. Biomasa total en nochebuena de sol ‘Valenciana’ a los 108 días después del despunte.....	46
Figura 6. Deformación de ciatios en inflorescencias de nochebuena de sol ‘Valenciana’.....	49
Figura 7. Luminosidad en el color de brácteas de nochebuena de sol ‘Valenciana’ a los 152 y 159 días después del despunte.....	52
Figura 8. Saturación en el color de brácteas de nochebuena de sol ‘Valenciana’ a los 152 y 159 días después del despunte.....	52
Figura 9. Ángulo de tono en el color de brácteas de nochebuena de sol ‘Valenciana’ a los 152 y 159 días después del despunte.....	53
Figura 10. Efecto de tratamientos sobre las hojas de nochebuena de sol ‘Valenciana’ a los 62 días después del despunte.	55
Figura 11. Efecto de tratamientos sobre las hojas de nochebuena de sol ‘Valenciana’ a los 83 días después del despunte.	56
Figura 12. Contenido de antocianinas en brácteas de nochebuena de sol ‘Valenciana’.....	57

I. INTRODUCCIÓN

La nochebuena (*Euphorbia pulcherrima* Willd. Ex. Klostch) es un símbolo contemporáneo de la navidad (Ecke, 1990) no sólo en México sino en el mundo y es un cultivo potencial en el mercado ya que ha aumentado en ventas así como en unidades de producción. Anualmente se producen 25 millones de planta con un valor de producción de 500 millones de pesos (Canul *et al.*, 2013), contribuyendo al ingreso económico de los productores y sus familias (Galindo *et al.*, 2012). Los principales estados productores son Morelos, Michoacán, el Distrito Federal, Puebla, Jalisco, Estado de México y Oaxaca (SIAP, 2013).

Con respecto a la nochebuena de sol, las variedades de mayor producción son las de brácteas color rojo: 'Valenciana' seguida de 'Superior' y 'Rehilete' (Galindo *et al.*, 2012) que son resultado de la selección, reproducción y modificaciones de nochebuenas criollas realizado por viveristas de Tetela del Monte, Tepoztlán, Oaxtepec, Jiutepec y Ahuatepec, Morelos (Mundo, 2006) con notable demanda en el mercado nacional y alcanzan un precio similar a la de invernadero puesto que en el 2010 el precio de venta mayor fue de 25 pesos, una mínima proporción se vendió a 15 pesos, otros entre 22 y 23 pesos; y la mayoría a 20 pesos (Galindo *et al.*, 2012).

Los métodos utilizados para reducir la altura en nochebuenas hasta el momento no han sido muy beneficiosos, por ejemplo, el estrés por sequía reduce el diámetro de las inflorescencias (Hartley, 1992) y el estrés por nutrimentos afecta el tamaño y color de las hojas y brácteas (Ecke *et al.*, 1990), afectando su aspecto y por lo tanto su comercialización. Además, el manejo con podas es muy laborioso por lo que actualmente como alternativa para obtener plantas compactas se utilizan los retardadores del crecimiento, sustancias que inhiben el crecimiento al reducir la biosíntesis de giberelinas (Rademacher, 2000).

Aunado a lo anterior, las nochebuenas de sol desarrollan tallos muy largos y poca ramificación que a pesar de ser aspectos importantes en el mercado ya que de éstos depende el precio de venta han sido poco estudiados y sobre todo en esta planta de origen mexicano hace falta investigar sobre la uniformidad en altura, por lo que en la presente investigación se evaluó el efecto de dos reguladores de desarrollo sobre la nochebuena de sol con el fin de contribuir al conocimiento general del manejo del cultivo.

II. OBJETIVO

Evaluar el efecto de dos reguladores de desarrollo sobre algunos parámetros de calidad de la nochebuena de sol 'Valenciana' como son la altura, diámetro y ramificación de los brotes, biomasa, área y peso específico de hojas y brácteas, unidades SPAD de hojas, color y pigmentos en brácteas y deformación de los ciatios.

III. HIPÓTESIS

Hay efecto positivo de los reguladores de desarrollo en la nochebuena de sol, que se reflejará en menor altura, mayor diámetro y ramificación de los brotes, mayor biomasa, área y peso específico de las hojas y brácteas, mayor coloración y pigmentos de las brácteas y menor deformación de los ciatios con respecto a las plantas sin aplicación de reguladores.

IV. REVISIÓN DE LITERATURA

4.1 Origen e historia

El género *Euphorbia* cuenta con 2,160 especies que están reconocidas por sus atributos morfológicos y es uno de los más grandes dentro de la familia Euphorbiaceae (Narbona, 2006).

“La cuna de la maravillosa planta, de doradas florecitas, de enormes brácteas rojas y de llamativas hojas verdes, comprenden los estados de Morelos (El Texcal, Jiutepec, Tepoztlan y Oaxtepec) y Guerrero; cerca de Taxco, existió un lugar llamado Cuetlaxochitlan, por la abundancia de la planta y sus flores” (Quintana, 1961). Aunque hasta el momento se desconoce el área específica de origen es posible encontrarla de manera natural, semicultivada y cultivada en los estados de Morelos, Guerrero, Distrito Federal, México, Puebla, Michoacán, Nayarit y Oaxaca (Canul *et al.*, 2012).

Los aztecas la llamaban Cuetlaxochitl que proviene de las palabras náhuatl: Cuetlaxi= marchitarse; Xochitl= flor, esto es flor que se marchita, también se conoce como flor de piel o flor de cuero, esto por su apariencia en las brácteas; era muy apreciada por el emperador Nezahualcoyotl, que la tenía en los jardines de su palacio en Texcoco y Moctezuma en los famosos jardines que ahora conocemos como Cuernavaca; a causa de su brillante color estaban consideradas como símbolos de pureza, generalmente asociados con lo divino (Codice Florentino, citado por Martínez, 1998).

El nombre botánico de *Euphorbia pulcherrima* fue dado por Wilenow, un botánico alemán en el siglo XIX, quien se asombró por su belleza, siendo el significado de *pulcherrima* “muy bonita” (Dole y Wilkins, 2005).

La nochebuena de sol es un arbusto silvestre que mide entre 3 y 5 m de altura, caducifolio, con brácteas de diferentes colores, formas y tamaños (Canul *et al.*, 2010).

4.2 Importancia del cultivo

La nochebuena es un símbolo contemporáneo de la navidad (Ecke, 1990) no sólo en México sino en el mundo y es un cultivo potencial en el mercado ya que en los últimos años ha aumentado en ventas así como en las unidades de producción.

La nochebuena en nuestro país contribuye al ingreso económico puesto que anualmente se producen 25 millones de planta terminada con un valor de producción de 500 millones de pesos, además genera empleos indirectos (Canul *et al.*, 2013).

Los principales estados productores son Morelos con 5,970,460 t, Michoacán con 3,111,900 t, el Distrito Federal con 2,806,200 t, Puebla con 1,376,590 t, Jalisco con 1,004,250 t, Estado de México con 763,800 t y Oaxaca con 23,790 t cuya superficie cultivada es 99.01 ha, 41 ha, 23.99 ha, 40.42 ha, 17 ha, 12 ha y 0.56 ha respectivamente (SIAP, 2013).

Entre las características que el mercado norteamericano demanda de esta especie se incluyen brácteas grandes y totalmente pigmentadas con ciatios en antesis para diciembre (Hayashi *et al.*, 2001).

En particular la altura es importante para mantener la relación planta maceta 2:1; también resulta conveniente en la cadena productiva obtener plantas de porte bajo que ocupen menor espacio durante la producción y el transporte (Hayashi *et al.*, 2001).

En México el ideotipo de planta que se pretende generar es de porte compacto, tallos gruesos con entrenudos cortos, de ciclo precoz a intermedio, tolerantes a enfermedades especialmente a *Botrytis cinerea*, resistente al empaque, transporte y manejo poscosecha, así como larga vida en contenedor (Canul *et al.*, 2010).

El enorme potencial ornamental que tiene nuestro país hasta la fecha no ha sido aprovechado, es indispensable promover investigaciones sobre todo del manejo de la nochebuena de sol *Euphorbia pulcherrima* Willd. Ex. Klostch 'Valenciana', originaria de México, ya que se carece de información o si existe dicha información, proviene de trabajos hechos en los cultivares mejorados en otros países, actualmente este enfoque esta aunado al rescate fitogenético emprendido por la Unión Internacional para la Protección de los Obtentores Vegetales (UPOV) con sede en Suiza mediante la Red de nochebuena en México, la cual se inició en el año 2008.

Aunado a lo anterior la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación (SAGARPA) a través del Sistema Nacional de Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura (SINAREFI) tiene las siguientes líneas estratégicas: la conservación y mejoramiento in situ,

conservación ex situ, uso y potenciación de los recursos fitogenéticos y creación de capacidades.

También participa el Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (SNICS) de los cultivos originarios de México y tiene como propósito promover acciones para conocer, preservar, mejorar, cultivar y aprovechar los recursos filogenéticos de naturaleza ornamental con uso actual o potencial en beneficio de la sociedad mexicana, con los siguientes objetivos específicos para la Red de Nochebuena: 1) promover el rescate, colecta, caracterización, conservación y uso de los recursos ornamentales mexicanos, 2) realizar un inventario de algunas *Euphorbias* (subgénero poinsettia) nativas de México, 3) promover el intercambio, cooperación científica, planificación, establecer prioridades en la conservación y utilización de los recursos ornamentales de *Euphorbias* en México, 4) promover proyectos donde participen más de dos instancias, incluyendo asociación de productores, especialmente en creación de capacidades y 5) facilitar y promover la participación de las diferentes instancias involucradas con la conservación y utilización de los recursos genéticos ornamentales en nuestro País.

La nochebuena ‘Valenciana’ es una de las cinco variedades de nochebuena de sol registradas en el Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (SNICS), de dominio público resultado de la selección, reproducción y modificaciones de las nochebuenas criollas realizado por algunos viveristas de Tetela del Monte, Tepoztlán, Oaxtepec, Jiutepec y Ahuatepec, en el estado de Morelos (Mundo, 2006).

Son pocos los estudios realizados en *Euphorbias* en México hasta el momento y que valen la pena mencionar como antecedentes de la información recabada de este cultivar. Uno de los pioneros fue el de mejoramiento genético en nochebuena hecho por Canul *et al.* en 2010 y 2012, posteriormente se realizó un estudio de recursos genéticos de nochebuena en México mediante la colecta de germoplasma para mejoramiento genético hecho por Canul *et al.* (2013).

Otras de las investigaciones realizadas exclusivamente para nochebuenas de sol fue la de Galindo *et al.* (2012) quienes mediante encuestas recabaron información sobre la producción de la nochebuena de sol en Morelos, México y también Fernández (2013) estudió los requerimientos nutrimentales del cultivar Valenciana en Texcoco, México.

Por último García *et al.* (2012) evaluó el efecto de podas en las nochebuenas de sol concluyendo que con tres podas se favorece la formación de arquetipos de nochebuena de sol ya que se obtuvieron 8.3 ramas en promedio por planta y consecuentemente se obtienen más brácteas que es la parte estética y el atractivo visual.

4.3 Cultivares

En México se producen plantas de cultivares mejorados (híbridos enanos) originarios de países como Estados Unidos y Europa que se comercializan en maceta para interiores. En general son plantas más compactas, ramifican más, dependen del fotoperiodo para florecer, pero son más delicadas y pierden calidad a cielo abierto por tanto se cultivan en invernadero (Mundo, 2006).

Dentro de los cultivares que se producen en México se encuentran: Supjibi roja, que se generó en Francia en 1988, pero actualmente ya casi no se cultiva. Otro cultivar que ha sido muy popular es el Freedom, tanto con brácteas rojas como blancas. Se han vuelto populares los siguientes: Peter Star, Prestige, Winter Rose, Maren, Cinnamon Star, Da Vinci y Red Elf (Colinas, 2009).

Respecto a las variedades de mayor producción de nochebuena de sol son las de brácteas color rojo: 'Valenciana', seguida de 'Superior' y 'Rehilete', requieren poca inversión en infraestructura e insumos, presenta algunos problemas fitosanitarios, con notable demanda en el mercado nacional y actualmente alcanzan un precio similar a la nochebuena de invernadero (Galindo *et al.*, 2012). La nochebuena 'Valenciana' se caracteriza por carecer de ciatios y se trata de un arbusto de hojas caducifolias, verdes lanceoladas, de bordes dentados, con nervaduras bien marcadas y tiene como característica distintiva las brácteas rojas en varias hileras.(Quintana, 1961).

4.4 Requerimientos agroecológicos

4.4.1 Temperatura

Las tasas de crecimiento de las raíces, desarrollo de hojas, desarrollo de la flor, y el aumento de la expansión de las brácteas aumentan con la temperatura media diaria a partir de 10 a 23 °C. Entre el 23 y 26 °C las flores desarrollan en sus tasas óptimas y por encima de 26 °C, el desarrollo es lento. Su desarrollo no se produce a temperaturas diarias promedio por debajo de 10 °C o por encima de 30 °C (Ecke, 1990).

Durante el crecimiento y desarrollo vegetativo lo ideal son temperaturas diurnas de 20 a 23 °C y nocturnas de 20 °C, sin embargo, no deben bajar de los 18 °C ni rebasar los 30 °C y en floración las temperaturas de 18 °C son ideales para cultivares de hoja verde medio y 17 °C para hoja oscura, aunque los límites de 16 a 30 °C dan buenos resultados (Ecke, 1990).

Las nochebuenas son de zonas semitropicales por lo que las temperaturas por encima de cero y por debajo de 7.2 °C puede inducir daño por frío. Las temperaturas óptimas para su crecimiento son entre 15.6 y 26.7 °C. El crecimiento y desarrollo por debajo de 15.6 °C es muy lento. Las temperaturas superiores a 26.7 °C pueden ser perjudiciales para el crecimiento vegetativo óptimo. También está bien establecido que las temperaturas nocturnas superiores de 22.2 °C a 23.9 °C pueden ser perjudiciales para la iniciación floral y el desarrollo en la flor (Larson *et al.*, citados por Hartley, 1992).

Un rango de temperatura adecuado para esta planta podría ser de 18.3 °C durante la noche y de 23.9 °C a 26.7 °C durante el día. Sin embargo, los estudios han demostrado que estas temperaturas pueden ser modificadas y es posible controlar la altura mediante la reducción de temperaturas de día y el aumento de las temperaturas nocturnas (Hartley, 1992).

La nochebuena crece vigorosamente en el rango de 20 a 30 °C, con el límite inferior para su crecimiento a los 12 °C. Las temperaturas superiores a los 35 °C pueden resultar en la reducción del crecimiento, tallos delgados, hojas pequeñas, lento enraizamiento de estacas y crecimiento indeseado (Shanks, 1980). Cabrera

et al. (2006) mencionan que la nochebuena puede tolerar los 40 °C pero de preferencia debe encontrarse entre los 18 a 28 °C.

La mayoría de los cultivares de hoy en día inician flores de los 15 a 20 °C. La iniciación floral tendrá lugar a las temperaturas nocturnas de hasta 28 °C, siempre que el período oscuro sea también más largo (15 horas) (Shanks, 1980).

El rango de temperatura de la noche óptimo para la mayoría de los cultivares es de 15.6 a 21.1 °C. Dentro de este rango de temperatura se producen la iniciación floral y desarrollo normal de la flor; Sin embargo, el desarrollo de la flor es más rápido a 21.1 que a 15.6 °C (Hartley, 1992).

4.4.2 Iluminación

La nochebuena en respuesta a un cambio en la duración del día se clasifica como una planta de día corto. La investigación en las universidades de América del Norte ha establecido que se produce la iniciación floral a finales de septiembre, cuando la duración del día se convierte en 12 horas y 20 minutos o menos (Hartley, 1992). Un período oscuro de 12 horas se produce bajo condiciones naturales alrededor del 5 de octubre hasta el 10 de marzo en el hemisferio norte, donde se producen las nochebuenas (Islas Hawainas y la Ciudad de México en la latitud 20° N hasta el norte de Europa en la latitud 60° N) (Shanks, 1980).

Shanks (1980) menciona que son plantas de alta intensidad de luz y la luz solar máxima debe ser proporcionada en todo momento aunque por la necesidad de reducir el calor del verano se puede reducir dicha luz, lo cual puede producir tallos demasiado largos y hojas grandes. Si se utiliza, cualquier material ligero de

reducción de luz debe ser retirado antes del 1 de septiembre en los invernaderos del norte o el 1 de octubre en zonas del sur.

Demasiada luz causa amarillamiento del follaje, blanqueamiento de la flor, poco crecimiento y dureza de tallos. Una sombra de 60-70 % es óptima y puede medir la luz de su invernadero con un fotómetro.

Si es deseable obtener nochebuenas fuera de su época de floración natural, es aconsejable reducir la duración del día en un período de 10 horas, cubriendo las plantas con tela o plástico negro por un período de 14 horas (Hartley, 1992).

La intensidad lumínica recomendada para zonas templadas es de 5,500 pies candela y en zonas calientes 4,500 la cual debe mantenerse hasta octubre (que se consigue al usar una cubierta de plástico blanco lechoso al 50 %) para después bajar a 4,000 y 3,000, respectivamente, hasta tres semanas antes de la venta. Las dos últimas semanas es recomendable una intensidad de 2,000 a 2,500 que en México no se da (Ecke, 2004).

La intensidad, calidad y duración de la luz deben ser consideradas para el cultivo. Las nochebuenas responden a altas intensidades durante la mayor parte del período de crecimiento. En las etapas vegetativas, intensidades de luz de 4,000 a 6,000 pies-candela son adecuados suponiendo que las plantas reciben estos niveles diario (Hartley, 1992).

4.4.3 Humedad

El agua debe contener menos de 1 mmho·cm⁻¹ de sales solubles y tener un pH de 6 a 7. La disponibilidad de agua de buena calidad es esencial para el buen crecimiento y desarrollo de las nochebuenas en todas las etapas de su

crecimiento, además el uso excesivo de agua en esquejes durante la propagación filtra los nutrientes de las hojas y reduce la calidad de los cortes. Por esta razón se utilizan los sistemas de niebla intermitentes donde se aplica suficiente agua para formar una película fina en la superficie de la hoja y en la frecuencia suficiente para mantenerla (Hartley, 1992).

La humedad relativa no es problema en la fase vegetativa pero deberá estar abajo del 60 % en la fase reproductiva (Cabrera *et al.*, 2006).

4.4.4 Sustrato

Las mezclas pueden ser variadas, por lo general deben tener un 60 % de aireación, lo que se puede conseguir con una mezcla de 40 % de tierra de hoja, 30 % de polvillo de coco y 30 % de tepojal (suelo de origen volcánico y poroso). Debe tener una conductividad eléctrica de 1.5 a 2.5 mmhoms·cm⁻¹.

La mayoría de los productores en Morelos utilizan como sustrato la tierra de hoja de encino (*Quercus resinosa*, *Q. insignis*, *Q. crassipes* y *Q. mexicana*), seguida de ocochal, obtenido del ocote (*Pinus montezumae*); en estos sustratos se presenta mayor filtración de agua por lo que se requiere regar diariamente. Se utilizan mezclas de diferentes materiales como tierra de hoja-composta-aserrín a proporciones de 50:30:20 y tierra de hoja-occochal a 50:50 (Galindo *et al.*, 2012). La nochebuena crece libremente en suelos ligeramente ácidos (pH 5.5 a 6.5). Se le proporciona piedra caliza molida para ajustar la acidez y para el suministro de calcio y magnesio al sustrato. El medio debe contener suficiente piedra caliza adicional para neutralizar el resto de ácido del fertilizante a utilizar. El sustrato debe contener 4.5 a 7 kg de piedra caliza por m³ de éste (Shanks, 1980).

4.4.5 Nutrimentos

La fertilización puede basarse en fertilizantes de marca Peter's para desarrollo y floración. Al hacer el primer trasplante, se debe usar fertilizante rico en fósforo (8-45-14, 20-30-10 o Raizal 400). Después de un fuerte crecimiento radical (tres semanas) se debe usar 20-10-20 o 15-5-25, alternando con $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ entre 1 a 2 g L⁻¹ de agua, pero hay que medir la conductividad.

Ya no es suficiente para abastecer sólo nitrógeno, fósforo, y potasio para obtener nochebuenas de buena calidad. Algunas formulaciones de fertilizantes comerciales contienen algunos, si no todos, los elementos esenciales. Los medios de cultivo se modificaron con la piedra caliza o superfosfato para proporcionar parte de calcio, magnesio, fósforo y los requisitos de las plantas de nochebuena (Hartley, 1992).

Las dosis de fertilizantes son generalmente más altos al inicio del cultivo hasta el inicio de la floración. El momento más crítico es durante el primer mes donde se utilizan 400 mg L⁻¹ de nitrógeno. Durante su mayor crecimiento (octubre y principios de noviembre), se recomienda de 250 a 300 mg L⁻¹ de nitrógeno en cada riego. Para tonificar el color o mejorar la calidad de conservación poscosecha la fertilización disminuye, o a veces se elimina después que se han formado las brácteas (Hartley, 1992).

4.4.6 Perfil fenológico y de crecimiento de nochebuena

La nochebuena de sol tiene un ciclo de producción de nueve meses, comprendiendo del 15 de marzo al 15 de diciembre y el último mes se dedica a la comercialización del producto, en el estado de Morelos (Galindo *et al.*, 2012).

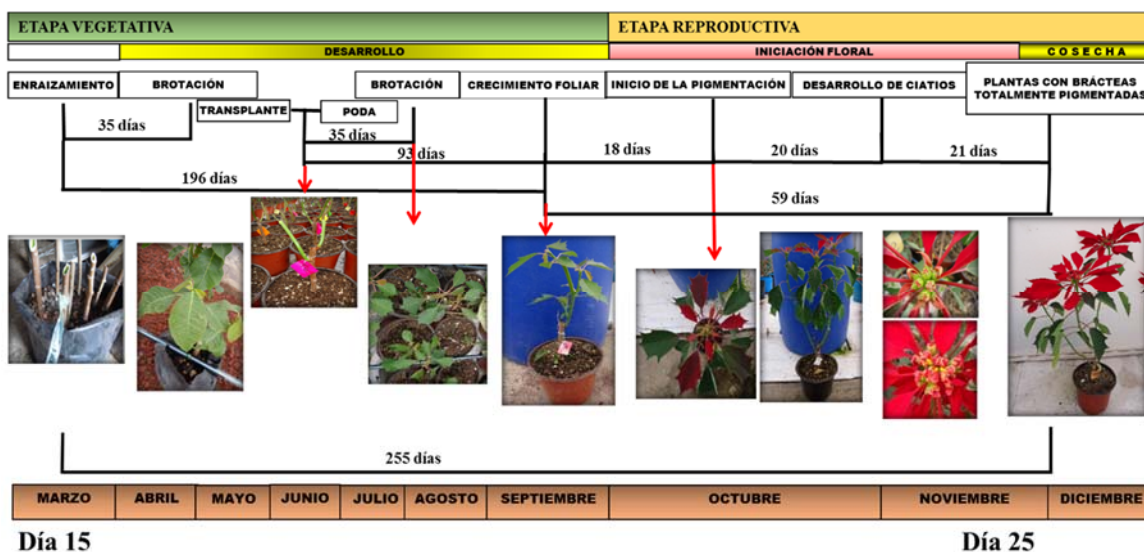


Figura 1. Ciclo de producción de la nochebuena de sol ‘Valenciana’ bajo invernadero en Texcoco, México.

Para la zona de Texcoco la nochebuena de sol comprende aproximadamente 152 días a partir del trasplante de las estacas hasta la obtención de plantas con brácteas totalmente pigmentadas (Figura 1), ya que generalmente se compran las estacas enraizadas en el estado de Morelos.

4.4.7 Post-producción

En las flores en maceta debe considerarse la longevidad con base al desarrollo continuo de la planta, es decir, tallos, hojas, flores, brácteas y raíces. La senescencia prematura de hojas, brácteas o flores puede afectar su calidad. Además es importante evaluar el comportamiento de la planta durante el transporte y también el efecto del etileno sobre ésta (Nell y Hoyer, citados por Colinas, 2003).

4.4.8 Comercialización

La nochebuena de sol se comercializa en la época navideña, es dinámica, y requiere un periodo corto para su venta. La venta se inicia en la primera semana

de noviembre hasta el 24 de diciembre y generalmente las ventas incrementan del 20 de noviembre al 12 de diciembre (Galindo *et al.*, 2012).

Las características óptimas de la planta para su venta son: altura, número de flores, sin plagas ni enfermedades, así como presentar una pigmentación mayor a 50 %. La venta se realiza a pie de vivero por lo que genera mayor ganancia al disminuir los costos en la transportación. El precio de venta alcanzado en el 2010 fue de 25 pesos, igualando a la nochebuena de seis pulgadas, una mínima proporción se vendió en 15 pesos y la mayoría a 20 pesos, con una inversión menor a la nochebuena de interior (Galindo *et al.*, 2012).

4.5 Retardadores del crecimiento

Un tipo de reguladores de crecimiento con múltiples aplicaciones en la agricultura y especialmente en la horticultura son los retardadores. Los retardadores son sustancias que inhiben el crecimiento en plantas ya que inhiben el alargamiento de los entrenudos, aunque el número de entrenudos y número de hojas, por lo general, no cambian, no provocan deformaciones y otros efectos fitotóxicos al usarlas a concentraciones adecuadas (Jankiewicz, 2003).

La mayoría de los retardadores del crecimiento actúan inhibiendo la biosíntesis de giberelinas con lo cual suprimen el alargamiento del tallo (Rademacher, 2000).

Jankiewicz (2003) menciona que inducen menor tamaño de la planta, son más densas y compactas, el área foliar a veces disminuye. Este mismo autor menciona que producen efectos fisiológicos como inhibir el alargamiento de las células y a concentraciones elevadas provocan un debilitamiento de las divisiones celulares principalmente en el meristemo subapical, el tallo se hace

más grueso ya que aumentan los tejidos de sostén (resistencia al acame en cereales), retrasar el envejecimiento, incrementar el contenido de algunas proteínas, clorofila y componentes minerales en la parte aérea de la planta, estimular la formación de flores y frutos, aumentar la translocación de fotosintatos a las semillas y permanecer más tiempo por el retraso del envejecimiento, influir en la expresión del sexo estimulando la formación de flores femeninas en pepinos, disminuir la absorción de agua, aumentar la resistencia al estrés por la sequía, frío, calor intenso, etc., aumentar la resistencia contra enfermedades y favorecer la absorción de nutrientes del suelo.

Fisher *et al.* (1996) mencionan que aunque muchos investigadores han examinado el impacto de las aplicaciones de retardadores del crecimiento en altura final y floración de nochebuena, los datos publicados no son adecuados para la predicción de cambios a corto plazo en la tasa de elongación del tallo, dichos datos proporcionan una base para determinar los efectos del tipo de retardador y la concentración en la altura final de la planta pero es difícil generalizar estos resultados, porque la eficacia puede verse afectada por una variedad de condiciones ambientales, incluyendo la composición del medio del suelo (Barrett, 1982), tiempo (Gilbertz, 1992), estado de nutrientes, técnica de aplicación y frecuencia, química, concentración y temperatura (Larson, 1967).

4.5.1 Efecto de los reguladores dentro de la planta

Se conocen cuatro tipos de inhibidores del metabolismo de GAs, cada uno de los cuales actúa en distintos pasos de la ruta metabólica de GAs (Rademacher, 2000).

- 1) Compuestos tipo onio (poseen un grupo amonio, fosfonio o sulfonio cargado positivamente) que inhiben la síntesis de ent-kaureno (primera etapa).
- 2) Compuestos con un nitrógeno heterociclo que inhiben la monooxigenasa que cataliza la oxidación de ent-kaureno a ácido ent-kaurenoico (segunda etapa) por ejemplo el paclobutrazol y ancymidol.
- 3) Compuestos con estructura semejante al ácido 2-cetoglutarico que inhiben reacciones catalizadas por dioxigenasa por ejemplo la prohexadiona de Ca y el daminozide.
- 4) 16-17-Dihidro GAs, grupo de compuestos relativamente reciente que actúan inhibiendo también la actividad de dioxigenasas.

La inhibición se da en términos generales cuando el isopentenildifosfato en respuesta a ciclasas solubles produce ent-kaureno (en los plastidios), las membranas monooxigenasas lo convierte en el precursor común GAB12B aldehído, el cual en una serie de pasos en las que intervienen hidroxilasas y oxidasas producen giberelinas activas (George *et al.*, 2008).

Muchos de estos tipos de inhibidores se emplean para acortar la longitud de brotes y la altura de la planta para reducir el desarrollo vegetativo y así favorecer el reproductivo, disminuir las labores de poda o mejorar el aspecto de plantas ornamentales (Rodríguez y Nicolás, 2004).

Davis *et al.* y Yates *et al.*, citados por George (2008) mencionan que estos compuestos no solo son inhibidores de la biosíntesis de giberelina sino que también interfieren con la síntesis del ácido abscísico y esteroides.

El acortamiento de los entrenudos de las plantas bajo influencia de los retardadores resulta de un debilitamiento del alargamiento de las células, esto debido a la disminución de la síntesis de las giberelinas o el cambio de su composición. Con las concentraciones más altas también las divisiones celulares son menos frecuentes (Jankiewicz, 2003).

Cuando se aplican a concentraciones elevadas, la inhibición de las divisiones celulares, no desaparece bajo la influencia de las giberelinas, aunque se remueve con los esteroides: estigmasterol y colesterol, los cuales devuelven a las células la habilidad de dividirse normalmente (Jankiewicz, 2003).

Muchos reguladores de crecimiento aplicados al sustrato proporcionan resultados más uniformes y aumentan la duración de la eficacia en comparación con aplicaciones foliares (Gent y McAvoy, 2000).

4.5.2 Daminozide

Su nombre químico es mono (2,2 dimetilhidrazida) del ácido succínico. Se ha encontrado, sin embargo, que con pH bajo y durante el procesamiento con temperatura alta, se cambia en una sustancia tóxica dimetilhidrazina asimétrica (Jankiewicz, 2003).

McLaren (1982) menciona que los esfuerzos de investigación iniciales con el daminozide se orientaron a lograr plantas de estatura enana, con lo que podrían ser plantadas a densidades más elevadas, facilitando la cosecha, sin embargo, se descubrió que eran necesarias pulverizaciones repetidas para lograr la reducción deseada del tamaño. Aunque, se encontró que estos tratamientos

disminuyeron severamente el número de flores (Lea y Fieldhouse, citados por McLaren, 1982).

Algunas pruebas han mostrado que retarda el crecimiento y estimula la floración de manera efectiva en ornamentales herbáceas y leñosas (Gent y McAvoy, 2000).

Las investigaciones detalladas sobre su influencia han demostrado que esta sustancia disminuye el transporte de las auxinas en el brote. Esto implica que menos calcio sea transportado hacia los frutos en desarrollo y los ápices de los brotes (Jankiewicz, 2003).

4.5.2.1 Características

Es soluble en agua, de absorción rápida en las primeras horas después de aplicado, después de 8 horas su absorción declina. Steffens (1979) menciona que este regulador se transporta vía xilema y floema y no se degrada dentro de la planta. Algunos estudios sugieren que la inhibición del crecimiento del tallo está relacionada con la concentración de tejidos. El daminozide es altamente persistente y su disminución en la concentración del tejido se debe probablemente a la dilución ocasionada por el tejido en crecimiento. En el suelo este retardador se descompone por acción microbiana.

El daminozide actúa inhibiendo la síntesis de ácido indolacético sin afectar los meristemas axilares (Davies *et al.*, 1988).

Similar a la Prohexadiona de Ca, el daminozide es un imitador estructural al ácido 2-oxoglutarico que se requiere en los procesos que oxidan GA12-aldehído en otras giberelinas. El daminozide inhibe específicamente el proceso cuando GA20

(una forma inactiva de GA) se convierte a GA1 (Amling *et al.*, 2005). Rademacher (2000) menciona que ha sido recientemente identificado como un inhibidor de la 2-oxoglutarato dioxigenasa dependiente que están implicadas en la biosíntesis de GA. Posee paralelismos con ciclohexanediones: también puede bloquear la formación de antocianinas, por ejemplo en crisantemos, y puede causar una ligera inducción de resistencia contra el tizón en manzana.

Los estudios con preparaciones de enzima libres de células en germinación con semillas de cebada han descartado la posibilidad de que tiene una influencia negativa en la biosíntesis de GA, incluso, plantas intactas tratadas con este compuesto mostraron un claro incremento en sus niveles endógenos de actividad de GA similares (Gausman, 1991).

4.5.2.2 Uso

En relación a las ornamentales, este regulador se usa mucho para inducir plantas compactas y ramificadas.

Las dosis comunes bajo las cuales se ha tenido buena respuesta en crisantemo, plantas herbáceas y azaleas van de 1,250 hasta 5,000 mg L⁻¹ de daminozide (Hartmann *et al.*, 1988).

En *Hibiscus radiatus* el daminozide aplicado a 5,000 mg L⁻¹ reduce el alargamiento del tallo 28 días después de la aplicación (Warner y Erwin, 2003).

Amling *et al.* (2005) indican que aplicaciones desde 0, 2,500, 5,000 o 7,500 mg L⁻¹ retrasan la floración de *Coreopsis verticillata* 'Moonbeam' 6 días y de *Rudbeckia fulgida* 'Goldsturm' hasta 9 días conforme aumentaron las concentraciones.

Su uso en nochebuena ha sido principalmente para reducir la elongación del tallo. Se han tenido buenos resultados con aplicaciones a dosis de 1,250 mg L⁻¹ al follaje (Cabrera *et al.*, 2006).

4.5.3 Etefón

El etefón o ácido 2-cloroetilfosfónico es uno de los compuestos que liberan etileno a pH mayor o igual a 4 (Steffens, 1979) al contacto con la savia de las plantas (Gent y McAvoy, 2000).

El etileno representa un elemento importante en el sistema de regulación endógena en las plantas, especialmente durante la maduración y envejecimiento. Algunas partes de las plantas como los frutos no maduros y las flores no desarrollados se caracterizan por poca sensibilidad al etileno y también lo producen en una cantidad muy mínima. En cambio, durante la maduración crece marcadamente la sensibilidad de los tejidos y también acelera su síntesis (Jankiewicz, 2003).

El etileno se ha demostrado que influyen en la biosíntesis de antocianina formación inducida por la luz en las plantas. En la mayoría de los estudios sobre la actividad fisiológica del etileno en plantas, se informa que el CO₂ puede interferir con la respuesta de la planta al etileno y se ha sugerido que los cambios en las concentraciones de etileno y CO₂, alrededor de tejido de la planta, pueden regular su desarrollo (Craker y Werherbee, 1973).

4.5.3.1 Características

La acción del etefón depende en gran medida de la temperatura ya que a temperaturas bajas la reacción de liberación es demasiado lenta y en

temperaturas altas el compuesto es poco eficiente (Gent y McAvoy, 2000). Este compuesto induce la formación de tallos más cortos al promover el crecimiento radial de las células, por lo que el tallo se hace más grueso (Burg y Kang, 1993). Para este proceso se reorientan los microtúbulos de las células longitudinalmente, junto con las fibras de celulosa que siguen esta misma orientación. Este regulador también estimula la producción de peroxidasas, las cuales producen rigidez temprana de las paredes celulares (Jankiewicz, 2003).

4.5.3.2 Uso

Se usa en la industria ornamental para retrasar la floración, abortar flores, defoliar, así como reducir la elongación del tallo e incrementar el grosor del mismo. Se utiliza para el control de altura e incrementar el grosor del tallo en narcisos (*Narcissus*) y jacintos (*Hyacinthus*) y para el control de la longitud del tallo sin afectar el desarrollo floral en geranios (*Pelargonium x hortorum*) (Gent y McAvoy, 2000).

En *Narcissus* con 250 mg L⁻¹ de etefón en solución al suelo se disminuyó un 20 a 40 % la longitud de tallos al final de la floración, además con 100 mg L⁻¹ disminuyó la altura en más de un 30 % en *Catharanthus*, *Celosia*, *Dianthus* y Verbena, pero sólo en un 10 a 15 % en *Lobelia*, *Lycopersicon* y *Tagetes* (Miller *et al.*, 2012). Shanks (1980) menciona que en nochebuenas se aplica en el riego a dosis de 200 mg L⁻¹.

V. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1 Localización

El experimento se llevó a cabo bajo invernadero de Junio a Diciembre del 2014 en la Universidad Autónoma Chapingo.

5.2 Material vegetal

Se utilizaron estacas enraizadas de nochebuena de sol (*Euphorbia pulcherrima* Willd. Ex. Klotzsch) 'Valenciana' producidos en Morelos, México.

5.3 Diseño experimental y tratamientos

Se utilizó un diseño experimental completamente al azar con siete tratamientos totales (dos reguladores con diferentes frecuencias de aplicación y un testigo). Estableciéndose siete tratamientos con 4 repeticiones, donde, la unidad experimental fueron dos plantas.

5.4 Tiempo, dosis y forma de aplicación de los reguladores del desarrollo

Los reguladores de desarrollo que se emplearon fueron daminozide y etefón con dosis de 500 mg L⁻¹ en ambos casos como se indica a continuación (Cuadro 1).

Cuadro 1. Descripción de los tratamientos en nochebuena de sol.

Regulador	Dosis (mg L ⁻¹)	Número de aplicaciones	Tratamiento
Testigo	0	Sin aplicación	1
Daminozide	500	Dos: Semana 6 y 7 ddd.	2
	500	Tres: Semana 6, 7 y 8 ddd.	3
	500	Cuatro: Semana 6, 7, 8 y 9 ddd.	4
	500	Una: Semana 1 ddd.	5
Etefón	500	Dos: Semana 1 y 5 ddd.	6
	500	Tres: Semana 1, 5 y 9 ddd.	7

Nota: ddd; días después del despunte.

La aplicación del daminozide se realizó cuando un nuevo crecimiento en los brotes tenía de 8 a 10 cm de largo, las aplicaciones posteriores se realizaron cada ocho días utilizando el producto comercial B-nine® 85 %.

El tratamiento a base de etefón se aplicó vía foliar a los siete días después del despunte y las otras dos aplicaciones a intervalos de un mes utilizando el producto comercial Ethrel 250®.

El surfactante que se aplicó fue INEX-A que se mezcló primeramente con agua destilada para evitar la liberación de los reguladores antes de penetrar la hoja, sobre todo del etefón.

En el caso del testigo no se le aplicó ningún tratamiento y se le proporcionó el mismo manejo que las demás.

5.5 Variables de estudio

5.5.1 Longitud de brotes

Se midió la longitud de los brotes en cm, cada quince días a partir de la fecha de despunte considerando desde la base del brote hasta la punta del ápice más elevado con una cinta métrica.

5.5.2 Diámetro de brotes

Se midió el diámetro en mm de cada brote cada quince días utilizando un vernier digital ©Trupper.

5.5.3 Ramificación

Se realizó cada quince días el conteo de ramificaciones de cada brote en cada unidad experimental.

5.5.4 Biomasa

Se realizaron cuatro muestreos destructivos de cuatro plantas por tratamiento cada mes con el fin de cuantificar la biomasa de tallos, hojas, brácteas y total. Para ello se midió el peso fresco en g de cada órgano mediante una balanza analítica electrónica Mettler® AJ150; se colocó cada parte de la planta en bolsas de papel y se llevaron a una estufa de aire forzado Aparatos Marquez® a 72 °C por 48 horas, rotando las bolsas dentro de la estufa cada 24 horas, hasta obtener un peso seco constante, posteriormente se midió el peso seco en g por cada órgano, para obtener el porcentaje de biomasa mediante la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Biomasa} = \frac{\text{peso seco} \times 100}{\text{peso fresco}}$$

5.5.5 Área foliar

Se realizaron cuatro muestreos destructivos y se cuantificó el área foliar en cm². Para determinar el área foliar se muestreó el total de hojas y brácteas por unidad experimental, se procedió a separar hojas y brácteas para después realizar la medición con un integrador de área foliar de rodillo LI-COR modelo LI-3100.

5.5.6 Peso específico

Se calculó el peso específico de hojas y brácteas expresado en g cm² en base a la siguiente fórmula:

$$\text{Peso específico} = \frac{\text{peso seco}}{\text{Área foliar}}$$

5.5.7 Longitud de brácteas

Se midió la longitud en cm al final del experimento con una cinta métrica desde el ápice de una bráctea a otra. Los datos se tomaron de una inflorescencia por cada unidad experimental con cuatro repeticiones.

5.5.8 Diámetro de inflorescencia

Se realizó la medición del diámetro en mm de una inflorescencia de cada unidad experimental con cuatro repeticiones al final del experimento, midiendo con un vernier digital ©Trupper.

5.5.9 Color de brácteas

Se realizaron dos mediciones al final del experimento con un espectrofotómetro X-Rite SP-62 en la parte central de cada bráctea con tres repeticiones por bráctea completamente desarrollada en cada inflorescencia de cada tratamiento. Se obtuvieron lecturas en L (luminosidad), C (croma o saturación) y Hue (ángulo de tono).

5.5.10 Unidades Spad

Las lecturas se realizaron al mes de establecido el experimento y al final cuando la inflorescencia estaba completamente desarrollada, en la parte media de la hoja completamente desarrollada, para lo cual se utilizó un equipo Spad 502 ©Minolta.

5.5.11 Deformación de ciatios en inflorescencias

Se midió tomando datos en base a una escala hedónica visual con cinco puntos de referencia, el cual indicó el porcentaje de deformación de ciatios en las brácteas (Cuadro 2). Dichos datos fueron tomados de una inflorescencia por unidad experimental con cuatro repeticiones.

Cuadro 2. Escala hedónica visual de porcentaje de deformación en brácteas de nochebuena de sol.

Escala	Porcentaje de deformación	Descripción del daño	Ejemplo
1	0	Ninguno	
2	1-10	Leve	
3	11-30	Moderado	
4	31-50	Severo	
5	>50	Extremo	

5.5.12 Análisis de pigmentos

5.5.12.1 Clorofilas

Se determinó el contenido de clorofila a, b, y total con base a la metodología descrita por Witham *et al.* (1971). El procedimiento consistió en pesar 0.1 g de tejido fresco de la hoja cuando la inflorescencia estaba bien desarrollada utilizando tres repeticiones por muestra de dos unidades experimentales, se colocó en tubos de vidrio de fondo plano y se les agregó 5 mL de acetona al 100 %, se homogeneizó la mezcla con un homogeneizador IKA labortechnik T25 basic. Posteriormente la mezcla se transfirió a tubos de plástico para centrifugar a 10,000 rpm durante 30 min a 10 °C con un thermo Scientific Sorvall RC6+, se decantó a los tubos de fondo plano, se aforó a 25 o 30 mL de acetona dejándolo reposar 10 min y al final se determinó la absorbancia a 645 y 662 nm en un espectrofotómetro thermo electron Genesys 10 uv. Como blanco se utilizó la acetona.

El contenido de clorofila se calculó con base a las siguientes ecuaciones:

$$\begin{aligned}\text{mg clorofila a por g de tejido} &= \frac{[12.7 (D662) - 2.69 (D645)] \times V}{(1000 \times W)} \\ \text{mg clorofila b por g de tejido} &= \frac{[22.9 (D645) - 4.68 (D662)] \times V}{(1000 \times W)} \\ \text{mg clorofila total por g de tejido} &= \frac{[20.2 (D645) + 8.02 (D662)] \times V}{(1000 \times W)}\end{aligned}$$

Donde:

D= Densidad óptica en la que se realizó la lectura a la longitud de onda.

V= Volumen final de extracto clorofila-acetona 100 %.

W= Peso fresco en g de tejido utilizado.

5.5.12.2 Carotenoides

Se realizó la determinación de carotenoides a partir del extracto para clorofilas, con base en la técnica descrita por Witham *et al.* (1971), con tres repeticiones por muestra de dos unidades experimentales por tratamiento, se determinó la absorbancia a 470 nm con un espectrofotómetro thermo electron Genesys 10 uv, utilizando como blanco acetona al 100 %.

La cantidad de carotenos expresada en mg por gramo de tejido presentes se calculó con base a la siguiente ecuación:

$$\text{mg por g de tejido} = ((1,000 \times \text{lectura a 470 nm}) - (1.82 \times \text{clorofila a}) - (85.02 \times \text{clorofila b}))/198$$

5.5.12.3 Antocianinas

Se determinó el contenido de antocianinas por el método de pH diferencial (Wrolstad y Giusti, 2000). Para esto se realizaron preparaciones de dos soluciones buffers para realizar las mediciones de absorbancias en pH 1 y 4.5.

La primera solución buffer se preparó con 0.025 M de KCl, en este caso se pesaron 1.86 g y se diluyó en 960 mL de agua destilada, se le midió el pH con un potenciómetro Conductronic modelo PC45 para dejarlo a pH 1 y se le agregó gota a gota el ácido clorhídrico hasta obtenerlo, finalmente se aforó a 1 L.

La segunda solución buffer se preparó con acetato de sodio 0.4 M, pesando 54.43 g y diluyéndolo en 920 mL de agua destilada, se le midió el pH y se le agregó ácido clorhídrico hasta obtener un pH de 4.5, posteriormente se aforó a 1 L.

Se utilizaron brácteas completamente desarrolladas de la inflorescencia principal de dos unidades experimentales por tratamiento, se pesó 0.1 g de tejido fresco

de la parte media de la bráctea (sin nervadura), posteriormente se colocaron en tubos de fondo plano y se les adicionó 5 mL de alcohol etílico al 80 %. Posteriormente se midió la absorbancia a 510 nm mediante un espectrofotómetro thermo electron Genesys 10 uv cuidando que el valor fuera menor a 1.2.

El siguiente paso fue realizar la medición de absorbancias en cada solución buffer, para lo cual se colocó 3.5 mL de la solución en tubos de fondo plano y se les agregó 0.4 mL de la muestra obtenida anteriormente, se agitó y se midió su absorbancia a 700 nm. Para la medición con la otra solución buffer se realizaron los mismos pasos. En todos los casos se utilizó de blanco alcohol etílico al 80 %.

La absorbancia final se calculó mediante la siguiente ecuación:

$$A = (A_{\lambda \text{ máx vis}} - A_{700})_{\text{pH 1.0}} - (A_{\lambda \text{ máx vis}} - A_{700})_{\text{pH 4.5}}$$

Donde:

A_{700} = Absorbancia a 700 nm

$A_{\lambda \text{ máx vis}}$ = Absorbancia a 510 nm

La concentración de antocianinas monoméricas en el extracto se expresó en cianidina-3-glucósido.

$$\text{mg de antocianinas monoméricas por 100g} = \frac{(A \times \text{PM} \times \text{FD} \times 100)}{(\epsilon \times 1)}$$

Dónde:

A = Absorbancia

PM = Peso molecular

FD = Factor de dilución

ϵ = Absortividad molar

La concentración final de antocianinas se calculó en base del volumen del extracto y peso de muestra ($PM=449.2$ y $\epsilon=26,900$).

5.6 Manejo del experimento

5.6.1 Establecimiento

Las plantas se obtuvieron de estacas enraizadas de nochebuena de sol 'Valenciana' el día 27 de marzo de la ciudad Cuernavaca, Morelos, México. Posteriormente se trasplantaron a macetas de ocho pulgadas en un sustrato que consistió de una mezcla de tierra de monte y tepojal, el cual presentó un pH de 4.7 y conductividad eléctrica de 0.4 dS m^{-1} . Además el extracto a saturación del sustrato presentó 21 mg L^{-1} de N, 48.7 mg L^{-1} de K y 15.8 mg L^{-1} de P.

5.6.2 Despunte

El despunte se llevó a cabo el día 26 de junio dejando 4 yemas en forma ascendente para homogeneizar el posible número de tallos secundarios y al mismo tiempo se eliminó la hoja superior para disminuir la dominancia apical.

5.6.3 Fertilización

Se utilizó la solución nutritiva Steiner. Las fuentes fueron el $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4 \text{ H}_2\text{O}$ con 453.12 g, $\text{K}(\text{NO}_3)$ con 339.36 g, $\text{MgSO}_4 \cdot 7 \text{ H}_2\text{O}$ con 295.2 g, K_2SO_4 con 125.28 g, y los ácidos utilizados para regular el pH fueron H_3PO_4 con 40.692 mL y H_2SO_4 con 10 mL. Se proporcionó 15 g de la mezcla de micronutrientes. Todos los contenidos fueron preparados para un tinaco de 600 L cada 15 días aproximadamente.

5.6.4 Riegos

Los riegos se suministraron con agua corriente cada que lo requería el cultivo, donde el indicador fue la humedad contenida en el sustrato, que fue aproximadamente cada semana.

5.6.5 Manejo de plagas y enfermedades

Se realizaron observaciones y monitoreo de plagas y enfermedades en el cultivo. Para la prevención de las plagas se colocaron trampas amarillas y azules sobre todo para mosquita blanca y pulgones.

Se detectó a tiempo la presencia de mosquita blanca, pulgones y araña roja para lo cual se realizaron aplicaciones de Confidor® 350 SC 1 mL L⁻¹ en el sustrato con lo cual se logró su control.

5.7 Análisis Estadístico

Los resultados se analizaron mediante análisis de varianza y comparación de medias mediante la prueba de Tukey ($\alpha \leq 0.05$); empleando el paquete estadístico SAS (Versión 9.0).

VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En este apartado se presentan los resultados del análisis de varianza de las variables medidas con sus respectivas comparaciones de medias o figuras.

6.1 Longitud de brotes

Los resultados para la longitud de brotes mostraron diferencias estadísticas ($p \leq 0.05$) en todas las mediciones realizadas, indicando que hubo efecto de tratamientos, con coeficientes de variación del 13 a 24 % (Anexo 1).

La menor longitud de los brotes se obtuvo con los tratamientos de etefón con dos y tres aplicaciones que lograron una disminución del 45 y 43 %, respectivamente, en comparación con el testigo, para los 53 días después del despunte y 47 y 51 % para los 65 días. Por otro lado los tratamientos de daminozide con tres y cuatro aplicaciones disminuyeron la longitud hasta 34, 31 y 50 % y 30, 26 y 42 % respectivamente y un 30, 25 y 39 % con el etefón con tres aplicaciones a los 83, 113 y 131 días después del despunte. El mayor porcentaje de disminución de la longitud de brotes se presentó a los 97 días después del despunte con el etefón aplicado tres veces con un 48 % en comparación con el testigo (Cuadro 3).

Cuadro 3. Comparación de medias para longitud de brotes en nochebuena de sol 'Valenciana' a 53, 65, 83, 97, 113 y 131 días después del despunte.

Tratamiento	53 ddd	65 ddd	83 ddd	97 ddd	113 ddd	131 ddd
	(cm)					
Testigo	15.15 a ^z	26.60 a	35.80 a	42.06 a	48.37 a	53.71 a
D 2 A	12.08 ab	20.40 ab	26.64 ab	31.81 abc	35.76 b	40.12 b
D 3 A	11.52 ab	18.69 ab	23.72 b	28.28 bc	33.73 b	37.85 b
D 4 A	12.30 ab	19.11 ab	24.62 b	29.73 bc	35.84 b	40.34 b
E 1 A	10.50 ab	21.35 ab	27.68 ab	33.07 ab	37.71 ab	41.54 ab
E 2 A	8.26 b	14.18 b	21.61 b	28.85 bc	36.43 b	41.70 ab
E 3 A	8.67 b	12.99 b	17.74 b	21.75 c	27.86 b	32.87 b
DMSH	6.14	9.47	10.82	10.92	11.54	12.89

^zValores con la misma letra dentro de columnas, son iguales ($P \leq 0.05$); DMSH: Diferencia mínima significativa honesta; D: Daminozide; E: Etefón; A: aplicaciones; ddd: días después del despunte.

Los resultados mostraron que tanto el daminozide como el etefón disminuyen la altura de la planta de nochebuena de sol, al disminuir la longitud de los brotes, aunque no en el mismo porcentaje, ya que el daminozide lo disminuye 31 % cuando se aplicó 500 mg L⁻¹ tres veces y 27 % cuando se aplicó cuatro veces (Figura 2), lo cual coincide con Esquivel *et al.* (2005) quienes encontraron que reduce la altura del crisantemo 'Polaris' un 34.3 % a concentraciones iguales o mayores a 2,000 mg L⁻¹ y con Kazaz *et al.* (2010) disminuyó 14.77 % en crisantemo 'Yellow Reagan' y 'White Reagan' a 3,000 mg L⁻¹ bajo días largos. Además, coinciden con lo reportado en *Coreopsis* y *Rudbeckia* donde disminuye la altura un 26 a 52 % y un 20 a 40 %, respectivamente, a concentraciones de 0, 2,500, 5,000 o 7,500 (Amling *et al.*, 2005). Este regulador también reduce el alargamiento del tallo en nochebuena 'Freedom Red', 'Success Red' y 'Winter Rose Dark Red' aplicado en solución al suelo desde 0 hasta 4,500 mg L⁻¹ (Lewis *et al.*, 2004). El daminozide ha sido aplicado en varios cultivos a altas dosis obteniendo una disminución de la altura del 26 al 52 % lo cual difiere de esta

investigación ya que se logró una disminución de 27 a 32 % aplicando dosis de 500 mg L⁻¹ pero coincide con lo mencionado por McLaren (1982) que aplicaciones divididas son necesarias para lograr el tamaño deseado y Hartmann *et al.* (1988) a intervalos de dos a tres semanas. Los resultados pueden atribuirse a que este compuesto actúa inhibiendo la síntesis del ácido indolacético (Davies *et al.*, 1988) y disminuye el transporte de las auxinas en el brote (Jankiewicz, 2003) por lo tanto hay menor alargamiento de las células. Otro aspecto importante por el que se presenta menor altura en las plantas es que este compuesto reduce la translocación de giberelinas o los precursores de crecimiento activo de tejidos (Gausman, 1991).

El etefón redujo la longitud de brotes de la nochebuena de sol un 44 % cuando se aplicó 500 mg L⁻¹ tres veces (Figura 2), coincidiendo con lo reportado por Ecke (2004) quien recomienda dos aplicaciones de 150 a 500 mg L⁻¹ y con Pérez *et al.* (2005) quienes aseguran que tres aplicaciones de 500 mg L⁻¹ en nochebuenas ‘Supjibi’ producen plantas 19 % más bajas. Además dichos resultados coinciden con Hayashi *et al.* (2001) quienes mencionan que con tres aplicaciones de etefón a 1,000 mg L⁻¹ se obtienen plantas más bajas en los géneros *Achillea*, *Echinacea*, *Leucanthemum*, *Monarda* y *Physostegia* desde 23 a 46 % y concluyen que dos aplicaciones a 500 mg L⁻¹ son igual de efectivas que solo una de 1,000 mg L⁻¹. Estos resultados también se ajustan a lo reportado por Sun *et al.* (2011), al confirmar que el etefón reduce la altura en un 33.4 ± 0.8 % en ‘Sonora Jingle’ y 30.8 ± 1.3 % en ‘Sonora White’ aplicando 700 mg L⁻¹ tres veces.

Los resultados concuerdan en que el etefón induce la formación de tallos más cortos al promover el crecimiento radial de las células (Burg y Kang, 1993) porque se reorientan los microtúbulos de las células longitudinalmente junto con las fibras de celulosa que siguen la misma orientación y ésto también es relacionado al papel de dicho compuesto al estimular la producción de peroxidasas, las cuales producen rigidez temprana de las paredes celulares (Jankiewicz, 2003).

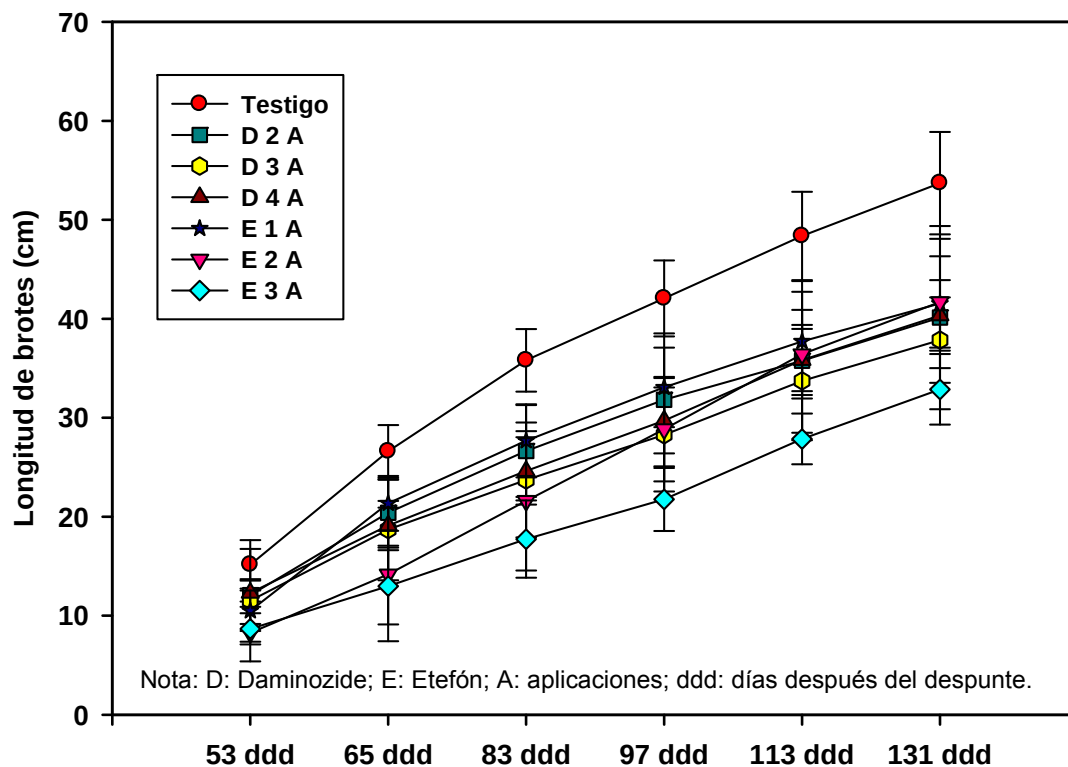


Figura 2. Desarrollo de los brotes de nochebuena de sol 'Valenciana'.

Ambos reguladores redujeron la longitud de brotes confirmando lo mencionado por Jankiewicz (2003) los retardadores inhiben el alargamiento de las células y a concentraciones elevadas pueden provocar debilitamiento de las divisiones celulares, principalmente en el meristemo subapical.

6.2 Diámetro de brotes

El análisis de varianza mostró diferencias estadísticas ($p \leq 0.05$) para el diámetro de los brotes de nochebuenas en todos los días de medición a excepción del primero (Anexo 2), por lo que hubo efecto de tratamientos. Los coeficientes de variación obtenidos se encontraron en el rango de 11 al 17 %.

Los resultados mostraron que el daminozide con dos aplicaciones redujo el diámetro de los brotes de nochebuena hasta 28, 24 y 24 % a los 65, 83 y 113 días después del despunte, respectivamente. Así mismo, el daminozide con dos aplicaciones y el etefón con una aplicación lo redujeron 25 y 22 % a los 97 días, y 23 y 24 % a los 131 días después del despunte (Cuadro 4).

Cuadro 4. Comparación de medias para diámetro de brotes en nochebuena de sol 'Valenciana' a 53, 65, 83, 97, 113 y 131 días después del despunte.

Tratamiento	53 ddd	65 ddd	83 ddd	97 ddd	113 ddd	131 ddd
	(mm)					
Testigo	5.61 a ^z	5.99 a	6.54 a	7.23 a	7.45 a	7.87 a
D 2 A	4.09 a	4.32 b	4.95 b	5.45 b	5.69 b	6.06 b
D 3 A	4.17 a	4.69 ab	5.16 ab	5.80 ab	5.98 ab	6.41 ab
D 4 A	4.27 a	4.62 ab	5.13 ab	5.63 b	5.83 ab	6.34 ab
E 1 A	4.07 a	4.61 ab	5.15 ab	5.62 b	5.81 ab	6.00 b
E 2 A	4.17 a	4.29 b	5.10 ab	5.86 ab	6.02 ab	6.33 ab
E 3 A	4.61 a	4.79 ab	5.33 ab	5.78 ab	5.97 ab	6.16 ab
DMSH	1.71	1.51	1.51	1.55	1.64	1.76

^zValores con la misma letra dentro de columnas, son iguales ($P \leq 0.05$); DMSH: Diferencia mínima significativa honesta; D: Daminozide; E: Etefón; A: aplicaciones; ddd: días después del despunte.

En general, el daminozide aplicado dos veces a dosis de 500 mg L⁻¹ disminuyó el diámetro de los brotes 25 % con respecto al testigo (Figura 3), lo cual coincide con lo reportado por Esquivel *et al.* (2005) el daminozide reduce el diámetro en crisantemo 'Polaris' hasta 8 % a dosis de 4,000 mg L⁻¹, además concuerda con lo reportado por Vargas *et al.* (2007) quienes encontraron que dosis desde 800 a

5000 mg L⁻¹ de este compuesto en flores de Perrito variedad ‘Ribbon’ disminuyó el diámetro del tallo de 5 hasta 20.5 % y de 8.4 a 15 % en la variedad ‘Sonnet’. Por el contrario dichos resultados difieren con Esquivel *et al.* (2005) quienes mencionan que a 1,000 mg L⁻¹ de daminozide en crisantemo bajo días largos lo incrementa en 10.08 % y en caso de ‘Yellow Reagan’ y ‘White Reagan’ lo incrementa un 6.58 % (Kazaz *et al.*, 2010).

Con respecto al etefón sucedió lo mismo, disminuyó el diámetro de los brotes con respecto al testigo, lo cual no confirma el hecho de que este compuesto al inducir la formación de tallos más cortos promueva el crecimiento radial de las células generando un tallo más grueso (Burg y Kang, 1993).

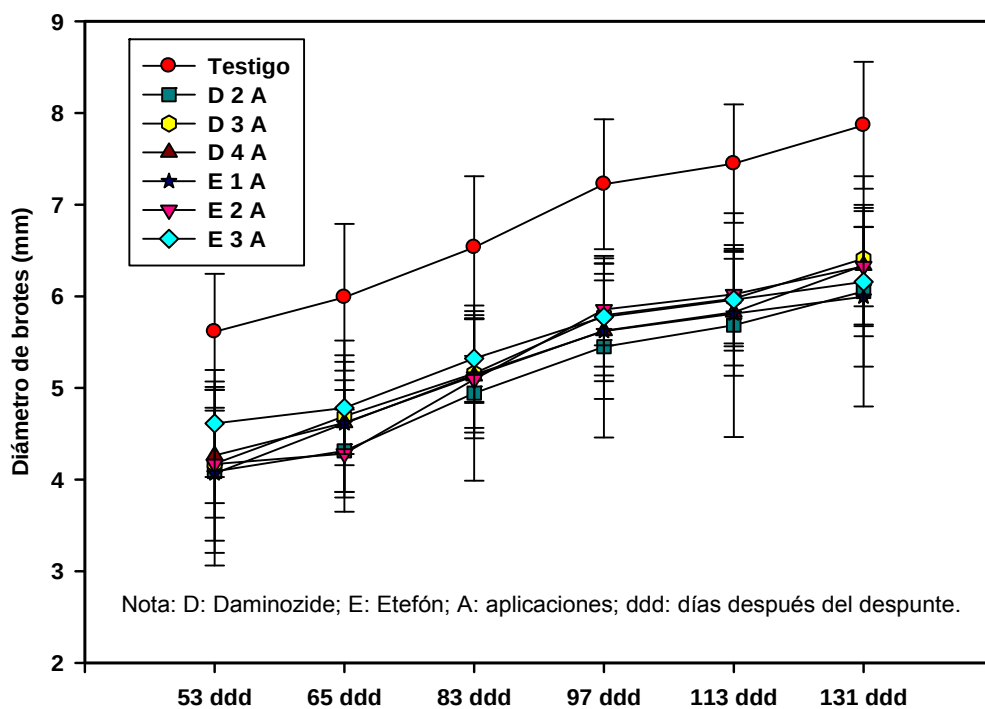


Figura 3. Diámetro de brotes de nochebuena de sol ‘Valenciana’.

El diámetro del tallo es un criterio importante para determinar la resistencia del tallo, Jankiewicz (2003) menciona que al utilizar los retardadores de crecimiento el tallo se hace más grueso ya que aumentan los tejidos de sostén, aunque en este caso, los resultados no concuerdan con dicha afirmación.

En este estudio los reguladores no produjeron buenos resultados como en el caso del trabajo realizado por Mata y Botto (2009) donde nochebuenas tratadas bajo una película fotoselectiva con una aplicación de 1,500 mg L⁻¹ de daminozide combinada con 1,000 mg L⁻¹ de cloromequat disminuyó la calidad de las plantas cultivadas con respecto a otros tratamientos, como consecuencia de la reducción en el diámetro de la planta y una disminución de la superficie total.

6.3 Ramificación

El análisis de varianza no mostró diferencias significativas ($p \leq 0.05$) (Anexo 3), por lo que no hubo efecto de tratamientos sobre esta variable.

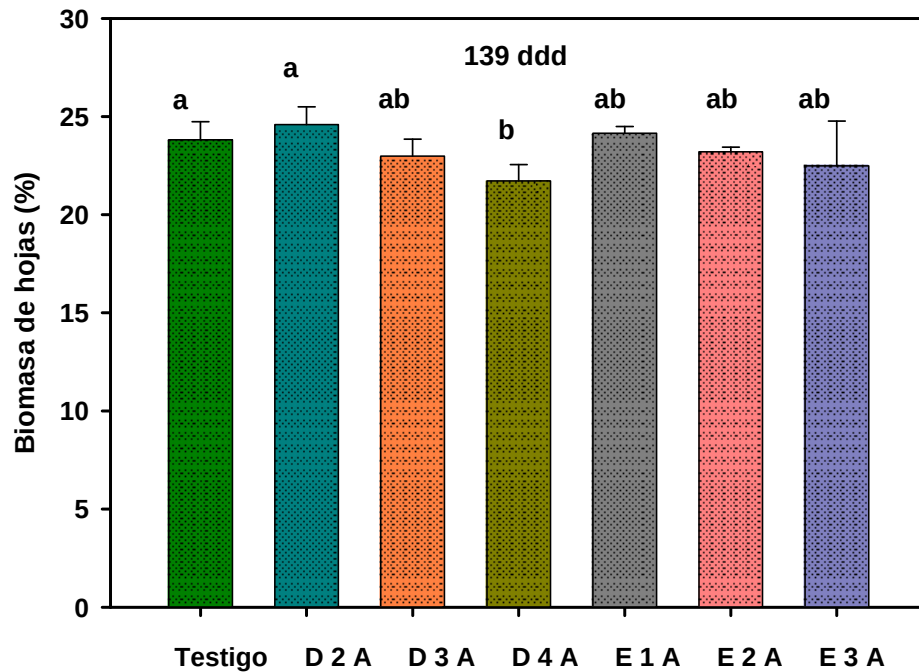
Los resultados coinciden con Mata y Botto (2009) quienes encontraron datos similares en nochebuenas tratadas con una película fotoselectiva y una aplicación de daminozide combinada con cloromequat donde el número de ramas no fue diferente estadísticamente entre tratamientos y además concuerda con Pérez *et al.* (2005) quienes no encontraron diferencias en el número de tallos en nochebuenas al aplicarle etefón. Este estudio difiere con lo encontraron por Glady *et al.* (2007) donde aplicaciones de 600 mg L⁻¹ de etefón cada quince días o 400 mg L⁻¹ cada semana, aumentaron la ramificación en *Coreopsis verticillata*, *Dianthus caryophyllus* y *Veronica longifolia*.

El mayor potencial de ramificación parece resultar en plantas con menor altura (Hartley, 1992) lo cual no fue confirmado en este trabajo. Se puede inferir que no se encontraron diferencias ($p \leq 0.05$) entre tratamientos debido al carácter genético de esta variedad y además porque las estacas no ramifican mucho en comparación con esquejes.

6.4 Biomasa, área foliar y peso específico de hojas

El análisis de varianza mostró diferencias estadísticas ($p \leq 0.05$) para la biomasa de hojas a los 139 días después del despunte y con respecto al área foliar y peso específico no se encontraron diferencias ($p \leq 0.05$) en ningún caso (Anexo 4). Los coeficientes de variación fueron del 4 a 21, 8 a 24 y de 24 a 35 % para la biomasa, peso específico y área foliar respectivamente, presentándose coeficientes más altos a los 48 días después del despunte.

Respecto a la biomasa de hojas a los 139 días después del despunte dos aplicaciones de daminozide la mantuvieron y cuatro aplicaciones la disminuyeron hasta 8.77 % (Figura 4), lo cual concuerda con Mata y Botto (2009) donde los retardadores daminozide con cloromequat en nochebuenas bajo película fotoselectiva disminuyeron el peso seco de las partes aéreas.



Nota: D: Daminozide; E: Etefón; A: aplicaciones; ddd: días después del despunte
 Figura 4. Biomasa de hojas en nochebuena de sol 'Valenciana' a los 139 días después del despunte.

Los resultados mostraron que dos aplicaciones de daminozide mantienen la biomasa de hojas pero cuatro aplicaciones la disminuyeron, lo cual no concuerda con Esquivel *et al.* (2005) y Kazaz *et al.* (2010) donde concentraciones de 1,000 a 4,000 y 3,000 mg L⁻¹ de daminozide no afectaron la biomasa en crisantemo. Por otro lado, dichos resultados no coinciden con Kazaz y Karagüzel (2010) quienes no encontraron diferencias significativas para la biomasa en *Solidago* tratados con retardadores. Se puede concluir que efectivamente el daminozide reduce la translocación de algunos precursores de crecimiento activo de tejidos (Gausman, 1991), posiblemente relacionada con la reducción de la biomasa observada en este estudio.

En el caso del etefón, Pérez *et al.* (2005) reportan en nochebuena que tratamientos con este compuesto presentaron biomasa de hojas similares, lo que puede confirmarse con este estudio.

Respecto al peso específico, Mata y Botto (2009) mencionan que el daminozide combinado con clomequat en nochebuenas bajo película fotoselectiva disminuyó el peso seco de las partes aéreas, lo cual en este trabajo, no se presentó este mismo comportamiento ya que el peso específico fue similar en todos los tratamientos.

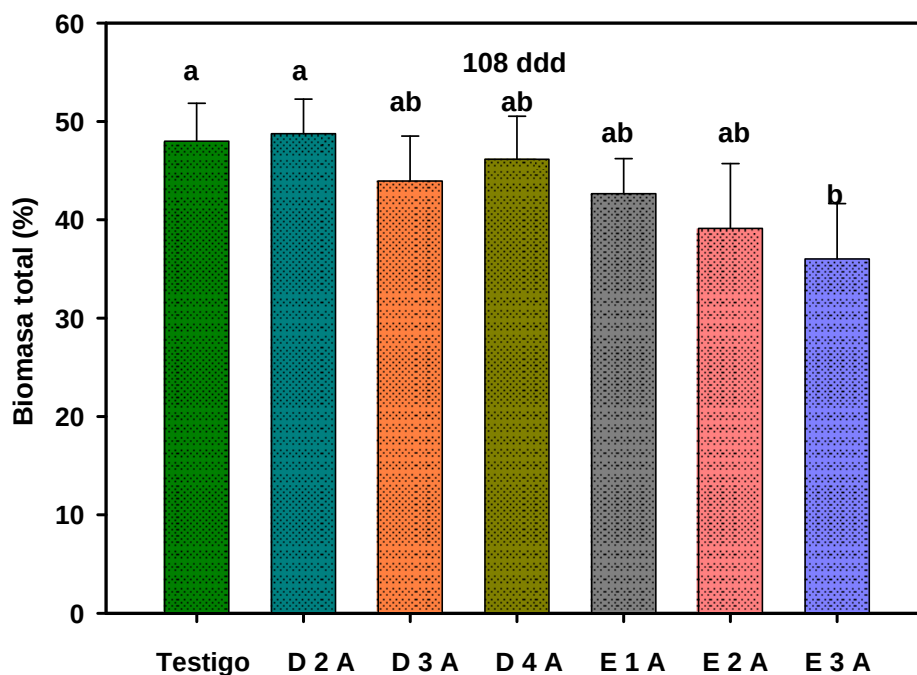
Jankiewicz (2003) al igual que Mata y Botto (2009) mencionan que los retardadores disminuyen el área foliar pero este hecho no concuerda con los resultados en este trabajo ya que se presentó área foliar similar en todos los tratamientos y en todas las mediciones realizadas. Estos resultados no confirman el hecho de que el etefón puede inhibir la extensión de la hoja como lo reportan en *Dianthus caryophyllus* (Glady *et al.*, 2007) lo cual podría afectar indirectamente en la reducción del área foliar.

6.5 Biomasa total

Respecto al análisis de varianza de la biomasa total se encontraron diferencias estadísticas ($p \leq 0.05$) entre tratamientos únicamente para los 108 días después del despunte (Anexo 5). Los coeficientes de variación fueron del 7 al 22 %.

La biomasa total a los 108 días después del despunte disminuyó hasta 24.94 % con tres aplicaciones de etefón, seguido de los tratamientos de daminozide aplicado tres y cuatro veces, y el etefón aplicado una y dos veces con una disminución desde 3.85 hasta 18.44 %, lo cual nos indica que sólo el daminozide

aplicado dos veces no afectó la biomasa total en la nochebuena (Figura 5) concordando con lo mencionado por Esquivel *et al.* (2005) la biomasa en crisantemo, expresada como el peso seco de tallos, hojas, botones y flores no mostraron diferencias significativas entre tratamientos de daminozide desde 1,000 a 4,000 mg L⁻¹, además, Kazaz *et al.* (2010) quienes reportan que el este compuesto no afecta la biomasa al no encontrar diferencias en su estudio realizado en crisantemo, pero en este caso entre mayor número de aplicaciones se presentó mayor disminución de biomasa total al igual que lo encontrado por Mata y Botto (2009) en nochebuenas tratadas bajo película fotoselectiva y daminozide con cloromequat disminuyó el peso seco total de las partes aéreas. Los tratamientos con etefón presentaron menor biomasa total, coincidiendo con Miller *et al.* (2012) quienes encontraron que 200 mg L⁻¹ en solución al suelo en especies de *Calibrachoa*, *Nemesia*, *Sutera* y *Verbena* reducen la biomasa total hasta un 60, 39, 40 y 37 %, respectivamente, en comparación con el testigo; además aseguran que este compuesto puede reducir la acumulación de biomasa conforme aumenta la concentración, lo cual se confirma con este estudio. El etefón libera etileno, hormona que estimula sistemas enzimáticos importantes asociadas con las membranas celulares contribuyendo de este modo a la excreción desde las células de muchas enzimas importantes en el crecimiento (Jiménez y Valverde, 1984) por lo que provoca cambios en los balances hormonales en la planta, además, concentraciones más altas de este tipo de compuestos disminuyen las divisiones celulares como lo menciona Jankiewicz (2003) lo cual puede relacionarse con la disminución en la biomasa total.



Nota: D: Daminozide; E: Etefón; A: aplicaciones; ddd: días después del despunte.

Figura 5. Biomasa total en nochebuena de sol 'Valenciana' a los 108 días después del despunte.

Los resultados difieren con lo reportados en *Solidago* donde aplicaciones de retardadores como el paclobutrazol no presentaron diferencias mínimas significativas para la biomasa total (Kazaz y Karagüzel, 2010).

6.6 Biomasa, área y peso específico de brácteas

El análisis de varianza mostró diferencias significativas ($p \leq 0.05$) entre tratamientos para el área y peso específico de brácteas con coeficientes de variación del 23 al 26 % (Anexo 6).

Lo encontrado en el caso de la biomasa en brácteas no concuerda con lo reportado por Pérez *et al.* (2005) quienes mencionan que como resultado de los tratamientos con etefón en nochebuena, la biomasa de las brácteas se redujo

entre 12 y 35 %, pero sólo el tratamiento de tres aplicaciones de 1,000 mg L⁻¹ fue estadísticamente menor ($p \leq 0.05$) que el testigo.

El área de brácteas disminuyó hasta 53.82 % con el daminozide aplicado dos veces y se mantuvo similar al tratamiento de etefón aplicado una vez en comparación con el testigo (Cuadro 5).

Cuadro 5. Comparación de medias para área y peso específico en brácteas de nochebuena de sol 'Valenciana'.

Tratamiento	Variable	
	Área (cm ²)	Peso específico (g cm ⁻²)
Testigo	711.13 a ^z	0.0042 ab
D 2 A	328.40 b	0.0057 a
D 3 A	484.30 ab	0.0045 ab
D 4 A	486.66 ab	0.0038 ab
E 1 A	659.65 a	0.0038 ab
E 2 A	432.11 ab	0.0045 ab
E 3 A	478.78 ab	0.0031 b
DMSH	306.69	0.0023

^zValores con la misma letra dentro de columnas, son iguales ($P \leq 0.05$); DMSH: Diferencia mínima significativa honesta; D: Daminozide; E: Etefón; A: aplicaciones.

Los resultados demostraron que el daminozide a 500 mg L⁻¹ reduce el área de brácteas tal como lo menciona Lewis *et al.* (2004) el daminozide y clomequat reducen el área total de brácteas de nochebuenas 'Freedom Red' conforme aumentó la concentración de ambos reguladores, mientras que en 'Success Red' se vio afectada por el daminozide sólo.

En cuanto al etefón los resultados mostraron que una aplicación de 500 mg L⁻¹ es suficiente para mantener el área de las brácteas coincidiendo con Pérez *et al.* (2005) quienes reportan en nochebuena 'Supjibi' que tres aplicaciones de 500 mg L⁻¹ y dos de 1,000 mg L⁻¹ mantienen el área de las brácteas con respecto al testigo pero que tres aplicaciones de 1,000 mg L⁻¹ reducen significativamente el

área de brácteas 30 % respecto al testigo ($p \leq 0.05$), lo cual afecta la calidad comercial, puesto que es el atractivo visual de la planta (Canul *et al.*, 2012).

Para el peso específico de brácteas, el tratamiento con dos aplicaciones de daminozide lo aumentó hasta 35.71 %, dicho resultado difiere de lo descrito por Mata y Botto (2009) quienes reportan que el peso seco de las brácteas se reduce bajo película fotoselectiva con daminozide combinado con clormequat.

Por otro lado, el etefón redujo el peso específico de las brácteas hasta 26.19 % cuando se aplicó tres veces caso contrario se encontró en nochebuena ‘Supjibi’ donde el peso fue similar entre tratamientos con etefón (Pérez *et al.*, 2005). Al respecto, Jankiewicz (2003) menciona que con concentraciones altas de los reguladores disminuyen las divisiones celulares por lo que se puede deducir que dichas disminuciones de las divisiones provocan menor crecimiento celular y derivado de eso menor peso en los órganos de la planta.

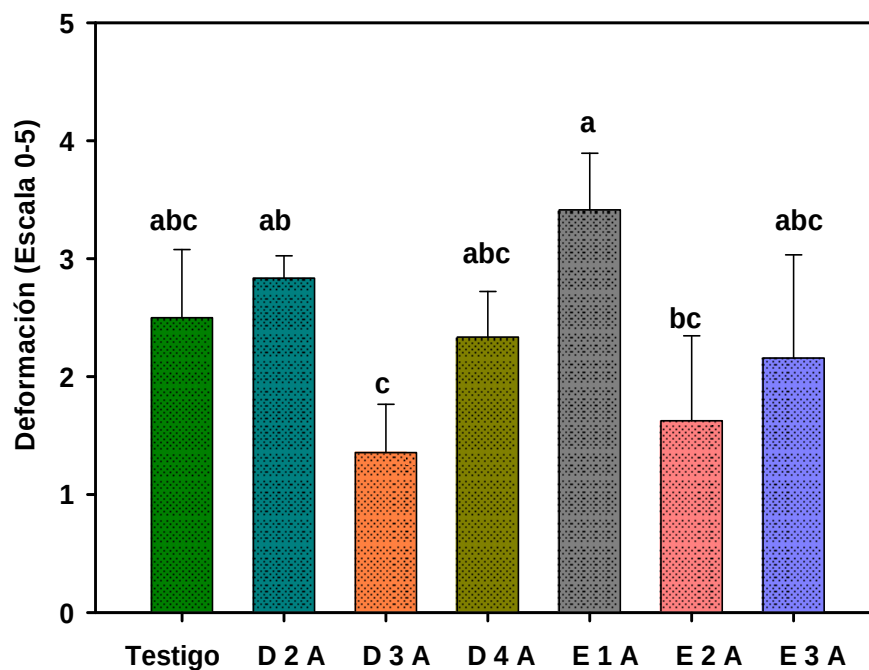
6.7 Longitud, diámetro y deformación de ciatios en inflorescencias

Se encontraron diferencias estadísticas ($p \leq 0.05$) únicamente para el porcentaje de deformación de ciatios en inflorescencias con un coeficiente de variación de 24 % (Anexo 7).

Los resultados para el diámetro de la inflorescencia coincidieron con los reportados en *Coreopsis* y *Rudbeckia* donde no fueron afectados por el daminozide de 2,000 a 7,500 mg L⁻¹ (Amling *et al.*, 2005), aunque, difieren de lo encontrado en crisantemo donde este compuesto favoreció el crecimiento de las inflorescencias incrementando su diámetro 31.2 % (Esquivel *et al.*, 2005) por el contrario en nochebuenas ‘Winter Rose Dark Red’ el daminozide desde 0 a 4,500

mg L⁻¹ y clomequat de 0 a 1,500 mg L⁻¹ disminuyeron el dosel de diámetro de brácteas conforme aumentó la concentración de ambos reguladores (Lewis *et al.*, 2004), al igual Wilfret (1978) encontró que el ancymidol disminuye el diámetro de inflorescencias en nochebuena ‘Annette Hegg Supreme’ y en *Leucanthemum* más de una aplicación a 1,000 mg L⁻¹ de etefón reducen el diámetro de la flor (Hayashi *et al.*, 2001).

Respecto al tratamiento con menor porcentaje de deformación de ciatios, éste fue el daminozide aplicado tres veces ya que la disminuyó 45.6 % (Anexo 8) con respecto al testigo; indicando que este compuesto logra disminuir la deformación que de manera natural se presenta en las nochebuenas de sol, caso contrario se obtuvo con el etefón aplicado una vez donde el porcentaje de deformación aumentó 36.8 % (Figura 6).



Nota: D: Daminozide; E: Etefón; A: aplicaciones.

Figura 6. Deformación de ciatios en inflorescencias de nochebuena de sol ‘Valenciana’.

Los reguladores produjeron diferente efecto sobre la deformación de los ciatios, aunque el daminozide a diferencia del etefón tuvo buen efecto sobre la inflorescencia no se pueden atribuir dichos resultados a este compuesto ya que el desarrollo de las brácteas y la floración de nochebuena también están determinadas por el momento de la aplicación, cuando se aplican en una fecha relativamente tardía se retrasan (Hartley, 1992).

6.8 Color de brácteas

El análisis de varianza con respecto al color de brácteas mostró diferencias estadísticas ($p \leq 0.05$) para luminosidad (L) y la saturación (Croma) en todas las mediciones a diferencia del tono (Hue) que mostró diferencias ($p \leq 0.05$) sólo para los 152 días después del despunte (Anexo 9). Los coeficientes de variación obtenidos fueron del 1 al 3 %.

La mayor luminosidad se presentó con el etefón aplicado tres veces y mayor saturación del color en las plantas testigo y etefón aplicado una y tres veces (Figura 7 y 8), en comparación con el daminozide aplicado tres veces donde se obtuvieron los valores con menor luminosidad a los 152 días después del despunte y por otro lado, menor saturación con el daminozide aplicado tres veces y etefón aplicado dos veces. Respecto al ángulo de tono se obtuvo mayor valor en el testigo y etefón aplicado una vez (Figura 9) a diferencia del daminozide aplicado tres veces donde se presentó menor tono (Cuadro 6).

Cuadro 6. Comparación de medias para color de brácteas en nochebuena de sol 'Valenciana' a 152 y 159 días después del despunte.

Tratamiento	L		Croma		Hue	
	152 ddd	159 ddd	152 ddd	159 ddd	152 ddd	159 ddd
Testigo	41.16 ab ^z	41.99 a	64.95 a	65.22 a	37.09 a	36.76 a
D 2 A	39.04 bc	38.82 b	62.19 bc	62.73 b	36.41 ab	36.20 a
D 3 A	38.11 c	39.09 b	61.59 c	63.43 ab	36.34 b	36.44 a
D 4 A	38.53 bc	39.42 b	62.55 abc	63.66 ab	36.93 ab	36.80 a
E 1 A	39.78 abc	42.10 a	64.22 ab	65.19 a	37.14 a	36.79 a
E 2 A	38.28 bc	38.36 b	61.36 c	63.52 ab	36.52 ab	36.60 a
E 3 A	42.03 a	42.87 a	64.62 ab	65.83 a	36.97 ab	37.20 a
DMSH	2.95	1.48	2.54	2.43	0.74	1.05

^zValores con la misma letra dentro de columnas, son iguales ($P \leq 0.05$); DMSH: Diferencia mínima significativa honesta; D: Daminozide; E: Etefón; A: aplicaciones; ddd: días después del despunte.

Para los 159 días después del despunte la mayor luminosidad y saturación se presentaron en las plantas testigo y con el etefón aplicado una y tres veces (Figura 7 y 8) (Cuadro 6).

En lo que respecta al daminozide, aplicado tres veces disminuyó la coloración de las brácteas difiriendo de lo encontrado en nochebuenas con daminozide más clomequat tanto con película transparente como fotoselectiva, en donde no se detectaron diferencias en el color de las brácteas (Mata y Botto, 2009).

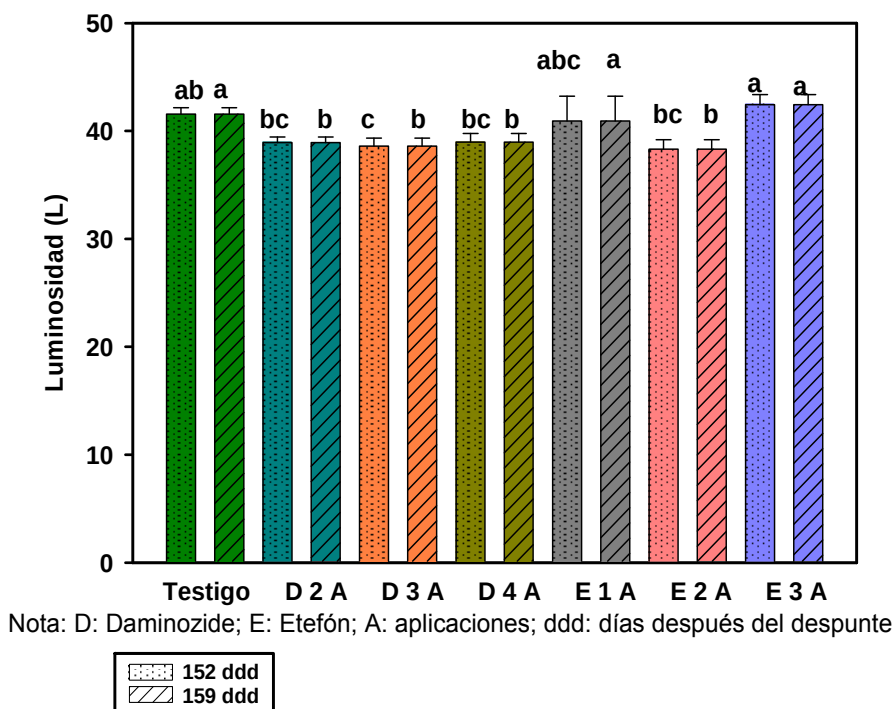


Figura 7. Luminosidad en el color de brácteas de nochebuena de sol 'Valenciana' a los 152 y 159 días después del despunte.

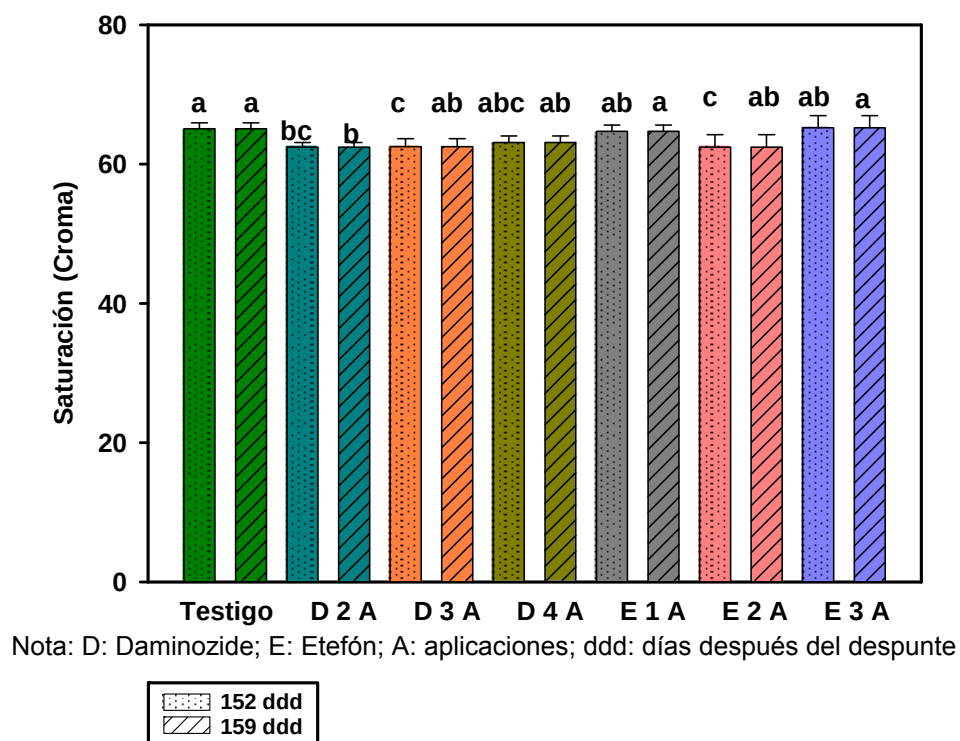


Figura 8. Saturación en el color de brácteas de nochebuena de sol 'Valenciana' a los 152 y 159 días después del despunte.

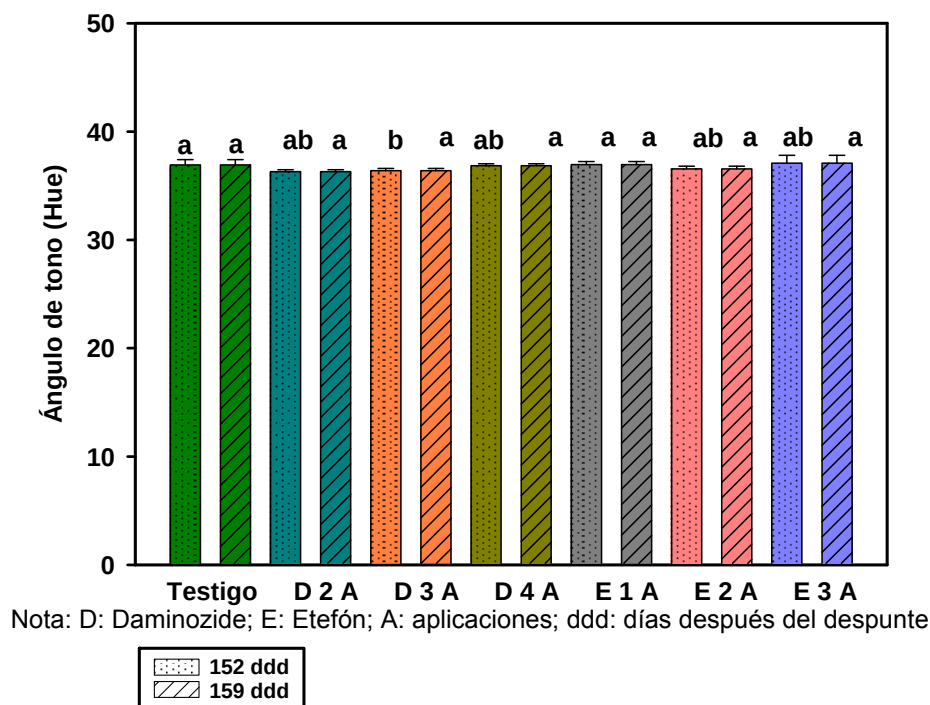


Figura 9. Ángulo de tono en el color de brácteas de nochebuena de sol 'Valenciana' a los 152 y 159 días después del despunte.

En promedio los resultados demuestran que el testigo y el etefón aplicado una vez presentaron la mayor luminosidad, saturación y tono en el color de las brácteas de nochebuena de sol, indicando que el etefón logra mantener la coloración de las brácteas sin disminuir su calidad caso contrario al reportado por Wilfret (1978) quien menciona que el ancymidol disminuye el color de las brácteas en nochebuena 'Annette Hegg Supreme'.

6.9 Unidades SPAD

En el caso de las unidades SPAD, los resultados encontrados en el análisis de varianza indican que no hay diferencias significativas ($p \leq 0.05$) en ninguna de las fechas de muestreo de datos, lo cual indica que no hubo efecto de los tratamientos, donde, los coeficientes de variación presentes fueron relativamente bajos del 7 al 8 % (Anexo 10).

Los resultados coinciden con los reportados por Alia *et al.* (2011) quienes mencionan que aplicaciones de reguladores como el ácido giberélico no afectan el color y las unidades SPAD en cultivares de nochebuena (Figura 10 y 11).

6.10 Pigmentos en brácteas

Los resultados no mostraron diferencias estadísticas ($p \leq 0.05$) entre tratamientos para la clorofila y carotenoides en las hojas de nochebuena con coeficientes de variación de 19 al 21 %; sin embargo, se encontraron diferencias estadísticas ($p \leq 0.05$) para el contenido de antocianinas en las brácteas con un coeficiente de variación 31 % (Anexo 11).

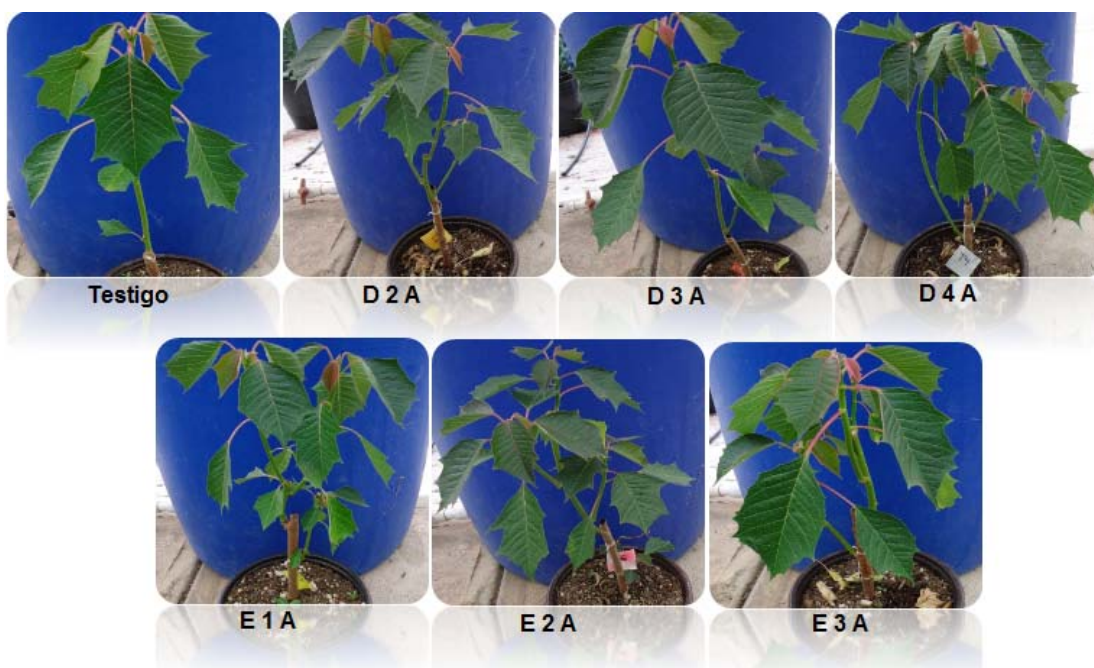
En este estudio los reguladores utilizados no afectaron el contenido de clorofilas (Cuadro 7) (Figura 10 y 11), coincidiendo con Kazaz *et al.* (2010) quienes reportan que en crisantemo 'Yellow Reagan' y 'White Reagan' el daminozide a 3,000 mg L⁻¹ aplicado en dos etapas del crecimiento no afecta el contenido de clorofilas a y b, sin embargo, difieren con lo reportado por Batelja *et al.* (2010) quienes encontraron que la clorofila a, clorofila b y el contenido de carotenoides en las hojas de nochebuenas mejoraron con aplicaciones de 2,500 mg L⁻¹ de daminozide en comparación con el testigo y también difieren de lo encontrado por Lima *et al.* (2013) quienes detectaron que concentraciones de 2,000 mg L⁻¹ de este compuesto aumentaron el contenido de clorofilas en hojas de pimienta ornamental.

Los resultados no confirman lo asegurado por Jankiewicz (2003) los retardadores incrementan el contenido de clorofila en la parte aérea de la planta.

Cuadro 7. Comparación de medias para pigmentos en nochebuena de sol 'Valenciana'.

Tratamiento	Variable				
	Clorofila a (mg g ⁻¹)	Clorofila b (mg g ⁻¹)	Clorofila total (mg g ⁻¹)	Carotenos (mg g ⁻¹)	Antocianinas (mg 100 g ⁻¹)
Testigo	2.10 a ^z	0.78 a	2.88 a	3.53 a	1.31 bc
D 2 A	2.07 a	0.72 a	2.80 a	3.48 a	2.22 bc
D 3 A	2.21 a	0.81 a	3.01 a	4.09 a	4.12 a
D 4 A	1.98 a	0.70 a	2.68 a	3.47 a	0.65 c
E 1 A	2.12 a	0.76 a	2.87 a	3.75 a	4.23 a
E 2 A	2.08 a	0.79 a	2.87 a	3.69 a	2.54 ab
E 3 A	2.41 a	0.88 a	3.30 a	3.75 a	2.77 ab
DMSH	0.94	0.37	1.28	1.63	1.79

^zValores con la misma letra dentro de columnas, son iguales ($P \leq 0.05$); DMSH: Diferencia mínima significativa honesta; D: Daminozide; E: Etefón; A: aplicaciones.



Nota: D: Daminozide; E: Etefón; A: aplicaciones.

Figura 10. Efecto de tratamientos sobre las hojas de nochebuena de sol 'Valenciana' a los 62 días después del despunte.



Nota: D: Daminozide; E: Etefón; A: aplicaciones.

Figura 11. Efecto de tratamientos sobre las hojas de nochebuena de sol 'Valenciana' a los 83 días después del despunte.

Se presentó mayor contenido de antocianinas con el daminozide aplicado tres veces y el etefón aplicado una vez con 4.12 y $4.23 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$, respectivamente; sin embargo, se presentó menor contenido de antocianinas con el daminozide aplicado cuatro veces con $0.65 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$ (Cuadro 7) (Figura 12), lo cual concuerda con lo determinado por Rademacher (2000) en donde el daminozide bloquea la formación de antocianinas en crisantemos y con lo encontrado por Ozeki y Komamine (1981) quienes identificaron que las auxinas tienen efecto inhibidor de las antocianinas en zanahoria y además concuerdan con Mizukami *et al.* (1988) quienes encontraron que el ácido giberélico inhibe la síntesis de antocianinas en *Hibiscus sudariffa*.

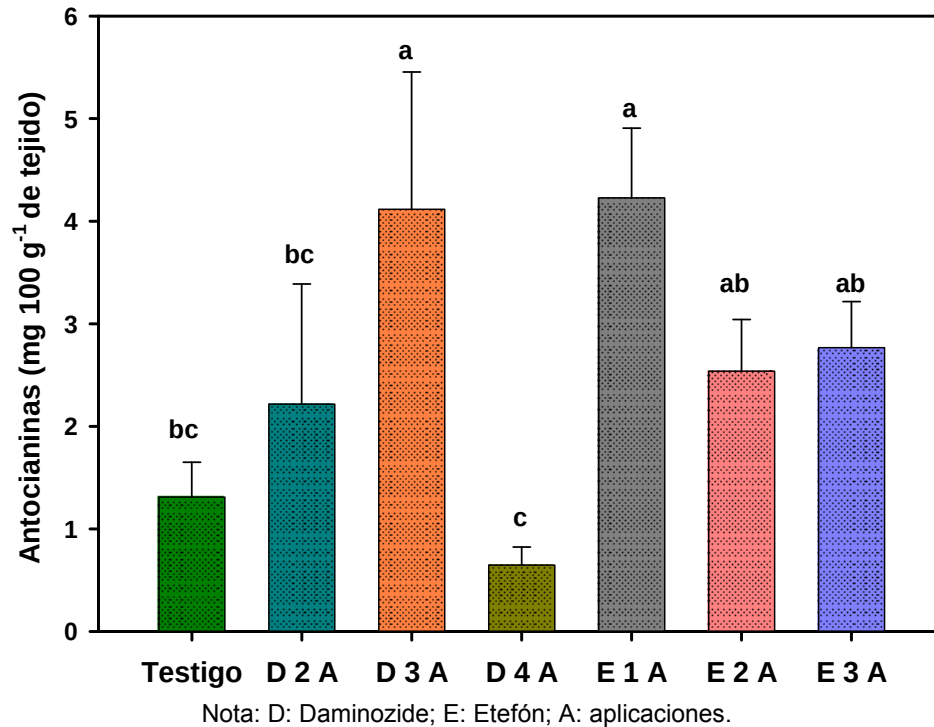


Figura 12. Contenido de antocianinas en brácteas de nochebuena de sol 'Valenciana'.

El daminozide logró aumentar el contenido de antocianinas cuando se aplicó tres veces a dosis de 500 mg L⁻¹, coincidiendo con Mizukami *et al.* (1988) quienes observaron un incremento en la síntesis de antocianinas en *Hibiscus sudariffa* tratada con auxinas (2, 4-D). Además, Gómez y Bononad (1979) mencionan que numerosos trabajos han puesto de manifiesto el favorable efecto que este compuesto tiene sobre el desarrollo del color en manzanas.

Respecto al etefón los resultados coinciden con Craker y Werherbee (1973), quienes reportan que las brácteas de nochebuena tratadas con etileno sintetizaron más antocianina en comparación con el testigo.

Los resultados demostraron que los reguladores aumentan el contenido de antocianinas, lo cual puede atribuirse al hecho de que afectan la actividad de la

enzima fenilalanina amoni-liasa, la cual interviene en la síntesis de antocianinas (Gómez y Bononad, 1979).

Hubo variación en los resultados y puede deberse a que existen muchos factores que determinan la estabilidad del pigmento como su propia estructura química, pH, concentración, temperatura, presencia de oxígeno y ácido ascórbico, y actividad de agua de la matriz (Garzón, 2008). La acidez tiene efecto protector sobre la molécula (Hutchings, 1999), incrementos de temperatura resultan en chalconas incoloras (Timberlake, 1980), hay aceleración de la destrucción de antocianinas de fresa cuando el ácido ascórbico está presente y degradación de éstas con incrementos en la actividad de agua del medio (Garzón y Wrolstad, 2002).

VII. CONCLUSIONES

El mejor tratamiento de etefón a 500 mg L⁻¹ fue el de tres aplicaciones ya que redujo la longitud de brotes hasta 46 % y aumentó la coloración de las brácteas, sin embargo, disminuyó la biomasa total y el peso específico de las brácteas 25 y 26 %, respectivamente.

En el caso del daminozide a 500 mg L⁻¹ el mejor tratamiento fue el de tres aplicaciones ya que redujo la longitud de brotes 27 %, presentó mayor contenido de antocianinas y disminuyó la deformación de los ciatios hasta 46 %, pero disminuyó ligeramente la coloración de las brácteas.

El daminozide y etefón no generaron ramificación y disminuyeron el diámetro de los brotes, sin embargo, pueden utilizarse a 500 mg L⁻¹ con tres aplicaciones sin afectar el área de brácteas.

Los dos reguladores pueden ser utilizados para obtener plantas de nochebuena de sol compactas y de buena calidad.

VIII. BIBLIOGRAFÍA

- Alia T., I., L. A. Valdez A., E. Campos B., M. J. Sainz A., G. A. Pérez A., M. T. Colinas L., M. Andrade R., V. López M. y A. Alvear G. 2011. Efecto de la aspersión de ácido giberélico en el crecimiento de cinco cultivares de nochebuena. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 3: 577-589.
- Amling J. W., G. J. Keever, J. R. Jr. Kessler and D.J. Eakes. 2005. Response of 'Moonbeam' *Coreopsis* and 'Goldsturm' *Rudbeckia* to B-nine and cycocel. Department of Horticulture, Auburn University, AL 36849. *Journal Environment Horticulture* 23 (1): 25–28.
- Batelja L. K., Goreta B. S., Perica S., Dumičić G. and Bućan L. 2010. Response of poinsettia to drench application of growth regulators. *Journal of Food, Agriculture & Environment* 8 (1): 297-301.
- Lima B. I., B. A. Dos Santos, Da Fonseca S. J. J., J. R. Takane and F. C. Lacerda. 2013. Pimenteira ornamental submetida a tratamentos com daminozide em vasos com fibra de côco ou areia. *Semina: Ciências Agrárias* 34 (6): 3597-3610.
- Burg, S. P. and B. G. Kang. 1993. Gravity dependent ethylene action. *In* Cellular and molecular aspects of the plant hormone ethylene. Pech J. C. *et al.* (eds.). Kluwer Academic Publishers. 335-340 pp.

- Cabrera R., J., F. Morán M., R. Torres Q., A. Pellón B. y L. Granada C. 2006. Producción de nochebuena. *Euphorbia pulcherrima* Willd. Ex. Klotzsch. en Morelos. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Fundación Produce Morelos A.C. 20 p.
- Canul K., J., F. García P., F. J. Osuna C. y S. Ramírez R. 2010. Programa de mejoramiento genético de nochebuena en Morelos. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Zacatepec, Morelos. 34 p.
- Canul K., J., F. García P., F. J. Osuna C. y S. Ramírez R. 2012. Metodologías de mejoramiento genético aplicables en nochebuena. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Centro de Investigación Regional Pacífico Sur. 39 p.
- Canul K., J., F. García P., F. J. Osuna C., S. Ramírez R. y E. J. Barrios G. 2013. Recursos genéticos de nochebuena en México, colecta de germoplasma para mejoramiento genético. Ciencia y Tecnología Agropecuaria de México 1 (2): 20-26.
- Colinas L., M. T. 2003. Importancia de los estudios postcosecha de plantas ornamentales nativas de México. *In*: Plantas nativas de México con potencial ornamental. Mejía M., J. M. y A. Espinosa F. (comps.). Universidad Autónoma Chapingo. 175-179 pp.

- Craker, L. E. and P. J. Werherbee. 1973. Ethylene, carbon dioxide, and anthocyanin synthesis. *Plant Physiology* 52: 177-179.
- Davies, T. D., G. L. Steffens and N. Sankhla. 1988. Triazole plant growth regulators. *Horticultural Reviews* 10: 63-105.
- Dole, J. M. and H. F. Wilkins. 2005. *Floriculture. Principles and Species*. Second edition. Pearson Prentice Hall. EUA. 491-513 pp.
- Ecke, P. Jr., O. A. Matkin and D. E. Hartley. 1990. *The poinsettia manual*. 3rd. ed. Paul Ecke Poinsettias. Encinitas, California, USA. 110 p.
- Ecke, P. III, J. E. Faust, J. Williams and A. Higgins. 2004. *The Ecke poinsettia manual*. Ball Publishing. Batavia, Illinois, USA. 287 p.
- Esquivel P., A. G., E. Villanueva C., A. Pérez G., L. A. Sánchez C. y F. J. Fuentes C. 2005. El daminozide aumenta el diámetro de inflorescencia del crisantemo (*Dendranthema grandiflora* Tzvelev.), cultivar Polaris White. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 11 (2): 361-364.
- Fernández P., Y. L. 2013. Respuesta de la nochebuena de sol *Euphorbia pulcherrima* cv. Valenciana al efecto de diferentes nutrimentos bajo condiciones de hidroponía en invernadero. Tesis Doctor en Ciencias en Horticultura. Chapingo, Texcoco, Estado de México. 187 p.
- Fisher, P. R., R. D. Heins and J. H. Lieth. 1996. Modeling the stem elongation response of poinsettia to chloromequat. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 121 (5): 861-868.

- Galindo G., D. V., I. Alia T., M. Andrade R., M. T. Colinas L., J. Canul K. y M. J. Sainz A. 2012. Producción de nochebuena de sol en Morelos, México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 3 (4): 751-763.
- García P., F., J. Canul K., S. Ramírez R., F. J. Osuna C., S. E. Rangel E. y B. Portas F. 2012. Reunión Anual de la Sociedad Interamericana de Horticultura Tropical. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Campo Experimental Zacatepec, Morelos. 206 pp.
- Garzón, A. G. 2008. Las antocianinas como colorantes naturales y compuestos bioactivos: Revisión. *Acta Biológica Colombiana* 13 (3): 27-36.
- Garzón, A. G. y R. E. Wrolstad. 2002. Comparison of the Stability of Pelargonidin-based Anthocyanins in Strawberry Juice and Concentrate. *Journal Food Science* 67 (4): 1288-1299.
- Gausman, H. W. 1991. Plant biochemical regulators. Marcel Dekker, Inc. New York, New York. 171-200 pp.
- Gent, M. P. and R. J McAvoy. 2000. Plant growth regulators in ornamental horticulture. *In: Plant growth regulators in agriculture and horticulture.* Basra A., S. (ed.). The Haworth Press. N. Y., USA. 89-130 pp.
- George, E. F., M. A. Hall and G. D. Klerk. 2008. Plant Propagation by Tissue Culture. 3rd. ed. Springer, P.O. Box 17, 3300 AA Dordrecht, The Netherlands. 227-281 pp.

- Glady, J. E., S. N. Lang and E. S. Runkle. 2007. Effects of ethephon on stock plant management of *Coreopsis verticillata*, *Dianthus caryophyllus*, and *Veronica longifolia*. Hortscience 42 (7): 1616–1621.
- Gómez G., A. y S. Bononad G. 1979. Mejora de la coloración y conservación de manzana. Servicio de extensión agraria. 74-76 pp.
- Gómez Z., J., V. Jiménez M. 2011. Producción *in vitro* de antocianinas-Revisión. Acta Biológica Colombiana 16 (1): 3-20.
- Hartley, D. E. 1992. Poinsettia. *In*: Introduction to floriculture. 2nd. ed. Larson, R. A. (ed.). Academic Press, New York. USA. 306-331 pp.
- Hartmann, T. H. 1988. Plant science: growth development and utilization of cultivated plants. Pearson Prentice Hall. México. 674 p.
- Hayashi, T., R. D. Heins, A. C. Cameron and W. H. Carlson. 2001. Ethephon influences flowering, height and branching of several herbaceous perennials. Scientia Horticulturae 91: 305-323.
- Hutchings, J. B. Food Color and Appearance. 1999. Second edition. Gaithersburg, Md. Aspen Publishers, Inc. 610 p.
- Jankiewicz, S. L. 2003. Retardadores y otros inhibidores sintéticos del crecimiento y sustancias que modifican el desarrollo en plantas. *In*: Reguladores del crecimiento, desarrollo y resistencia en plantas. Editorial Mundi Prensa. Distrito Federal, México. 241-243 pp.
- Jiménez O., F. y E. Valverde G. 1984. Efecto del etefón en el crecimiento, floración y producción de tres cultivares de melón en Cañas, Guanacaste. Agronomía costarricense 8 (1): 17-23.

- Kazaz, S., A. M. Askin, S. Kilic and N. Ersoy. 2010. Effects of day length and daminozide on the flowering, some quality parameters and chlorophyll content of *chrysanthemum morifolium* Ramat. Scientific Research and Essays 5 (21): 3281-3288.
- Kazaz, S. and O. Karagüzel. 2010. Influence of growth regulators on the growth and flowering characteristics of goldenrod (*Solidago x Hybrida*). European Journal of Scientific Research 45 (3): 498-507.
- Lewis, K. P., J. E. Faust, J. D. Sparkman and L. W. Grimes. 2004. The effect of daminozide and chlormequat on the growth and flowering of poinsettia and pansy. Hortscience 39 (6): 1315-1318.
- Martínez H., G. 1998. Efecto de retardadores de crecimiento en plantas de nochebuena (*Euphorbia pulcherrima* Willd.) cv. Subjibi, bajo condiciones de invernadero. Tesis Ingeniero Agrónomo en Fitotecnia. Chapingo, Texcoco, Estado de México. 73 p.
- Mata, D. A. and J. F. Botto. 2009. Manipulation of light environment to produce high-quality poinsettia plants. Hortscience 44 (3): 702-706.
- McLaren, J. S. 1982. Chemical manipulation of crop growth and development. Phoenix Photosetting, Chatham Kent. 288 pp.
- Miller, W. B., N. S. Mattson, X. Xie, D. Xu, C. J. Currey, K. L. Clemens, R. G. López, M. Olrich and E. S. Runkle. 2012. Ethephon substrate drenches inhibit stem extension of floriculture crops. Hortscience 47 (9): 1312–1319.

- Mizukami, H., K. Tomita, H. Ohashi and N. Hiraoka. 1988. Anthocyanin production in callus cultures of roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.). *Plant Cell Reports* 7 (7): 553-556.
- Mundo O., J. 2006. El vivero ornamental. Universidad Autónoma del Estado de Morelos. México. 461 p.
- Narbona, E., P. L. Ortiz, y M. Arista. 2006. Germination variability and the effect of various pretreatment on germination in the perennial spurge *Euphorbia nicaeensis* All. *Flora* 201: 633-641.
- Ozeki, Y. and A. Komamine. 1981. Induction of anthocyanin synthesis in relation to embryogenesis in a carrot suspension culture: Correlation of metabolic differentiation with morphological differentiation. *Physiologia Plantarum* 53 (4): 570-577.
- Pérez L., A., J. A. Carrillo S., M. T. Colinas L. y M. Sandoval V. 2005. Etileno en el crecimiento y calidad de nochebuena (*Euphorbia pulcherrima* Willd. Ex. Klotzsch) con etefón. *Revista Agrociencia* 39 (6): 639-646.
- Quintana, F. A. 1961. Plantas ornamentales (Floricultura), Chapultepec, México D.F. Secretaria de Agricultura y Recursos Hidráulicos. 144 p.
- 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.
- Rodríguez M., M. D. y C. Nicolás R. 2004. Metabolismo y modo de acción de fitohormonas. Ediciones Universidad de Salamanca. Salamanca, España. 26 pp.

- Shanks, J. B. 1980. Poinsettias. In: Introduction to floriculture. R.A., Larson A., R. (ed.). Academic Press, New York, USA. 301-326 pp.
- SIAP. 2013. Cierre de la Producción Agrícola de Nochebuena por Estado. Consultado el 03 de Noviembre del 2014. SAGARPA. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera.
- Steffens, G. L. 1979. Applied uses of growth substances-growth inhibitors. *In*: plant growth substances. Skoog F. (ed.). Springer-Verlag Berlin Heidelberg. New York. 397-408 pp.
- Sun, Y., L. B. Stack, D. Zhang and Z. Gu. 2011. Control growth of *Euphorbia Pulcherrima* Willd. Ex. Klotzsch 'Sonora Jingle' and 'Sonora White' using ethephon. Horticulture Environment Biotechnology 52 (4): 351-356.
- Timberlake, C. F. 1980. Anthocyanins-Occurrence, Extraction and Chemistry. Food Chemistry 5(1): 69-80.
- Vargas S., R. G., I. Alia T., V. López M., M. T. Colinas L., O. Villegas T., M. Andrade R., C. M. Acosta D. y D. Guillén S. 2007. Investigación Agropecuaria 4: 39-50.
- Warner, R. M. and J. E. Erwin. 2003. Effect of plant growth retardants on stem elongation of *Hibiscus* species. HorTechnology 13 (2): 293-296.
- Wilfret, G. J. 1978. Height regulation of poinsettia with a growth retardant incorporated in the soil medium. Proceedings of the Florida State Horticultural Society 91: 220-222.
- Witham, F. H., D. F. Blaydes and R. M. Devlin. 1971. Experiments in plant physiology. Van Nostrand Reinhold Company. N. Y. 16-58 pp.

Wrolstad R. E. and M. M. Giusti. 2000. Unit F1.2: Characterization and measurement of anthocyanins by UV-visible spectroscopy. *In*: Current protocols in food analytical chemistry. Jhon Wiley & Sons, Inc. 1-6 pp.

ANEXOS

Anexo 1. Análisis de varianza para longitud de brotes en nochebuena de sol 'Valenciana' a 53, 65, 83, 97, 113 y 131 días después del despunte.

Variable	Medición					
	53 ddd	65 ddd	83 ddd	97 ddd	113 ddd	131 ddd
Longitud	22.13*	83.12**	127.49**	150.73**	150.42**	159.54**
C.V	23.81	21.62	18.54	15.42	13.75	13.63

ns: no significativo; *,**: significativo a una $P \leq 0.05$ y 0.01 , respectivamente.; CV: Coeficiente de variación (%); ddd: días después del despunte.

Anexo 2. Análisis de varianza para diámetro de brotes en nochebuena de sol 'Valenciana' a 53, 65, 83, 97, 113 y 131 días después del despunte.

Variable	Medición					
	53 ddd	65 ddd	83 ddd	97 ddd	113 ddd	131 ddd
Diámetro	1.23 ns	1.32*	1.17*	1.43*	1.46*	1.65*
C.V	16.76	13.82	12.33	11.45	11.69	11.88

ns: no significativo; *,**: significativo a una $P \leq 0.05$ y 0.01 , respectivamente.; CV: Coeficiente de variación (%); ddd: días después del despunte.

Anexo 3. Análisis de varianza para número de ramas en brotes de nochebuena de sol 'Valenciana' a 131 días después del despunte.

Variable	131 ddd
Ramificación	0.21 ns
C.V	26.55

ns: no significativo; *,**: significativo a una $P \leq 0.05$ y 0.01 , respectivamente.; CV: Coeficiente de variación (%); ddd: días después del despunte.

Anexo 4. Análisis de varianza para biomasa, área foliar y peso específico de hojas en nochebuena de sol 'Valenciana' a 48, 75, 108 y 139 días después del despunte.

Variable	Hojas			
	48 ddd	75 ddd	108 ddd	139 ddd
Biomasa	19.55 ns	2.75 ns	6.60 ns	3.94*
C.V	21.36	5.85	11.01	4.73
Peso específico	1.16 e ⁻⁶ ns	2.55 e ⁻⁷ ns	7.46 e ⁻⁷ ns	3.58 e ⁻⁷ ns
C.V	23.78	8.02	13.27	7.74
Área foliar	20109.04 ns	99771.48 ns	134265.34 ns	150307.45 ns
C.V	33.63	34.84	26.26	23.71

ns: no significativo; *,**: significativo a una $P \leq 0.05$ y 0.01 , respectivamente.; CV: Coeficiente de variación (%); ddd: días después del despunte.

Anexo 5. Análisis de varianza para biomasa total en nochebuena de sol 'Valenciana' a 48, 75, 108 y 139 días después del despunte.

Variable	Medición			
	48 ddd	75 ddd	108 ddd	139 ddd
Biomasa total	44.71 ns	17.06 ns	87.08*	53.22 ns
C.V	21.66	8.81	10.80	7.44

ns: no significativo; *,**: significativo a una $P \leq 0.05$ y 0.01 , respectivamente.; CV: Coeficiente de variación (%); ddd: días después del despunte.

Anexo 6. Análisis de varianza para biomasa, área y peso específico de brácteas en nochebuena de sol 'Valenciana' a 139 días después del despunte.

Variable	139 ddd
Biomasa	6.14 ns
C.V	14.97
Área	69371.29**
C.V	26.08
Peso específico	2.61 e ⁻⁶ *
C.V	23.47

ns: no significativo; *,**: significativo a una $P \leq 0.05$ y 0.01 , respectivamente.; CV: Coeficiente de variación (%); ddd: días después del despunte.

Anexo 7. Análisis de varianza para longitud, diámetro y deformación de inflorescencias de nochebuena de sol 'Valenciana'.

Variable	
Longitud	6.45 ns
C.V	7.95
Diámetro	45.17 ns
C.V	15.74
Deformación	1.96**
C.V	24.21

ns: no significativo; *,**: significativo a una $P \leq 0.05$ y 0.01 , respectivamente.; CV: Coeficiente de variación (%).

Anexo 8. Efecto de los tratamientos en la deformación de los ciatios de inflorescencias de nochebuena de sol.



Nota: D: Daminozide; E: Etefón; A: aplicaciones.

Anexo 9. Análisis de varianza para color en nochebuena de sol ‘Valenciana’ a 152 y 159 días después del despunte.

Variable	Medición	
	152 ddd	159 ddd
L	9.18**	13.91**
C.V	3.25	1.59
Croma	8.94**	5.43**
C.V	1.75	1.64
Hue	0.45**	0.40 ns
C.V	0.88	1.25

ns: no significativo; *,**: significativo a una $P \leq 0.05$ y 0.01 , respectivamente.; CV: Coeficiente de variación (%); ddd: días después del despunte.

Anexo 10. Análisis de varianza para Unidades SPAD en nochebuena de sol ‘Valenciana’ a 65, 78 y 127 días después del despunte.

Variable	Medición		
	65 ddd	78 ddd	127 ddd
Unidades SPAD	1.35 ns	20.00 ns	8.85 ns
C.V	7.45	7.74	7.48

ns: no significativo; *,**: significativo a una $P \leq 0.05$ y 0.01 , respectivamente.; CV: Coeficiente de variación (%); ddd: días después del despunte.

Anexo 11. Análisis de varianza para pigmentos en nochebuena de sol ‘Valenciana’.

Variable	
Clorofila a	0.077 ns
C.V	19.17
Clorofila b	0.014 ns
C.V	20.57
Clorofila total	0.153 ns
C.V	19.16
Carotenoides	0.187 ns
C.V	19.23
Antocianinas	7.06**
C.V	30.53

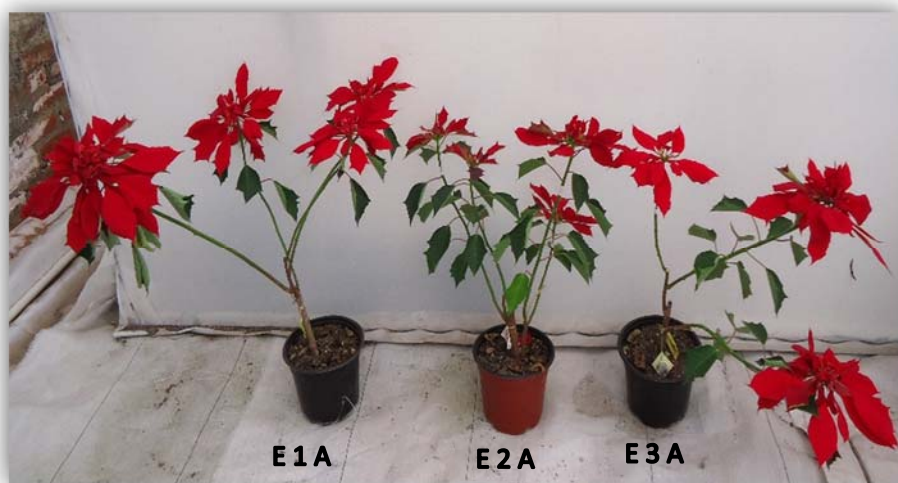
ns: no significativo; *,**: significativo a una $P \leq 0.05$ y 0.01 , respectivamente.; CV: Coeficiente de variación (%).

Anexo 12. Efecto del daminozide sobre la longitud de los brotes de nochebuena de sol.



Nota: D: Daminozide; A: aplicaciones.

Anexo 13. Efecto del etefón sobre la longitud de los brotes de nochebuena de sol.



Nota: E: Etefón; A: aplicaciones.

Anexo 14. Plantas de nochebuena de sol sin tratamiento.

