



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS

**DOCTORADO EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y
DESARROLLO RURAL**

**REGULADORES DE CRECIMIENTO EN EL DESARROLLO Y
POSPRODUCCIÓN DE NOCHEBUENA (*Euphorbia pulcherrima*
willd. Ex Klotzsch)**

TESIS

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE: DOCTOR EN CIENCIAS
AGROPECUARIAS Y DESARROLLO RURAL**

P R E S E N T A:

M. en C. GASTÓN VARGAS DOMÍNGUEZ

DIRECTOR DE TESIS:

Dr. Iran Alia Tejacal



FACULTAD DE CIENCIAS
AGROPECUARIAS

Cuernavaca, Morelos, Noviembre 2019.

**REGULADORES DE CRECIMIENTO EN EL DESARROLLO Y POSPRODUCCIÓN
DE NOCHEBUENA (*Euphorbia pulcherrima willd. Ex Klotzsch*)**

Tesis realizada por M. C. Gastón Vargas Dominguez bajo la dirección del comité asesor indicado, aprobado por el mismo y aceptada como requisito para obtener el grado de:

Doctorado en Ciencias Agropecuarias y Desarrollo Rural

Director: Dr. Irán Alía Tejacal

Revisor: Dr. Luis Alonso Valdez Aguilar

Revisor: Dr. Víctor López Martínez

Revisor: Dra. Ma. Teresa Colinas León

Revisor: Dr. Porfirio Juárez López

Revisor: Dr. Dagoberto Guillen Sánchez

Revisor: Dra. Gloria Alicia Pérez Arias

Agradecimientos

A la beca otorgada (412675) por CONACYT para la realización del Doctorado en Ciencias Agropecuarias y Desarrollo Rural en la Universidad Autónoma del Estado de Morelos incluida en el Padrón Nacional de Posgrado

A mi esposa Analí y mis hijos Gastón Gamaliel y Anel Sofía, gracias amores por ser motor para salir adelante en mis obstáculos saben que desde el día en que formaron parte de mi vida me hicieron el hombre más feliz del mundo y hoy comparto un triunfo con ustedes los amo.

A mi papá Arturo, gracias por todo el apoyo que me has dado desde la infancia hasta ahora y porque siempre has trabajado para darnos lo mejor a mis hermanos y a mí. Tú has sido un buen amigo y un gran consejero.

A mi mamá Ana Luisa, gracias por tu apoyo incondicional, por estar conmigo en cada etapa de mi vida, por ser una amiga y como toda buena madre das la vida por tus hijos.

A mis hermanos Pedro Arturo y Benjamín, nadie más que ustedes saben lo que siento y saben que mi alegría es su alegría, gracias por ser los mejores amigos.

A mi director de tesis Dr. Irán Alía Tejacal, gracias por ser un catedrático ejemplo, por su tiempo y paciencia.

A mis asesores, Dres. Luis Alonso, Ma. Teresa, Víctor, Dagoberto, Porfirio y Gloria Alicia por tenerme confianza en el desarrollo de este proyecto.

A los M.C. Andrés Alvear y Alyn Palacios gracias por su apoyo en el desarrollo del proyecto, por uno y más consejos dados gracias.

A mis amigos, gracias por ayudarme con mi proyecto, saben que estoy agradecido, ustedes fueron grandes apoyos en el caminar del trabajo gracias

Dedicatoria

A Dios.

Por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor.

A mi Esposa Analí Muñoz Rocha

Por estar en las buenas y malas además de ser compañera incondicional de mis triunfos y fracasos

A mis Hijos Gaston Gamaliel y Anel Sofia

Por ser los motivos para seguir a delante en todas las metas y proyectos de vida.

A mi Padre.

Por ser un claro ejemplo de los que es rectitud, lealtad y el mejor amigo con el que puedo contar, dando siempre palabras de aliento para seguir adelante.

A mi Madre.

Por ser ejemplo de lo que es el amor más puro y sincero, que se puede sentir en todo momento.

A mis Hermanos.

Por ser los mejores amigos, que a pesar de que somos muy distintos siempre estamos juntos en los buenos y malos momentos.

A los Doctores-

Dr. Irán, Dr. Luis Alonso, Dra. Ma. Teresa, Dr. Víctor, Dr. Dagoberto, Dr. Porfirio, Dra. Gloria Alicia por su gran apoyo y motivación para la culminación de los estudios.

A mis amigos.

Que nos apoyamos mutuamente en nuestra formación profesional y que hasta ahora, seguimos siendo amigos: Alyn Palacios, Andrés, Adabella, Benito, Juan Emilio, Juan Fernando,

Luis Miguel, Jorge, Issac, Raúl Oliver por haberme ayudado a realizar este trabajo.

ÍNDICE

ÍNDICE DE CUADROS.....	III
ÍNDICE DE FIGURAS.....	V
ABREVIATURAS Y SIMBOLOGIA.....	VII
1. INTRODUCCIÓN.....	1
OBJETIVO.....	5
Objetivos específicos.....	5
CAPÍTULO I. Reguladores de crecimiento en el desarrollo de nochebuena (<i>Euphorbia pulcherrima willd. Ex Klotzsch</i>).	
1.1 Introducción.....	6
1.2 Materiales y métodos.....	9
1.2.1 Localización	9
1.2.2 Material vegetal.....	9
1.2.3 Manejo del cultivo.....	9
1.2.4 Diseño experimental.....	11
1.2.5 Variables evaluadas.....	11
1.2.6 Análisis de datos.....	14
1.3 Resultados y discusión.....	15
1.3.1 Dimensiones de la planta.....	15
1.3.2 Parámetros de color en brácteas y hojas.....	21
1.3.3 Materia fresca	25
1.3.4 Materia seca	28
1.3.5 Azúcares y proteína soluble total en hojas y brácteas.....	32
1.3.6 Actividad enzimática en hojas y brácteas.....	35
1.4 Conclusiones.....	38
1.5 Literatura citada.....	38
CAPÍTULO II. Los reguladores de crecimiento mejoran la vida poscosecha de nochebuena (<i>Euphorbia pulcherrima willd. Ex Klotzsch</i>)	
2.1 Introducción.....	43
2.2 Materiales y métodos.....	46
2.2.1 Localización.....	46

2.2.2 Material vegetal.....	46
2.2.3 Manejo del cultivo.....	47
2.2.4 Diseño experimental.....	48
2.2.5 Variables evaluadas.....	49
2.2.6 Análisis de datos.....	50
2.3 Resultados y discusión.....	50
2.3.1 Componentes del color.....	50
2.3.2 Concentración de clorofilas en unidades SPAD.....	53
2.3.3 Azúcares totales.....	56
2.3.4 Respiración.....	59
2.3.5 Apariencia.....	61
2.3.6 Abscisión de hojas, brácteas, flores y epinastia o plantas enfermas.....	64
2.4 Conclusiones.....	68
2.5 Literatura citada.....	68
CAPÍTULO III. Aplicación de etefón en la pigmentación de nochebuena	
(<i>Euphorbia pulcherrima</i> Ex. Klotsch).	
3.1 Introducción.....	73
3.2 Materiales y métodos.....	74
3.2.1 Localización.....	74
3.2.2 Material vegetal.....	75
3.2.3 Diseño experimental.....	75
3.2.4 Manejo del cultivo	75
3.2.5 Variables evaluadas.....	76
3.2.6 Análisis de datos.....	77
3.3 Resultados y discusión.....	78
3.4 Conclusiones.....	82
3.5 Literatura citada.....	83

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Regulador de crecimiento, dosis y fase del cultivo donde se aplicó aplicación en nochebuena.....	10
Cuadro 2. Efecto de la aplicación de benciladenina y en combinación con ácido giberelico al inicio del cultivo en características morfológicas de la nochebuena 'Freedom red' y 'Prestige red' durante el primer año.....	18
Cuadro 3. Efecto de la aplicación de benciladenina y en combinación con ácido giberelico al final del cultivo en características morfológicas de la nochebuena 'Freedom red' y 'Prestige red' durante el primer año.....	19
Cuadro 4. Efecto de la aplicación de benciladenina y en combinación con ácido giberelico al final del cultivo en características morfológicas de la nochebuena 'Freedom red' y 'Prestige red' durante el segundo año.....	20
Cuadro 5. Efecto de la aplicación de benciladenina y en combinación con ácido giberelico al inicio del cultivo en características de color de brácteas y hojas de nochebuena 'Freedom red' y 'Prestige red' durante el primer año.....	22
Cuadro 6. Efecto de la aplicación de benciladenina y en combinación con ácido giberelico al final del cultivo en características de color de brácteas y hojas de nochebuena 'Freedom red' y 'Prestige red' durante el primer año.....	23
Cuadro 7. Efecto de la aplicación de benciladenina y en combinación con ácido giberelico al final del cultivo en características de color de brácteas y hojas de nochebuena 'Freedom red' y 'Prestige red' durante el segundo año.....	24
Cuadro 8. Efecto de la aplicación de benciladenina y en combinación con ácido giberelico al inicio del cultivo en el peso fresco de planta de nochebuena 'Freedom red' y 'Prestige red' durante el primer año.....	26
Cuadro 9. Efecto de la aplicación de benciladenina y en combinación con ácido giberelico al final del cultivo en el peso fresco de planta de nochebuena 'Freedom red' y 'Prestige red' durante el primer año.....	27
Cuadro 10. Efecto de la aplicación de benciladenina y en combinación con ácido giberelico al inicio del cultivo en el peso seco de planta de nochebuena 'Freedom red' y 'Prestige red' durante el primer año.....	29

Cuadro 11. Efecto de la aplicación de benciladenina y en combinación con ácido giberelico al final del cultivo en el peso seco de planta de nochebuena ‘Freedom red’ y ‘Prestige red’ durante el primer año.....	30
Cuadro 12. Efecto de la aplicación de benciladenina y en combinación con ácido giberelico al final del cultivo en el peso seco de planta de nochebuena ‘Freedom red’ y ‘Prestige red’ durante el segundo año.....	31
Cuadro 13. Efecto de la aplicación de benciladenina y en combinación con ácido giberelico al inicio del cultivo en el contenido de azúcares y proteína total en hojas y bráctea de nochebuena ‘Freedom red’ y ‘Prestige red’.....	33
Cuadro 14. Efecto de la aplicación de benciladenina y en combinación con ácido giberelico al final del cultivo en el contenido de azúcares y proteína total en hojas y bráctea de nochebuena ‘Freedom red’ y ‘Prestige red’.....	34
Cuadro 15. Efecto de la aplicación de benciladenina y en combinación con ácido giberelico al inicio del cultivo en la actividad enzimática en hojas y bráctea de nochebuena ‘Freedom red’ y ‘Prestige red’.....	36
Cuadro 16. Efecto de la aplicación de benciladenina y en combinación con ácido giberelico al final del cultivo en el la actividad enzimática en hojas y bráctea de nochebuena ‘Freedom red’ y ‘Prestige red’.....	37
Cuadro 17. Variedades de nochebuena.....	47
Cuadro 18. Reguladores de crecimiento, dosis, frecuencia y etapa fenológica de aplicación en nochebuena.....	49
Cuadro 19. Aplicación de Etefón en dosis y fase del cultivo en nochebuena.....	75
Cuadro 20. Correlaciones simples entre los parámetros de color y concentraciones de antocianinas en brácteas de dos variedades de nochebuena asperjadas previamente con etefón.....	82

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Comportamiento de la luminosidad; B) cromaticidad; C) matiz en plantas de nochebuena evaluando su vida poscosecha, suministrándole sustancias preservadoras en 'Freedom red'. *: Significativo al 0.05.....	51
Figura 2. A) Comportamiento de la luminosidad; B) cromaticidad; C) matiz en plantas de nochebuena evaluando su vida poscosecha, suministrándole sustancias preservadoras en 'Prestige red'. *: Significativo al 0.05.....	52
Figura 3. Comportamiento de unidades SPAD de nochebuena evaluando su vida poscosecha, suministrándole sustancias preservadoras en 'Freedom red'. Cada punto representa la media de cuatro observaciones y su error estándar.....	54
Figura 4. Comportamiento de unidades SPAD de nochebuena evaluando su vida poscosecha, suministrándole sustancias preservadoras en 'Prestige red'. Cada punto representa la media de cuatro observaciones y su error estándar.....	56
Figura 5. Cambios de azúcares totales en hojas (A) y brácteas (B) de 'Freedom red' asperjadas previamente con diferentes retardadores de la senescencia. Cada punto representa la media de cuatro observaciones y su error estándar.....	57
Figura 6. Cambios de azúcares totales en hojas (A) y brácteas (B) de 'Prestige red' asperjadas previamente con diferentes retardadores de la senescencia. Cada punto representa la media de cuatro observaciones y su error estándar.....	59
Figura 7. . Respiración en hojas (A) y brácteas (B) de 'Freedom red' tratadas con diferentes moléculas antisenescencia. Cada punto representa la media de tres observaciones y su error estándar.....	60

Figura 8. Respiración en hojas (A) y brácteas (B) de ‘Prestige red’ tratadas con diferentes moléculas antisenescencia. Cada punto representa la media de tres observaciones y su error estándar.....	61
Figura 9. Comportamiento de la apariencia de nochebuena evaluando su vida poscosecha, suministrándole sustancias preservadoras en ‘Freedom red’. Cada punto representa la media de cuatro observaciones y su error estándar.....	62
Figura 10. Comportamiento de la apariencia de nochebuena evaluando su vida poscosecha, suministrándole sustancias preservadoras en ‘Prestige red’. Cada punto representa la media de cuatro observaciones y su error estándar.....	63
Figura 11. Promedios totales de: A) Comportamiento de la caída de flores; B) Hojas; C) Bráctea y D) Porcentaje de plantas enfermas en plantas de nochebuena evaluando su vida poscosecha, suministrándole sustancias preservadoras en ‘Freedom Red’....	65
Figura 12. Promedios totales de: A) Comportamiento de la caída de flores; B) Hojas; C) Bráctea y D) Porcentaje de plantas enfermas en plantas de nochebuena evaluando su vida poscosecha, suministrándole sustancias preservadoras en ‘Prestige Red’....	66
Figura 13. Efecto de la aplicación de etefón en los parámetros de color: Luminosidad (L*), Cromaticidad (C*), Matiz (h) y concentración de antocianinas en brácteas de nochebuena ‘Freedom red’. Cada punto representa la media de 10 observaciones y su error estándar.....	79
Figura 14. Efecto de la aplicación de etefón en los parámetros de color: Luminosidad (L*), Cromaticidad (C*), Matiz (h) y concentración de antocianinas en brácteas de nochebuena ‘Prestige red’. Cada punto representa la media de 10 observaciones y su error estándar.....	81

ABREVIATURAS Y SIMBOLOGÍA

ml	Mililitros
Mg	Miligramos
µg	Microgramos
G	Gramos
Cm	Centímetro
Nm	Nanómetros
mM	Micromol
L	Litro
H	Hora
BA	Benciladenina
AG₃	Ácido giberélico
ASA	Acido salicílico
ABA	Acido abscísico
1-MCP	1 Metilciclopropeno
L*	Luminosidad
C*	Cromaticidad
H	Matiz
HCL	Ácido clorhídrico
v/v	Volumen sobre Volumen

1. INTRODUCCIÓN

La nochebuena (*Euphorbia pulcherrima Willd. ex Klotzsch.*) es una especie nativa de México utilizada en el mundo como planta ornamental durante las fiestas decembrinas (Colinas *et al.*, 2009), su origen se establece entre los estados de Morelos y Guerrero, México (Trejo *et al.*, 2012). La especie pertenece a la familia Euphorbiaceae (Ecke., 2004; Steinmann, 2002).

En México, durante 2018 se cultivaron cerca de 19.4 millones de plantas, las cuales se cultivaron principalmente en los estados de Morelos, Michoacán, Ciudad de México y Puebla (SIAP, 2019). El Morelos se cultivaron cerca de seis millones cien mil plantas en 2018 (SIAP, 2019). En Morelos la producción de plantas ornamentales en contenedor o maceta, aporta 50 % del producto interno bruto del sector agropecuario, generando cerca de 24000 empleos directos al año, ocho jornales por hectárea, sin contar los empleos indirectos y temporales, (García *et al.*, 2009). Los principales municipios productores de nochebuena son: Cuautla, Jiutepec, Cuernavaca, Emiliano Zapata y Tepoztlán (Colinas *et al.*, 2009). El cultivo de la nochebuena es por tanto una parte importante del sector ornamental en Morelos debido a que la superficie plantada está aumentando año con año así como el valor de producción.

En Morelos, la producción de nochebuena se lleva a cabo en regiones desde los 1000 hasta los 1900 m de altitud, los sistemas de producción son bajo cubiertas plásticas o malla sombra, generalmente sin control estricto de las condiciones de temperatura, humedad relativa, intensidad luminosa, entre otros (Alia-Tejagal *et al.*, 2011).

En el manejo del cultivo de la nochebuena existen factores que hay que considerar para llevar a buen término el proceso productivo, ya que en ocasiones se tienen problemas que disminuyen la calidad, ocasionados principalmente por malas decisiones tomadas al momento del establecimiento, desarrollo, pigmentación o venta del cultivo. El manejo inadecuado del clima e incluso el uso de reguladores de crecimiento afectan la calidad final de la planta (Martínez *et al.*, 2011).

En nochebuena la altura de planta y desarrollo de brácteas pequeñas son problemas que se tienen continuamente en el cultivo. Así, los reguladores de crecimiento de mayor uso en nochebuena son aquellos que retrasan la elongación del

tallo como ancymidol, daminozide, paclobutrazol, clormequat, etefón y uniconazole (Ecke *et al.*, 2004). Los reguladores que incrementan la altura son AG₄₊₇ y AG₃ (Ecke *et al.*, 2004; Vázquez y Salome, 2004). El etefón se utiliza en nochebuena para reducir la elongación del tallo e incrementar su resistencia (Gent y MacAvoy, 2000; Pérez-López *et al.*, 2005). Por otra parte, se han realizado experimentos utilizando una mezcla de benciladenina y ácido giberélico (AG₄₊₇) para incrementar el tamaño final de las plantas, el tamaño de las bráctea o mejorar la ramificación de nochebuena (Blanchard y Runkle, 2008). Ecke *et al.*, (2004) indican que se deben realizar considerables esfuerzos para que estas técnicas sean recomendadas comercialmente.

Recientemente se han realizado evaluaciones del efecto de AG₃ (Alia-Tejagal e *tal.*, 2011; Campos, 2011), AG₄₊₇ + Benciladenina (BA) (Martínez, 2011; Quintana, 2012) y AG₄₊₇ + BA, BA y etefón (Fernando, 2015), aplicado al momento de la poda o cuando se tiene una pigmentación de más del 50 % de las brácteas, y se ha evaluado su efecto en la calidad de venta de entre 5 y 22 variedades comerciales de nochebuena bajo las condiciones de Chamilpa, Cuernavaca, y Tepetzingo, Emiliano Zapata, Morelos. Los resultados sugieren que la aplicación de AG₄₊₇ + BA en la fase de pigmentación incrementa el tamaño de la planta, pero el color se diluye (Martínez, 2011; Quintana, 2012). Fernando (2015) al aplicar este tratamiento al momento de la poda observó una mayor altura de la planta y el color de la bráctea no fue afectado. Los productores en Morelos han hecho aplicación BA en la fase de pigmentación, pero poco se ha evaluado ese efecto. Por otra parte, la aplicación de etefón, siete días antes y siete días después de la poda generaron un tamaño comercial adecuado, mayor firmeza de tallo, pero un color con mayor tendencia al naranja.

La aplicación de estos reguladores afecta la calidad final de la nochebuena, pero poco se ha evaluado su efecto en la concentración de azúcares solubles (sacarosa, glucosa y fructosa), proteína soluble, actividad de enzimas oxidativas (superóxido dismutasa, catalasa, peroxidasa, fenilalanilamonioliasa), antocianinas, clorofilas, respiración y producción de etileno que se relacionen con variables de calidad como la altura de planta, materia seca, área de bráctea y hoja y los componentes del color. Estas relaciones pueden servir como marcadores y contribuir a proponer las mejores

fases de aplicación de los reguladores de crecimiento sin afectar la calidad del producto.

Por otra parte, la nochebuena al igual que otras especies vegetales que se utilizan en la industria ornamental se desarrollan bajo condiciones óptimas en invernadero o cubiertas plásticas, logrando alcanzar la etapa de venta lo más rápido posible (Ferrante *et al.*, 2015). Una vez que las plantas se transfieren a las condiciones de oficina u hogar de las personas que adquirieron este producto, las plantas sufren un estrés severo y la calidad puede afectar (Nell *et al.*, 1995). Los desórdenes más comunes son el amarillamiento de las hojas, pérdida de color de brácteas, flores y hojas, marchitamiento de flores y su abscisión así como el desarrollo de hongos (Ferrante *et al.*, 2015).

En Morelos, al igual que en el resto de las zonas productoras de nochebuena, gran parte de la producción es movilizada a zonas donde se consume y que se encuentran entre 2 y 48 horas alejados de las zonas de producción. Generalmente para transportarlas, los productores protegen las nochebuenas con protecciones de papel que cubren desde la maceta hasta el ápice de la planta, llamadas comúnmente como “mangas” (Vázquez y Salomé, 2004). Se empacan en camiones o camionetas, tratando que el viento no las afecte, que estén bien empacadas o juntas para evitar el movimiento excesivo del vehículo durante el transporte, que puede traducirse en un daño mecánico. La temperatura de transporte se considera debe ser fresca, pero es escaso el uso de la refrigeración, para el transporte de esta especie vegetal, lo que limita su movilización a zonas lejanas. La nochebuena debe transportarse a temperaturas entre 10 y 16 °C para evitar la decoloración de bráctea, caída de flores y ciatios (Sterling y Molenaar, 1986).

Ferrante *et al.* (2015) reportan que la calidad en posproducción en las plantas de maceta e mantienen bajo condiciones óptimas del ambiente y aplicación de sustancias químicas. El tratamiento más reciente y novedoso, y que no se conocen reportes en nochebuena es el uso de 1-metilciclopropano. La nochebuena es una planta altamente sensible al etileno y puede provocar epinastia y caída de flores y ciatios (Gent y MacAvoy, 2000; Joyce y Faragher, 2012). La aplicación de 1-

metilciclopropeno antes del empaque evita la senescencia de hojas, amarillamiento y marchitamiento en *Begonia x hiimalis* (Kim y Kim, 2012).

Otros reguladores de crecimiento utilizados en postproducción son la BA. La aplicación de 0.8 mM de BA extiende la vida poscosecha y evita la abscisión de flores en rosas miniatura (Serek y Andersen, 1993). Jian *et al.* (2008) reportan que la aplicación de tiadiazuron tiene un efecto positivo en el comportamiento poscosecha de flores de maceta. El ácido abscísico (ABA) se ha reportado que es efectivo para evitar la pérdida de agua. En *S. splendens* la aplicación en drench de ABA redujo la transpiración y consecuentemente redujo la absorción de agua del sustrato. Esto sugiere que la aplicación de ABA puede ayudar a incrementar la vida útil de las flores de maceta cuando se colocan en ambientes de luz baja. Finalmente, el ácido giberélico se ha utilizado como retardador de la senescencia en flores de corte como lilis, alcatraz, entre otros, pero no se ha evaluado en nochebuena.

En nochebuena no se evaluado el comportamiento físico, químico y fisiológico de aplicar sustancias químicas como giberelinas, citocininas o inhibidores del etileno, en condiciones de manejo común y al almacenar a temperatura baja. Es importante mencionar que la respuesta de la nochebuena a la refrigeración se inició en los 80s y la continua generación de variedades pueden invalidar las generalidades de manejo en los cultivares recientes. Por lo tanto, toda la información debe ser reconfirmada, para definir los procedimientos de almacenamiento y transportación que conlleve a la satisfacción del consumidor.

OBJETIVO

Evaluar la aplicación de reguladores de crecimiento durante el desarrollo, previo a la venta y en el momento de la venta, para observar los cambios físicos, químicos y fisiológicos durante la etapa poscosecha.

Objetivos específicos

1. Evaluar el comportamiento de las plantas de nochebuena al suministrar reguladores de crecimiento en el desarrollo del cultivo
2. Evaluar el comportamiento de las plantas de nochebuena en poscosecha al tratarlas con reguladores de crecimiento utilizados como sustancias preservadoras.
3. Evaluar los cambios de la pigmentación de las brácteas de nochebuena al utilizar etefon como promotor de coloración.

CAPÍTULO I

Reguladores de crecimiento en el desarrollo de nochebuena (*Euphorbia pulcherrima willd. Ex Klotzsch*)

RESUMEN

Se cultivaron dos variedades comerciales de nochebuena (*Euphorbia pulcherrima willd. Ex Klotzsch*) con brácteas de color rojo. Se desarrollaron en macetas de 6" (15 cm), conteniendo una mezcla de sustrato compuesta por tierra de hoja, tezontle, fibra de coco y agrolita en concentraciones (60:15:15:10 v/v), 21 días después del trasplante se podaron dejando 6 yemas laterales. Las plantas se trataron con reguladores de crecimiento como benciladenina (BA) y Acido giberelico (AG₃), solos y combinados a la poda y siete días después y también cuando las plantas presentaban una pigmentación del 60 %. Se evaluaron variables no destructivas y destructivas. Las plantas con aplicación de BA ó BA +AG₃ al inicio del cultivo en el primer año disminuyó la altura entre 6.6 y 10.1 %, respecto a las plantas testigo en la variedad 'Freedom red'. En la variedad 'Prestige red' no se observó efecto por la aplicación de los productos antes mencionados al inicio del cultivo. No se detectaron diferencias en el contenido de azúcares y proteína soluble en las hojas y brácteas de las plantas donde se aplicó BA ó BA + AG₃ y testigo al inicio o al final del cultivo de 'Freedom red' y 'Prestige red'

Palabras clave: Variedades, benciladenina, proteína soluble,

1.1. INTRODUCCIÓN

La nochebuena (*Euphorbia pulcherrima Willd. ex Klotzsch.*) es una especie nativa de México utilizada en el mundo como planta ornamental durante las fiestas decembrinas (Colinas *et al.*, 2009), su origen se establece entre los estados de Morelos y Guerrero, México (Trejo *et al.*, 2012). En México, durante 2018 se cultivaron cerca de 19.4 millones de plantas, las cuales se cultivaron principalmente en los estados de Morelos, Michoacán, Ciudad de México y Puebla (SIAP, 2019). El Morelos se cultivaron cerca

de seis millones cien mil plantas en 2018 (SIAP, 2019). En Morelos las plantas ornamentales aportan 50 % del PIB del sector agropecuario, generando 24,000 empleos directos al año sin contar los empleos indirectos (García *et al.*, 2009). El cultivo de la nochebuena es por tanto una parte fundamental del sector ornamental en Morelos debido a que la superficie plantada, así como el valor de producción está aumentando anualmente.

Alia *et al.* (2011) mencionan que la nochebuena se puede cultivar en Morelos desde los 1000 hasta los 1900 msnm, bajo cubiertas plásticas o malla sombra. Martínez (2011) indica que en el manejo del cultivo de la nochebuena existen factores que hay que considerar para llevar a buen término el proceso productivo, ya que en ocasiones se tienen problemas que disminuyen la calidad, ocasionados principalmente por malas decisiones tomadas al momento del establecimiento, desarrollo, pigmentación o venta del cultivo. El manejo inadecuado del clima e incluso el uso de reguladores de crecimiento afectan la calidad final de la planta.

La producción de nochebuena requiere que la planta alcance alturas determinadas en dependencia del tamaño de contenedor en la cual se produce (Clifford *et al.*, 2004). En ornamentales se recomienda una proporción 2:1 planta/maceta. Los reguladores de crecimiento de mayor uso en nochebuena para disminuir el tamaño de la planta son aquellos que disminuyen la elongación de los brotes son: ancymidol, daminozide, paclobutrazol, cloromequat, etefón y uniconazole (Ecke *et al.*, 2004; Pérez-López *et al.*, 2005). Se ha reportado que la aplicación inadecuada de los reguladores de crecimiento puede afectar el tamaño de brácteas, aspecto de calidad donde el consumidor prefiere plantas con brácteas grandes. Por ejemplo, Faust *et al.* (2004) reportan que aplicaciones de 1 mg L^{-1} de paclobutrazol en

drench cuando se observa el cambio de color en la bráctea de 'Freedom Red' el área de la bráctea se reduce entre 12 y 15 %, comparado con las plantas control.

Por otra parte, Ecke *et al.* (2004) reportan que un regulador del crecimiento que incrementa la expansión de las brácteas; la benciladenina (BA). Así, se han realizado algunos experimentos utilizando una mezcla de benciladenina y ácido giberélico (AG₄₊₇) para incrementar el tamaño final de las plantas, el tamaño de las brácteas o mejorar la ramificación de nochebuena (Blanchard y Runkle, 2008). Ecke *et al.* (2004) indica que se debe realizar considerables esfuerzos para que estas técnicas sean recomendadas comercialmente.

La aplicación de estos reguladores al inicio, durante o cercano al final del cultivo afectan la calidad final de la nochebuena, altura, área de bráctea, hoja, entre otros; y poco se ha evaluado su efecto en aspectos bioquímicos de la planta, como la concentración de azúcares solubles, proteína soluble y actividad de enzimas oxidativas que se relacionen con variables de calidad. Estas relaciones pueden servir como marcadores y contribuir a proponer las mejores fases de aplicación de los reguladores de crecimiento sin afectar la calidad del producto.

Por lo que en el presente experimento se evaluó la aplicación de benciladenina y ácido giberélico o la combinación de ambos al inicio del cultivo o cuando se tenía el 60 % de la pigmentación de la planta, para determinar su efecto en la calidad y algunas variable bioquímicas de dos variedades de nochebuena 'Freedom red' y 'Prestige red'

1.2 Materiales y Métodos

1.2.1 Localización

El experimento se realizó en el Módulo de Ornamentales y Laboratorio de Producción Agrícola de la Facultad de Ciencias Agrícolas en la Universidad Autónoma del Estado de Morelos, ubicado en Chamilpa, municipio de Cuernavaca, Morelos (18° 58' 52.87" LN y 99° 13' 57.92" LO a 1867 de altitud). La clasificación del clima indica que es un clima semicálido (A(C)) (Ornelas *et al.*, 1991).

1.2.2 Material Vegetal

Se adquirieron esquejes de 21 días de enraizados de las variedades de nochebuena 'Freedom Red' y 'Prestige Red', en la empresa Floraplant®.

1.2.3 Manejo del Cultivo

El desarrollo de los cultivos se realizó bajo cubierta plástica del tipo vertitunnel con ventilación cenital de un ancho de 8 m por 6.20 m de altura, cubierto por un plástico pigmentado color blanquecino de calibre 720 y una capacidad de sombreo de 50 %. Los esquejes fueron trasplantados en maceta de 15 cm de diámetro, conteniendo una mezcla de sustrato compuesta por tierra de hoja, tezontle, fibra de coco y agrolita en concentraciones (60:15:15:10 v/v), las plantas se podaron a los 21 días después del trasplante para favorecer el desarrollo de brotes laterales dejando entre 6 y 7 yemas. Las plantas se desarrollaron a una densidad de 9 macetas por m². La fertilización de las plantas se realizó mediante fertirrigación aplicando aproximadamente 300 mL de la solución universal de Steiner (1984) al 100 % durante el desarrollo de raíces, 120 % durante el desarrollo y 100 % en pigmentación de las brácteas. Los riegos se alternaron haciendo 2 riegos con solución universal seguida de un riego con agua de llave, en ambas formas de riego se mantenía un pH ajustado a 5.5 con ácido nítrico. Cada 20

días se realizaron aplicaciones de fungicidas como Cercobin® (Metil tiofanato, BASF®) y Daconil, en dosis de 1 g L⁻¹ para la prevención y control de *Alternaria* sp., *Botrytis* sp., y pudriciones de raíz.

Se evaluaron dos reguladores de crecimiento: ácido gibérelico (AG₃; Biogib®) y Benciladenina (BA; Cystar®) combinados o solos en dos años de cultivo. En el primer año se evaluaron dos tratamientos en cada fase del cultivo, la aplicación de BA y la combinación de BA + AG₃; adicionalmente (Cuadro 1). En el segundo año solamente se evaluó la aplicación de BA, la combinación de BA + AG₃ en la fase final del cultivo (Cuadro 1).

Cuadro 1. Regulador de crecimiento, dosis y fase del cultivo donde se aplicó aplicación en nochebuena.

Regulador de crecimiento	Dosis	Frecuencia
BA + AG ₃	50 + 20 mg L ⁻¹	En la poda y siete días después (fase inicial del cultivo)
BA	50 mg L ⁻¹	En la poda y siete días después (fase inicial del cultivo)
BA + AG ₃	6 + 6 mg L ⁻¹	60 % de color de bráctea y 7 días después (fase final del cultivo)
BA	6 mg L ⁻¹	60 % de color de bráctea y 7 días después (fase final del cultivo)
Testigo	Sin aplicación de regulador	Durante todo el cultivo

1.2.4 Diseño Experimental

El diseño experimental fue un completamente al azar (DCA) la unidad fue una planta de nochebuena en una maceta de 15 cm de diámetro y se tuvieron 30 plantas de cada unidad experimental en cada tratamiento.

1.2.5 Variables evaluadas

En el primer año, cuando la planta alcanzó 100 % de pigmentación o presencia de polen en al menos 3 ciatios se evaluó la altura de la planta, los componentes del color (Luminosidad (L^*), cromaticidad (C^*) y el ángulo de matiz (h)) en brácteas, contenido relativo de clorofilas en unidades SPAD, número de brotes, diámetro de inflorescencia, así como el peso de materia fresca y seca total y por estructura: raíz, tallo, hoja, bráctea y flor, el área de hoja y bráctea en cm^2 . En el segundo año, se evaluó la altura de planta, los componentes del color (L^* , C^* y h), el área de hoja y bráctea, así como el peso seco del tallo, flor, hoja y bráctea.

En las treinta nochebuenas se evaluó desde el borde de la maceta hasta la hoja de mayor altura con una regla con aproximación de 0.01 cm. En cada planta se determinó el número de brotes. El diámetro de la inflorescencia se determinó evaluando con una regla de una sensibilidad de 0.01 cm la distancia entre los ápices de las brácteas más externas ubicadas en los brotes opuestos de norte a sur y de este a oeste. Los componentes del color se evaluaron con un espectrofotómetro manual X-rite®, mod. SP64 proporcionando la Luminosidad (L^*) donde valores de 0 indican negro y 100 el blanco; la cromaticidad (C^*) donde valores de 0 indican el gris y valores de 60 el color puro y el matiz (h) que indica valores cercanos a 0 un rojo púrpura, valores cercanos a 90 el color amarillo, valores cercanos a 180 el color verde y valores de 270 valores cercanos al azul (Neguerula, 2012). El contenido relativo de clorofilas se determinó

con un SPAD (Minolta®, Japón), en cada planta se evaluaron cinco hojas maduras y se obtuvo el promedio de las lecturas.

Cinco nochebuenas fueron seccionadas en hoja, brácteas, tallo y raíz; se determinó el área foliar y el área de bráctea con un medidor de área LICOR® LI-3100C (Estados Unidos); posteriormente, cada una de las estructuras se colocó en bolsas de papel y se secaron en un horno de secado con ventilación a 70 °C y se mantuvieron en estas condiciones por 3 días, para posteriormente evaluar el peso de cada muestra en una balanza digital (OHAUS®, Estados Unidos).

En cada tratamiento se obtuvieron entre 5 y 7 hojas o brácteas por planta, y se hizo polvo de acetona para evaluar la proteína soluble y la actividad enzimática. El polvo de acetona se preparó al moler entre 5 y 6 g de tejido vegetal con 20 a 25 mL de acetona fría con un Ultraturrax (IKA®, Estados Unidos), y filtrar el macerado; el residuo vegetal se molió nuevamente con 20 mL de acetona y nuevamente se filtró; el tejido vegetal fue colocado en una caja petri y secado al ambiente durante 4 horas, posteriormente se pesó el residuo vegetal o polvo de acetona y se guardó en bolsas de plástico en un congelador a -20 °C, hasta la evaluación de las variables.

El contenido de proteína soluble en brácteas y hojas se determinó por el método descrito por Bradford (1976), donde 0.5 g de polvo de acetona se mezclaron con 5 mL de un amortiguador Tris-HCl 0.1 M (pH 7.1) frío, con un ultraturrax (IKA®, Estados Unidos) durante 20 s. El homogenizado se centrifugó a 1592 g durante 20 min a 4 °C. Posteriormente se tomaron 0.1 mL del sobrenadante y se adicionaron 5 mL de la solución de Coomassie Blue, se agitó y registró la absorbancia a 595 nm. La cuantificación de la proteína soluble se realizó mediante una curva patrón utilizando albumina de bovino (Sigma, Estados Unidos).

Para la actividad enzimática la extracción de las enzimas se realizó a partir del polvo de acetona. En el caso de superóxido dismutasa se utilizó el método descrito por Beyer y Fridovich (1987), para esto se utilizaron 0.5 g de polvo de acetona, al cual se le adicionaron 5 mL de amortiguador de fosfatos a pH 7.8 y se homogenizaron durante 30 s con un ultraturrax (IKA®, Estados Unidos). El homogenizado se centrifugó a 10000 rpm durante 20 min en una centrifuga refrigerada a 4 °C (Zenit, Estados Unidos). A partir del sobrenadante se tomaron 0.4 mL para adicionarlos a 3 mL provenientes de una mezcla de 27 mL de amortiguador de fosfatos 0.05 M pH 7.8, que contenía 0.1 mM de EDTA, 1.5 mL de L-metionina (30 mg L⁻¹), 1 mL de nitro blue tetrazolium (1.41 mg mL⁻¹) y 0.75 mL de Triton X-100 al 1 %; y 0.03 mL de riboflavina (4.4 mg L⁻¹). La mezcla se iluminó por 7 min con lámparas de luz fluorescente de 20 W GroLux y se procedió a leer la absorbancia a 560 nm. Se definió una unidad de SOD como la cantidad de sobrenadante que fotinhibe en 50 % la formación de “nitro blue tetrazolium” (Giannopolites y Ries, 1977).

La actividad de catalasa se determinó siguiendo el método descrito por Blackwell *et al.* (1990). Así, la enzima se extrajo a partir del polvo de acetona, donde 0.5 g se homogenizaron en un Ultraturrax (IKA®, Estados Unidos) con 5 mL de un amortiguador frío de Tris-HCl 0.1 M a pH 8.5 que contenía 1 % de polivinilpirrolidona. El homogenizado se centrifugó a 4 °C por 20 min a una velocidad de 10 000 rpm. La actividad de la enzima catalasa se evaluó en 3 mL de un amortiguador 10 mM Tris-HCl pH 8.5 y 0.1 mL de peróxido de hidrógeno 0.88 % en 100 mM de Tris-HCl, se mezclaron en una celda de cuarzo de espectrofotómetro. La reacción se inició al adicionar 0.1 mL de extracto crudo y se observó el cambio en absorbancia a 240 nm,

y la actividad enzimática se definió como un cambio de unidad en el espectrofotómetro en 1 min.

La actividad de peroxidasa se determinó como lo indican Flurkey y Jen (1978). La enzima se extrajo a partir de 0.2 g de polvo de acetona con 5 mL de Tris-HCl frío, 100 mM pH 7.1 que contenía 1 % de polivinilpirrolidona. Se mezclaron en un homogenizador de tejidos Ultraturax (IKA®, Estados Unidos) por 30 s; posteriormente el homogenizado se centrifugo por 20 min a 1592 g a 4 °C. La actividad se determinó al mezclar 2.6 mL de un amortiguador Tris-HCl 100 mM, pH 7.1, 0.25 ml de guayacol 0.1 M, 0.1 mL de peróxido de hidrógeno 0.25 % y 0.05 mL del sobrenadante, determinándose el cambio de absorbancia a 470 nm. Una unidad de actividad enzimática se definió como el cambio de absorbancia en el espectrómetro en 0.001 durante un minuto de la reacción.

La concentración de azúcares en las hojas y bráctea se determinó a partir de 0.1 g de tejido finamente picado que fue colocado en 20 mL de alcohol al 80 % y se llevaron a ebullición durante 5 min. Posteriormente, se dejaron en reposo durante 15 días en baja temperatura (7 °C). La cuantificación de azúcares totales se determinó de acuerdo a la metodología descrita por Whitam *et al.* (1971) y la concentración se determinó por medio de una curva patrón de glucosa.

1.2.6 Análisis de datos

Los datos obtenidos se analizaron mediante análisis de varianza y comparación de medias por el método de la Diferencia Mínima Significativa utilizando el software SAS como lo indica Castillo (2011).

1.3 Resultados y Discusión.

1.3.1 Dimensiones de la planta

La altura de la planta al aplicar BA ó BA +AG₃ al inicio del cultivo en el primer año disminuyó la altura entre 6.6 y 10.1 %, con respecto a las plantas testigo en la variedad 'Freedom red' (Cuadro 2). En la variedad 'Prestige red' no se observó efecto por la aplicación de los productos antes mencionados al inicio del cultivo (Cuadro 2). La aplicación de BA o la combinación de BA y AG₃ al final del cultivo favoreció una mayor altura, entre 5.5 y 9.7 %, con respecto a las plantas testigo en la variedad 'Prestige red' (Cuadro 2). En el segundo año de evaluación, se detectó que la aplicación de BA y BA+AG₃ al final del cultivo favoreció mayor altura de planta, entre 7.1 y 11.3 % en 'Freedom red' y entre 5.7 y 13.3 % en 'Prestige red', con respecto a las plantas testigo (Cuadro 3).

Padhye *et al.* (2009) reportan que la aplicación de benciladenina + AG₄₊₇ en dosis de 50 o 100 mg L⁻¹ al momento de la poda o cuatro semanas después, cuando las yemas vegetativas se observaban, pero no reportaron efectos sobre la altura de la planta. Blanchard y Runkle (2008) indican que la aplicación de una mezcla de benciladenina y ácido giberélico diez días después de la aparición de la primera bráctea en dosis de 3 a 10 mg L⁻¹, determino que el tallo se desarrolló entre 0.9 a 2.4 cm siete días después de la aplicación, sin embargo, si son aplicados después de 20 o 30 días, no hay efecto en la altura de planta terminada, comparada con las plantas testigo. Los resultados obtenidos en el presente trabajo, indican que si hay un incremento en la altura de la planta cuando se aplica la benciladenina o en combinación con giberélica en el 60 % de la pigmentación.

Durante el primer año de evaluación, el área de bráctea fue mayor en las plantas testigo de ambas variedades cuando la aplicación de la BA ó BA+AG₃ se realizó al inicio del cultivo, entre 14.8 y 20.3 % más en 'Freedom red' y entre 6.9 y 7.7 % más en 'Prestige red', con respecto al testigo (Cuadro 2). La aplicación de la BA ó BA + AG₃ al final del cultivo no mostró efecto significativo en el área de bráctea en ninguna de las variedades evaluadas durante el primer año (Cuadro 2). Sin embargo, en el segundo año de evaluación, la aplicación de los reguladores de crecimiento al final del cultivo ocasionó un área de bráctea mayor con respecto a las plantas testigo (Cuadro 3). La diferencia de área fue entre 22.9 y 30.8 % en 'Freedom red' y entre 14.8 y 19.1 % en 'Prestige red', con respecto a las plantas testigo (Cuadro 3). Blanchard y Runkle (2008) reportan que la aplicación de benciladenina + AG₄₊₇ ocasiona un incremento de hasta 33 % en el área de bráctea. En el presente experimento la aplicación de benciladenina y AG₃, ocasionó incremento significativo de la bráctea, por lo que se indica que AG₄₊₇ se puede sustituir por AG₃, esta última es más fácil de conseguir y de un precio menor en el mercado.

El área de hoja fue mayor cuando se aplicó BA al inicio del cultivo en la variedad 'Freedom red' el primer año (Cuadro 2). No se detectó efecto cuando se aplicó BA ó BA+AG₃ al final del cultivo en el área de la hoja con respecto a las plantas testigo (Cuadro 3). Sin embargo, en una segunda evaluación, al aplicar BA ó BA + AG₃ al final del cultivo, el área de hoja no se determinaron diferencias con respecto al testigo, el área de las hojas estuvo entre 2284.9 y 2542.4 cm² en 'Freedom red' y entre 4150 y 4834.6 cm² en 'Prestige red' (Cuadro 3). García-Pérez *et al* (2013) indican que el área foliar de 'Freedom red' y 'Prestige red' tienen un área foliar de 2684 ± 383.3 cm² y

2010.2 ± 379.8 cm², respectivamente; valores que están muy por debajo de los obtenidos en el presente trabajo, lo que sugiere que las fechas de plantación, manejo agronómico y condiciones de cultivo afectan de manera importante el desarrollo de las hojas en nochebuena.

Las variables número de brotes y diámetro de la inflorescencia no fueron afectadas por la aplicación de BA ó BA + AG₃ al inicio o final del cultivo en ambas variedades (Cuadro 2 y 3). El número de brotes fue entre 6 y 6.5 en 'Freedom red' y entre 5.1 y 6 brotes en 'Prestige red' (Cuadro 1 y 2). Padhye *et al.* (2009) indican que la aplicación de benciladenina o benciladenina + ácido gibérelico₄₊₇ a la poda o cuatro semanas después favorece el desarrollo de brotes terciarios en las hojas axilares en los brotes secundarios, sin embargo en planta terminada no se observan diferencias visuales en la calidad de la planta. Aspecto que fue similar en el presente trabajo.

El diámetro de la inflorescencia varió entre 31 y 31.5 cm en 'Freedom red' y entre 26.4 y 29.2 cm en 'Prestige red' y no se detectaron diferencias atribuibles a los tratamientos evaluados (Cuadros 2 y 3). Lo anterior indica que 'Freedom red' mostro mayor vigorosidad que 'Prestige red'.

Cuadro 2. Efecto de la aplicación de benciladenina y en combinación con ácido giberélico al inicio del cultivo en características morfológicas de la nochebuena ‘Freedom red’ y ‘Prestige red’ durante el primer año.

‘Freedom red’					
Tratamientos	Altura de planta (cm)	Área de hoja (cm ²)	Área de bráctea (cm ²)	Brotes (Núm.)	Diámetro (cm)
BA+AG ₃	46.1 a ^z	2800.8 b	4523.0 b	6.5	31.7
BA	47.9 b	3358.2 a	4840.9 b	6.3	31.0
Testigo	51.3 a	3136.9 b	5683.8 a	6.3	35.5
DMSH	3.2	450.83	594.97	1.27	2.43
C.V.	5.37	11.82	9.63	16.24	6.13
‘Prestige’					
Tratamientos	Altura de planta (cm)	Área de hoja (cm ²)	Área de bráctea (cm ²)	Brotes (Núm.)	Diámetro (cm)
BA+AG ₃	42.23	3083.4	3454.2 ab	6.0	26.45
BA	42.21	2995.0	3189.1 b	5.3	27.75
Testigo	42.31	2984.4	3742.1 a	5.1	29.27
DMSH	3.0	386.14	516.8	0.90	3.28
C.V.	5.77	10.38	12.13	13.41	9.6

^z: Medias con letra diferente en el sentido de las columnas son estadísticamente diferentes de acuerdo a la prueba de la diferencias mínima significativa ($P \leq 0.05$). BA+AG₃: aplicación a la poda y 7 días después, BA: aplicación a la poda y 7 días después, Testigo o control: sin aplicación de regulador de crecimiento.

Cuadro 3. Efecto de la aplicación de benciladenina y en combinación con ácido giberélico al final del cultivo en características morfológicas de la nochebuena ‘Freedom red’ y ‘Prestige red’ durante el primer año.

‘Freedom red’					
Tratamientos	Altura de planta (cm)	Área de hoja (cm ²)	Área de bráctea (cm ²)	Brotes (Núm.)	Diámetro (cm)
BA+AG ₃	52.66	3423.6	6069.2	6.5	35.0
BA	51.83	3155.7	5719.6	6.3	35.0
Testigo	51.35	3136.9	5683.8	6.0	33.5
DMSH	3.83	578.5	681.83	1.58	3.17
C.V.	5.99	11.61	9.51	20.49	7.45
‘Prestige red’					
Tratamientos	Altura de planta (cm)	Área de hoja (cm ²)	Área de bráctea (cm ²)	Brotes (Núm.)	Diámetro (cm)
BA+AG ₃	44.80 a ^z	2723.7	3576.5	4.66	28.93
BA	46.86 a	3213.6	3413.3	5.16	27.00
Testigo	42.31 b	2984.4	3742.7	5.16	29.27
DMSH	2.4	518.26	350.42	0.84	2.43
C.V.	4.38	14.15	7.50	13.66	6.9

^z: Medias con letra diferente en el sentido de las columnas son estadísticamente diferentes de acuerdo a la prueba de la diferencias mínima significativa ($P \leq 0.05$). BA+AG₃: aplicación a la poda y 7 días después, BA: aplicación a la poda y 7 días después, Testigo o control: sin aplicación de regulador de crecimiento.

Cuadro 4. Efecto de la aplicación de benciladenina y en combinación con ácido giberélico al final del cultivo en características morfológicas de la nochebuena ‘Freedom red’ y ‘Prestige red’ durante el segundo año.

‘Freedom red’			
Tratamiento	Altura de planta (cm)	Área de hoja (cm ²)	Área de bráctea (cm ²)
BA+AG ₃	49.48 a ^z	2542.4	3067.1 a
BA	47.24 a	2485.5	3415.4 a
Testigo	43.86 b	2284.9	2363.1 b
DMSH	3.0	518.9	511.8
C.V.	6.98	23.2	18.90
‘Prestige red’			
Tratamiento	Altura de planta (cm)	Área de hoja (cm ²)	Área de bráctea (cm ²)
BA+AG ₃	52.06 ab	4616.5	4414.4 a
BA	49.08 a	4834.6	4189.8 ab
Testigo	45.13 b	4150.0	3569.1 b
DMSH	3.93	20.24	17.09
C.V.	8.78	842.2	636.51

^z: Medias con letra diferente en el sentido de las columnas son estadísticamente diferentes de acuerdo a la prueba de la diferencias mínima significativa ($P \leq 0.05$). BA+AG₃: aplicación a la poda y 7 días después, BA: aplicación a la poda y 7 días después, Testigo o control: sin aplicación de regulador de crecimiento.

1.3.2 Parámetros de color en brácteas y hojas

La cromaticidad fue el parámetro del color afectado por la aplicación de BA ó BA + AG₃ en el primer año de evaluación (Cuadro 4 y 5). Así, la aplicación de BA + AG₃ al inicio del cultivo en 'Freedom red' y al final del cultivo en 'Prestige red' mostraron un color rojo tendiente al purpura con menor pureza (h= entre 23.6 y 24 y C*= entre 51.2 y 52.7; Cuadros 4 y 5). García-Pérez *et al.* (2013) reportan que el color de las brácteas de 'Freedom red' (h= 27 y h=26, respectivamente) indican un color rojo con tendencia al naranja; pero no se reportan la cromaticidad o luminosidad.

La luminosidad de las brácteas donde se aplicó BA + AG₃ al final del cultivo en 'Prestige red' fue menor que en las plantas donde se aplicó BA o las plantas testigo (Cuadro 5). Sin embargo, en el segundo año de evaluación no se detectaron diferencias entre las plantas donde se aplicó BA, BA + AG₃ o las plantas testigo, en ambas variedades evaluadas y aplicadas al final del ciclo (Cuadro 6).

Los resultados indican escaso efecto en los parámetros de color por la aplicación de los reguladores de crecimiento evaluados.

El color de las hojas de 'Freedom red' y 'Prestige red' no mostraron diferencias después de aplicar BA, BA + AG₃ o sin la aplicación de estos reguladores de crecimiento al inicio o final del cultivo (Cuadros 5 y 6). Los valores de SPAD se mantuvieron entre 50.8 y 54.7 en 'Freedom red' y entre 53.4 y 54.5 en 'Prestige red' (Cuadros 5 y 6). García-Pérez *et al.* (2013) reportan que las hojas de 'Freedom red' presentaron valores de 47.5 de unidades SPAD, en tanto que 'Prestige red' mostró valores de 49.8 unidades SPAD, que son menores a los obtenidos en el presente trabajo. Los resultados sugieren que el color de las hojas, evaluado a través del contenido relativo de clorofilas, no es afectado por los productos (Cuadro 5 y 6).

Cuadro 5. Efecto de la aplicación de benciladenina y en combinación con ácido giberélico al inicio del cultivo en características de color de brácteas y hojas de nochebuena ‘Freedom red’ y ‘Prestige red’ durante el primer año.

‘Freedom red’				
Tratamiento	Luminosidad (L*)	Cromaticidad (C*)	Matiz (h)	Unidades SPAD
BA+AG ₃	28.76	51.26 b	24.43	54.06
BA	29.43	52.62 a	24.90	50.85
Testigo	29.48	51.77 ab	24.15	54.78
DMSH	1.31	1.21	0.93	5.0
C.V.	3.64	1.89	3.10	6.31
‘Prestige red’				
Tratamiento	Luminosidad (L*)	Cromaticidad (C*)	Matiz (h)	Unidades SPAD
BA+AG ₃	31.49 b	53.0	24.1 a	54.88
BA	32.62 a	54.7	24.7 a	53.48
Testigo	32.55 a	54.0	24.0 a	54.1
DMSH	1.0	1.7	1.0	2.19
C.V.	2.54	2.6	2.89	3.3

z: Medias con letra diferente en el sentido de las columnas son estadísticamente diferentes de acuerdo a la prueba de la diferencia mínima significativa ($P \leq 0.05$). BA+AG₃: aplicación a la poda y 7 días después, BA: aplicación a la poda y 7 días después, Testigo o control: sin aplicación de regulador de crecimiento.

Cuadro 6. Efecto de la aplicación de benciladenina y en combinación con ácido giberélico al final del cultivo en características de color de brácteas y hojas de nochebuena ‘Freedom red’ y ‘Prestige red’ durante el primer año.

‘Freedom red’				
Tratamiento	Luminosidad (L*)	Cromaticidad (C*)	Matiz (h)	Unidades SPAD
BA+AG ₃	30.0	51.7	24.0	51.5
BA	30.2	51.6	23.6	51.4
Testigo	29.4	51.7	24.1	54.7
DMSH	1.10	1.45	1.0	4.86
C.V.	2.99	2.28	3.51	7.52
‘Prestige red’				
Tratamiento	Luminosidad (L*)	Cromaticidad (C*)	Matiz (h)	Unidades SPAD
BA+AG ₃	31.0 b	52.7 b	24.1	54.51
BA	32.4 a	54.4 a	24.0	54.80
Testigo	32.5 a	54.0 ab	24.0	54.10
DMSH	0.93	1.6	0.96	1.73
C.V.	2.36	2.4	3.25	2.58

z: Medias con letra diferente en el sentido de las columnas son estadísticamente diferentes de acuerdo a la prueba de la diferencia mínima significativa ($P \leq 0.05$). BA+AG₃: aplicación a la poda y 7 días después, BA: aplicación a la poda y 7 días después, Testigo o control: sin aplicación de regulador de crecimiento.

Cuadro 7. Efecto de la aplicación de benciladenina y en combinación con ácido giberélico al final del cultivo en características de color de brácteas y hojas de nochebuena ‘Freedom red’ y ‘Prestige red’ durante el segundo año.

‘Freedom red’			
Tratamiento	Luminosidad (L*)	Cromaticidad (C*)	Matiz (h)
BA+AG ₃	36.41	59.54	35.32
BA	36.98	58.70	35.01
Testigo	37.21	60.04	35.78
DMSH	0.99	1.81	1.00
C.V.	2.95	3.32	3.11
‘Prestige red’			
Tratamiento	Luminosidad (L*)	Cromaticidad (C*)	Matiz (h)
BA+AG ₃	36.53 ^z	59.48	35.19
BA	37.01	60.57	35.27
Testigo	36.56	60.67	35.50
DMSH	0.95	1.69	0.46
C.V.	2.82	3.07	1.43

^z: Medias con letra diferente en el sentido de las columnas son estadísticamente diferentes de acuerdo a la prueba de la diferencia mínima significativa ($P \leq 0.05$). BA+AG₃: aplicación a la poda y 7 días después, BA: aplicación a la poda y 7 días después, Testigo o control: sin aplicación de regulador de crecimiento.

1.3.3 Materia fresca

La aplicación de BA o la mezcla de BA + AG₃ al inicio del cultivo disminuyó significativamente el peso de bráctea en 'Freedom red' (Cuadro 8). Además, la aplicación de la mezcla BA + AG₃ disminuyó el peso de hoja y raíz en 'Freedom red' y de raíz en 'Prestige red' (Cuadro 8). Sin embargo, no se detectaron diferencias en el peso fresco de tallo (Cuadro 8).

La aplicación de BA + AG₃ generó el menor peso fresco de raíz, cuando se aplicó al final del cultivo, en 'Freedom red' y 'Prestige red', con respecto a las plantas testigo (Cuadro 9). En las demás variables no se detectaron diferencias entre los diferentes tratamientos.

Cuadro 8. Efecto de la aplicación de benciladenina y en combinación con ácido giberélico al inicio del cultivo en el peso fresco de planta de nochebuena ‘Freedom red’ y ‘Prestige red’ durante el primer año.

‘Freedom red’					
Tratamiento	Peso de tallo (g)	Peso de bráctea (g)	Peso de hoja (g)	Peso de raíz (g)	Peso de flor (g)
BA+AG ₃	72.25	100.66 c ^z	83.50 b	52.2 b	nd
BA	88.2	113.8 b	97.50 a	62.8 b	nd
Testigo	91.0	129.2 a	90.76 ab	129.2 a	nd
DMSH	16.17	9.59	13.81	9.59	--
C.V.	12.66	6.80	12.38	6.80	--
‘Prestige’					
Tratamiento	Peso de tallo (g)	Peso de bráctea (g)	Peso de hoja (g)	Peso de raíz (g)	Peso de flor (g)
BA+AG ₃	92.4 a	99.8	107.0	82.2 b	20.9
BA	79.3 b	97.7	97.5	86.7 b	17.5
Testigo	74.4 b	90.9	100.1	103.3 a	18.8
DMSH	12.75	15.8	13.7	14.7	5.7
C.V.	12.62	10.9	11.0	13.1	24.55

^z: Medias con letra diferente en el sentido de las columnas son estadísticamente diferentes de acuerdo con la prueba de la diferencia mínima significativa ($P \leq 0.05$). BA+AG₃: aplicación a la poda y 7 días después, BA: aplicación a la poda y 7 días después, Testigo o control: sin aplicación de regulador de crecimiento.

Cuadro 9. Efecto de la aplicación de benciladenina y en combinación con ácido giberélico al final del cultivo en el peso fresco de planta de nochebuena ‘Freedom red’ y ‘Prestige red’ durante el primer año.

‘Freedom red’					
Tratamiento	Peso de tallo (g)	Peso de bráctea (g)	Peso de hoja (g)	Peso de raíz (g)	Peso de flor (g)
BA+AG ₃	100.4	138.0	100.6	66.0 b ^z	22.31
BA	91.8	138.0	92.5	75.9 ab	23.48
Testigo	91.0	129.2	90.7	81.7 a	20.55
DMSH	13.9	16.53	17.8	11.13	4.15
C.V.	12.02	12.58	9.94	12.13	15.27
‘Prestige’					
Tratamiento	Peso de tallo (g)	Peso de bráctea (g)	Peso de hoja (g)	Peso de raíz (g)	Peso de flor (g)
BA+AG ₃	69.8	95.9	89.6	77.6 b	18.69
BA	70.8	91.2	97.5	80.9 b	15.7
Testigo	74.4	97.7	100.1	103.3 a	18.8
DMSH	10.0	12.3	12.8	15.7	5.3
C.V.	11.43	10.56	10.9	14.68	24.6

^z: Medias con letra diferente en el sentido de las columnas son estadísticamente diferentes de acuerdo con la prueba de la diferencia mínima significativa ($P \leq 0.05$). BA+AG₃: aplicación a la poda y 7 días después, BA: aplicación a la poda y 7 días después, Testigo o control: sin aplicación de regulador de crecimiento.

1.3.4 Materia seca

El peso seco total de la planta fue mayor cuando se aplicó BA ó BA + AG₃ al inicio del cultivo en 'Prestige red' (Cuadro 10). En 'Freedom red' la aplicación de BA + AG₃ al final del cultivo generó una planta entre 16.2 y 20.4 % que las plantas donde se aplicó BA o las plantas testigo (Cuadro 11). Lo anterior en la primera evaluación.

El peso de bráctea, hoja y raíz disminuyó significativamente cuando se aplicó BA + AG₃ al inicio del cultivo en 'Freedom red' el primero año de evaluación (Cuadro 10). Al aplicarse BA + AG₃ al final del cultivo solo el peso seco de la raíz mostró un menor peso con respecto al resto de los tratamientos (Cuadro 11).

El análisis de varianza y comparación de medias no detectó diferencia en el peso seco de bráctea, hoja, raíz y flor en 'Prestige red' cuando se realizaron las aplicaciones de BA ó BA + AG₃ al inicio o final del cultivo en el primer año de evaluación (Cuadros 10 y 11).

En el segundo año de evaluación se detectó mayor peso seco de tallo en 'Prestige red' cuando se aplicó BA + AG₃ al final del cultivo (Cuadro 112), no se detectaron diferencias en el resto de las variables evaluadas. En 'Freedom red' se observó mayor peso seco de la flor en las plantas testigo y en las que se aplicó BA (Cuadro 12), sin embargo, en el resto de las variables no se detectó diferencias significativas (Cuadro 12).

La aplicación de benciladenina es favorecer la división celular, mientras que el efecto de la giberelina es alongar las células. No se observó una tendencia clara del efecto en el peso seco, ya que en 'Freedom red' el incremento de peso fue en brácteas y en 'Prestige red' fue en el tallo. Probablemente el componente genético influye en la expresión de los resultados.

Cuadro 10. Efecto de la aplicación de benciladenina y en combinación con ácido giberélico al inicio del cultivo en el peso seco de planta de nochebuena ‘Freedom red’ y ‘Prestige red’ durante el primer año.

‘Freedom red’					
Tratamiento	Peso de tallo(g)	Peso de bráctea (g)	Peso de hoja (g)	Peso de raíz (g)	Peso de flor (g)
BA+AG ₃	23.36	12.39 b	13.78 b ^z	10.53 b	2.9
BA	18.54	14.65 a	17.0 a	12.72 ab	3.1
Testigo	19.43	15.61 a	14.98 ab	15.85 a	2.6
DMSH	2.82	1.18	2.28	3.10	0.8
C.V.	11.87	6.76	12.11	19.3	15.43
‘Prestige’					
Tratamiento	Peso total (g)	Peso de bráctea (g)	Peso de hoja (g)	Peso de raíz (g)	Peso de flor (g)
BA+AG ₃	21.38 a	11.34	16.2	18.64	2.6
BA	20.65 a	11.74	15.9	18.0	2.4
Testigo	16.0 b	10.72	15.0	20.4	2.5
DMSH	3.72	3.1	2.7	2.2	1.1
C.V.	15.64	18.72	15.27	18.72	22.91

^z: Medias con letra diferente en el sentido de las columnas son estadísticamente diferentes de acuerdo con la prueba de la diferencia mínima significativa ($P \leq 0.05$). BA+AG₃: aplicación a la poda y 7 días después, BA: aplicación a la poda y 7 días después, Testigo o control: sin aplicación de regulador de crecimiento.

Cuadro 11. Efecto de la aplicación de benciladenina y en combinación con ácido giberélico al final del cultivo en el peso seco de planta de nochebuena 'Freedom red' y 'Prestige red' durante el primer año.

'Freedom red'					
Tratamiento	Peso de tallo (g)	Peso de bráctea (g)	Peso de hoja (g)	Peso de raíz (g)	Peso de flor (g)
BA+AG ₃	23.21 a ^z	17.27	16.6	19.9 b	2.99
BA	18.54 b	16.59	15.2	14.0 ab	3.17
Testigo	19.43 b	15.61	14.48	15.85 a	2.61
DMSH	3.0	1.86	2.48	2.63	0.8
C.V.	12.26	9.17	10.40	14.96	18.27
'Prestige'					
Tratamiento	Peso de tallo (g)	Peso de bráctea (g)	Peso de hoja (g)	Peso de raíz (g)	Peso de flor (g)
BA+AG ₃	14.9	12.8	10.0	17.2	2.3
BA	14.7	13.5	9.46	17.2	1.9
Testigo	16.0	15.0	10.72	20.2	2.5
DMSH	2.7	2.21	1.35	3.57	0.61
C.V.	14.64	10.91	13.0	15.91	22.32

^z: Medias con letra diferente en el sentido de las columnas son estadísticamente diferentes de acuerdo con la prueba de la diferencia mínima significativa ($P \leq 0.05$). BA+AG₃: aplicación a la poda y 7 días después, BA: aplicación a la poda y 7 días después, Testigo o control: sin aplicación de regulador de crecimiento.

Cuadro 12. Efecto de la aplicación de benciladenina y en combinación con ácido giberélico al final del cultivo en el peso seco de planta de nochebuena ‘Freedom red’ y ‘Prestige red’ durante el segundo año.

‘Freedom red’				
Tratamiento	Peso de tallo (g)	Peso de flor (g)	Peso de hoja (g)	Peso de bráctea (g)
BA+AG ₃	13.40	1.07 b	12.52	11.49 a
BA	12.73	1.46 a	12.80	10.83 a
Testigo	9.53	0.92 b	11.94	7.82 b
DMSH	2.56	0.27	2.06	1.75
C.V.	23.47	25.52	18.08	19.03
‘Prestige red’				
Tratamiento	Peso de tallo (g)	Peso de flor (g)	Peso de hoja (g)	Peso de bráctea (g)
BA+AG ₃	24.90 ab	1.94	23.61	16.57
BA	26.97 a	2.54	25.02	17.50
Testigo	21.91 b	1.88	21.80	14.55
DMSH	4.61	0.75	5.26	3.22
C.V.	16.95	31.96	20.21	17.92

^z: Medias con letra diferente en el sentido de las columnas son estadísticamente diferentes de acuerdo con la prueba de la diferencia mínima significativa ($P \leq 0.05$). BA+AG₃: aplicación a la poda y 7 días después, BA: aplicación a la poda y 7 días después, Testigo o control: sin aplicación de regulador de crecimiento.

1.3.5 Azúcares y proteína soluble total en hojas y brácteas

El análisis de varianza y comparación de medias no detectaron diferencias en el contenido de azúcares y proteína soluble en las hojas y brácteas de las plantas donde se aplicó BA ó BA + AG₃ y testigo al inicio o al final del cultivo de 'Freedom red' y 'Prestige red' (Cuadro 13). Con excepción del contenido de azúcares en las hojas de 'Prestige red' que al aplicar BA + AG₃ al final del cultivo mostró significativamente mayor contenido, entre 36.6 y 45 %, respecto a las plantas donde se aplicó BA o las plantas testigo (Cuadro 14). Probablemente una mayor concentración de azúcares en las hojas o brácteas favorezcan el comportamiento en poscosecha; sin embargo, es necesario evaluarlos en un experimento posterior.

Cuadro 13. Efecto de la aplicación de benciladenina y en combinación con ácido giberélico al inicio del cultivo en el contenido de azúcares y proteína total en hojas y bráctea de nochebuena ‘Freedom red’ y ‘Prestige red’.

‘Freedom red’				
Tratamiento	Azúcares totales en hoja (mg g ⁻¹ de peso fresco)	Azúcares totales en bráctea (mg g ⁻¹ de peso fresco)	Proteína soluble total en hoja (mg g ⁻¹ de peso fresco)	Proteína soluble total en bráctea (mg g ⁻¹ de peso fresco)
BA+AG ₃	56.03	52.2	48.93	50.54
BA	49.6	30.8	62.82	54.92
Testigo	36.8	25.1	55.19	45.86
DMSH	21.11	8.1	21.82	28.93
C.V.	17.74	11.00	15.65	22.90
‘Prestige red’				
Tratamiento	Azúcares totales en hoja (mg g ⁻¹ de peso fresco)	Azúcares totales en bráctea (mg g ⁻¹ de peso fresco)	Proteína soluble total en hoja (mg g ⁻¹ de peso fresco)	Proteína soluble total en bráctea (mg g ⁻¹ de peso fresco)
BA+AG ₃	34.4	32.63	46.39	43.67
BA	29.6	26.96	46.3	44.40
Testigo	34.2	34.24	49.2	43.23
DMSH	11.48	8.4	9.51	9.03
C.V.	13.99	10.71	8.01	8.24

z: Medias con letra diferente en el sentido de las columnas son estadísticamente diferentes de acuerdo con la prueba de la diferencia mínima significativa ($P \leq 0.05$). BA+AG₃: aplicación a la poda y 7 días después, BA: aplicación a la poda y 7 días después, Testigo o control: sin aplicación de regulador de crecimiento.

Cuadro 14. Efecto de la aplicación de benciladenina y en combinación con ácido giberélico al final del cultivo en el contenido de azúcares y proteína total en hojas y bráctea de nochebuena ‘Freedom red’ y ‘Prestige red’.

‘Freedom red’				
Tratamiento	Azúcares totales en hoja (mg g ⁻¹ de peso fresco)	Azúcares totales en bráctea (mg g ⁻¹ de peso fresco)	Proteína soluble total en hoja (mg g ⁻¹ de peso fresco)	Proteína soluble total en bráctea (mg g ⁻¹ de peso fresco)
BA+AG ₃	44.95	25.13	52.14	60.19
BA	49.5	38.57	54.63	45.86
Testigo	49.61	25.13	55.21	42.93
DMSH	16.6	25.08	23.19	21.34
C.V.	13.79	30.81	17.14	17.15
‘Prestige red’				
Tratamiento	Azúcares totales en hoja (mg g ⁻¹ de peso fresco)	Azúcares totales en bráctea (mg g ⁻¹ de peso fresco)	Proteína soluble total en hoja (mg g ⁻¹ de peso fresco)	Proteína soluble total en bráctea (mg g ⁻¹ de peso fresco)
BA+AG ₃	53.98 a	31.57	49.37	50.68
BA	29.42 b	29.6	47.6	49.20
Testigo	34.20 b	34.24	43.2	45.20
DMSH	19.46	8.83	10.6	16.39
C.V.	19.86	11.09	9.04	13.52

^z: Medias con letra diferente en el sentido de las columnas son estadísticamente diferentes de acuerdo con la prueba de la diferencia mínima significativa ($P \leq 0.05$). BA+AG₃: aplicación a la poda y 7 días después, BA: aplicación a la poda y 7 días después, Testigo o control: sin aplicación de regulador de crecimiento.

1.3.6 Actividad enzimática en hojas y brácteas

La actividad de catalasa y peroxidasa fue significativamente menor en las brácteas de 'Freedom red' cuando se aplicó BA o BA + AG₃ al inicio del cultivo (Cuadro 15) y menor actividad de catalasa en las hojas cuando se aplicó BA al inicio del cultivo (Cuadro 15). En 'Prestige red' solo se observó que la aplicación de BA al inicio del cultivo ocasiono una mayor actividad de peroxidasa en las hojas, en el resto de las variables no se detectaron diferencias significativas (Cuadro 15).

La aplicación de BA ó BA + AG₃ al final del cultivo no afecto la actividad de catalasa, peroxidasa y superóxido dismutasa en 'Freedom red' y 'Prestige red' (Cuadro 16), con excepción de peroxidasa en las brácteas que mostraron la menor actividad cuando se aplicó BA (Cuadro 16).

En general la aplicación de los reguladores de crecimiento disminuyó la actividad de las enzimas evaluadas, las cuales incrementan su actividad cuando existe mayor estrés oxidativo en la planta. Lo anterior sugiere que la aplicación de los reguladores de crecimiento no ocasiona estrés en las plantas de nochebuena.

Cuadro 15. Efecto de la aplicación de benciladenina y en combinación con ácido giberélico al inicio del cultivo en la actividad enzimática en hojas y bráctea de nochebuena ‘Freedom red’ y ‘Prestige red’.

‘Freedom red’						
Tratamiento	Catalasa en hoja	Catalasa en bráctea	Peroxidasa en hoja	Peroxidasa en bráctea	Superóxido dismutasa en hoja	Superóxido dismutasa en bráctea
BA+AG ₃	3.65 ab	0.97 b	91.94	40.73 b	0.98	1.62
BA	2.55 b	0.83 b	59.27	22.52 b	0.72	1.73
Testigo	4.9 a	1.74 a	87.66	73.78	0.91	0.81
DMSH	1.4	0.51	57.48	29.75	0.96	1.23
C.V.	15.58	17.32	28.81	26.00	21.18	33.43
‘Prestige red’						
Tratamiento	Catalasa en hoja	Catalasa en bráctea	Peroxidasa en hoja	Peroxidasa en bráctea	Superóxido dismutasa en hoja	Superóxido dismutasa en bráctea
BA+AG ₃	5.5	2.68	131.7 ab	5.31 b	1.56	2.62
BA	4.9	3.05	158.7 a	10.96 b	1.50	2.63
Testigo	4.8	3.59	79.1 b	68.97 a	1.21	2.56
DMSH	2.38	1.10	56.79	11.9	1.10	2.46
C.V.	18.67	14.17	18.39	16.80	30.84	37.69

z: Medias con letra diferente en el sentido de las columnas son estadísticamente diferentes de acuerdo con la prueba de la diferencia mínima significativa ($P \leq 0.05$). BA+AG₃: aplicación a la poda y 7 días después, BA: aplicación a la poda y 7 días después, Testigo o control: sin aplicación de regulador de crecimiento.

Cuadro 16. Efecto de la aplicación de benciladenina y en combinación con ácido giberélico al final del cultivo en el la actividad enzimática en hojas y bráctea de nochebuena ‘Freedom red’ y ‘Prestige red’.

‘Freedom red’									
Tratamiento	Catalasa hoja	en	Catalasa bráctea	en	Peroxidasa hoja	en	Peroxidasa bráctea	Superóxido dismutasa en hoja	Superóxido dismutasa en bráctea
BA+AG ₃	4.44		1.30		57.01		11.31 ab	1.08	0.82
BA	4.52		2.35		68.40		41.69 b	0.94	1.27
Testigo	4.99		1.74		87.66		73.79 a	0.91	0.81
DMSH	2.77		1.05		42.44		33.73 a	1.23	0.48
C.V.	23.81		23.37		23.85		31.86	50.51	19.88
‘Prestige red’									
Tratamiento	Catalasa hoja	en	Catalasa bráctea	en	Peroxidasa hoja	en	Peroxidasa bráctea	Superóxido dismutasa en hoja	Superóxido dismutasa en bráctea
BA+AG ₃	4.08		3.05		99.60		35.41	0.93	2.11
BA	4.76		2.97		100.07		51.78	1.08	1.88
Testigo	4.84		3.59		79.18		68.96	1.21	2.56
DMSH	2.11		1.24		81.63		38.53	0.10	1.82
C.V.	11.51		15.49		35.05		29.55	14.86	32.22

z: Medias con letra diferente en el sentido de las columnas son estadísticamente diferentes de acuerdo con la prueba de la diferencia mínima significativa ($P \leq 0.05$). BA+AG₃: aplicación a la poda y 7 días después, BA: aplicación a la poda y 7 días después, Testigo o control: sin aplicación de regulador de crecimiento.

1.4 Conclusión

La aplicación de BA, AG₃ o la combinación de BA + AG₃ favorece la calidad de plantas de nochebuena como la altura y área de bráctea cuando se aplica al final del cultivo. No causa efectos negativos en el color de brácteas y hojas, peso seco de las estructuras de la planta y no se detectó tendencia en el efecto en parámetros bioquímicos. La aplicación de AG₃, favorece la disminución de costos de producción.

1.5 Literatura citada

- Alia-Tejacal, I., L. A. Valdez-Aguilar, E. Campos-Bravo, M de J. Sainz-Aispuro, G. A. Pérez-Arias, M. Andrade-Rodríguez, V. López-Martínez, A. Alvear-García. 2011. Efecto de la aspersion de ácido gibérelico en el crecimiento de cinco cultivares de nochebuena. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. Publicación Especial 3: 577-580
- Beyer. F. W., I. Fridovich. 1987. Assaying for superoxide dismutase activity: some large consequences of minor changes in conditions. Analytical Biochemistry 161: 559-566.
- Blackwell, R. D., A. J. S. Murray, P. J. Lea. 1990. Enzymes of photorespiratory carbon pathway. In: Lea, P.J. (ed.) Methods in Plant Biochemistry. Academic Press, USA., pp: 129-144.
- Blanchard, M. G., E. S. Runkle. 2008. Increasing stem elongation and bract size of poinsettia 'Freedom red' with gibberellins and benzyladenine. Acta Horticulturae 774: 209-215

- Bradford, M. M. 1976. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Analytical Biochemistry* 72: 248-254.
- Castillo, M. L. E. 2011. *Introducción al SAS® para Windows*. Universidad Autónoma Chapingo. 205 p.
- Colinas, L. M. T. 2009. La nochebuena: ayer, hoy y mañana. *In: Séptimo Simposium Internacional de Viverismo*. Osuna, C. F de J.; García, P. F.; S. Ramírez, R. L.; Granada, C. D. V. y Galindo, G. (Comp.) 118-123 pp.
- Clifford, S. C., E. S. Runkle, F. A. Lamgton, A. Mead, S. A. Foster, S. Pearson, R.D. Heins. 2004. The stock plants irradiance environment influences stem emitting diodes (LEDs) with high portion of blue light results in shorter poinsettias compared to high pressure sodium (HPS) lamps. *Scientia Horticulturae* 147: 136-143.
- Ecke P., J. E. Faust, J. Williams and A. Higgins. 2004. *The Ecke Poinsettia Manual*. Ball Publishing. Illinois, USA. 286 p.
- Faust, J.E., P.C. Korczynski, R. Klein. 2004. Effects of paclobutrazol drench application date on poinsettia height and flowering. *HortTechnology* 11 (4): 557-560.
- Flurkey, W. H., J. J. Jen. 1978. Peroxidase and polyphenol oxidase activities in developing peaches. *Journal of Food Science* 43: 1828-1831.
- García, P.F., Ramírez R. S., Osuna C. F. de J., Ocampo, O. T. 2009. *Enfermedades de las principales ornamentales de Morelos*. SAGARPA.INIFAP. D. F: México. Folleto Técnico. Num. 39. 30 p.
- García-Pérez, F., I. Alia-Tejacal, G. Vargas-Domínguez, L.A. Valdez-Aguilar, J. Canul-Ku, V. López-Martínez, F. de J. Osuna-Canizalez, M. T. Colinas-León, S.

- Ramírez-Rojas. 2013. Comportamiento de variedades comerciales de nochebuena en Morelos. Centro de Investigación Regional Pacífico Sur, Campo Experimental Zacatepec. Folleto Técnico Núm. 74.
- Giannopolities, C. N., S. K. Ries. 1977. Superoxide dismutases. *Plant Physiol.* 59: 309-314.
- Martínez, J. T. 2011. Sustratos, reguladores de crecimiento y fertirriego en doce variedades de nochebuena Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma del Estado de Morelos. 103 p.
- Neguerula, Á. I. 2012. Is the color measured in food the color that we see? In: *Color in Food. Technological and Psychophysical Aspect.* Cavaiano, J.L., M del p. Buera. CRC Press pp: 81-91.
- Ornelas, R. F., R. Ambriz C., y J. de D. Bustamante O. 1990. Delimitación y definición de agrohabitats del estado de Morelos. SARH-INIFAP-CIFAEM. Zacatepec, México. Folleto técnico Núm. 8. 16 p.
- Padhye, S., E. Runkle, M. Olrich, L. Reinhold. 2008. Improving branching and posharvest quality. *Greenhouse Products Magazine* August 2008 3 p.
- Consultado en línea:
<http://www.flor.hrt.msu.edu/assets/Uploads/Branchingandpostharvest.pdf>
- SIAP. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. 2019. Anuario estadístico de la producción agrícola. En línea: <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>. Consultado el 13 de octubre de 2019.
- Steiner, A. A. 1984. The universal nutrient solution *In: Proc. 5th Int. Congr. Soiless Cult.* pp: 633-649.

Trejo L., Feria Arroyo T. P., K. M. Olsen, L. E. Eguiarte, B. Arroyo, J. A. Gruhn and M. E. Olson (2012) Poinsettia's wild ancestor in the Mexican dry tropics: historical, genetic, and environmental evidence. *American Journal of Botany* 99:1146–1157.

Whitman, F. F., D. F. Blaydes, R. M. Devlin. 1971. *Experiments in Plant Physiology*. Van Nostrand Reinhold Co. New York, USA. 240 p.

CAPÍTULO II

Los reguladores de crecimiento mejoran la vida poscosecha de nochebuena (*Euphorbia pulcherrima willd. Ex Klotzsch*)

RESUMEN

Se evaluó la vida poscosecha de dos variedades comerciales de nochebuena (Freedom red y Prestige red) ambas con brácteas de color rojo. Las plantas se cultivaron en un invernadero tipo vertitunnel, con plástico blanco lechos con una capacidad de sombreo del 50 %, las nochebuenas fueron trasplantadas en maceta de 6" (15.24 cm) de diámetro las cuales contenían una mezcla tierra de hoja/tezontle/fibra de coco/agrolita (60:20:20:10% v/v). La fertilización fue mediante fertirrigación con la fórmula universal de Steiner (1984) en distintas concentraciones dependiendo de la fase fenológica de las plantas. Se realizaron 6 grupos de plantas con 20 repeticiones cada uno, a los cuales se les suministraron los reguladores de crecimiento como sustancias preservadoras, las aplicaciones se realizaron cuando las plantas presentaron un 95 % de pigmentación en sus brácteas así como la presencia de polen en al menos tres ciatios. Posterior a ser tratadas las plantas se simuló el transporte de las mismas durante 24 h, una vez transcurrido el tiempo se evaluaron en condiciones similares a las de oficina 12 h con y sin luz artificial (intensidad de luz fue de $100 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$). Cada 10 días durante un mes se evaluó la abscisión de hojas, brácteas y flores, apariencia. Algunos tratamientos lograron mantener plantas con mejor apariencia durante el desarrollo del experimento.

Palabras clave: Pigmentación, sustancias preservadoras, fase fenológica.

2.1 INTRODUCCIÓN

La nochebuena (*Euphorbia pulcherrima* Willd. ex Klotzsch) es una de las plantas más emblemática de México (Trejo *et al.*, 2019). La nochebuena es un símbolo floral de la nochebuena (Trejo *et al.*, 2019) que se cultiva en varias zonas de la República Mexicana, siendo los estados de Morelos, Puebla, México y la Ciudad de México los productores más importantes de esta planta (Trejo *et al.*, 2012). La especie pertenece a la familia *Euphorbiaceae* (Ecke., 2004). En México, durante 2018 se cultivaron cerca de 19.4 millones de plantas, las cuales se cultivaron principalmente en los estados de Morelos, Michoacán, Ciudad de México y Puebla (SIAP, 2019). El Morelos se cultivaron cerca de seis millones cien mil plantas en 2018 (SIAP, 2019). Generando 24,000 empleos directos al año sin contar los empleos indirectos (García *et al.*, 2009). El cultivo de la nochebuena se puede encontrar desde los 1000 hasta los 1900 msnm, es por tanto una parte importante del sector ornamental en Morelos debido a que la superficie plantada está aumentando año con año, así como el valor de producción (Alía *et al.*, 2011).

Por otra parte, la nochebuena al igual que otras especies vegetales que se utilizan en la industria ornamental se mantienen bajo condiciones óptimas en invernadero, así se desarrollan lo más rápido posible para alcanzar la etapa de venta (Ferrante *et al.*, 2015). Una vez que las plantas se transfieren a las condiciones de oficina u hogar de las personas que adquirieron este producto, las plantas sufren un estrés severo y la calidad puede ser afectada (Nell *et al.*, 1995). Los desórdenes más comunes son el amarillamiento de las hojas, pérdida de color de brácteas, flores y hojas, marchitamiento de flores y su abscisión así como el desarrollo de hongos (Ferrante *et al.*, 2015).

En Morelos, al igual que en el resto de las zonas productoras de nochebuena, gran parte de la producción es movilizada a zonas donde se consume y que se encuentran entre 2 y 48 horas alejados de las zonas de producción. En general, para transportarlas, los productores protegen las nochebuenas con papel que cubren desde la maceta hasta el ápice de la planta, llamadas comúnmente como “mangas” o “conos” (Vázquez y Salomé, 2004). Después se empaacan en camiones o camionetas, tratando que el viento no las afecte, que estén juntas para evitar el movimiento excesivo del vehículo durante el transporte, que puede traducirse en un daño mecánico. La temperatura de transporte se considera debe ser fresco, pero es escaso el uso de la refrigeración, lo que limita su movilización a zonas lejanas. Se recomienda que la nochebuena se transporte a temperaturas entre 10 y 16 °C para evitar la decoloración de bráctea, caída de flores y ciatio (Sterling y Molenaar, 1986).

La calidad de las plantas en maceta puede ser afectada por diversos factores en la fase final del cultivo, para mantener dichas características de las plantas de maceta tienen que estar bajo condiciones óptimas y también se utilizan sustancias químicas (Ferrante *et al.* 2015). Un tratamiento reciente y novedoso, y que no se conocen reportes en nochebuena es el uso de 1-metilciclopropeno (1-MCP), el cual actúa sobre la molécula de etileno (hormona de la maduración) evitando la senescencia de la planta (Zoffoli 2002), el efecto de aplicar 1-metilciclopropeno antes del empaque evita la senescencia de hojas, amarillamiento y marchitamiento en *Begonia x hiimalis* (Kim y Kim, 2012). Sin Embargo, la nochebuena es una planta altamente sensible al etileno y puede provocar epinastia caída de flores y ciatios, así como de hojas (Gent y MacAvoy, 2000; Joyce y Faragher, 2012).

Otros tratamientos utilizados en el alargamiento de la vida útil de las plantas en maceta es la aplicación de Benciladenina (BA), 800 μM que extiende la vida poscosecha y evita la abscisión de flores en rosas miniatura (Serek y Andersen, 1993). Jiang *et al.* (2008) reportan que la aplicación de tiadiazurón tiene un efecto positivo en el comportamiento poscosecha de flores de maceta. El ácido abscísico (ABA) se ha reportado que es efectivo para evitar la pérdida de agua, en *Salvia (S. splendens)* la aplicación en “drench” logra reducir la transpiración y consecuentemente reduce la absorción de agua del sustrato. Esto sugiere que la aplicación de ABA puede ayudar a incrementar la vida útil de las flores de maceta cuando se colocan en ambientes de luz baja.

Otro biorregulador que puede ayudar en el alargamiento de la vida en anaquel es el ácido salicílico (ASA), se ha observado que al utilizarlo en plantas ayuda a evitar el estrés, principalmente por su función en el cierre de estomas y evitando la deshidratación (San Miguel *et al.*, 2003). Finalmente, el ácido giberélico (AG_3) se ha utilizado como en plantas ornamentales como un antagonista de la acción del etileno además de otros efectos en el retraso de la senescencia de flores, tales como permeabilidad de la membrana y degradación de la membrana (Finger *et al.*, 2016). Satish *et al.* (2017) reportan que la aplicación de 100 mg L^{-1} de AG_3 incrementa la vida poscosecha de *Codiaeum variegatum* entre 16 y 17 días. El manejo de la nochebuena probablemente estimule la producción de etileno y por lo tanto reduzca la vida poscosecha, por lo que la aplicación de AG_3 , pudiera funcionar en el incremento de vida poscosecha.

En nochebuena se han evaluado reguladores del crecimiento durante su cultivo, para incrementar el enraizamiento, disminución o incremento de la altura de la planta, incremento en el área de bráctea (Blanchard y Runkle, 2008; Sun *et al.*, 2011; Alia *et al.*, 2011). Pero no se tiene información sobre el comportamiento poscosecha de la nochebuena cuando se aplican giberelinas, citocininas, inhibidores del etileno, ácido acetilsalicílico, ácido abscísico para conocer su efecto en su vida útil.

El objetivo del presente trabajo fue evaluar la aplicación de algunos reguladores de crecimiento o moléculas antisenescencia en la vida poscosecha de dos variedades de nochebuena después de simular empaque y transporte por 24 horas.

2.2 Materiales y métodos

2.2.1 Localización. Los experimentos se realizaron en el Modulo de Ornamentales y Laboratorio de Producción Agrícola de la Facultad de Ciencias Agrícolas en la Universidad Autónoma del Estado de Morelos, ubicado en Chamilpa, municipio de Cuernavaca, Morelos (18° 58' 52.87" LN y 99° 13' 57.92" LO a 1867 mm de altitud), donde el clima es semicálido (A(C)) (Ornelas *et al.*, 1991).

2.2.2 Material Vegetal. Los experimentos se realizaron con esquejes de nochebuena Freedom Red y Prestige Red, para esto se adquirieron esquejes de nochebuena de 25 días de enraizados en la empresa Vivero Internacional® (Cuadro 17).

Cuadro 17. Variedades de nochebuena.

Variedad	Color de brácteas	Clasificación	Grupo de respuesta*	Vigor**
Freedom Red	Roja	Temprana	6 Semanas	Mediana
Prestige Red	Roja	Tardía	11 Semanas	Mediana

Grupo de respuesta:** Es la inducción a los días cortos y noches largas, promoviendo a la diferenciación floral y a la pigmentación de las brácteas, es el tiempo de inicio de la inducción antes de la venta. *Vigor:** En una planta es la expresión de todas las características internas y externas, que se traducen en la presencia de ella en un medio determinado y que cumplen la función que le corresponde. No es necesario que una planta sea alta, gruesa, verde para que sea considerada como el mayor vigor.

2.2.3 Manejo del cultivo

El desarrollo de las plantas se realizó bajo cubierta plástica del tipo vertitunnel con ventilación cenital de un ancho de 8 m por 6.20 m de altura, cubierto por un plástico color blanquecino de calibre 720 y una capacidad de sombreo del 50 %, con temperaturas promedio de 20.3 °C

Los esquejes se trasplantaron en macetas de 6" (15.24 cm) de diámetro las cuales contenían una mezcla tierra de hoja/tezontle/fibra de coco/agrolita (60:20:20:10% v/v). Después de 21 días de trasplantados se realizó una poda del ápice de la planta, dejando intencionalmente entre 6 y 7 yemas por planta, durante el crecimiento de las plantas se realizaron espaciamientos entre las mismas, alcanzando al final del cultivo una densidad de 9 plantas por m².

La fertilización se realizó mediante una solución de la formula universal de Steiner (1984), en distinta concentración de acuerdo con la fase fenológica de la planta: desarrollo de raíces 80 %, desarrollo vegetativo 120 % y pigmentación 80 Cada 20 días se realizaron aplicaciones de fungicidas como Cercobin® (Metil tiofanato, BASF®) y Daconil, en dosis de 1 g L⁻¹ para la prevención y control de *Alternaria* sp., *Botrytis* sp., para pudriciones de raíz se utilizó Previcur N (Propamocarb + Fosetil) a 0.5 mL.L⁻¹ más Promyl (Benomilo) a 0.5 g.L⁻¹.

Para el control de mosca negra (*Fungus gnat*) se utilizó Vydate L (Oxamil 24 %) 1 mL.L⁻¹ en drench para el control de larva de mosca negra. Para el control de mosquita

blanca (*Bemisia tabaco*, *Trialeurodes vaporariorum*, *Bemisia argentifolii*), se utilizó Venom (Dinotefuran) a 1g.L^{-1} en drench para el control de estadios inmaduros de moca blanca, mientras que para control de adultos se utilizó Evisect (Tiocyclam-Hidrogenoxalato 49.5%) a 0.75g.L^{-1} vía foliar. Para control de araña roja (*Tetranychus urticae*) se utilizó avalanch (Abamectina 1.8%) aplicando vía foliar 1 mL.L^{-1}

2.2.4 Diseño experimental

El diseño experimental fue un completamente al azar (DCA) la unidad fue una planta de nochebuena en una maceta de 6" (15.46 cm de diámetro) y se tuvieron 20 plantas de cada unidad experimental en cada tratamiento

El índice de maduración para la aplicación de los tratamientos fue cuando las plantas de nochebuena presentaron 95 % de pigmentación en sus brácteas con el color característico de cada variedad, en Freedom red con valores de L^* ; 30.61 C^* ; 48.88 h; 26.63, mientras que Prestige red L^* ; 38.23 C^* ; 56.26 h; 32.64.

Se formaron seis grupos de plantas de nochebuena con 20 unidades. En cada bloque se le aplicó: ácido abscísico (Sigma®, EUA), ácido acetilsalicílico (Sigma®, EUA), ácido giberelico₃ (Arysta Lifescience, México), Cystar (benciladenina) (Valent®, México) y 1-Meticiclopropeno (1-MCP) (Harvista®) o agua destilada (Cuadro 18). La aplicación de los reguladores de crecimiento se realizó en aspersion cuando las plantas aún estaban en el invernadero, a excepción del tratamiento 1-MCP el cual fue aplicado en una cámara de crecimiento con un volumen de 1 m^3 ; en este tratamiento se acomodaron las plantas en la cámara y se colocaron dos vasos de precipitado con 100 mL de agua y una hojuela de cloruro de sodio (0.3 g) con un diámetro aproximado de un centímetro, esto para que el 1-MCP reaccionará y gasificara en la cámara dejándolas 24 h a temperatura ambiente.

Las plantas se empacaron en mangas de papel estroza y se simuló el transporte al mantenerlas por 24 h a 25 °C en oscuridad y 50 % de HR; posteriormente se colocaron en condiciones de oficina con periodos de luz y oscuridad de 12 h. La intensidad de luz fue de 100 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ (Hobo®, USA).

Cuadro 18. Reguladores de crecimiento, dosis, frecuencia y etapa fenológica de aplicación en nochebuena.

Regulador de crecimiento	Dosis	Frecuencia
Ácido abscísico (ABA)	500 μL	95 % de color de bráctea y 7 días después
Ácido salicílico (ASA)	4 mg L^{-1}	95 % de color de bráctea y 7 días después
Ácido giberélico (AG_3)	20 mg L^{-1}	95 % de color de bráctea y 7 días después
Benciladenicna (BA)	0.5 mL	95 % de color de bráctea y 7 días después
1-Metilciclopropeno (1-MCP)	10 mg L^{-1}	95 % de color de bráctea y 7 días después
Control	0 mg L^{-1}	Sin aplicación

2.2.5 Variables evaluadas

Después del periodo de simulación de transporte, las plantas se colocaron en condiciones de oficina y cada 10 días durante un mes se evaluó la abscisión de hojas, brácteas y flores, apariencia (tomando como 100% las repeticiones en cada tratamiento, cuando existía presencia de caída de órganos se tomaba como un porcentaje del 100%, mismo criterio fue tomado para plantas enfermas.

Los componentes del color de la bráctea se determinaron con un espectrofotómetro (X-rite®, Mod. 3960, EUA), para esto se tomaron lecturas en 5 brácteas maduras de cada planta y se determinó la luminosidad (L^*) cromaticidad (C^*) y matiz (h). El contenido relativo de clorofilas en unidades SPAD, se determinó en 5 hojas maduras de cada planta con un medidor SPAD (Minolta®, Japón).

La respiración y producción de etileno se evaluaron mediante un método estático (Salveit, 2016). Donde cinco hojas ó brácteas fueron colocadas en un contenedor hermético de 120 mL de volumen y se dejaron 2 horas. Posteriormente con ayuda de una jeringa hipodérmica se extrajo 1 mL del espacio de cabeza y se inyectó en un cromatógrafo de gases (Agilent Technologies 7890A GC), con una columna tipo abierta con empaque de capa porosa de sílica conectada simultáneamente a un detector de ionización de flama (FID) a una temperatura de 170°C y otro de conductividad térmica (TCD) a 170 °C, como gas acarreador se utilizó N₂ (2 mL/min). El inyector y horno del cromatógrafo mantendrán una temperatura de 150 y 80 °C respectivamente durante las mediciones. Para la cuantificación se utilizarán estándares de CO₂ (460 ppm) y etileno (100 ppm) (Quark INFRA®).

El diseño experimental fue uno completamente al azar donde la unidad experimental fue una planta de nochebuena con 5 repeticiones en cada muestreo.

2.2.6 Análisis de datos

Los datos obtenidos fueron analizados mediante análisis de varianza y comparación de medias de acuerdo con el método de la DMS (Castillo, 2011). Se utilizó los procedimientos GLM y MEANS de SAS® v. 9.2.

2.3 Resultados y discusión

2.3.1 Componentes del color

La luminosidad de la nochebuena 'Freedom red' se incrementó durante la evaluación poscosecha (Figura 1 A). Las plantas donde se aplicó 1-MCP y BA mostraron valores significativamente menores ($P \leq 0.05$) con respecto al resto de los tratamientos; manteniéndose entre $L^* = 29.5$ y 31.1 durante los 30 días de evaluación (Figura 1 A). Las plantas testigo y tratadas con ASA, ABA o AG₃, incrementaron constantemente la luminosidad de $L^* = 29.5$ en el inicio de la evaluación a entre $L^* = 32.3$ y 33.4 después de 30 días de evaluación (Figura 1 A).

La cromaticidad se incrementó de $C^* = 41.3$ a entre $C^* = 50.7$ y 54.8 después de 20 días, en todos los tratamientos (Figura 1 B). Después de 30 días, las plantas tratadas previamente con AG₃ y BA mostraron los valores menores de cromaticidad, sin

detectarse diferencias estadísticas significativas (Figura 1 B). Finalmente, el matiz no fue diferente entre los tratamientos evaluados (Figura 1 C). El matiz disminuyó en la bráctea, de un color tendiente al rojo ($h=29.1$) hacia un color rojo púrpura ($h=$ entre 24 y 26; Figura 1 C). García-Pérez *et al.* (2013) reportan que la variedad ‘Freedom red’ tiene brácteas de color rojo púrpura entre 22.2 ± 1.4 y 27.0 ± 0.5 a la venta.

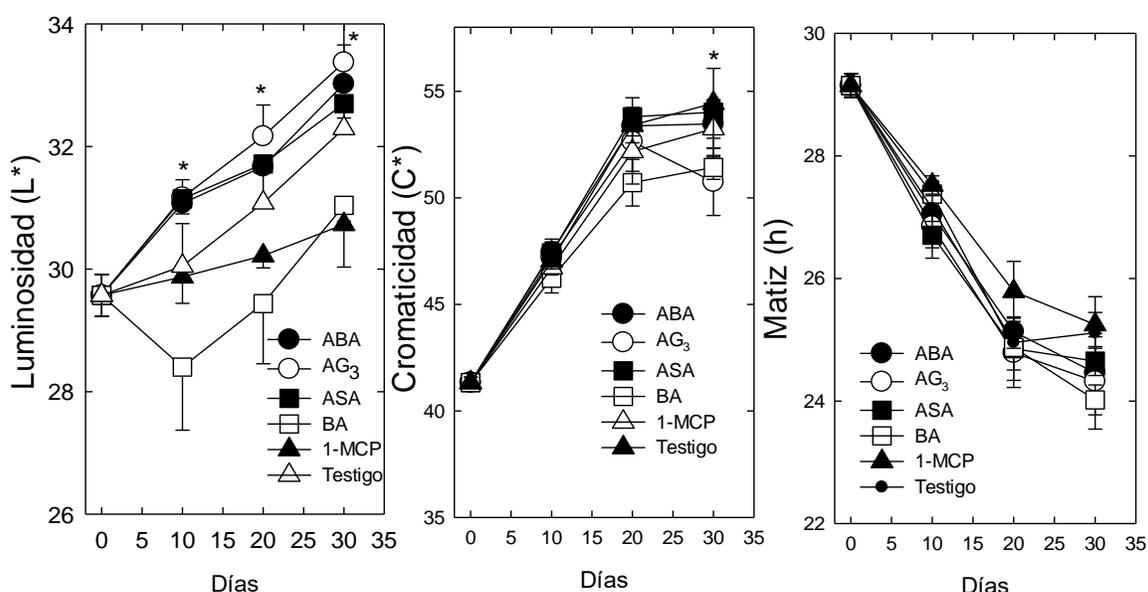


Figura 1. A) Comportamiento de la luminosidad; B) cromaticidad; C) matiz en plantas de nochebuena evaluando su vida poscosecha, suministrándole sustancias preservadoras en ‘Freedom red’. *: Significativo al 0.05.

En la variedad ‘Prestige red’ los parámetros del color fueron poco afectados por la aplicación de los diferentes compuestos evaluados (Figura 2). Así, la luminosidad disminuyó inicialmente de $L^*=38.1$ a valores entre $L^*=30$ y 31 después de 10 días; posteriormente la luminosidad se incrementó hasta valores entre $L^*=36.9$ y 38.3 después de 30 días de evaluación (Figura 2 A). La cromaticidad fue de $C^*=56.4$ al inicio de las evaluaciones, y disminuyó hasta $C^*=46$ y 50 entre los 10 y 30 días de evaluación; sin detectarse diferencias significativas entre tratamientos (Figura 2 B).

El matiz de 'Prestige red' fue tendiente al rojo al inicio de las evaluaciones $h= 32.9$; diez días después en las plantas donde se aplicó AG_3 y ABA mantuvieron el color; mientras que el resto de los tratamientos el matiz disminuyó entre $h= 23.1$ y 23.3 (Figura 2 C). Sin embargo, al día 20 ó 30 de evaluación no se detectaron diferencias significativas entre tratamientos, a pesar de que en todas las plantas el matiz disminuyó hasta entre $h= 20$ y 24 (Figura 2 C). En general, el color cambio de uno tendiente al rojo a uno tendiente al rojo púrpura (Figura 2 C). García-Pérez et al. (2013) indican que la variedad 'Prestige' muestra un color entre rojo y rojo púrpura a la venta, es decir: $h=$ entre 21 ± 0.6 y 30.1 ± 1.0 .

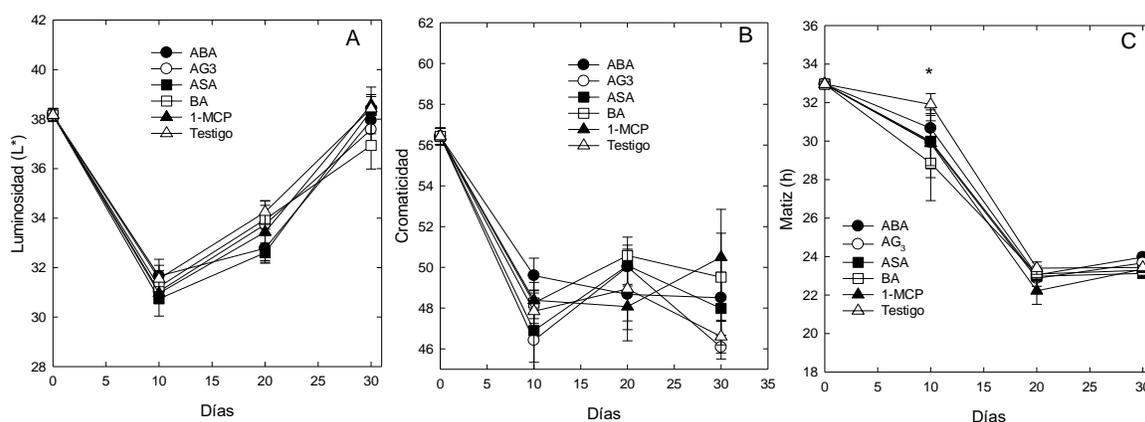


Figura 2. A) Comportamiento de la luminosidad; B) cromaticidad; C) matiz en plantas de nochebuena evaluando su vida poscosecha, suministrándole sustancias preservadoras en 'Prestige red'. *: Significativo al 0.05.

El uso de los compuestos antisenescencia, no afectó grandemente los componentes del color de bráctea de la cromaticidad y matiz, pero sí la luminosidad en 'Freedom Red' de forma positiva manteniendo por más tiempo el brillo de las brácteas usando AG_3 y ABA. El color de las brácteas de nochebuenas rojas debe de ser intenso y

característico de la variedad, en el caso de 'Freedom Red' presenta brácteas de color rojo vivo, mientras que 'Prestige Red' presenta brácteas de color más oscuro que 'Freedom Red' (Alía *et al.*, 2011). García-Pérez *et al.* (2013), en un estudio poscosecha de nochebuenas, indican que existieron diferencias de color entre 6 y 20 ° de matiz, pero no se observó tendencia clara de decremento o incremento.

2.3.2 Contenido relativo de clorofilas en unidades SPAD

El color de las hojas disminuyó significativamente a los 20 días de evaluación en las plantas donde se aplicó ABA (SPAD= 48.9), ya que el resto de las plantas se mantuvo entre SPAD= 50 y 51 (Figura 3). Después de 30 días de evaluación las plantas donde se aplicó ASA y las plantas testigo mantuvieron los valores mayores de las unidades SPAD (entre 48 y 49), lo que sugiere un mayor mantenimiento de las clorofilas en las hojas (Figura 3), fueron las plantas donde se aplicó ABA y 1-MCP, donde se observó menor concentración de clorofilas (Figura 3).

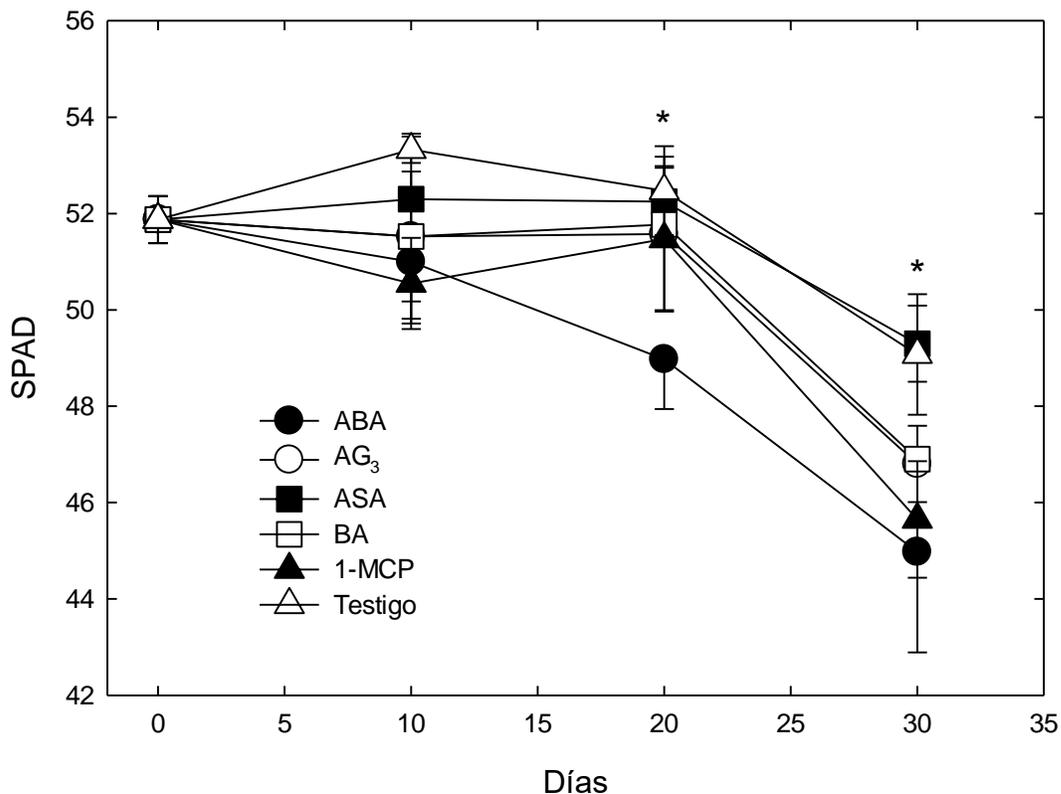


Figura 3. Comportamiento de unidades SPAD de nochebuena evaluando su vida poscosecha, suministrándole sustancias preservadoras en ‘Freedom red’. Cada punto representa la media de cuatro observaciones y su error estándar.

El color en las hojas de ‘Prestige red’ no mostró cambios significativos entre las plantas de los tratamientos evaluados (Figura 4) Los valores de las unidades SPAD se mantuvieron entre SPAD= 48 y 53 (Figura 4).

García-Pérez *et al.* (2013) al evaluar el comportamiento poscosecha de diferentes variedades de nochebuena, indicaron que algunas mantienen mejor el color de las hojas, sobre todo las que son cultivadas a una altura cercana a 1800 m. En el presente estudio, escaso efecto se detectó de las moléculas evaluadas, solo el ASA mostró cierto efecto en ‘Freedom red’. Canakci y Murzuroglu (2007) indican que la aplicación de ASA en plántulas de pepino (*Cucumis sativus* L.) en dosis de 10^{-3} M inhibe la formación de clorofila, debido probablemente a que evita la síntesis de este pigmento.

Nicole *et al.* (2010) mencionan que al utilizar en plantas de pensamiento y viola AG₄₊₇ se logra disminuir la degradación de clorofila en las plantas, esto quiere decir que las plantas de `Prestige Red` del presente trabajo tratadas con AG₃ lograron mantener mayor concentración debido al efecto del tratamiento. Se ha determinado que el inicio del amarillamiento de las hojas se puede retrasar en muchas plantas mediante el tratamiento de sus hojas con hormonas vegetales como Giberelinas (Han, 1997; Ichimura y Goto, 2000), al igual las plantas del tratamiento ABA presentaron valores altos de clorofilas en comparación con el resto de tratamientos (Assmann 2004 y Li *et al.*, 2006) mencionan que con la utilización de ABA las plantas tienen un mejor balance de agua en condiciones de estrés con el cierre estomático y con la mantención de agua por la raíz, de acuerdo con lo anterior las plantas tienden a adaptarse a las condiciones adversas, cabe mencionar que en la utilización de dicho compuesto en las plantas de nochebuena se logra mostrar un efecto muy marcado en la concentración de clorofilas de manera negativa.

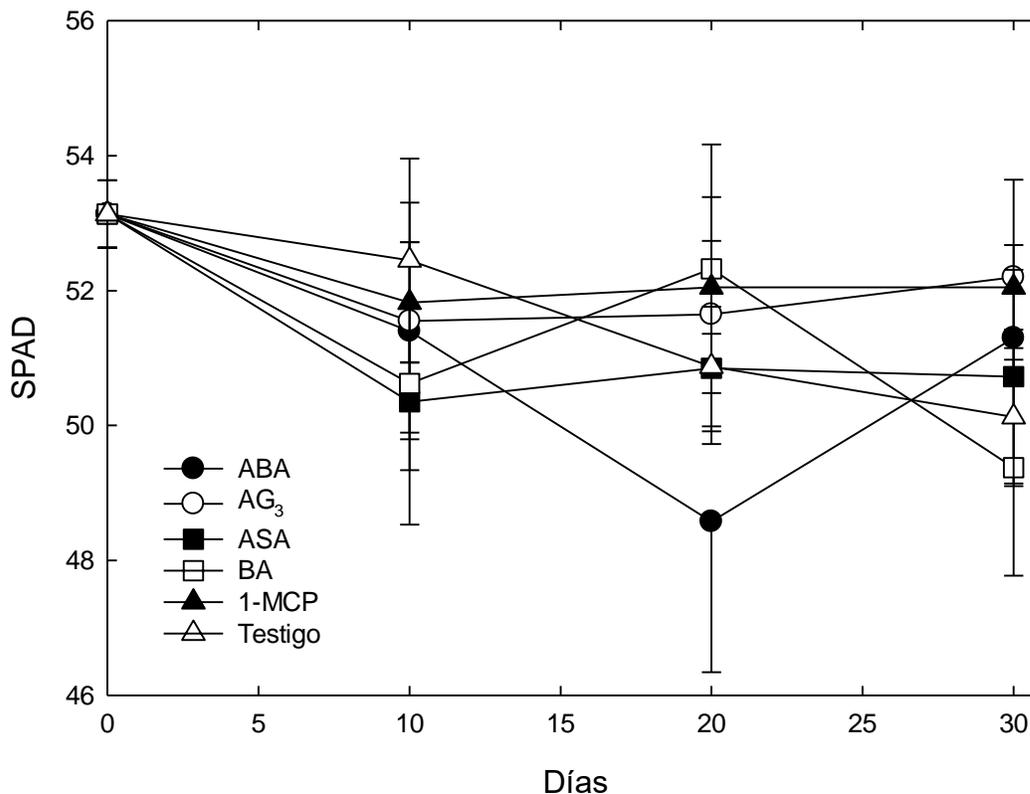


Figura 4. Comportamiento de unidades SPAD de nochebuena evaluando su vida poscosecha, suministrándole sustancias preservadoras en ‘Prestige red’. Cada punto representa la media de cuatro observaciones y su error estándar.

2.3.3 Azúcares totales

Los azúcares totales en las hojas de ‘Freedom red’ fueron inicialmente de 26 mg g⁻¹ de peso fresco; después de 10 días en las plantas donde se aplicó BA, ASA, 1-MCP y las plantas testigo, los azúcares totales se mantuvieron entre 24.2 y 28.1 mg g⁻¹ de p.f.; no así en las plantas donde se aplicó ABA y AG₃, donde los azúcares disminuyeron hasta entre 16.8 y 20.5 mg g⁻¹ de peso fresco (Figura 5 A). A los 20 días de evaluación en las plantas donde se aplicó ABA se observó un incremento significativo en los azúcares totales de hoja, alcanzado hasta 32.7 mg g⁻¹ de peso fresco, en el resto de los tratamientos los azúcares estuvieron entre 17 y 21 mg g⁻¹ de peso fresco (Figura 5 A). Después de 30 días, las plantas donde se aplicó 1-MCP y las plantas testigo

mostraron menor contenido de azúcares totales, 18.4 y 20.8 mg g⁻¹ de peso fresco (Figura 5 A).

Los azúcares totales en las brácteas de 'Freedom red' iniciaron con 26 mg g⁻¹ de peso fresco; diez días después, en las plantas donde se aplicó ABA, AG₃ y 1-MCP, los azúcares totales disminuyeron significativamente ($P \leq 0.05$) a valores entre 10.6 y 13.6 mg g⁻¹ de peso fresco (Figura 5 B). Después de 20 días, las plantas donde se aplicó ABA y AG₃ incrementaron significativamente ($P \leq 0.05$) la concentración de azúcares, entre 37.9 y 40.6 mg g⁻¹ de peso fresco (Figura 3 B). Finalmente, después de 30 días, las plantas donde se aplicó ASA y las plantas testigo mantuvieron la concentración de azúcares entre 24 y 24.4 mg g⁻¹ de peso fresco (Figura 5 B).

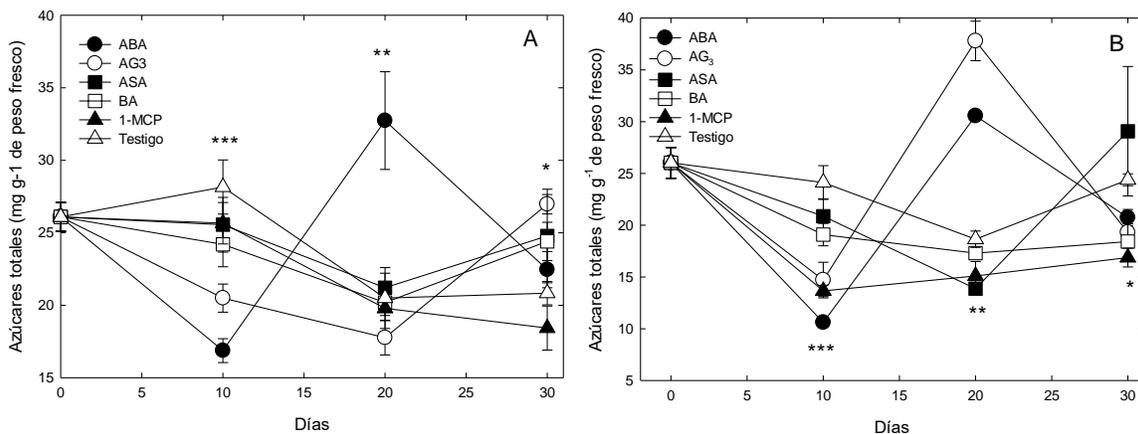


Figura 5. Cambios de azúcares totales en hojas (A) y brácteas (B) de 'Freedom red' asperjadas previamente con diferentes retardadores de la senescencia. Cada punto representa la media de cuatro observaciones y su error estándar.

Los azúcares totales en hoja de la variedad 'Prestige red' iniciaron con 21 mg g⁻¹ de p.f. (Figura 6 A). Díez días después, los azúcares disminuyeron significativamente en las plantas donde se aplicó ASA y BA entre 12.9 y 13.8 mg g⁻¹ de p.f. (Figura 6 A). En tanto que en el resto de las plantas se mantuvo entre 15.7 y 18.9 mg g⁻¹ de p.f. (Figura 6 A). Después de 20 días, en las plantas donde se aplicó 1-MCP los azúcares totales en la hoja se incrementaron significativamente hasta 34.3 mg g⁻¹ de peso fresco; el resto de los tratamientos se mantuvo entre 13.5 y 19.5 mg g⁻¹ de peso fresco, a excepción de las plantas testigo que mostraron la menor concentración de azúcares

8.5 mg g⁻¹ de peso fresco (Figura 6 A). El día 30 de evaluación no se detectaron diferencias entre tratamientos y los niveles de azúcares totales en las hojas se obtuvieron entre 11.6 y 21.7 mg g⁻¹ de p.f. (Figura 6 A).

Los azúcares en brácteas iniciaron con 27.2 mg g⁻¹ de peso fresco (Figura 6 B). Diez días después la concentración de azúcares totales se incrementó significativamente en las plantas donde se aplicó 1-MCP, a 43.4 mg g⁻¹ de peso fresco, las plantas donde se aplicó ASA tuvieron la menor concentración, 14.5 mg g⁻¹ de peso fresco (Figura 6 B). El resto de las plantas se mantuvo entre 17.1 y 26 .8 mg g⁻¹ de peso fresco (Figura 6 B). En el día 20 de evaluación las plantas testigo tuvieron la menor acumulación de azúcares en brácteas, con 10.9 mg g⁻¹ de peso fresco (Figura 6 B), las plantas donde se aplicó ABA y 1-MCP siguieron manteniendo los valores mayores, entre 28.7 y 31.3 mg g⁻¹ de peso fresco (Figura 6 B). El último día de evaluación las plantas tratadas con 1-MCP mostraron la mayor concentración de azúcares con 26.8 mg g⁻¹ de peso fresco, y las tratadas con AG₃ y BA la menor concentración (Figura 6 B).

Colinas *et al.* (2006) indicaron que los azúcares en el estrato inferior (hojas, 18 mg g⁻¹ de peso fresco) es menor comparado con el estrato superior (brácteas, 24 mg g⁻¹ de peso fresco) cuando evaluaron el crecimiento de dos variedades de nochebuena. Similar tendencia se observó durante el presente trabajo. En nochebuena no se han realizado estudios de la relación entre los azúcares totales y la calidad en poscosecha de la planta. Sin embargo, Islam y Joyce (2015) sugieren que probablemente la abscisión de ciatios se atribuye a la disminución de azúcares.

En el presente experimento, en 'Freedom red' no se observa un efecto claro en la dinámica de los azúcares con relación a la aplicación de las diferentes moléculas antisenescencia (Figuras 5). No así, en la variedad 'Prestige red' donde en las plantas que se aplicó 1-MCP, mostró incremento y mayor concentración de azúcares en las hojas y brácteas (Figura 6). Embry y Nothnagel (1994) reportan que al evaluar dos variedades 'Amy' y 'Lilo' en respuesta al estrés por luz en poscosecha, concluyeron que 'Amy' fue más susceptible al estrés por baja intensidad luminosa que 'Lilo', indicando que el componente genético es un aspecto importante a considerar en el comportamiento poscosecha. Islam y Joyce (2015) indican que recientemente se han introducido cultivares que muestran mejor calidad en poscosecha.

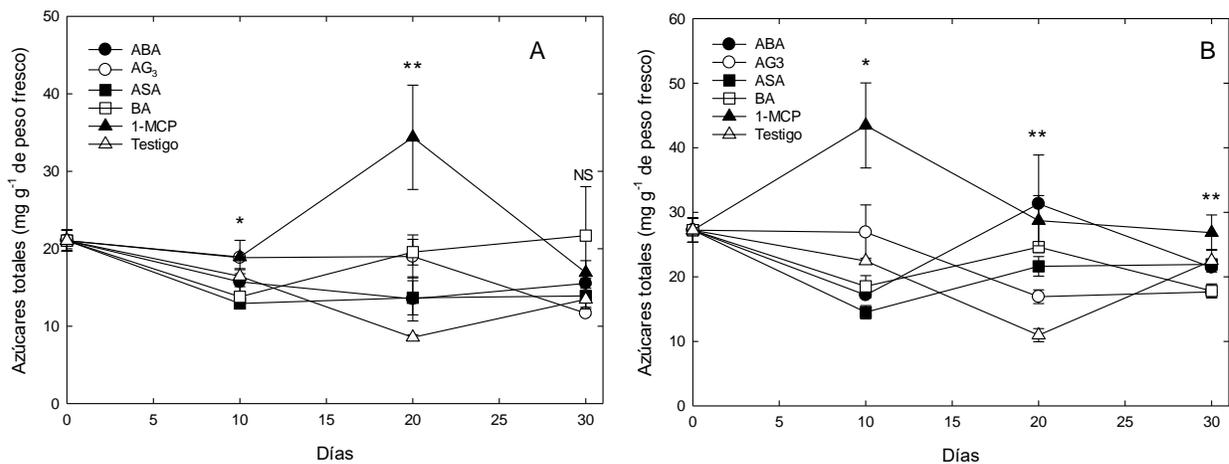


Figura 6. Cambios de azúcares totales en hojas (A) y brácteas (B) de 'Prestige red' asperjadas previamente con diferentes retardadores de la senescencia. Cada punto representa la media de cuatro observaciones y su error estándar.

2.3.4 Respiración

La respiración en las hojas de 'Freedom red' disminuyó durante el periodo de evaluación, las plantas donde se determinó una mayor respiración fueron las plantas donde se aplicó ASA, AG₃ y ABA (Figura 7 A). Estas mismas plantas mostraron la menor concentración de azúcares (Figura 5). Sugiriendo que la disminución de azúcares totales en las hojas se atribuye a que son utilizados como sustrato de la respiración. En las brácteas la mayor respiración fue en las plantas donde sea aplicó ASA (Figura 7 B). El ácido acetilsalicílico tiene la capacidad de regular la producción de etileno (Paul y Pandey, 2016) y también la capacidad de incrementar la expresión de proteínas de la ruta alternativa oxidasa e incrementar por lo tanto el consumo de oxígeno y la termogénesis (Rhoads y McIntosh, 1994).

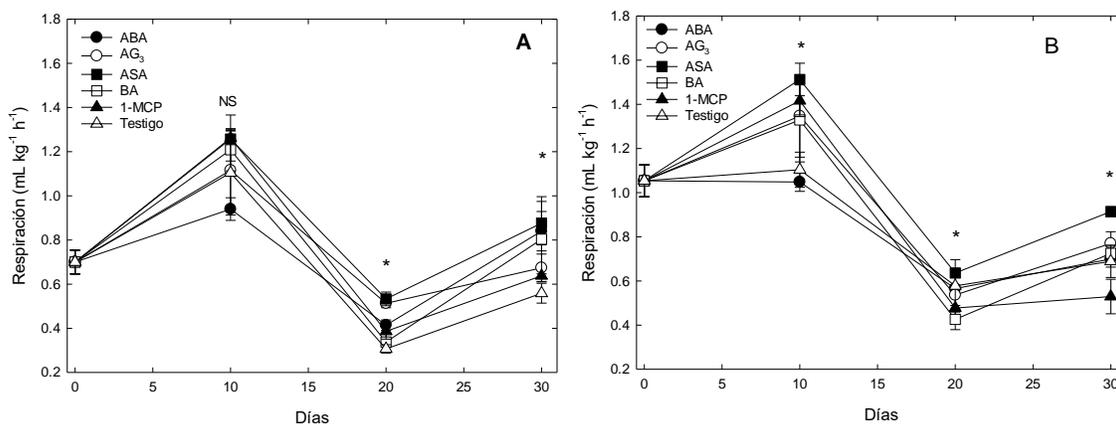


Figura 7. Respiración en hojas (A) y brácteas (B) de 'Freedom red' tratadas con diferentes compuestos antisenescencia. Cada punto representa la media de tres observaciones y su error estándar.

La respiración en las hojas y brácteas de 'Prestige red' fue significativamente menor que en 'Freedom red' (Figura 8). En hojas y brácteas las plantas donde se aplicó AG₃ fue la que en promedio mostró la menor velocidad de respiración (Figura 8 A y B). Se sabe que las plantas que tienen una menor respiración tienen una mayor vida de anaquel. Por lo que se sugiere que el AG₃ puede ser importante para retrasar los signos de senescencia en 'Prestige red'.

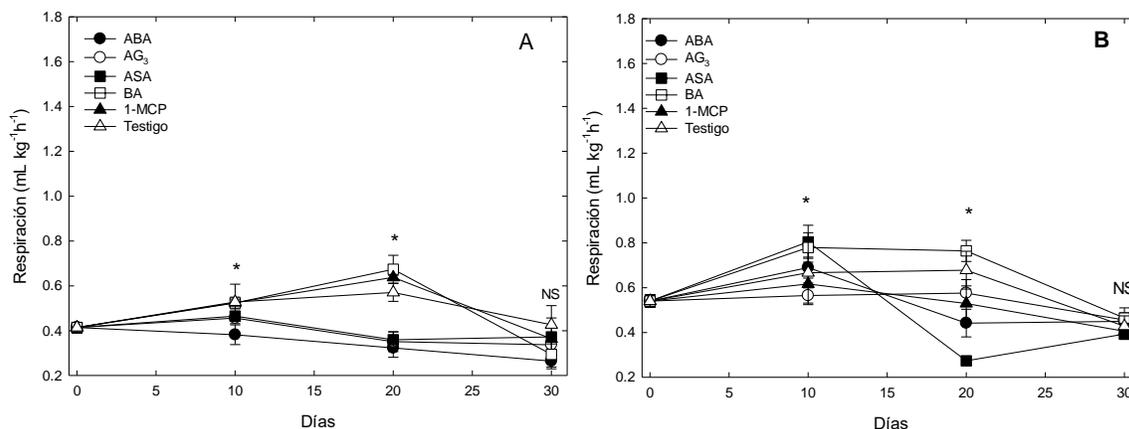


Figura 8. Respiración en hojas (A) y brácteas (B) de 'Prestige red' tratadas con diferentes compuestos antisenesescencia. Cada punto representa la media de tres observaciones y su error estándar.

2.3.5 Apariencia

La apariencia se mantuvo entre buena y excelente después de 20 días en todas las plantas (Figura 9). A los 30 días de evaluación en las plantas donde se aplicó ABA y las plantas testigo mostraron una apariencia regular; mientras que las plantas de los demás tratamientos aún tenían buena apariencia (Figura 9).

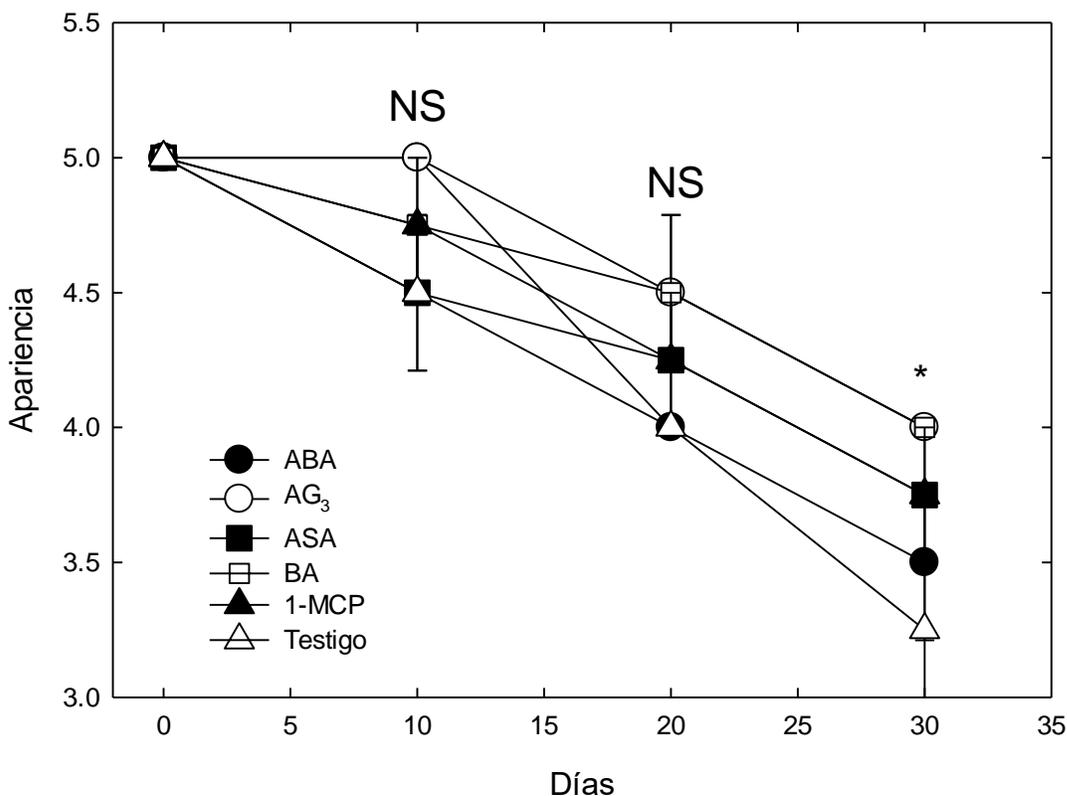


Figura 9. Comportamiento de la apariencia de nochebuena evaluando su vida poscosecha, suministrándole sustancias preservadoras en ‘Freedom red’. Cada punto representa la media de cuatro observaciones y su error estándar

La apariencia en ‘Prestige red’ se mantuvo excelente los primeros 10 días de evaluación; ya después de 20 días las plantas tratadas con ASA y testigo mostraron una apariencia buena, mientras que el resto de los tratamientos tenían una apariencia excelente (Figura 10). Al día 30 de evaluación las plantas tratadas con BA y AG₃ aún mantuvieron una excelente apariencia, y las plantas tratadas con ABA, 1-MCP y testigo, ya estaban con apariencia buena, lo que sugiere que las hojas y brácteas aún permanecían en la planta, sin presentar daños (Figura 10).

Islam y Joyce (2015) indican que todas las variedades de nochebuena son clasificadas en las categorías de ‘excelente’, ‘buena’ o ‘abajo del promedio’ después de cuatro semanas en postproducción verificando aspectos como el quemado de hojas, caída de brácteas, amarillamiento de las hojas, caída de hoja, daño de la bráctea, entre otros. En el presente estudio, en la variedad ‘Prestige red’ se observó que la aplicación de BA, AG₃, 1-MCP y ABA mantuvieron por más tiempo la apariencia de la planta, en ‘Freedom Red’ el ABA mostró un mejor efecto (Figuras 9 y 10).

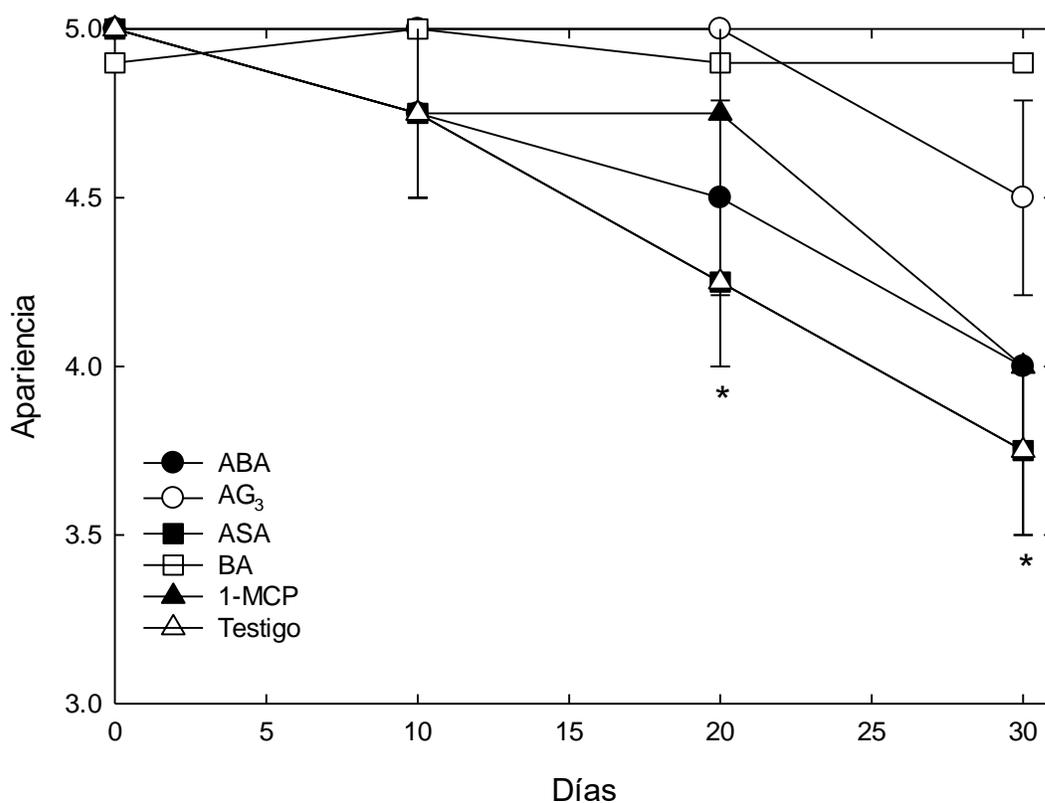


Figura 10. Comportamiento de la apariencia de nochebuena evaluando su vida poscosecha, suministrándole sustancias preservadoras en ‘Prestige red’. Cada punto representa la media de cuatro observaciones y su error estándar.

Celikel y Reid (2002), mencionan que la vida de anaquel de *Matthiola incana*, se mantiene por mayor tiempo cuando se aplica 1-MPC, debido a que retrasa la deshidratación y abscisión de los pétalos, lo anterior debido a que se provoca un mayor aumento en la absorción de agua por la plantas tratadas y por ende mantiene hasta en seis días más la vida de anaquel que las plantas testigo.

2.3.6 Abscisión de hojas, brácteas, flores y epinastia o plantas enfermas

La calidad de las plantas 'Freedom red' evaluadas mostraron que cuando se aplicó BA y AG₃ tuvieron la menor abscisión de flor (Figura 11 A). La abscisión de hoja fue significativamente menor en las plantas donde se aplicó AG₃, BA, ASA y 1-MCP (Figura 11 B). La mayor abscisión de bráctea fue en las plantas donde se aplicó ASA y BA (Figura 11 C). Finalmente, la apariencia de plantas enfermas o con epinastia menor fueron aquellas donde se aplicó SA y BA (Figura 11 D). La mayor abscisión de flores, hojas, brácteas y enfermas o con epinastia fueron las plantas testigo y en las plantas donde se aplicó ABA (Figura 11 A-D).

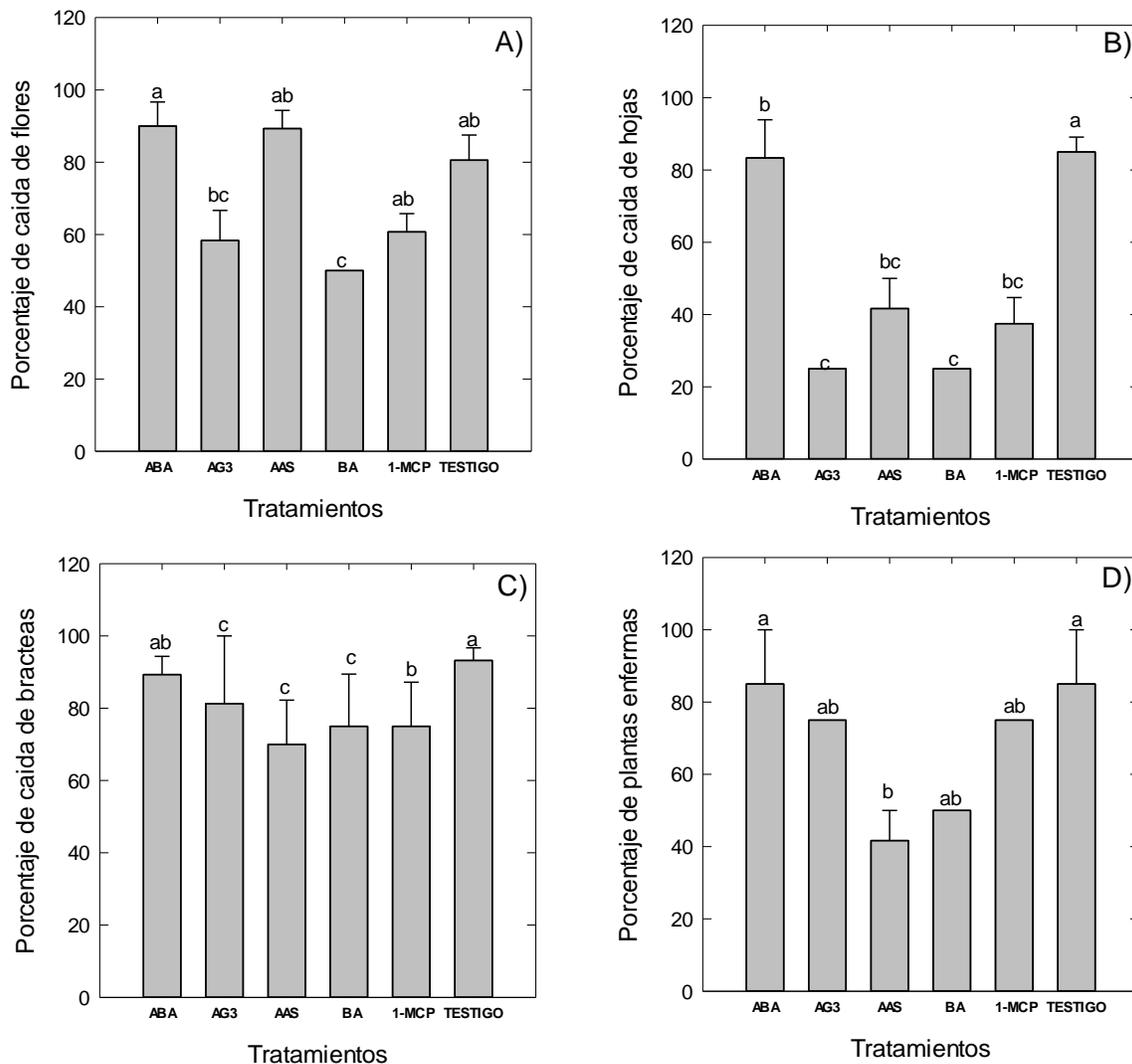


Figura 11. Promedios totales de: A) Comportamiento de la caída de flores; B) Hojas; C) Bráctea y D) Porcentaje de plantas enfermas en plantas de nochebuena evaluando su vida poscosecha, suministrándole sustancias preservadoras en 'Freedom Red'.

En 'Prestige red' las plantas tratadas con AG₃ y BA mostraron significativamente menor abscisión de flores, hojas y brácteas (Figura 12 A, B y C). En el porcentaje de plantas enfermas o con epinastia no se detectaron diferencias significativas entre tratamientos (Figura 12 D).

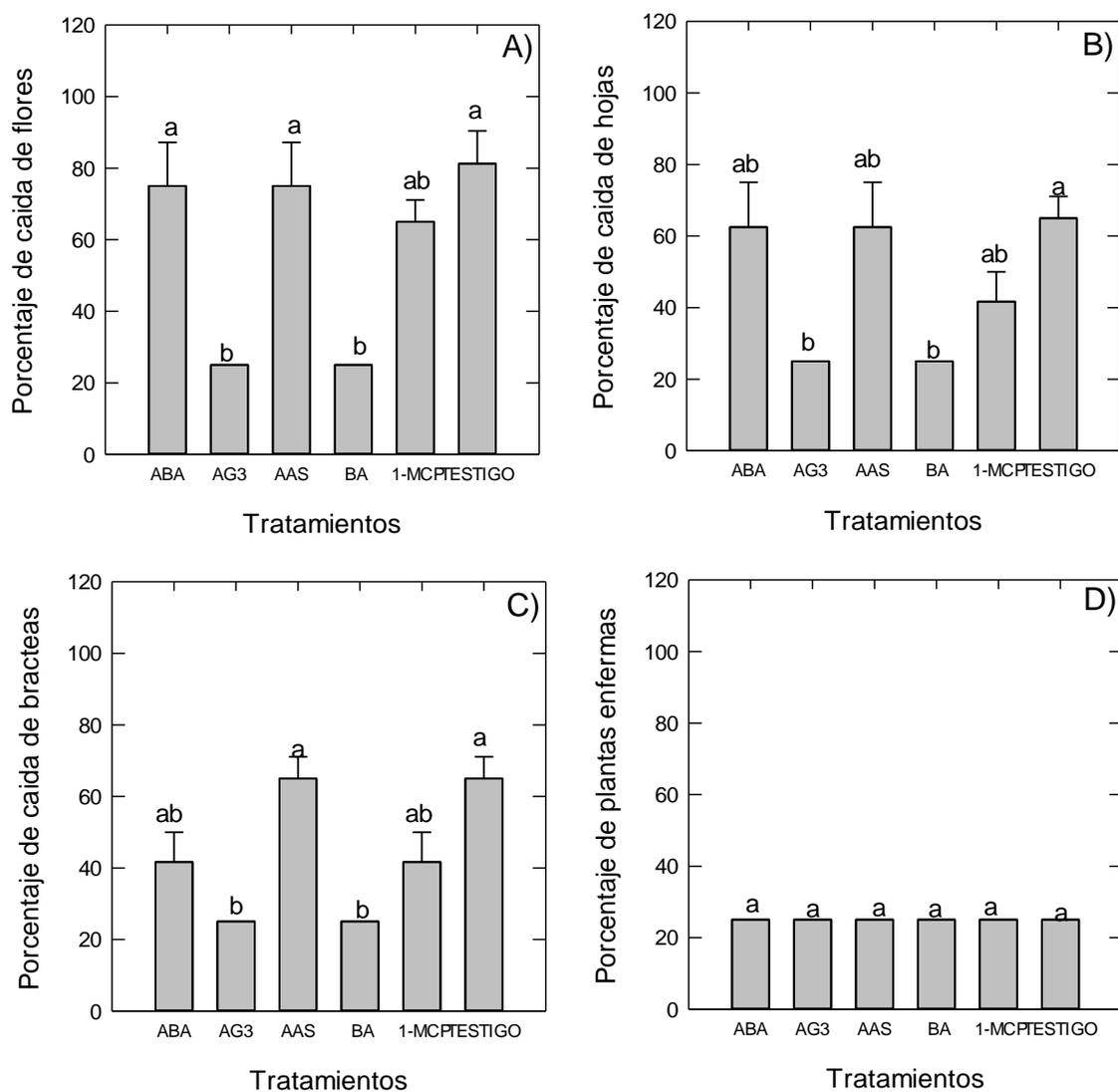


Figura 12. Promedios totales de: A) Comportamiento de la caída de flores; B) Hojas; C) Bráctea y D) Porcentaje de plantas enfermas en plantas de nochebuena evaluando su vida poscosecha, suministrándole sustancias preservadoras en 'Prestige Red'.

Actualmente las nochebuenas se han mejorado genéticamente para mantener su calidad por más tiempo y ofrecer mayor satisfacción al consumidor. Sin embargo, aun con esas características, las nochebuenas no pueden mantener adecuadamente su calidad si son expuestas a condiciones adversas o mal manejo en poscosecha (Ecke

et al., 2004). La abscisión de flores, hojas y brácteas es uno de los principales indicadores de que una planta de nochebuena este comenzando su proceso de senescencia o puede ser ocasionado por el daño mecánico cuando se transportan, ya que el empaçado con mangas de papel o plástico pueden causar el incremento en la producción de etileno que desemboca en los síntomas antes mencionados (Staby *et al.*, 1978; Sacalis, 1978; Salveit *et al.*, 1979; Ecke *et al.*, 2004; Islam y Joyce, 2015). En el presente trabajo las plantas de nochebuena de las dos variedades evaluadas respondieron de manera positiva al aplicar los tratamientos de AG₃ y BA (Figuras 9 y 10). Las plantas tratadas con AG₃ y BA fueron las que lograron mantener por más tiempo sus órganos, esto debido a que el AG₃ una de sus principales funciones en la vida poscosecha de las plantas tienen un efecto de retrasar en muchas plantas el amarillamiento y caída de sus hojas (Han, 1997; Ichimura y Goto, 2000). Las plantas tratadas con BA evitaron la caída de órgano en su vida poscosecha, existen reportes que al utilizar BA extiende la vida poscosecha y evita la abscisión de flores en rosas miniatura (Serek y Andersen, 1993).

Los tratamientos de ASA y 1-MCP si logran tener un efecto en la preservación de los órganos en las plantas en las dos variedades, aunque no fueron los mejores tratamientos pero si se observa una mejor calidad en comparación con las plantas del tratamiento testigo, debido a que cuando se usa AAS en las plantas provoca el cierre estomático y reduce la transpiración (San Miguel *et al.*, 2003), en nochebuena Samarakoon y Faust (2019) reportan que la aplicación de ácido salicílico en dosis de 150 0 300 mg L⁻¹ disminuyen la pérdida de agua en esquejes de nochebuena 'Prestige red'. Mientras que cuando se usa 1-MCP su principal efecto es actuar sobre la molécula de etileno evitando la epiniastia y senescencia de la planta (Zoffoli, 2002).

Los resultados, también indican que la aplicación de ABA y testigo son los que menor efecto presentaron en las plantas de nochebuena, el tratamiento testigo por la ausencia de sustancias preservadoras y el ABA debido a que su principal función es balance de agua en condiciones de estrés con el cierre estomático y con la mantención de agua por la raíz, y no evitar la caída de órganos en la planta, ya que la senescencia de las plantas continua de manera normal al utilizar o no usar ABA para evitar la caída de órganos en las plantas (Assmann, 2004 y Li *et al.*, 2006).

2.4 Conclusiones

La aplicación de AG₃ y BA en las dosis evaluadas mantienen por mayor tiempo una apariencia excelente así como la calidad final en las plantas de nochebuena de las variedades Freedom Red y Prestige Red.

2.5 Literatura citada.

- Alia, T. I., L. A. Valdez-Aguilar, E. Campos-Bravo, M de J. Sainz-Aispuro, G. A. Pérez-Arias, M. Andrade-Rodríguez, V. López-Martínez, A. Alvear-García. 2011. Efecto de la aspersion de ácido gibérelico en el crecimiento de cinco cultivares de nochebuena. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. Publicación Especial 3: 577-580
- Assmann, S.M. 2004. Abscisic acid signal transduction in stomatal responses. pp. 391-412. In: Davies, P.J. (ed.). Plant hormones. Kluwer Academic, Dordrecht. 750 p.
- Blanchard, M.G.; E. S. Runkle. 2008. Increasing stem elongation and bract size of poinsettia 'Freedom red' with gibberellins and benzyladenine. Acta Hort. 774: 209-215.
- Castillo, M.L.E. 2011. Introducción al SAS® para windows. Chapingo: Universidad Autónoma Chapingo.

- Canakci, S., Ö. Murzuroglu. 2007. Effects of acetylsalicylic acid on cucumber (*Cucumis sativus* L.) seeds. *Pakistan Journal of Biological Sciences* 10(17): 2930-2934.
- Celikel, F y M.S Reid. (2002). Postharves Handling of stock (*Matthiola incana*). *Hortscience*. 37: 144-147.
- Colinas, L. M. T., I. Alia T., C. Bautista B, L. A. Valdéz A. 2006. Fluctuación de carbohidratos durante el Desarrollo de nochebuena (*Euphorbia pulcherrima* Willd) en dos localidades. *Rev. Fitotec. Mex.* 29 (Núm. Especial 2): 63-68.
- Ecke P., J. E. Faust, J. Williams and A. Higgins. 2004. *The Ecke Poinsettia Manual*. Ball Publishing. Illinois, USA. 286 p.
- Embry, J.L., E. A. Nothnagel. 1994. Leaf senescence of postproduction poinsettias in low-light stress. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 119(5): 1006-1013.
- Ferrante, A., A. Trivellini, D. Scuderi, D. Romano, P. Vernieri. 2015. Post-Production physiology and handling of ornamental potted plants. *Postharvest Biology and Technology* 100: 99-108.
- Finger, F. L., T. P. Silva, F. F. Araujo, J. G. Barbosa. 2016. Postharvest quality of ornamental plants. In: *Postharvest ripening physiology of crops*. Pareek, S. (ed.). CRC Press-Taylor & Francis Group. pp: 81-108.
- García, P. F., Ramírez, R. S., Osuna, C. F. de J., Ocampo, O. T. 2009. Enfermedades de las principales ornamentales de Morelos. SAGARPA-INIFAP. D. F., México. Folleto Técnico. Núm. 39. 30 p.
- García-Pérez, F., I. Alia-Tejacal, G. Vargas-Domínguez, L.A. Valdez-Aguilar, J. Canul-Ku, V. López-Martínez, F. de J. Osuna-Canizalez, M. T. Colinas-León, S. Ramírez-Rojas. 2013. Comportamiento de variedades comerciales de nochebuena en Morelos. Centro de Investigación Regional Pacífico Sur, Campo Experimental Zacatepec. Folleto Técnico Núm. 74.
- Gent, M. P. N., R. J. McAvoy. 2000. Plant Growth Retardants in Ornamental Horticulture: A Critical Appraisal. In: *Plant Growth Regulators in Agriculture and Horticulture*. Basra, A. S. (ed.). Haworth Press. New York, USA. pp: 89-145.

- Islam, M.A., D. C. Joyce. 2015. Postharvest behavior and keeping quality of potted poinsettia: A review. *Research in Agriculture, Livestock and Fisheries* 2(2): 185-196.
- Ichimura K. Goto R. 2000. Effect of Gibberellin A₃ on Leaf Yellowing and Vase Life of Cut Narcissus tazetta var. chinensis Flowers. Falta información del artículo
- Jiang, F. L. Wu, A. J. MacNish, A. King, M. Yi, M.S. Reid. 2008. Thidiazuron, a non-metabolized cytokinin, shows promise in extending the life of potted plants. *Acta Hort.* 847: 59-66.
- Joyce, D., J. Faragher. 2012. Cut flowers. *In: Crop Post Harvest: Science and Technology*. Rees, D., F. Farrel, J. Orchard. (eds.) Wiley-Blackwell. pp: 414-438.
- Kim, Y.J., K.S. Kim. 2012. 1-MCP improves display life in Begonia x hiemalis 'Blitz' and 'Carnival'. *Korean Journal Sci, Technol.* 30: 152-157.
- Li, S., S.M. Assmann and R. Albert. 2006. Predicting essential components of signal transduction networks: A dynamic model of guard cell abscisic acid signaling. *PLoS Biology* 4(10): 1732-1748.
- Nell, T. A., R. T. Leonard, J. E. Barret. 1995. Production factors affect the postproduction performance of poinsettia –a review. *Acta Hort.* 405: 132-137.
- Ornelas, R. F., R. Ambriz C., J. de D. Bustamante O. 1990. Delimitación y definición de agrohabitats del estado de Morelos. Sarh-INIFAP-CIAFEM. Zacatepec, México. Folleto Técnico, Núm. 8. 16 p.
- Salveit, R. M. 2016. Respiratory metabolism. *In: Postharvest Ripening Physiology of Crops*. Pareek, S. (ed.). CRC Press, Boca Raton, Florida, USA. pp: 139-156.
- Steiner, A. A. 1984. The universal nutrient solution *In: Proc. 5th Int. Congr. Soiless Cult.* pp: 633-649.
- Salveit, M. E. Jr., D. M. Pharr, R. A Larson. 1979. Mechanical stress induces ethylene production and epinasty in poinsettia cutlivers. *Journal of the American Society for Horticultural Science.* 104(4): 452-455.
- San Miguel, R.; Gutiérrez, M.; Larqué–Saavedra, A. 2003. Salicylic acid increases the biomass accumulation of *Pinus patula*. *Southern Journal of Applied Forestry* 27: 52–54.

- Serek, m., A. Andersen. 1993. AOA and BA influence on floral development and longevity of potted victory parade miniature rose. *HortScience* 28: 1039-1040.
- Sacalis, J.N. (1978). Evolution by petioles of sleeved poinsettia plants. *Hortscience* 13(5): 594-596.
- Satish, V. K., J. Kabir, M. Wasim S. 2017. Gibberellins: the roles in pre and postharvest quality of horticultural produce. In: *Postharvest management of horticultural crops. Practices for quality preservation*. Wasimm M. S., A. Ali. (ed.). Apple Academic Press and CRC Press- Taylor & Francis Group. Pp:181-230.
- Staby, G. L., J. F. Thompson, A. M. Kofranek. 1978. Postharvest characteristics of poinsettias as influenced by handling and storage procedures. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 103(6): 712-715.
- SIAP. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. 2018. Cierre de la Producción Agrícola por Cultivo. En línea: <https://nuebe.siap.gob.mx/cierreagricola/> Consultado el 30 de febrero del 2019.
- Sterling, B., P. Molenaar. 1986. The influence of time and temperature during simulated shipment on the quality of pot plants. *Acta Hortic.* 181-: 429-434.
- Sun, Y., L.B. Stack, D Zhang, Z. Gu. 2011. Control growth of *Euphorbia pulcherrima* Willd. Ex Klotzsch 'Sonora Jingle' and 'Sonora White' using ethephon. *Hort. Environ. Biotechnol.* 52(4): 351-356.
- Ornelas, R. F., R. Ambriz C., y J. de D. Bustamante O. 1990. Delimitación y definición de agrohabitats del estado de Morelos. SARH-INIFAPCIFAEM. Zacatepec, México. Folleto técnico Núm. 8. 16 p.
- Paul, V., R. Pandey. 2016. Internal atmosphere of fruits: role and significance in ripening and storability. In: *Postharvest ripening physiology of crops*. Pareek, S. (ed.) CRC Press and Taylor and Francis Group. pp: 359-411.
- Rhoads, D. M., L. McIntosh 1992. Salicylic acid regulation of respiration in higher plants: alternative oxidase expresión. *The Plant Cell* 4: 1131-1139.
- Samarakoon, U.C., J. E. Faust. 2019. Quantifying the effects of chelated calcium and salicylic acid on the postharvest quality of poinsettia cuttings. *HortTechnology* 29(1): 30-34.

- Trejo L., Feria Arroyo T. P., K. M. Olsen, L. E. Eguiarte, B. Arroyo, J. A. Gruhn and M. E. Olson. 2012. Poinsettia's wild ancestor in the Mexican dry topics: historical, genetic, and environmental evidence. *American Journal of Botany* 99:1146–1157.
- Trejo, L., E. Briones-Dumas, R. Gómez-Bermejo, M. E. Olson. 2018. Molecular evidence for repeated recruitment of wild Christmas poinsettia (*Euphorbia pulcherrima*) into traditional horticulture in Mexico. *Genetic Resour. Crop Evol.* 66(2):481-490.
- Vázquez, G. L. M., Salome, C. E. 2004. Nochebuena (*Euphorbia pulcherrima*) Cuetlaxochitl. UNAM. Ed. Sigome, Toluca, Estado de México. 129 pp.
- Zoffoli, J. P. 2002. Una novedosa alternativa para prolongar la conservación de frutas. *Agronomía y forestal UC.* pp 14 – 17.

CAPÍTULO III

Aplicación de etefón en la pigmentación de nochebuena (*Euphorbia pulcherrima* Ex. Klotsch).

RESUMEN.

Se evaluó el comportamiento del color de brácteas de nochebuena en dos variedades ambas con brácteas de color rojo. Las plantas se trataron con etefon (Ethrel®) en distintas concentraciones, con la finalidad de acelerar el proceso de pigmentación de las brácteas. Se evaluó el color de las brácteas en sus tres componentes (Luminosidad (L*), cromaticidad (C*) y el ángulo de matiz (h)). Se colectaron brácteas de los tratamientos de las dos variedades al inicio del experimento, 7 días después de la primera aplicación y 7 días después de la segunda aplicación, con las brácteas se evaluó la concentración de antocianinas totales para determinar si hubo un cambio en estas. La cuantificación de antocianinas totales fue mediante el método de diferencia de pH.

3.1 INTRODUCCIÓN

La nochebuena es una planta originaria de México, específicamente de la región norte del Estado de Guerrero (Trejo *et al.*, 2012). Es considerada un símbolo floral de la navidad y actualmente se conocen y cultivan más de 300 cultivares de varios tamaños y colores (Trejo *et al.*, 2018). En México, durante 2018 se cultivaron cerca de 19.4 millones de plantas, las cuales se cultivaron principalmente en los estados de Morelos, Michoacán, Ciudad de México y Puebla (SIAP, 2019). El Morelos se cultivaron cerca de seis millones cien mil plantas en 2018 (SIAP, 2019). García *et al.* (2009) indican que representa 50 % del PIB en el sector agropecuario de la entidad, ya que ofrece cerca de 24 000 empleos directos al año, ocho jornales por hectárea, sin contar los empleos indirectos y temporales.

La producción de la nochebuena en Morelos se realiza desde los 1000 hasta los 1800 m en Morelos (Alia-Tejacal *et al.*, 2011). Sin embargo, la calidad de la planta en los diferentes ambientes de producción poco se ha documentado. Se considera que la altura de la planta, número de brotes, tamaño de bráctea y el color de la misma son los principales parámetros de la calidad de la planta finalizada. Para obtener una planta

de calidad adecuada durante su desarrollo se realizan diferentes actividades agronómicas y entre ellas el uso de reguladores de crecimiento; afectando de forma diferencial la calidad de la planta de nochebuena.

El color rojo de las brácteas de nochebuena se atribuye a las antocianinas, principalmente a cianidina 3-galactosido, cianidina 3-glucosido, cianidina 3-rutinosido, pelargonidina 3-glucosido y pelargonidina 3-rutinosido (Slatnar *et al.*, 2013). El color de la nochebuena se ha reportado que no es afectada por la aplicación de giberlina cuando se aplica entre 7 y 14 días después de la primera poda en planta cultivada en maceta de 15.3 cm (Alia-Tejacal *et al.*, 2011). Sin embargo, la aplicación de daminozide (2500 mg L⁻¹) o cloromequat (1500 mg L⁻¹) una semana antes del inicio de los días cortos retrasa en 3 días la antesis (Bailey y Miller, 1991). Sun *et al.* (2011) reportan que la aplicación de etefón en tres ocasiones en dosis de 500 a 700 mg L⁻¹ antes y después de antesis retrasa la pigmentación.

Sin embargo, aún no se ha explorado la aplicación del etefón cuando la pigmentación de la bráctea es mayor al 50 %, con la finalidad de acelerar el proceso pigmentación e incrementar la síntesis de antocianinas de tal manera que el color de la bráctea se intensifique. Diversos autores indican que el etefón induce la síntesis de antocianinas en manzana y uva, mejorando significativamente el color final del fruto (El-Kereamy *et al.*, 2003; Ewa, 2004). En el presente trabajo se realizaron aplicaciones de etefón en dos variedades de nochebuena, con la finalidad de determinar su efecto en los componentes del color y las antocianinas totales, para posteriormente realizar una recomendación técnica del uso de este regulador de crecimiento en la fase final del cultivo de nochebuena.

2.2 Materiales y Métodos

2.2.1 Localización

El experimento se realizó en el Módulo de Ornamentales y Laboratorio de Producción Agrícola de la Facultad de Ciencias Agrícolas en la Universidad Autónoma del Estado de Morelos, ubicado en Chamilpa, municipio de Cuernavaca, Morelos (18° 58' 52.87" LN y 99° 13' 57.92" LO a 1867 de altitud). La clasificación del clima indica que es un clima semicálido (A(C)) (Ornelas *et al.*, 1990).

2.2.2 Material Vegetal

Se adquirieron esquejes de 21 días de enraizados de dos variedades de nochebuena, 'Freedom Red' y 'Prestige Red', en la empresa Floraplant®.

Se evaluó la aplicación foliar de Etefón (Ethrel®) en distintas concentraciones, y frecuencias con la finalidad de adelantar la pigmentación de las brácteas de las plantas de nochebuenas (Cuadro 19).

Cuadro 19. Aplicación de Etefón en dosis y fase del cultivo en nochebuena.

Producto	Dosis	Frecuencia
Etefon (Ethrel®)	50 mg L ⁻¹	60 % de color de bráctea y 7 días después (fase final del cultivo)
Etefon (Ethrel®)	100 mg L ⁻¹	60 % de color de bráctea y 7 días después (fase final del cultivo)
Etefon (Ethrel®)	200 mg L ⁻¹	60 % de color de bráctea y 7 días después (fase final del cultivo)
Etefon (Ethrel®)	300 mg L ⁻¹	60 % de color de bráctea y 7 días después (fase final del cultivo)
Testigo	0 mg L ⁻¹	Durante todo el cultivo

3.2.3 Diseño Experimental

El diseño experimental fue un completamente al azar (DCA) la unidad fue una planta de nochebuena en una maceta de 15 cm de diámetro y se tuvieron 20 plantas de cada unidad experimental en cada tratamiento.

3.2.4 Manejo del Cultivo

El desarrollo de los cultivos se realizó bajo cubierta plástica del tipo vertitunel con ventilación cenital de un ancho de 8 m por 6.20 m de altura, cubierto por un plástico pigmentado blanquecino de calibre 720 y una capacidad de sombreo de 50 %. Los esquejes fueron trasplantados en maceta de 15 cm de diámetro, conteniendo una mezcla de sustrato compuesta por tierra de hoja, tezontle, fibra de coco y agrolita en

concentraciones (60:15:15:10 v/v), las plantas se podaron a los 21 días después del trasplante para favorecer el desarrollo de brotes laterales dejando entre 6 y 7 yemas. Las plantas se desarrollaron a una densidad de 9 macetas por m². La fertilización de las plantas se realizó mediante fertirrigación aplicando aproximadamente 300 mL de la solución universal de Steiner (1984) al 100 % durante el desarrollo de raíces, 120 % durante el desarrollo y 100 % en pigmentación de las brácteas. Los riegos se alternaron haciendo 2 riegos con solución universal seguida de un riego con agua de llave, en ambas formas de riego se mantenía un pH ajustado a 5.5 con ácido nítrico. %. Cada 20 días se realizaron aplicaciones de fungicidas como Cercobin® (Metil tiofanato, BASF®) y Daconil, en dosis de 1 g L⁻¹ para la prevención y control de *Alternaria* sp., *Botrytis* sp., para pudriciones de raíz se utilizó Previcur N (Propamocarb + Fosetil) a 0.5 mL.L⁻¹ más Promyl (Benomilo) a 0.5 g.L⁻¹.

Para el control de mosca negra (*Fungus gnat*) se utilizó Vydate L (Oxamil 24 %) 1 mL.L⁻¹ en drench para el control de larva de mosca negra. Para el control de moquita blanca (*Bemisia tabaco*, *Trialeurodes vaporariorum*, *Bemisia argentifolii*), se utilizó Venom (Dinotefuran) a 1g.L⁻¹ en drench para el control de estadios inmaduros de moca blanca, mientras que para control de adultos se utilizó Evisect (Tiocyclam-Hidrogenoxalato 49.5%) a 0.75g.L⁻¹ vía foliar. Para control de araña roja (*Tetranychus urticae*) se utilizó avalanch (Abamectina 1.8%) aplicando via foliar 1 mL.L⁻¹

3.2.5 Variables evaluadas

Se evaluó el color de las brácteas en sus tres componentes (Luminosidad (L*), cromaticidad (C*) y el ángulo de matiz (h)). Los componentes del color se evaluaron al inicio del experimento, a la primera y segunda aplicación de los tratamientos con un espectrofotómetro manual X-rite®, mod. SP64 proporcionando la Luminosidad (L*) donde valores de 0 indican negro y 100 el blanco; la cromaticidad (C*) donde valores de 0 indican el gris y valores de 60 el color puro y el matiz (h) que indica valores cercanos a 0 un rojo purpura, valores cercanos a 90 el color amarillo, valores cercanos a 180 el color verde y valores de 270 valores cercanos al azul (Neguerula, 2012).

Se colectaron brácteas al inicio del experimento, 7 días después de la primera aplicación y 7 días después de la segunda aplicación, esto con la finalidad de observar

si se incrementó la pigmentación de las brácteas. Posteriormente con las brácteas colectadas durante el experimento se evaluó la concentración total de antocianinas mediante el método de diferencia de pH (Lee *et al.*, 2005).

Se prepararon dos soluciones amortiguadoras una con pH 1 y otra con pH 4.5. Solución amortiguadora con pH 1. Se pesaron 0.05 g de muestra de brácteas con ayuda de una balanza analítica (OHAUS, USA) de cada repetición de los tratamientos, posteriormente se trituraron las muestras con las dos soluciones amortiguadoras con ayuda de un Ultraturrax (IKA®, Estados Unidos) posteriormente se filtraron las muestras con papel filtro estándar y se midieron con un espectrofotómetro (Genesys UV-Vis 10s, USA) a dos longitudes de onda 540 nm y 700 nm, esto fue para las muestras de los dos pH.

Una vez obtenidos los datos de las mediciones de las dos absorbancias en los dos pHs se transformaron los datos con la siguiente fórmula:

Pigmento antociánico (equivalente de cianidina 3 glucosido mg/L)=

$$\frac{A \times MW \times DF \times 10^3}{\epsilon \times l}$$

- $A = (A_{520 \text{ nm}} - A_{700 \text{ nm}})_{\text{pH 1}} - (A_{520 \text{ nm}} - A_{700 \text{ nm}})_{\text{pH 4.5}}$
- MW= (Peso molecular)= 449.2 g/mol de cianidina 3 glucosido.
- DF= factor de dilución establecido en D; l= longitud de ruta en cm.
- $\epsilon = 26,900$ coeficiente de extinción molar, en $\text{L} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$ para cianidina 3 glucosido.
- 10^3 = factor de corrección de gramos a miligramos.

3.2.6 Análisis de datos

Los datos obtenidos fueron analizados mediante análisis de varianza y comparación de medias por el método de la Diferencia Mínima Significativa utilizando el software SAS como lo indica Castillo (2011).

3.3 Resultados y discusión

En 'Freedom red', la luminosidad inicial fue de $L^* = 36.1$, siete días después se detectó que en las plantas testigo y donde se aplicó 300 mg L^{-1} de etefón mostraron valores entre $L^* = 37.2$ y 36.4 , el resto de los tratamientos mostró significativamente valores menores, entre $L^* = 34.4$ y 35.7 (Figura 13 A). Sin embargo 14 días después no se detectaron diferencia entre tratamientos (Figura 13 A). La cromaticidad mostró similar comportamiento que la luminosidad, al iniciar con valores de $C^* = 59.6$, y después de siete días de la aplicación del etefon, se mantuvo entre $C^* = 58.4$ y 60.2 ; ya después de 14 días la cromaticidad se incrementó hasta valores de $C^* = 62$ y 63.2 (Figura 13 B). No se detectaron diferencias significativas entre tratamientos (Figura 13 B). El matiz se incrementó en las plantas testigo de $h = 34.8$ al inicio del experimento a $h = 35.6$ después de 14 días (Figura 13C). El resto de los tratamientos alcanzó entre $h = 34.5$ y 35 , que fueron significativamente menores a las plantas testigo (Figura 13 C). No se detectaron diferencias en el contenido de antocianinas totales, al inicio se tenían 162.7 mg L^{-1} y después de 14 días de la aplicación, se tuvieron valores entre 175.6 mg L^{-1} y 220.1 mg L^{-1} , sin embargo, no se detectaron diferencias entre tratamientos (Figura 13 D).

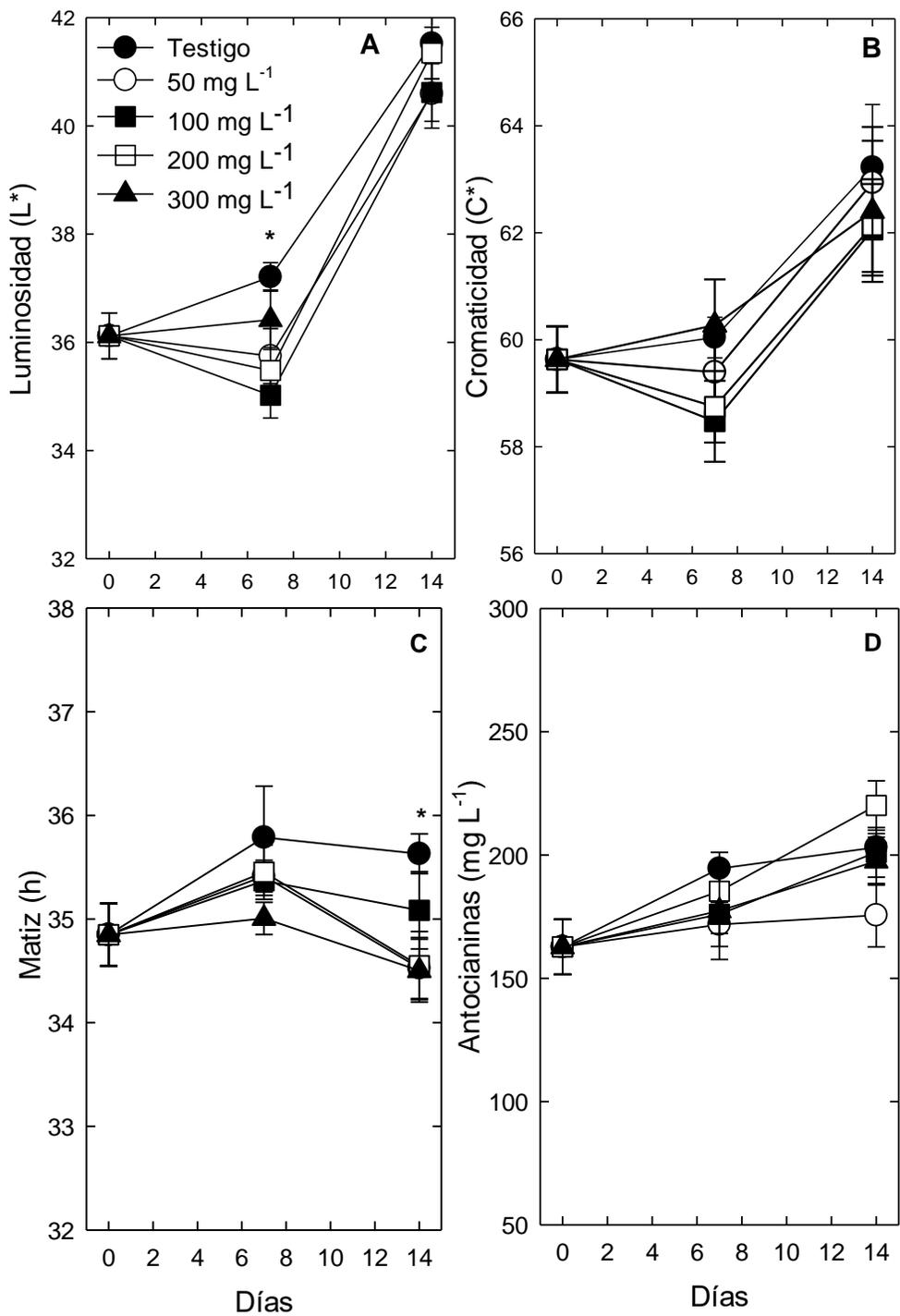


Figura 13. Efecto de la aplicación de etefón en los parámetros de color: Luminosidad (L*), Cromaticidad (C*), Matiz (h) y concentración de antocianinas en brácteas de nochebuena 'Freedom red'. Cada punto representa la media de 10 observaciones y su error estándar.

En el caso de 'Prestige red', la luminosidad inicial fue de $L^* = 34.8$, a los siete días después de la aplicación se incrementó en mayor proporción en las plantas testigo y en las que se aplicó 50 mg L^{-1} (Figura 14 A). Al final de las evaluaciones la luminosidad se incrementó entre $h = 40.43$ y 41.32 , pero sin detectarse diferencias significativas entre tratamientos (Figura 14 A). La cromaticidad inicial fue de $C^* = 59.1$, incrementándose entre $C^* = 58.2$ y 60.67 después de siete días; y aún después de 14 días se incrementó hasta $C^* = 61.4$ y 63.95 (Figura 14 B) y fue donde se detectaron diferencias entre tratamientos (Figura 14 B). El matiz inicio en $h = 35.5$, manteniéndose en valores similares después de siete días, y después de 14 días los valores disminuyeron entre $h = 34.2$ y 34.8 ; donde las plantas testigo mostraron los valores menores (Figura 2 C). Por otra parte, las antocianinas totales que inicialmente fueron de 158.2 mg L^{-1} se incrementaron a niveles entre 164.7 y 199.7 mg L^{-1} después de 14 días, y fue en las plantas testigo donde existió significativamente la mayor concentración (Figura 14 D).

Los resultados indican que la aplicación de etefón no favoreció una concentración mayor de antocianinas, sino una disminución de estos pigmentos y por lo tanto menor tendencia del color rojo hacia el púrpura, con mayor evidencia en la variedad 'Prestige red' (Figura 14 C y D). En nochebuena se recomienda la aplicación de etefón para disminuir el tamaño de la planta desde el inicio del cultivo hasta cercano a la pigmentación, en dosis de 500 a 1000 mg L^{-1} (Pérez-López *et al.* 2005; Sun *et al.*, 2011). En el presente trabajo, las dosis aplicadas fueron entre 50 y 300 mg L^{-1} , y aunque la tendencia es a disminuir la concentración de pigmentos y por lo tanto afecta el color de la brácteas; una mayor dosis a las evaluadas probablemente cause un efecto con mayor evidencia. Azcón-Bieto y Talón (2008) indican que los reguladores del crecimiento muestran diferentes efectos en las plantas en dependencia de la ontogenia de la misma y la dosis del regulador crecimiento aplicado. En este caso, cuando la planta de nochebuena muestra tendencia a disminuir los pigmentos y color en las brácteas cuando se aplica después de alcanzar 60% de pigmentación de la bráctea. Sin embargo es importante mencionar, que a pesar de que los cambios son detectables con el espectrofotómetro y con la concentración de las antocianinas, a ojo desnudo no se observan cambios evidentes.

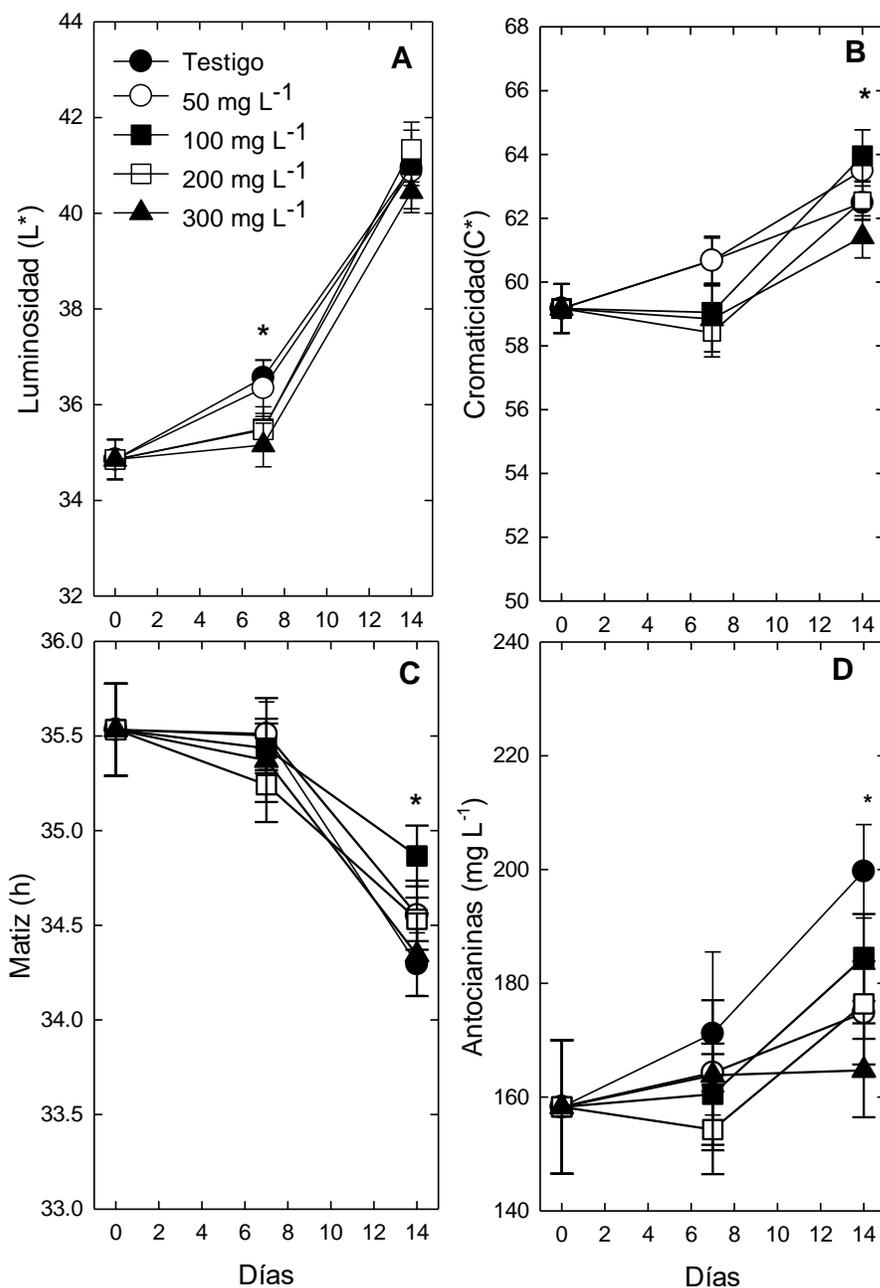


Figura 14. Efecto de la aplicación de etefón en los parámetros de color: Luminosidad (L*), Cromaticidad (C*), Matiz (h) y concentración de antocianinas en brácteas de nochebuena 'Freedom red'. Cada punto representa la media de 10 observaciones y su error estándar.

En 'Freedom red' se detectó cierta asociación positiva entre los parámetros de color L* vs C* y C* vs h; y baja correlación entre los parámetros de color y el contenido de antocianinas, aunque significativa (Cuadro 20). En 'Prestige red' los parámetros de

color que se correlacionaron fueron luminosidad con cromaticidad en forma positiva y con el matiz en forma negativa; manteniéndose una baja asociación entre el matiz y las antocianinas totales, pero significativa (Cuadro 20). Slatnar *et al.* (2008) indican que durante la pigmentación de nochebuena los parámetros de a^* y L^* se incrementan en asociación con la concentración de las antocianinas. Aspecto que se confirma en el presente trabajo.

Cuadro 20. Correlaciones simples entre los parámetros de color y concentraciones de antocianinas en brácteas de dos variedades de nochebuena asperjadas previamente con etefón.

'Freedom red'		'Prestige red'	
Variables	R	Variables	r
L^* vs C^*	0.62***	L^* VS C^*	0.72**
C^* vs h	0.18*	L^* vs h	-0.44***
L^* vs ANTOC	0.35***	h vs ANTO	-0.18*
C^* vs ANTOC	0.22*		
h vs ANTOC	0.19*		

L^* = Luminosidad, C^* = Cromaticidad, h= matiz, ANTOC= Antocianinas totales. *, **, ***: Significativo al 0.05, 0.01 y 0.0001.

3.4 Conclusiones

El etefón no favorece la síntesis de mayores concentraciones de antocianinas ni cambios en los parámetros de color que favorezcan la calidad de nochebuena 'Freedom red' y 'Prestige red'.

3.5 Literatura citada

- Alía-Tejacal, I., L.A. Valdez-Aguilar, E. Campos-Bravo, M. de J. Sainz-Aispuro, G. A. Pérez-Arias, M. T. Colinas-León, M. Andrade-Rodríguez, V. López-Martínez, A. Alvear-García. 2011. Efecto de la aspersion de ácido giberélico en el crecimiento de cinco cultivares de nochebuena. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas (Pub. Esp Núm. 3)*: 577-589.
- Bailey, D.A., W.B. Miller. 1991. Poinsettia developmental and postproduction response to growth retardants and irradiance. *HortScience* 26: 1501-1503.
- Castillo, M. L. E. 2011. Introducción al SAS® para Windows. Universidad Autónoma Chapingo. 205 p.
- El-Kereamy, A., C. Chervin, J. P. Roustan, V. Cheynier, J. M. Souquet, M. Moutounet, C. Ford, A. Latché, J. C. Pech, M. Bouzayen. 2003. Exogenous ethylene stimulates the long-term expresión of genes realted to anthocyanin biosynthesis in grape berries. *Physiologia Plantarum* 119: 175-182.
- Ewa, U. B. 2004. External stimulation of anthocyanin biosynthesis in apple fruit. *Food, Agriculture & Environment* 2(2): 65-70.
- García, P.F., Ramírez, R. S., Osuna, C. F. de J., Ocampo, O. T. 2009. Enfermedades de las principales ornamentales de Morelos. SAGARPA-INIFAP. D F., México. Folleto Técnico Núm. 39. 30 p.
- Lee, J., R. W., Durst, R. E. W. Wrolstad. 2005. Determination of total monomeric anthocyanin pigment contenido f fruit juices, beverages, natural colorants and wiines by the pH differential method: colaborative study. *Journal of AOAC International* 88(5): 1269-1278.
- Neguerula, Á. I. 2012. Is the color measured in food the color that we see? In: *Color in Food. Technological and Psycophysical Aspect*. Cavaiano, J.L., M del p. Buera. CRC Press pp: 81-91.
- Ornelas, R. F., R. Ambriz C., y J. de D. Bustamante O. 1990. Delimitación y definición de agrohabitats del estado de Morelos. SARH-INIFAP-CIFAEM. Zacatepec, México. Folleto técnico Núm. 8. 16 p.

- Pérez-López, A., J.A. Carrillo-Salazar, M. T. Colinas-León, M. Sandoval-Villa. 2005. Regulación del crecimiento de nochebuena (*Euphorbia pulcherrima* Willd ex. Klotzsch) con etefón. *Agrociencia* 39: 639-646.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). 2019. Anuario Estadístico de la Producción Agrícola. 1980-2018. En línea: <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>. Consultado el 29 de septiembre de 2019.
- Slatnar, A., M. Mikulic-Petkovsek, R. Veberic, F. Stampnar, V. Schmitzer. 2013. Anthocyanin and chlorophyll content during poinsettia bract development. *Scientia Horticulturae* 150: 142-145.
- Sun, Y., L. Berg S., D. Zhang, Z. Gu. 2011. Control growth of *Euphorbia pulcherrima* Willd, ex. Klotzsc 'Sonora Jingle' and 'Sonora White' using ethepon. *Hort. Environ. Biotechnol.* 52(4): 351-536.
- Trejo, L., E. Briones-Dumas, R. Gómez-Bermejo, M. E. Olson. 2018. Molecular evidence for repeated recruitment of wild christmans poinsettia (*Euphorbia pulcherrima*) into traditional horticulture in Mexico. *Genet. Resour. Crop Evol.* 66(2): 481-490.
- Trejo, L., T. P. Fera A., K. M. Olsen, L. E. Eguiarte, B Arroyo, J. A. Gruhn, M. E. Olson. 2012. Poinsettia's wild ancestor in the mexican dry tropics: historical, genetic, and environmental evidence. *American Journal of Botany* 99(7): 1146-1157.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS



FACULTAD DE CIENCIAS
AGROPECUARIAS

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

Jefatura de programas educativos de posgrado

"2019, a 100 años del asesinato del General Emiliano Zapata Salazar"

Cuernavaca, Mor., a 25 de octubre de 2019.

MTRO. JESÚS EDUARDO LICEA RESÉNDIZ
DIRECTOR DE LA FACULTAD DE CIENCIAS
AGROPECUARIAS Y DESARROLLO RURAL
P R E S E N T E.

Por medio del presente informo a usted que después de revisar el trabajo de tesis titulado: **Reguladores de crecimiento en el desarrollo y posproducción de nochebuena (*Euphorbia pulcherrima willd. Ex Klotzsch*)**, que presenta: **GASTÓN VARGAS DOMÍNGUEZ**, mismo que fue desarrollado bajo mi dirección y que servirá como requisito parcial para obtener el grado de **Doctor en Ciencias Agropecuarias y Desarrollo Rural**, lo encuentro satisfactorio, por lo que emito mi **VOTO DE APROBACIÓN** para que el alumno continúe con los trámites necesarios para presentar el examen de grado correspondiente.

Sin más por el momento y agradeciendo de antemano su valiosa colaboración, quedo de usted.

Atentamente
Por una humanidad culta
Una universidad de excelencia

DR. IRÁN ALÍA TEJACAL
Comité Evaluador

C.i.p. Archivo



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS



FACULTAD DE CIENCIAS
AGROPECUARIAS

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

Jefatura de programas educativos de posgrado

"2019, a 100 años del asesinato del General Emiliano Zapata Salazar"

Cuernavaca, Mor., a 25 de octubre de 2019.

MTRO. JESÚS EDUARDO LICEA RESÉNDIZ
DIRECTOR DE LA FACULTAD DE CIENCIAS
AGROPECUARIAS Y DESARROLLO RURAL
P R E S E N T E.

Por medio del presente informo a usted que después de revisar el trabajo de tesis titulado: **Reguladores de crecimiento en el desarrollo y posproducción de nochebuena (*Euphorbia pulcherrima willd. Ex Klotzsch*)**, que presenta: **GASTÓN VARGAS DOMÍNGUEZ**, mismo que fue desarrollado bajo la dirección del **DR. IRÁN ALÍA TEJACAL** y que servirá como requisito parcial para obtener el grado de **Doctor en Ciencias Agropecuarias y Desarrollo Rural**, lo encuentro satisfactorio, por lo que emito mi **VOTO DE APROBACIÓN** para que el alumno continúe con los trámites necesarios para presentar el examen de grado correspondiente.

Sin más por el momento y agradeciendo de antemano su valiosa colaboración, quedo de usted.

Atentamente
Por una humanidad culta
Una universidad de excelencia


DRA. MARÍA TERESA COLINAS LEÓN
Comité Evaluador

C.i.p. Archivo



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS



FACULTAD DE CIENCIAS
AGROPECUARIAS

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

Jefatura de programas educativos de posgrado

"2019, a 100 años del asesinato del General Emiliano Zapata Salazar"

Cuernavaca, Mor., a 25 de octubre de 2019.

MTRO. JESÚS EDUARDO LICEA RESÉNDIZ
DIRECTOR DE LA FACULTAD DE CIENCIAS
AGROPECUARIAS Y DESARROLLO RURAL
P R E S E N T E.

Por medio del presente informo a usted que después de revisar el trabajo de tesis titulado: **Reguladores de crecimiento en el desarrollo y posproducción de nochebuena (*Euphorbia pulcherrima willd. Ex Klotzsch*)**, que presenta: **GASTÓN VARGAS DOMÍNGUEZ**, mismo que fue desarrollado bajo la dirección del **DR. IRÁN ALÍA TEJACAL** y que servirá como requisito parcial para obtener el grado de **Doctor en Ciencias Agropecuarias y Desarrollo Rural**, lo encuentro satisfactorio, por lo que emito mi **VOTO DE APROBACIÓN** para que el alumno continúe con los trámites necesarios para presentar el examen de grado correspondiente.

Sin más por el momento y agradeciendo de antemano su valiosa colaboración, quedo de usted.

Atentamente
Por una humanidad culta
Una universidad de excelencia

Gloria Alicia Pérez Arias

DRA. GLORIA ALICIA PÉREZ ARIAS
Comité Evaluador

C.i.p. Archivo



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS



FACULTAD DE CIENCIAS
AGROPECUARIAS

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

Jefatura de programas educativos de posgrado

"2019, a 100 años del asesinato del General Emiliano Zapata Salazar"

Cuernavaca, Mor., a 25 de octubre de 2019.

MTRO. JESÚS EDUARDO LICEA RESÉNDIZ
DIRECTOR DE LA FACULTAD DE CIENCIAS
AGROPECUARIAS Y DESARROLLO RURAL
P R E S E N T E.

Por medio del presente informo a usted que después de revisar el trabajo de tesis titulado: **Reguladores de crecimiento en el desarrollo y posproducción de nochebuena (*Euphorbia pulcherrima willd. Ex Klotzsch*)**, que presenta: **GASTÓN VARGAS DOMÍNGUEZ**, mismo que fue desarrollado bajo la dirección del **DR. IRÁN ALÍA TEJACAL** y que servirá como requisito parcial para obtener el grado de **Doctor en Ciencias Agropecuarias y Desarrollo Rural**, lo encuentro satisfactorio, por lo que emito mi **VOTO DE APROBACIÓN** para que el alumno continúe con los trámites necesarios para presentar el examen de grado correspondiente.

Sin más por el momento y agradeciendo de antemano su valiosa colaboración, quedo de usted.

Atentamente
Por una humanidad culta
Una universidad de excelencia

DR. VÍCTOR LÓPEZ MARTÍNEZ
Comité Evaluador

C.i.p. Archivo



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS



FACULTAD DE CIENCIAS
AGROPECUARIAS

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

Jefatura de programas educativos de posgrado

"2019, a 100 años del asesinato del General Emiliano Zapata Salazar"

Cuernavaca, Mor., a 25 de octubre de 2019.

MTRO. JESÚS EDUARDO LICEA RESÉNDIZ
DIRECTOR DE LA FACULTAD DE CIENCIAS
AGROPECUARIAS Y DESARROLLO RURAL
P R E S E N T E.

Por medio del presente informo a usted que después de revisar el trabajo de tesis titulado: **Reguladores de crecimiento en el desarrollo y posproducción de nochebuena (*Euphorbia pulcherrima* willd. Ex Klotzsch)**, que presenta: **GASTÓN VARGAS DOMÍNGUEZ**, mismo que fue desarrollado bajo la dirección del **DR. IRÁN ALÍA TEJACAL** y que servirá como requisito parcial para obtener el grado de **Doctor en Ciencias Agropecuarias y Desarrollo Rural**, lo encuentro satisfactorio, por lo que emito mi **VOTO DE APROBACIÓN** para que el alumno continúe con los trámites necesarios para presentar el examen de grado correspondiente.

Sin más por el momento y agradeciendo de antemano su valiosa colaboración, quedo de usted.

Atentamente
Por una humanidad culta
Una universidad de excelencia


DR. PORFIRIO JUÁREZ LÓPEZ
Comité Evaluador

C.i.p. Archivo

Av. Universidad 1001 Col. Chamilpa, Cuernavaca Morelos, México, 62209.
Tel. (777) 329 70 76, 329 70 00, Ext. 3211 / fagropecuarias@uaem.mx

Una universidad de excelencia

**UA
EM**

RECTORIA
2017-2023



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS



FACULTAD DE CIENCIAS
AGROPECUARIAS

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

Jefatura de programas educativos de posgrado

"2019, a 100 años del asesinato del General Emiliano Zapata Salazar"

Cuernavaca, Mor., a 25 de octubre de 2019.

MTRO. JESÚS EDUARDO LICEA RESÉNDIZ
DIRECTOR DE LA FACULTAD DE CIENCIAS
AGROPECUARIAS Y DESARROLLO RURAL
P R E S E N T E.

Por medio del presente informo a usted que después de revisar el trabajo de tesis titulado: **Reguladores de crecimiento en el desarrollo y posproducción de nochebuena (*Euphorbia pulcherrima willd. Ex Klotzsch*)**, que presenta: **GASTÓN VARGAS DOMÍNGUEZ**, mismo que fue desarrollado bajo la dirección del **DR. IRÁN ALÍA TEJACAL** y que servirá como requisito parcial para obtener el grado de **Doctor en Ciencias Agropecuarias y Desarrollo Rural**, lo encuentro satisfactorio, por lo que emito mi **VOTO DE APROBACIÓN** para que el alumno continúe con los trámites necesarios para presentar el examen de grado correspondiente.

Sin más por el momento y agradeciendo de antemano su valiosa colaboración, quedo de usted.

Atentamente
Por una humanidad culta
Una universidad de excelencia

DR. LUIS ALONSO VALDEZ AGUILAR
Comité Evaluador



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MORELOS



FACULTAD DE CIENCIAS
AGROPECUARIAS

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

Jefatura de programas educativos de posgrado

"2019, a 100 años del asesinato del General Emiliano Zapata Salazar"

Cuernavaca, Mor., a 25 de octubre de 2019.

MTRO. JESÚS EDUARDO LICEA RESÉNDIZ
DIRECTOR DE LA FACULTAD DE CIENCIAS
AGROPECUARIAS Y DESARROLLO RURAL
P R E S E N T E.

Por medio del presente informo a usted que después de revisar el trabajo de tesis titulado: **Reguladores de crecimiento en el desarrollo y posproducción de nochebuena (*Euphorbia pulcherrima willd. Ex Klotzsch*)**, que presenta: **GASTÓN VARGAS DOMÍNGUEZ**, mismo que fue desarrollado bajo la dirección del **DR. IRÁN ALÍA TEJACAL** y que servirá como requisito parcial para obtener el grado de **Doctor en Ciencias Agropecuarias y Desarrollo Rural**, lo encuentro satisfactorio, por lo que emito mi **VOTO DE APROBACIÓN** para que el alumno continúe con los trámites necesarios para presentar el examen de grado correspondiente.

Sin más por el momento y agradeciendo de antemano su valiosa colaboración, quedo de usted.

Atentamente
Por una humanidad culta
Una universidad de excelencia

DR. DAGOBERTO GUILLÉN SÁNCHEZ
Comité Evaluador

C.i.p. Archivo