

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA  
DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA



“Respuesta De La Flor De Nochebuena (*Euphorbia pulcherrima*) A La Aplicación  
De Nanopartículas De Óxido De Zinc”

Por:

**ZENAIDA ARELY GÓMEZ GÓMEZ**

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA**

Saltillo, Coahuila, México

Junio, 2021

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA  
DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA

"Respuesta De La Flor De Nochebuena (*Euphorbia pulcherrima*) A La  
Aplicación De Nanopartículas De óxido De Zinc"

Por:

**ZENAIDA ARELY GÓMEZ GÓMEZ**

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA**

Aprobada por el Comité de Asesoría:

  
\_\_\_\_\_  
Dr. José Alfredo Hernández Maruri  
Asesor Principal

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Luis Alonso Valdez Aguilar  
Coasesor

  
\_\_\_\_\_  
Dra. Daniela Alvarado Camarillo  
Coasesor

  
\_\_\_\_\_  
Dr. José Antonio Fuentes González  
Coordinador de la División de Agronomía

Saltillo, Coahuila, México

Junio, 2021



## Declaración de no plagio

El autor quien es el responsable directo, jura bajo protesta de decir la verdad que no se incurrió en el plagio o conducta académica incorrecta en los siguientes aspectos:

Reproducción de fragmentos o textos sin citar la fuente o autor original (corta y pega); reproducir un texto propio publicado anteriormente sin hacer referencia al documento original (autoplagio); comprar, robar o pedir prestados los datos o la tesis para presentarla como propia; omitir referencias bibliográficas o citar textualmente sin usar comillas; utilizar ideas o razonamientos de un autor sin citarlo; utilizar material digital como imágenes, videos, ilustraciones, graficas, mapas o datos sin citar al autor original y/o fuente; así mismo tengo conocimiento de que cualquier uso distinto de estos materiales como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por las autoridades correspondientes.

Por lo anterior me responsabilizo de las consecuencias de cualquier tipo de plagio en caso de existir y declaro que este trabajo es original.

Pasante



Zaida Arroy Gómez Gómez

Firma y Nombre

## AGRADECIMIENTOS

Primero que nada, quiero agradecerle a Dios por darme la oportunidad de terminar esta etapa de mi vida, por darme salud, por brindarme las personas adecuadas para motivarme, mis seres queridos y poder terminar este proyecto, Gracias Dios por darme fuerzas, ánimos, paciencia, sobre todo por darme vida para llevar a cabo este trabajo. ¡GRACIAS!

A mis queridos padres quiero agradecerles por todo su apoyo incondicional, por nunca abandonarme en los malos y buenos momentos, ustedes son las personas que nunca dudaron de mí, no tengo las palabras exactas para transmitirles lo mucho que les estoy agradecida, les agradezco de corazón que me hayan dado la oportunidad de poder terminar esta etapa de mi vida pues sin ustedes no hubiese sido posible, siempre estuvieron animándome, apoyándome, me dieron amor tanto que no dejaron que me quedara a mitad de camino por eso y más mis más sinceros agradecimientos y respeto por ustedes, los amo.

A mis queridos hermanos les agradezco profundamente por su apoyo, confianza, motivación, por sus ánimos cuando las cosas se ponían difíciles, por sus buenos deseos, gracias queridos hermanos por acompañarme en esta trayectoria de mi vida. ¡¡¡Los quiero mucho!!!

A mi amigo Carlos, te quiero agradecer por haberme brindado tu apoyo en la realización de este proyecto, por brindarme tu cariño, motivación y por haber formado parte importante de esta etapa, gracias por no abandonarme en los momentos difíciles.

A mi amiga Marisol le agradezco por ser mi compañera, amiga y confidente durante toda la carrera, te agradezco que me hayas brindado tu apoyo, confianza, animo en los momentos donde sientes que ya no puedes continuar, pero gracias por haber estado ahí y no dejarme quedar en el camino. Gracias por tus buenos consejos, y todos los momentos que compartimos juntas, son realmente inolvidables.

A mi compañera Brenda por haber estado presente en la realización de este proyecto, agradezco su ayuda.

Al Dr. Luis Alonso Valdez Aguilar agradezco por su apoyo y dedicación para la realización de este proyecto. Le agradezco por brindarme sus conocimientos para llevar a cabo este trabajo.

A la Dra. Daniela Alvarado Camarillo por su apoyo y aporte de sus conocimientos para la realización de este proyecto.

Agradezco al Doctor José Alfredo Hernández Maruri por la revisión del presente documento.

Agradezco a mis catedráticos en general por haberme compartido sus conocimientos.

Agradezco a la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro por ofrecerme y brindarme una de sus modalidades de estudio y sobre todo sus instalaciones para poder formarme profesionalmente.

Agradezco al Departamento de Horticultura por darme la oportunidad de formarme en sus instalaciones y sobre todo por poder llevar a cabo este experimento.

**!!!GRACIAS A TODOS!!!**

## DEDICATORIA

A mis queridos padres: Manuel Gómez Gómez y Catalina Gómez López por los consejos que me dieron para seguir adelante, a pesar del tiempo que no estuve con ellos y quienes han sido la guía y el camino para poder llegar a este punto de mi carrera, con mucho amor y cariño les dedico todo mi esfuerzo, en reconocimiento a todo el sacrificio puesto para que yo pueda estudiar, se merecen esto y mucho más.

A Ernestina, Eliseo, Rosalinda, Roxana, Luis y Darinel mis queridos hermanos por ser mi apoyo incondicional y sobre todo por ser mis compañeros de vida.

A mis sobrinos Franklin, Ederson y Rut por ser la alegría de la familia.

A mis tíos Sebastián y Manuela quienes me han brindado su apoyo durante este arduo camino para convertirme en una profesional.

A mi familia en general por compartir conmigo buenos y malos momentos.

A mis profesores, gracias por su apoyo y sobre todo por la sabiduría que me transmitieron en el desarrollo de mi formación profesional.

## INDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS.....	III
DEDICATORIA .....	VI
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XIII
RESUMEN.....	XIV
ABSTRACT .....	XV
INTRODUCCIÓN.....	1
Objetivo general .....	4
Objetivos específicos .....	4
Hipótesis .....	4
REVISIÓN DE LITERATURA .....	5
Origen de la nochebuena .....	5
Importancia económica .....	6
Descripción general.....	6
Descripción botánica .....	7
Raíz.....	7
Hojas.....	7
Tallo .....	7
Flor.....	8
Bráctea.....	8

Fruto.....	8
Clasificación taxonómica.....	9
Distribución y hábitat.....	9
Distribución secundaria.....	9
Distribución en México.....	9
Hábitat.....	10
Usos.....	10
Fenología del cultivo.....	10
Factores climáticos.....	11
Temperatura.....	11
Luminosidad.....	12
Intensidad.....	12
Duración de la luz.....	13
Humedad relativa.....	14
Fotoperiodo.....	14
Factores edáficos.....	15
Sustrato.....	15
Suelo.....	16
Propagación.....	16
Selección de cultivares.....	20

Cultivar Freedom .....	21
Cultivar Prestige.....	21
Cultivar Winter Rose .....	22
Cultivar Jester .....	22
Cultivar Snowcap .....	23
Pinch (poda).....	25
Fertilización .....	25
Riego.....	27
Reguladores de crecimiento.....	28
Plagas y Enfermedades .....	28
Plagas .....	28
Mosca blanca ( <i>Bemisia tabaci</i> ) .....	28
Mosca negra ( <i>Bradysia spp.</i> ).....	29
Trips ( <i>Frankliniella occidentalis</i> ).....	29
Pulgones ( <i>Aphididae spp.</i> ).....	30
Cochinillas.....	30
Araña roja ( <i>Tetranychus urticae</i> ).....	30
Enfermedades .....	32
Podrición de la Raíz ( <i>Rhizoctonia solani</i> ).....	32
<i>Rhizoctonia solani</i> .....	32

Podrición de la Raíz negra ( <i>Thielaviopsis basicola</i> ) .....	33
<i>Phytium spp</i> .....	33
MATERIALES Y METODOS .....	36
Ubicación del área experimental .....	36
Manejo Agronómico del Cultivo.....	36
Preparación del sustrato .....	36
Material vegetal.....	36
Trasplante .....	37
Poda.....	37
Aplicación de noches largas artificiales.....	37
Riego.....	38
Manejo de plagas y enfermedades .....	39
Materiales utilizados.....	41
Variables respuesta.....	44
Diseño experimental.....	46
RESULTADOS .....	47
Peso fresco y seco de brácteas .....	47
Peso fresco y seco de tallo .....	48
Peso fresco y seco de hojas .....	49
Altura de la planta .....	50

Diámetro de la planta.....	51
Diámetro de flor.....	52
Número de flores.....	53
Diámetro del tallo .....	54
DISCUSIÓN.....	55
CONCLUSIÓN.....	59
LITERATURA CITADA.....	60

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Intensidad de la luz y medición adecuada para el crecimiento de flor de nochebuena .....	13
Cuadro 2. Programa de producción de flor de nochebuena para zonas frías .....	24
Cuadro 3. Espaciamiento inicial y final en diferentes contenedores para flor de nochebuena. ....	25
Cuadro 4 Requerimiento de Nitrógeno y su frecuencia de aplicación en flor de nochebuena .....	27
Cuadro 5. Plagas de importancia en el cultivo de flor de Nochebuena .....	31
Cuadro 6. Principales enfermedades de importancia, los daños que causan y su posible control en flor de nochebuena .....	35
Cuadro 7. Solución nutritiva Steiner al 50% y 100% para 100 litros de agua, para Flor de nochebuena .....	39
Cuadro 8. Fungicidas usados para combatir y prevenir las enfermedades en flor de nochebuena .....	40
Cuadro 9. Insecticidas usados para combatir y prevenir las plagas en flor de nochebuena .....	41
Cuadro 10. Tratamientos aplicados señalando la dosis y forma de aplicación a plantas de flor de nochebuena.....	42
Cuadro 11. Distribución de los tratamientos en el área experimental .....	46
Cuadro 12. Peso fresco y seco de bracteas de flor de nochebuena en respuesta a la dosis y forma de aplicación de nanopartículas de óxido de zinc.....	47

Cuadro 13. Peso fresco y seco de tallo de flor de nochebuena en respuesta a la dosis y formas de aplicación de nanopartículas de óxido de zinc.....	48
Cuadro 14. Peso fresco y seco de hojas de flor de nochebuena en respuesta a la dosis y formas de aplicación de nanopartículas de óxido de zinc .....	49
Cuadro 15. Altura de flor de nochebuena en respuesta a la dosis y formas de aplicación de nanopartículas de óxido de zinc .....	50
Cuadro 16. Diámetro de la planta de flor de nochebuena en respuesta a las dosis y formas de aplicación de óxido de zinc .....	51
Cuadro 17. Diámetro de flor en plantas de nochebuena en respuesta a la dosis y formas de aplicación de nanopartículas de óxido de zinc.....	52

## **ÍNDICE DE FIGURAS**

Figura 1. Efecto de la interacción entre la dosis y la forma de aplicación de nanopartículas de óxido de zinc en número de flores de plantas de flor de nochebuena .....	53
Figura 2. Efecto de la interacción entre la dosis y la forma de aplicación de nanopartículas de óxido de zinc en diámetro del tallo de plantas de flor de nochebuena. ....	54

## RESUMEN

El presente proyecto tiene como objetivo evaluar el efecto de las nanopartículas de óxido de zinc en flor de nochebuena (*Euphorbia pulcherrima*).

Plantas de nochebuena de la variedad Prestige fueron trasplantadas el 10 de junio del 2019 bajo invernadero, para mantener dichas plantas fue necesario regar con solución nutritiva Steiner la cual en las primeras semanas del trasplante se utilizó al 50% y posteriormente se incrementó al 100% en la etapa del crecimiento.

En este proyecto se utilizó un diseño de bloques al azar con nueve tratamientos y con seis repeticiones de cada tratamiento teniendo un total de 54 plantas de nochebuena. Los tratamientos, con las nanopartículas de óxido de zinc fueron aplicadas en bajas concentraciones de dos formas diferentes vía drench y foliar (T1=0,0; T2=0,750; T3=0, 1500; T4=750, 0; T5=750, 750; T6=750, 1500; T7=1500, 0; T8=1500, 750; T9=1500, 1500). Para evaluar el efecto de las nanopartículas de óxido de zinc se tomaron en cuenta las siguientes variables; peso fresco y seco de brácteas, peso fresco y seco de tallos, peso fresco y seco de hojas, altura, diámetro de flor, diámetro del tallo, diámetro de la planta y número de flores. Las nanopartículas de óxido de zinc se aplicaron mensualmente; durante todo el ciclo de la planta fueron cuatro aplicaciones en total.

De acuerdo a los resultados obtenidos, en el tratamiento seis se observó una respuesta altamente significativa en el número de flores. Este mismo tratamiento produjo una respuesta significativa en peso fresco de brácteas, peso fresco de tallo, peso fresco de hojas y diámetro de flor.

### Palabras clave

Nanofertilizantes, Drench, Foliar, Diámetro de flor,

## ABSTRACT

The present study was aimed to evaluate the effect of zinc oxide nanoparticles on poinsettia (*Euphorbia pulcherrima*).

Poinsettia plants of the Prestige variety were transplanted on June 10, 2019 under a greenhouse, to maintain these plants it was necessary to water them with a nutrient solution which in the first weeks after transplanting was used at 50% of Steiner formulation and later on it was increased to 100% during the growing stage.

In this study, a randomized block design was used with nine treatments and with six replications, having a total of 54 poinsettia plants. The treatments, with the zinc oxide nanoparticles were applied in low concentrations in two different ways via drench and foliar (T1=0, 0; T2=0,750; T3=0, 1500; T4=750, 0; T5=750, 750; T6=750, 1500; T7= 1500, 0; T8=1500, 750; T9=1500, 1500). To evaluate the effect of the zinc oxide Nanoparticles, the following variables were taken into account; flower diameter, stem diameter, plant diameter and number of flowers. The zinc oxide Nanoparticles were applied monthly; During the entire cycle of the plant there were four applications in total.

According to the results obtained, in treatment six a highly significant response was observed in the number of flowers. This same treatment produced a significant response in fresh weight of bracts, fresh weight of stem, fresh weight of leaves and flower diameter.

### **Keywords:**

Nanofertilizer, Drench, Foliar, Flower diameter.

## INTRODUCCIÓN

El emergente campo de la nanotecnología está imponiendo la fabricación y el estudio de materiales estructurados a escala nanométrica como una de las claves de la investigación científica actual. Especialmente, tienen relevancia las nanopartículas metálicas consideradas como componentes básicos para la elaboración de dispositivos funcionales nanométricos (Viudez, 2013). La nanotecnología es la ciencia que estudia el desarrollo de materiales, dispositivos y sistemas de tamaño nanométrico, proporcionando productos con nuevas propiedades fisicoquímicas diferentes a las de las moléculas individuales o sólidos de la misma composición (Gutiérrez, 2013). Se denomina nanomaterial a todo aquel material sintetizado de manera natural, incidental o manufacturado con al menos una dimensión igual o menor a 100 nm, y se clasifican de acuerdo con su origen, dimensionalidad, composición química y toxicidad potencia (Dolez, 2015). Para el caso de los nanomateriales, las características fisicoquímicas como tamaño reducido y la gran área superficial les otorga propiedades ópticas, eléctricas, mecánicas, químicas, térmicas, magnéticas, entre otras, que difieren del material en bulto (micro o macrométrico) y que son de interés para el área industrial (Roduner, 2006), sin embargo, dichas características también impactan en su interacción con sistemas biológicos y su toxicidad. Debido al amplio espectro de aplicaciones de los nanomateriales en múltiples áreas, se estima que para el año 2022 el valor del mercado de la nanotecnología será de aproximadamente 55 mil millones de dólares (Inshakova y Inshakov, 2017).

Uno de los campos más prometedores derivados de la nanotecnología es la bionanotecnología, cuyo objetivo de estudio son las interacciones de nanomateriales con los sistemas biológicos con la finalidad de desarrollar nuevas estrategias de diagnóstico y terapias contra enfermedades que actualmente no tienen cura o tratamiento exitoso. Algunas de estas estrategias incluyen nanoacarreadores de fármacos, biosensores, agentes antimicrobianos, inmunomoduladores, entre otros (Nagamune, 2017). Actualmente, es posible encontrar una gran variedad de productos que contienen nanopartículas de óxidos

metálicos en el mercado, ya sea en productos de uso cotidiano, aditivos alimentarios, e incluso medicamentos (Wiechers y Musee, 2010).

Pese a que la palabra nanotecnología es relativamente nueva, la existencia de materiales de dimensiones nanométricas no es algo novedoso. De hecho, estas estructuras han existido en la tierra durante tanto tiempo como la vida. Por ejemplo, un molusco conocido como un abalone construye su caparazón ordenando bloques nanoestructurados de carbonato cálcico unidos entre sí por una mezcla de carbohidratos y proteínas. Gracias a que su caparazón está estructurado de esta manera las grietas que se originan en la superficie del caparazón no pueden continuar penetrando. Por lo tanto, este caparazón constituye un ejemplo de cómo un material nanoestructurado puede ofrecer propiedades mejoradas respecto a su homólogo no nanoestructurado. De hecho, pese a que el interés por la nanotecnología ha crecido de manera espectacular en las últimas décadas, las nanopartículas han sido aprovechadas por el ser humano desde hace más de 17,000 años, ya que los alfareros han trabajado con nanomateriales: la mayoría de las propiedades de la cerámica tradicional se deben a que la materia prima empleada (arcillas naturales) son nanométricas. No se conoce el momento exacto en el que el ser humano comenzó a utilizar nanopartículas, Pero no fue hasta casi 15 años después de la conferencia de Feynman, cuando se utilizó por primera vez el término “nanotecnología”. El primero en emplearlo fue Norio Taniguchi y lo hizo para describir los procesos de semiconducción que ocurría en el orden de un nanómetro. Su definición fue; “la nanotecnología consiste principalmente en el tratamiento, separación, consolidación y deformación de los materiales átomo a átomo o molécula a molécula (Sanz, 2016).

En México, la horticultura ornamental cuyo fin es la explosión comercial, actualmente existen 14,400 hectáreas cultivadas con flores de distintas especies y propósitos, de ellas 6,500 hectáreas son destinadas a producir distintas variedades de flores, plantas y árboles principalmente en contenedor (maceta o

bolsa) o en plantación al suelo, bajo alguna de las siguientes modalidades: invernadero, bajo malla sombra o a cielo abierto (Moran, 2004).

La nochebuena (*Euphorbia pulcherrima* Willd. ex Klotzsch) es una especie ornamental originaria de México y, a nivel mundial, es considerada el símbolo de la navidad (Taylor et al., 2011).

A nivel mundo, la flor de nochebuena se cultiva en varios países. Los principales son: Estados Unidos, Costa Rica, Unión Europea (Francia, Alemania, Italia y España). Se estima una producción mundial de más de 500 millones de flores en maceta, la mayoría listas para ser consumidas en la temporada decembrina (SIACON, 2014).

Es un cultivo de temporada, en México en el 2013 fue la principal especie ornamental cultivada, con más de 15 millones de plantas; su valor fue de 416 millones de pesos que representó 6.7% del valor de venta total de las ornamentales. Se cultiva en siete estados y Morelos fue el principal productor con 5.9 millones de plantas (40% de la producción nacional) (SIAP, 2014). En México se ofertan cada año más de 100 variedades de nochebuena con el distinto común que todas han sido generadas en el extranjero. Algunas de ellas permanecen varios años en el mercado y otras no logran consolidarse en el gusto de los consumidores. Destacan las variedades Freedom, Prestige, Supjibil, entre otras (Canul et al., 2013).

En especies ornamentales existe nula información sobre el efecto del uso de nanotecnología en el crecimiento y floración; específicamente en flor de nochebuena no existe reportes sobre el efecto de nanofertilizantes. Por lo anterior se plantea el presente estudio con los siguientes objetivos.

## **Objetivo general**

Evaluar la respuesta de las nanopartículas de óxido de zinc en el rendimiento y calidad en flor de nochebuena (*Euphorbia pulcherrima*) mediante dos formas de aplicación drench y foliar.

## **Objetivos específicos**

Comparar las respuestas entre las diferentes concentraciones aplicadas de nanopartículas de óxido de zinc en cada una de las variables evaluadas.

Determinar el método más viable de aplicación de las nanopartículas de óxido de zinc, vía drench o foliar.

Conocer el mejor tratamiento de nanopartículas de óxido de zinc en flor de nochebuena.

## **Hipótesis**

Mediante el uso de nanopartículas de óxido de zinc mejora la calidad y rendimiento de flor de nochebuena.

## REVISIÓN DE LITERATURA

### Origen de la nochebuena

Es una especie originaria de Mesoamérica, y se considera que su centro de origen es México, es cultivada desde la época prehispánica, siendo una tradición hortícola en el imperio azteca, conocida con el nombre de cuetlaxochitl, lo que significa en lengua azteca “flor que se marchita” (Obdulio, 2018).

Su introducción en la producción de flores ornamentales es atribuida a Joel Roberts Poinsett, quien realizó una colección de especies vegetales en México, entre las cuales se encontraban ejemplares de nochebuena, y fueron enviadas desde México al jardín botánico de Bartram en Filadelfia durante los años 1828 y 1829. En 1929 los señores Bartram llamaron a la planta de navidad poinsettia pulcherrima en reconocimiento a Joel Poinsett; y fue exhibida en la primera exposición anual de frutos, flores y plantas de la sociedad horticultora de Pensilvania, evento que hoy en día se conoce como “Feria de flores de Filadelfia” (Trejo et al., 2015).

Las plantas silvestres de nochebuena crecen de manera natural en los bosques tropicales subcaducifolios de la costa del pacífico, desde Sinaloa, en México, hasta Guatemala. También se distribuyen en bosques tropicales secos de la cuenca del Balsas, particularmente en el norte de Guerrero y en Morelos (Mayfield, 1997). La nochebuena era cultivada desde la época prehispánica en lo que actualmente es la ciudad de México (Navarro, 1992), teniendo una larga tradición hortícola que se reomonta a los tiempos del imperio Azteca (Hernández, 1946).

## **Importancia económica**

La producción de plantas ornamentales en México ha cobrado importancia en los últimos años; cuenta con una superficie de 14,400 hectáreas (Chalate et al, 2008), de las cuales al cultivo de nochebuena "*Euphorbia pulcherrima*" (Willd. Ex Klozsch)" le corresponden 246.49 hectáreas en su gran mayoría bajo cubierta plástica, dicha actividad genera 3200 empleos directos y alrededor de 9,600 indirectos, principalmente en 4 entidades del centro del país (Morelos con el 34% de la producción, Puebla 11.3%, Michoacán 21.5% y el Distrito Federal con 19.6%), con una comercialización de 16´713,971 plantas en maceta, con un valor en el mercado de 477,955.80 millones de pesos (SIAP, 2014).

El cultivo de nochebuena sembrado en maceta se ha convertido en los últimos años en un negocio redituable en maceta, así pues, se calcula que a nivel nacional se cultivan más de 100 variedades distintas de la misma especie; los proveedores son compañías que se especializan en la obtención de diversas variedades propias para cultivarse en macetas (Cabrera, 2006).

## **Descripción general**

La nochebuena es un arbusto decorativo por sus brácteas de color crema, amarillo, rosa o rojo, en función de su variedad, que contrastan con las hojas inferiores de color verde oscuro. Las brácteas coloreadas aparecen típicamente a finales de otoño y en invierno, da flores amarillas también decorativas. La nochebuena es una planta de interior popular en la decoración navideña. En climas tropicales o climas sin heladas, la nochebuena se desarrolla al exterior, en suelos fértiles con pH ligeramente ácido y en exposición soleada. Sin embargo, la nochebuena como planta interior resulta delicada, necesita mucha luz, humedad ambiental, varios riegos semanales dejando secar bien el sustrato entre riegos y una temperatura de entre 15 y 20°C, evitando cambios bruscos de temperatura (Delgado, 2020).

## **Descripción botánica**

La planta de *Euphorbia pulcherrima* es de tipo arbustiva que mide entre 3 y 5 m de altura, es una planta caducifolia, sus hojas son simples, dispuestas de manera alterna, de forma ovada o elíptica. La parte estructural importante es que las brácteas son de diferentes tamaños, formas y colores, y estas rodean a las flores. Su desarrollo natural se da en climas cálidos y húmedos encontrándose en lugares como cañadas y barrancas. Su distribución comprende la región norte del Estado de Guerrero hasta sus dos costas, litoral que comprende los límites del Estado con el Océano pacífico (Obdulio, 2018).

## **Raíz**

En cuanto a la raíz, se caracteriza por abundantes ramificaciones de raíces primarias, secundarias y pelos absorbentes. Es un cultivo que requiere de riego frecuente para evitar la deshidratación, y que las raíces se expandan alterando el equilibrio de la maceta (Vazquez, 2020).

## **Hojas**

Las hojas de la planta son alternas, ocasionalmente opuestas y dentadas o ligeramente lobuladas, suaves y sinuosas; de color verde oscuro en el haz y algo más pálidas en el envés. En la planta se observan ramas lisas y hojas con largos peciolo que poseen surcos en la zona superior (Nieves, 2010).

## **Tallo**

Hablando de una planta ramificada esta presenta una estructura primaria bien definida, los ejes secundarios, terciarios dependen del manejo que se le dé a la planta como números de podas y despuntes estos presentan una estructura correspondiente a la general del tallo. De consistencia semileñosa, formando entrenudos con presencia de yemas axilares mixtas ya que, en función del fotoperiodo, estas pueden producir tallos, hojas y flores. De ramificación

policotómica ya que su manejo es a base de podas o despuntes con una tendencia fácil a ramificarse (Larson, 1988).

### **Flor**

La flor es realmente una inflorescencia llamada ciatia misma que caracteriza al género *Euphorbia*. El ciatio está constituido por flores femeninas centrales, pediceladas, desnudas, reducidas al gineceo, con ovario tricarpelar. Alrededor se encuentran 5 grupos de flores masculinas pediceladas, desnudas, dispuestas en cincinos, cada una constituida por estambres articulados sobre el pedicelo; de anteras sobresalientes que cuando llegan a maduración se cubren de polen color amarillo (antesis), contribuyendo con un atributo adicional a la belleza de esta inflorescencia. Este conjunto de flores se halla rodeado por brácteas rojas brillantes que son hojas tectrices de las flores masculinas, pudiéndose confundir a simple vista con pétalos. Las brácteas son concrecentes, formando una especie de copa o corona, que presenta uno o cuatro en la unión entre las mismas (López, 1992).

### **Bráctea**

Las brácteas se aprecian como un grupo de hojas modificadas las cuales adquieren diferentes tipos de colores, amarillentos o rojo fuerte que constituye la parte más atractiva y vistosa de la planta, formando un círculo alrededor del racimo de pequeñas flores que contienen un nectario, el cual cumple la función de atraer a insectos que llevan el polen de unas flores a otras y posibilitan las fecundaciones cruzadas entre distintas plantas (Villegas, 2007).

### **Fruto**

Los frutos de la nochebuena tienen las características, frutos típicamente esquizocárpicos capsulares, con mericarpios elásticamente dehiscentes (Rojas y Ramírez, 2014).

## Clasificación taxonómica

**Reino:** Plantae

**Subreino:** Viridiplantae

**Infrareino:** Streptopyta

**Superdivisión:** Embryophyta

**División:** Tracheophyta

**Subdivisión:** Spermatophytina

**Clase:** Magnoliopsida

**Subclase:** Rosidae

**Superorden:** Rosanae

**Orden:** Malpighiales

**Familia:** Euphorbiaceae

**Género:** *Euphorbia*.

**Especie:** *pulcherrima*.

(Vazquez, 2020)

## Distribución y hábitat

### Distribución secundaria

Al parecer, asilvestrada ocasionalmente en otras partes del mundo (Steyermark y Standey, 1979).

### Distribución en México

Se distribuye en forma silvestre en el sur y el occidente de México, cultivada en todo el país. Se encuentran las poblaciones silvestres más grandes en Guerrero, Oaxaca, Michoacán y Chiapas (Steyermark y Standey, 1979).

## **Hábitat**

La forma realmente silvestre, generalmente crece en cañadas y escarpamentos u otros sitios abiertos, sobre todo en el occidente y sur de México. Pero, esta forma silvestre también es llevada a casas, es cultivada por los pobladores rurales y se encuentra en sitios de asentamientos humanos abandonados o en orillas de caminos y parcelas, o sea, en ambientes rurales. En Guatemala se desarrolla en casi todas partes, en elevaciones medias a altas hacia el occidente. Consideraron que “posiblemente es silvestre en zonas húmedas o en cañadas boscosas en algunas partes de Guatemala” (Steyermark y Standey, 1979).

## **Usos**

“Esta planta se prefiere para sembrar junto a los edificios, en los jardines y en macetas para decorar interiores, es una planta que se emplea en las celebraciones de las fiestas de fin de año” (Hitstoup, 2014).

## **Fenología del cultivo**

Se describe la pasqua; como una planta arbustiva que comúnmente crece de 1 a 4 metros de altura, con ramas bien diferenciadas; sus hojas son alternas. Las de la parte alta opuestas o verticiladas, peciolo largos, delgados y membranosos. Esta familia de plantas se distingue por su producción de savia lechosa (látex). El género *Euphorbia* contiene entre 1,600 a 2,000 especies las cuales se identifican por un pistilo femenino simple, la carencia de pétalos y usualmente de (Ecke, 1990).

## **Factores climáticos**

### **Temperatura**

Durante el crecimiento y desarrollo vegetativo, lo ideal son temperaturas diurnas de 20 a 23° C y nocturnas de 20°C: sin embargo, no deben bajar los 18°C ni rebasar a los 30° C.

Al momento de la iniciación floral, las temperaturas nocturnas deberían bajar a entre 20 y 21.1° C. Temperaturas nocturnas superiores a 22.8° C pueden atrasar la floración. Después de la iniciación floral, el desarrollo de las flores se convierte en un proceso continuo en el cual el punto culminante es la antesis, es decir, la emisión a partir de flores de los primeros granos de polen visibles. Las diferentes etapas del desarrollo de la flor pueden ser reconocidas a través de varios indicadores visibles. La etapa en donde el primer brote de flores es visible al ojo se llama simplemente brote visible. La etapa del primer color designa a aquella donde un primer cambio de color es visible sobre las brácteas verdes en su transición hacia el color final. En regla general, con temperaturas nocturnas de 21.1°C, la etapa de la iniciación floral tiene lugar entre 14 y 18 días después del inicio de los días cortos (DC), la correspondiente al primer color entre 30 y 32 días después de los DC, la del brote visible de 35 a 39 días después de los DC, y la de la antesis de 54 a 59 días después de los DC. (Cantin, 2015).

Una vez que los colores de las brácteas hayan aparecido, el mantenimiento de la temperatura media cotidiana ideal será esencial para su desarrollo. Para maximizar la talla de las brácteas, es importante que las temperaturas cotidianas sean de 20 a 21.1°C. en la medida de lo posible, es necesario tratar de evitar temperaturas superiores a 23.9° C, lo que puede dar brácteas muy grandes, pero también muy tiernas y traducirse en problemas después de la cosecha (Cantin, 2015).

## **Daños causados principalmente por las temperaturas bajas que se dan en el invierno, cuando se tiene las heladas**

- Las hojas con cambio de color, muchas veces adquiriendo un color púrpura a oscuro o teniéndose quemaduras foliares. Las hojas nuevas son más sensibles a quemarse con frío que las más viejas.
- Caída de hojas (defoliación) es otro daño común por temperaturas muy frías, y normalmente recuperan el follaje cuando se tienen nuevamente temperaturas cálidas (arriba de 20° C).
- En ciertos casos, cuando las especies de plantas son muy sensibles pueden morir con frío intenso, ya que no solamente son afectadas las hojas, sino también el tallo y raíces.
- Cuando se tiene temperaturas inferiores a 15° C, esto causa que las plantas tengan poco o nulo crecimiento (López et al., 2017).

## **Luminosidad**

Por la luz y mediante la fotosíntesis la planta puede producir los hidratos de carbono, los cuales requiere para su desarrollo. Este requerimiento básico determina la dirección del crecimiento, influye en la forma de la planta, en el color de las hojas y en el desarrollo de las flores. Si la luz no es la adecuada, las hojas se tornan cloróticas; los tallos son débiles y se trastorna la floración.

La nochebuena siendo planta para mediana exposición solar, luz filtrada o difusa el rango de Fc que necesita es 2500-3000 Fc (Arango, 1997).

## **Intensidad**

La intensidad lumínica recomendada para zonas templadas es de 5,500 pies candela y en zonas calientes 4,500, la cual debe de mantenerse hasta octubre (que se consigue al usar una cubierta de plástico blanco lechoso al 50%) para después bajar a 4000 y 3000, respectivamente hasta tres semanas antes de

la venta. Las dos últimas semanas es recomendable una intensidad de 2000 y 2500, en México, casi nadie lo hace (López et al., 2017).

**Cuadro 1. Intensidad de la luz y medición adecuada para el crecimiento de flor de nochebuena**

Sitio	Medición de lux
Lugares abiertos	
Pleno sol verano	100,000 a 150,000
Pleno sol invierno	80,000 a 90,000
Sombra media en verano	40,000 a 50,000
Sombra media en invierno	30,000 a 40,000
Interior	
Luz indirecta en corredor	30,000
Luz indirecta en invernadero bajo plástico	40,000
Habitación con 2 lámparas fluorescentes de 40W	1,500

(López et al., 2017)

### **Duración de la luz**

Las plantas necesitan de la luz para la fotosíntesis y producción de alimentos. En general, se consideran una duración ideal de luz de 12 horas por día, con esto se consigue plantas con buena salud y desarrollo. Nuestro verano tiene un día que ronda las 14 horas de luz y en invierno unas 9 a 10 horas, que siguen estando en rangos de producción aceptable para la mayoría de las plantas florícolas. Plantas que crecen con fotoperiodo corto (menos de 8 horas de luz por día), desarrollan hojas más pequeñas y finas, pudiendo haber con el tiempo caída de hojas. Por otro lado, plantas creciendo con un fotoperiodo largo, pueden presentarse con verde pálido y muchas veces las hojas viejas son quebradizas y curvadas, y caen prematuramente (Espinoza et al., 2004).

## **Humedad relativa**

La humedad relativa es de especial importancia: la planta puede sufrir alargamientos o ataques de hongos (*Cenicilla* o *Botrytis*) y bacterias (*Erwinia*). Es por eso que se debe de mantener la humedad por debajo de 75% y si hay clima lluvioso genera una buena circulación de aire. También se debe dar un buen espaciamiento entre plantas (Espinoza et al., 2004).

## **Daños por exceso o falta de humedad**

El exceso y la falta de agua ocasionan que las plantas se desarrollen deficientemente y pueden causar muerte de raíces (López et al., 2017).

### **Daños por exceso de humedad**

- Las raíces se pudren por falta de oxígeno.
- La planta puede presentar muerte de puntas de hojas, caída de hojas y aborto de flores.
- En casos extremos muerte de plantas (López et al., 2017)

### **Daños por falta de humedad.**

- Ocasiona muerte de raicillas por deshidratación.
- Caída de hojas de manera prematura y de flores.
- Quemado de puntas de hojas.
- Marchitez temporal.
- Muerte de plantas en situaciones extremas (López et al., 2017).

## **Fotoperiodo**

- Reacciona ante la duración de la iluminación con dos tipos de crecimiento, el vegetativo (crecimiento de follaje) y el generativo (floración).
- La floración comienza si hay por lo menos 12.5 horas continuas de oscuridad.

- Con el propósito de comercializar la planta en el mes de noviembre y no esperar que el cambio de estación inicie la floración, se cubren las plantas con plástico negro.
- Cubrir de 5 a 6 semanas tapando al atardecer y destapar al otro día en la mañana, al fin de este periodo se deja de cubrir con plástico pues el proceso de floración y pigmentación de las brácteas es irreversible.
- El tiempo desde que se cubre con plástico negro hasta las fechas de venta varía dependiendo de la variedad de que se trate, aunque puede ir de 60 a 70 días aproximadamente y las condiciones de temperatura, riegos, fertilización, sanidad del cultivo y pinchado (poda) modifican las fechas y tiempos (Cantín, 2015).

## **Factores edáficos**

### **Sustrato**

El sustrato debe esterilizarse a base de vapor de agua. Cuando la mezcla alcance una temperatura de 90°C se dejará 30 minutos, después aplicar aire para bajar la temperatura. no se recomienda usarlo inmediatamente debido a que pueden presentarse liberaciones de amoníaco. Otros productos que se usan son: Vapam, Basamid o Busan. Este último es un fungicida de amplio espectro y puede aplicarse en riego un día antes del trasplante. Las mezclas pueden ser variadas; por lo general, deben de tener un 60% de aireación, lo que se puede conseguir con una mezcla de 40% de tierra de hoja, 30% de polvillo de coco y 30% de tepojal (suelo calcáreo y poroso). El sustrato debe de tener un PH de 5.5 a 6.0 y una conductividad eléctrica de 1.5 a 2.5 mmhoms/cm. Si se usa otro tipo de sustrato es necesario que tenga una buena porosidad, estabilidad estructural, buena retención de agua, permitiendo una adecuada aireación, poseer una granulometría uniforme, tener buen drenaje, peso regular que evite que se caigan las plantas, alta capacidad de intercambio catiónico, que esté libre de plagas,

enfermedades, malezas y sustancias tóxicas, que sea homogéneo, de fácil disponibilidad y de costo accesible (Espinoza et al, 2004).

## **Suelo**

Las nochebuenas pueden ser cultivadas en la mayoría del suelo mezclas, siempre que sean regadas y fertilizadas adecuadamente, mezclas con espacio poroso adecuado para buena aireación y retención de la humedad funcionan correctamente. Es importante que se utilice cualquier medio libre de insectos o enfermedades (Medina, 2015).

## **Propagación**

El sistema tradicional de propagación de nochebuena (*Euphorbia pulcherrima*) es de manera vegetativa, esta empieza con una alta calidad de los esquejes y un ambiente ideal para el desarrollo radicular que sólo puede ser entregado por un buen sustrato. La propagación asexual de plantas es una producción a partir de partes vegetativas. Se utilizan tejidos vegetales que conserven la potencialidad de multiplicación y diferenciación celular para generar nuestros tallos y raíces a partir de cúmulos celulares presentes en diversos órganos. La propagación vegetativa o por esqueje es una técnica de reproducción vegetal que ocurre de manera espontánea en la naturaleza cuando una rama o fragmento de una planta cae al suelo y logra enraizar otra vez y producir así un nuevo individuo. También se le ha empleado desde tiempos inmemoriales por los horticultores para la propagación de árboles de ornato y frutales. Una vez que los esquejes se cosechen, son sometidos bajo condiciones controladas a un proceso de inducción y desarrollo de raíz mediante el uso de hormonas y el empleo de medios adecuados de enraizamiento, buscando obtener esquejes con un sistema radicular abundante, que presenten después del enraizamiento una adecuada ramificación del sistema radicular y un rápido crecimiento (TECNOFEN S.A de C.V, 2000).

En los esquejes se ha suspendido la provisión natural de agua que viene de la absorción de las raíces, pero aun transpiran, por tal motivo se debe reducir al máximo el estrés hídrico provocando por el proceso de transpiración, hasta que se formen las raíces (Pizano, 2000). Según Loach (1988), el efecto más importante del estrés hídrico sobre el esqueje es el cierre de estomas, que afecta la cantidad de carbohidratos disponibles a través de la corriente fotosintética al reducir la difusión de dióxido de carbono a los cloroplastos e indirectamente causa un aumento en la temperatura de la hoja; es por esto que una de las decisiones más importantes para el enraizamiento, reside en el sustrato, ya que tiene influencia directa sobre la temperatura, la humedad, el oxígeno y es considerado como parte integral del sistema de propagación (Pizano, 2000).

### **Selección de plantas**

El criterio fundamental es seleccionar aquellas plantas madres que presenten características fenotípicas consideradas como importantes, tales como porte de planta, forma, tamaño, color de hojas y brácteas (Canul et al., 2010); así, por ejemplo, elegir ejemplares “silvestres de dos metros de altura o más, o bien, plantas de variedades de dominio público, tales como Valenciana, Rehilete, Amanecer Navideño, Juan Pablo, y Belén (Colinas et al., 2009), de 1.5 a 2.0 metros de altura. Los tallos deben estar sanos, rectos y bien formados, de consistencia leñosa o lignificada, color rojizo ligeramente obscuro, con un diámetro de 1 a 2 Cm; brácteas principalmente de color rojo, o bien, del color y forma que se requiera para propagar, así como de ciclo precoz a intermedio.

La multiplicación comercial de la *Euphorbia pulcherrima* se realiza de forma vegetativa, a través de esquejes de 6-8 cm de longitud. Las plantas madres usadas para obtener los esquejes productivos se siembran a mediados del mes de mayo.

De igual forma, se acostumbra la aplicación de sustancias reguladores de crecimiento, como auxinas o giberelinas, con el objetivo de obtener plantas con mayor número de brotes, y esquejes firmes y resistentes (Vazquez, 2020).

## **Corte de tallos y varetas**

Los tallos se cortan con tijeras de podar (Felco #2). Las cuales, por la calidad del filo de su corte, no lesionan el tejido; su capacidad de corte es de 2.5cm y, si los tallos tienen más de 3 cm de diámetro, se recomienda el uso de tijeras de “perico”, con una capacidad de corte de hasta 5 cm. Las varetas, que representan la parte separada del tallo y que pueden estar acompañadas o no de hojas, o de raíz capaz de originar una nueva planta (Nom-007-Fito, 1995), se cortan de 20 a 30 cm de longitud, según la distancia de entre nudos los cuales se presentan generalmente desde cada dos cm hasta 17 cm (Iskander, 2002).

## **Acondicionamiento y traslado de varetas**

Si las varetas no se van a enraizar el mismo día, o bien, la acción de enraizamiento se va a hacer en un lugar distante al de recolecta, se sugiere se acondicionen y trasladen de la siguiente manera:

- Extender hojas de papel periódico.
- Humectar las hojas con agua mediante un atomizador o aspersor de agua
- Acomodar de 20 a 30 varetas sobre las hojas de papel periódico humedecidas y enrollar con el mismo.
- Colocar el rollo de varetas en una bolsa de polietileno
- Depositar las bolsas en una hielera de plástico o poliestireno (Iskander, 2002).

## **Llenado de bolsas y macetas**

Se puede utilizar bolsa negra de plástico de cuatro litros de capacidad, maceta negra soplada de 3.5 litros o bien, de ocho pulgadas, equivalente a 3.5 litros. Las bolsas o macetas se llenan preferentemente con sustrato de hoja de encino (*Quercus spp.*) u ocochal cernidos (Hojarasca de oyamel o “tierra de monte”), con el fin de retener mayor humedad; se sugiere mezclarlos con “atocle”

(suelo limoso que se acumula en márgenes de río) en proporción 4:1 v/v. otras mezclas sugeridas son: 60:20:20 v/v, atocle y polvillo de coco Pelemix en block; o la mezcla: 48:16:16:20 de los mismos componentes anteriores, más lombricomposta de cachaza (principalmente residuo de la industria del azúcar de caña), respectivamente; en todos los casos los componentes se deben mezclar de manera uniforme. El sustrato solo o mezclado se debe humectar a capacidad de contenedor o de campo, la cual se considera como la humedad que retiene el sustrato una vez que cesa el movimiento del agua de riego por gravedad, evitando un exceso de humedad que podría favorecer el desarrollo de patógenos. Este nivel de humedad en el sustrato permite un mejor manejo para llenar las bolsas o macetas. Para que el enraizamiento de plantas en maceta sea exitoso, se requiere conocer las propiedades físicas y químicas de los sustratos. En el caso de las físicas, es importante que la estructura del sustrato sea adecuada ya que, de no serlo, difícilmente podrá mejorarse una vez que la planta se haya establecido para su enraizamiento. En cuanto a las químicas, como el pH o el nivel nutricional, éstas pueden ser alteradas posteriormente al establecimiento de las varetas, (Iskander, 2002).

### **Manejo de varetas durante el enraizamiento**

Las bolsas o macetas con varetas de nochebuena se colocan para su enraizamiento en un lugar a cielo abierto, o bien bajo una cubierta horizontal con malla aluminada, donde se pueden manejar hasta que se enraícen y lleguen a ser nuevas plantas formadas o terminadas. Se deben regar de 3 a 4 veces por semana, dependiendo del sustrato utilizado y de la condición del ambiente. Para favorecer aún más el enraizamiento, a partir de la segunda semana se sugiere que el riego se aplique, una vez por semana, 1 g/l del producto Raizal 400, que contiene reguladores de crecimiento, además de Nitrógeno, Fosforo, Potasio, Magnesio y Azufre. Si las condiciones de enraizamiento son a “cielo abierto” y se presentan precipitaciones pluviales atípicas que pueden favorecer el incremento de la humedad relativa, a menos de que se registre una temperatura ambiental superior a 30´ C, es posible que se manifieste alguna enfermedad fungosa, para lo

cual se sugiere aplicar algún fungicida de manera preventiva, como el caldo bordelés a base de la combinación de sulfato cúprico y cal hidratada, o bien, Manzate a base de Mancozeb (ion zinc y etilen bis ditiocarbamato de manganeso, equivalente a 800 g de ingrediente activo por kg), en dosis de 1 g/l de agua (Iskander, 2002).

En la propagación de los esquejes es favorable el uso de fitohormonas de enraizamiento, como IBA (ácido indolbutírico) o ANA (ácido naftalencético).

A principios del mes de agosto se realizan dos pinzados cada 20 o 25 días, con el objetivo de estimular el desarrollo de ramas laterales (Vazquez, 2020).

### **Obtención de varetas enraizadas**

Con base en el manejo anterior, en un lapso de dos meses se obtienen nuevas plantas formadas a partir de varetas enraizadas de nochebuena de sol. Si las plantas con tres tallos no se destinan al mercado como plantas terminadas y se utilizan con otro fin, se sugiere separarlas de manera individual con la ayuda de un cuchillo largo y filoso para colocarlas en macetas de 8 pulgadas (3.5 L) y después a macetas de 12 pulgadas (16L), con mezcla de sustrato 48:16:16:20 v/v de ocochal, atocle, polvillo de coco Pelemix en block y lombricomposta de cachaza, respectivamente esta se pueden colocar en suelo a cielo abierto para su estudio, con fines de conservación o reinserción al lugar de origen, e incluso en avenidas, camellones, jardines y otros, como reforestación urbana (Canul et al, 2010).

### **Selección de cultivares**

En México existen varios cultivares de nochebuena de intemperie o de sol (rojas: Valenciana, superior, orejona y corona: rosa: rosa, amarilla: amarilla, los cuales sus brácteas empiezan a tomar colorido a inicios de octubre, su follaje tiene varias tonalidades de verde, con los bordes dentados. En la actualidad los cultivares Freedom y Subjifi de brácteas rojas, son aún, los más cultivados por nuestros floricultores. Los esquejes los pueden adquirir con o sin raíz y debe de comprarlos en empresas especializadas como Floraplant, vivero internacional,

Tecnoflor, etc. (todas ellas ubicadas en el estado de Morelos). Es indispensable conocer el grupo de respuesta de cada cultivar (de 6 a 9.5 semanas), ya que esto nos permite planear nuestra producción (Espinoza et al., 2004).

### **Cultivar Freedom**

- Colores disponibles: rojo, rosa, blanco y mármol.
- Las hojas verdes oscuro.
- 7.5 semanas el ciclo de coloración.
- Adaptable a una amplia gama de tamaños de macetas.
- La familia es de tamaño uniforme, adecuada para multicolores, para combinación en macetas.
- Es ideal para las ventas de principio de temporada (Ecke, 1990).

### **Cultivar Prestige**

- Temporada media, primera semana de diciembre.
- Color: rojo y blanco.
- Hojas de color verde oscura y grandes brácteas vistosas horizontales.
- 8.5 semanas el tiempo de coloración.
- Vigor mediano.
- Arquitectura de planta en forma de v.
- Prestige es ideal para el cultivo de alta densidad.
- Prestige se puede cultivar en una variedad de tamaños de macetas desde 10 cm y árboles.
- Por su arquitectura en forma de v, minimiza la rotura de las ramas (Ecke, 1990).

### **Cultivar Winter Rose**

- Colores disponibles: rojo, blanco, marmoleado, rosado y salmón.
- Hojas verdes oscuro.
- Hojas y brácteas curvadas.
- Globo único con flor en forma de cabeza.
- 9.5 semanas el ciclo de coloración.
- Adaptable a una amplia gama de tamaños de macetas.
- Ideal para la producción eficiente del espacio debido a la hoja y la posición de las brácteas.
- Uniforme de tamaño.
- Winter rose tira brácteas y se presenta de manera uniforme y sin ramificación dominante.
- Justo a tiempo para las ventas de fines de temporada.
- Cualidades de postcosecha superiores (Ecke, 1990).

### **Cultivar Jester**

- Colores disponibles: rojo y blanco.
- Brácteas erectas únicas.
- Las hojas verdes oscuro
- 7.5-8 semanas el ciclo de coloración
- Compacto de vigor medio.
- Ramificación vertical.
- Brácteas verticales dan a Jester una apariencia de novedad.
- Uniformes para las macetas de varios colores.
- Pueden ser cultivadas en una variedad en tamaños de macetas desde 10 cm, ideal para la producción de alta densidad.
- Habito compacto natural reduce la necesidad de los recursos filogenéticos (reguladores de crecimiento).

- Jester responde a diferentes tratamientos para el control de altura.
- En tamaños de contenedores más grandes considerar la adición de 1 semana en el programa de producción para permitir que las plantas den tamaño.
- Frio al final de temporada, mejorara la posición vertical de las brácteas. Cuando termine más cálido las brácteas se pondrán más planas (Ecke, 1990).

### **Cultivar Snowcap**

- Grandes brácteas de color blanco, rosa mármol, naranja.
- Las hojas de color verde medio.
- 8.5 semanas el ciclo de coloración.
- Cultivar vigoroso.
- Pueden ser cultivadas en una variedad de tamaños de macetas desde 1<sup>o</sup> cm, macetones de 40 cm y árboles.
- Adecuado para la producción a un solo tallo.
- Excelente característica de postproducción.
- Snowcap es susceptible a la Botrytis poinsettia y se beneficiaran de los programas de prevención dirigidos a esta enfermedad.
- Mantener una buena humedad del suelo y evitar la alta CE a lo largo de la producción, que puede contribuir al daño de las brácteas.
- Aspersiones de calcio han alentado tallos fuertes.
- Snowcap es un cultivar vigoroso y se beneficiara de la utilización de hormonas para el control de la altura y para fortalecer los tallos. Los productores también deben considerar un programa de producción más corto para controlar la altura (Ecke, 1990).

**Cuadro 2. Programa de producción de flor de nochebuena para zonas frías**

<b>Programa de producción para zonas frías</b>			
Diámetro de la maceta	6.5"	7.0"	8.0"
Densidad de población	1.2	1.3	3
Trasplante	01-Ago	01-Jul	20-Jun
Inicio de fertilización	08-Ago	08-Jul	27-Jun
Pinchado #1	01-Sep	01-Ago	20-Jul
Pinchado #2		25-Ago	20-Ago
Cubrir con plástico negro	15-Sep	15-Sep	15-Sep
Espacio final	01-Oct	01-Oct	01-Oct
Suspender fertilización	08-Nov	08-Nov	08-Nov
Inicio de venta	15-Nov	15-Nov	15-Nov

(Espinoza et al., 2004)

### **Espaciamiento**

Al llegar las plantas, éstas deben de sembrarse maceta con maceta, con esto se evita pérdida de espacio en el invernadero, la primera separación se hace a las tres semanas de la primera poda (o cuando los brotes tienen unos 10cm), pero por lo regular se hace un total de 2 a 3 separaciones, con el fin de evitar el ataque de plagas y enfermedades y tener un buen crecimiento en forma de "v". cuando no se cuenta con riego por goteo, se debe preferir un marco en el diseño de la colocación de las macetas al tresbolillo.

**Cuadro 3. Espaciamiento inicial y final en diferentes contenedores para flor de nochebuena.**

<b>Presentación</b>	<b>Plantas por m<sup>2</sup> al trasplante</b>	<b>Plantas por m<sup>2</sup> al final</b>
3 L	156	36
4 L	100	20
5 L	49	11
6 L	25	7
7 L	13	4
8 L	11	3
10 L	7	1
11 L	5	1

(Espinoza et al., 2004)

### **Pinch (poda)**

Promueve el crecimiento de brotes laterales al tallo principal y cada uno formara una flor, con el fin de llenar esteticamente la maceta.

Se realiza con navaja cortando el punto de crecimiento apical. El primer pinchado aproximadamente un mes despues del trasplante del esqueje, aunque la fecha puede varias dependiendo de los factores ambientales (Medina, 2015).

### **Fertilización**

La fertilización puede iniciar desde que el esqueje forme raíz.

Los elementos minerales para el correcto desarrollo y crecimiento de la planta son catalogados en Macroelementos (Nitrógeno, Fosforo y Potasio) que son los requeridos por la planta en mayores cantidades y los Microelementos (Fierro, Cobre, Zinc, manganeso, Boro y Molibdeno) requeridos en menores cantidades.

Nutrientes secundarios: Calcio, Magnesio y Azufre.

En términos generales habrá que ocupar como iniciador 15-5-25 (Peters) con rotación de nitrato de calcio, una de 15-5-25 1g/L de agua, una de nitrato de calcio 1 g/L de agua y una de (Obdulio, 2018) agua limpia hasta llegar al mes de septiembre a partir de esta fecha aplica 15-20-25 (Peters) con la misma rotación con nitrato de calcio y agua limpia. La conductividad eléctrica no deberá rebasar 2.0 mmhos/cm. Por lo anterior deberá de disponer de agua de buena calidad (Medina, 2015).

### **El Nitrógeno (N)**

- Da el color verde a las plantas
- Favorece el crecimiento sano y rápido
- Su exceso puede generar tejidos muy débiles y suaves que son propensos a ataques de patógenos
- Importante para los microbios del suelo, ya que constituye un alimento principal de las bacterias benéficas y ayuda a la descomposición de la materia orgánica fresca (Arango, 1997).

### **El Fosforo (P)**

- Actúa en formación y desarrollo de las raíces, permitiendo el establecimiento rápido y vigoroso de la planta.
- Estimula la floración y da resistencia a las adversidades ambientales, en especial temperaturas bajas.
- Participa en la provisión de energía a las células de la planta, necesarias para la síntesis y degradación de sustancias (Cantin, 2015).

### **El Potasio (K)**

- Actúa en el vigor y resistencia contra enfermedades de la planta.
- Favorece el desarrollo de las raíces y participa en numerosas reacciones químicas del metabolismo de la planta (Acosta, 2020).

**Cuadro 4 Requerimiento de Nitrógeno y su frecuencia de aplicación en flor de nochebuena**

<b>Requerimiento de Nitrógeno y su frecuencia de aplicación</b>			
		Dosis y concentraciones	
		Fertilización semanal	Fertilización constante
Cultivo	Concentración Categoría	ppm o mg/l de agua	ppm o mg/l de agua
Nochebuena	Fuerte	720	260

(Cantin, 2015)

### **Riego**

El riego debe ser continuo una vez iniciado el proceso de enraizamiento. Al momento de la siembra del esqueje el riego debe ir acompañado de un fungicida para evitar algún tipo de contaminación por patógenos del suelo.

La frecuencia de riego es especialmente importante, ya que, tanto ante los excesos del mismo como ante su falta, no tardara en perder sus hojas, por lo que hay que hacerlo de forma adecuada para que la planta esté sana (Cantin, 2015).

### **Riego en invierno**

Debe ser abundante, especialmente al inicio del mismo, en su época de floración. En esta época es conveniente regar la planta hasta dos veces por semana, preocupándonos de que el sustrato se mantenga siempre húmedo, sin llegar nunca a secarse por completo (Acosta, 2020).

### **Riego en verano**

Debe ser más espaciado, reduciendo la frecuencia del mismo a una vez por semana. Solo en climas especialmente secos y calurosos será necesario aumentar la frecuencia de riego (Acosta, 2020).

## **Reguladores de crecimiento**

El uso de reguladores de crecimiento en México no es muy frecuente; sin embargo, puede usarse Cycocel (Clormequat 11.8%) a dosis de 3 ml/L de agua, usar dos aplicaciones separados por una semana. B-nine (Daminozide 85%), usándolo de la misma forma que el anterior. Bonzi (Paclobutrazol 4%), a dosis de 0.2ml/L de agua, más adherente al follaje y 0.5 ml/L de agua en riego. Sumagic (Uniconazole-P 0.05%), 3.0ml/L de agua sin adherente y al follaje. Cada uno tiene sus ventajas y lo más seguro es hacer pruebas cuando no se tiene práctica. El buen uso de los reguladores produce compactación de la planta, color intenso en brácteas y follaje (Espinoza et al., 2004).

## **Plagas y Enfermedades**

### **Plagas**

Pueden ser atacadas en cualquier momento por diversos insectos o enfermedades. Se recomienda supervisar las plantas y sus sistemas de raíces con tarjetas adhesivas amarillas a lo largo del cultivo. A lo largo de la producción, se debe inspeccionar principalmente la presencia de “*Fungus gnats*”, específicamente los estadios larvarios (inmaduros) dañan nochebuenas al alimentarse de las raíces o tallos. Esta plaga se encuentra fácilmente en descomposición de materia orgánica en invernaderos y sustratos de cultivo húmedo (Medina, 2015).

### **Mosca blanca (*Bemisia tabaci*)**

La mosca blanca, *Bemisia tabaci* o *Trialeurodes vaporariorum*, son plagas que se presentan cuando las condiciones de temperatura superan los 25°C. el principal daño se presenta en las hojas como marchitamiento y manchas amarillentas.

la prevención de la incidencia de esta plaga se logra colocando trampas cromotrópicas de color amarillo o el control biológico. en caso de un ataque severo, el control químico es la mejor vía para eliminar este insecto.

Existen tres especies principalmente de mosca blanca que atacan a la nochebuena:

- *Trialeurodes vaporariorum*.
- *Bemisia tabaci* y *Bemisia argentifolli* (Medina, 2015).

### **Mosca negra (*Bradysia spp.*)**

Para muchos productores es la plaga más peligrosa de la nochebuena debido a que puede llegar a provocar la muerte de las plantas, a la dificultar de su control y a la relación con diversas enfermedades. son pequeñas moscas oscuras de aproximadamente 3 mm de tamaño, tienen una aparición de mosquito. se encuentra en las áreas oscuras y de alta humedad relativa. las larvas son pequeñas gusanos de cuerpo blanco y cabeza negra localizados en la zona de la corona y de las raíces de las plantas. el daño es ocasionado por las larvas al alimentarse de las raíces y tallos, provocando la muerte de la planta. la presencia de esta plaga está relacionada con la incidencia de *phytium*, *verticillium*, *cyndrocladium*, etc. (Martínez, 1995).

### **Trips (*Frankliniella occidentalis*)**

Aunque no son una plaga de importancia de la nochebuena, causan daño a las hojas y brácteas. generalmente estas plagas caen como huésped alterno de plantas del exterior del invernadero o alrededores. los ácaros también causan daños a nochebuenas cuando la plaga está presente en cultivos de invernadero adyacentes. la especie *frankliniella occidentalis* ocasiona daños a nivel de las hojas, se presentan manchas blanquecinas típicas de coloración grisácea.

se recomienda el control biológico con *Amblyseius swirskii*, que también es controlador de la mosca blanca (Medina, 2015).

### **Pulgones (*Aphididae spp.*)**

Estos insectos atacan a todas las plantas cultivadas en invernadero y se encuentra en todas las partes de las plantas desde las raíces hasta los puntos de crecimiento con su estilete succionan los líquidos de las plantas causando distorsión y deformación en la hoja. los pulgones tienen un cuerpo suave y secretan un líquido azucarado que le da una apariencia brillante al tallo y las hojas, sobre esta mielecilla puede crecer el moho o tizne negro. para el control químico de esta plaga se recomienda usar el Mavrik (0.16 a 0.40 cc/l), el Orthene (0.40 g/l), el Talstar (0.40 cc/l) y el Temik (Martínez, 1995).

### **Cochinillas**

La actividad se manifiesta como manchas rojizas en el envés de las hojas, igualmente segregan sustancias azucaradas que atraen otros insectos. el control se realiza mediante la aplicación controlada de un insecticida sistémico, evitando manchar las brácteas (Vazquez, 2020).

### **Araña roja (*Tetranychus urticae*)**

Los adultos hembras miden menos de 0.5 mm de largo por lo que son muy difíciles de observar antes de que el daño a las plantas sea detectable, son de color rojizo, amarillento o verdoso y frecuentemente tienen manchas oscuras en cada lado del cuerpo. los huevecillos son globulares o piriformes, de color ámbar o rojo. las arañas forman finos hilos de seda cuando la infestación es muy severa la planta puede llegar a llenarse de telarañas y masas de arañitas. los huevecillos se depositan solitarios y una hembra puede formar de 50 a 100 de ellos. todo el ciclo se completa en 7 días si la temperatura del invernadero es de 27°C, o en 14 días si es de 21°C, a temperaturas más bajas pueden requerirse un periodo de 2 a más meses. las arañitas causan puntuaciones en las células de las hojas, las cuales se colapsan y se secan dando la apariencia de moteado sobre la superficie foliar. los productos químicos es el método más empleado para manejar esta plaga, se

recomienda el avid (0.3 cc/l), el pentac (0.6 g/l, y el talstar (0.45 a 120 g/l) (Martínez, 1995).

**Cuadro 5. Plagas de importancia en el cultivo de flor de Nochebuena**

Plaga	Daños	Control
Mosca negra ( <i>Bradysia spp</i> )	Atacan las larvas en las raíces y tallos. Se relaciona con <i>Phytium</i> , <i>Verticillium</i> .	Aldicarb granulado al suelo, furadan, jabones, aceites, tabaco, insecticidas clordos.
Mosca Blanca ( <i>Trialeurodes vaporarium</i> )	El adulto y los tres primeros estadios ninfales succionan la savia y provocan un hongo, fumagina	Aldicarb granulado al suelo, Furadan, jabones, aceites, tabaco, insecticidas clorados, organofosforados, carbamatos y piretroides.
Araña Roja ( <i>Tetranychus urticae</i> )	Perforan la superficie de las hojas y chupan la savia, provocando defoliación completa y hasta la muerte.	Endosulfan, Malatión, Paratión metílico, Diazinón, Sulfotep, Clorpirifos, Agrimec.
Trips ( <i>Frankiniella occidentalis</i> )	Rompen los tejidos y se alimentan de la savia, ocasionando deformaciones, si atacan la flor, provocan caída prematura. Son transmisores de virus.	Endosulfan, Malatión, Paratión metílico, Diazinón, Sulfotep, Clorpirifos, Agrimec.
Pulgones	Se alimentan de savia debilitando la planta, son trasmisores virales.	Jabones, aceites, Malatión, Endosulfan, Paratión, Diazinón, acefato, Dimetoato

(Martínez, 1995)

## Enfermedades

El problema de las nochebuenas se presenta en las raíces, tallos, hojas y brácteas. Para el control de las enfermedades se recomienda usar plantas sanas, sustratos desinfectados, sanidad completa y proporcionar a las plantas un ambiente adecuado. Todas las demás técnicas deben considerarse como prevención y no como control (Martínez, 1995).

### **Pudrición de la Raíz (*Rhizoctonia solani*)**

El agente causal de esta enfermedad es el hongo patógeno *Rhizoctonia solani*. Los principales síntomas son la pudrición del tallo y raíces en condiciones de ambiente seco y alta temperatura (Vazquez, 2020).

### ***Rhizoctonia solani***

Su ataque resulta en una pudrición filamentosa de la porción basal del tallo, así como de las raíces. Es más seria en condiciones de clima cálido y humedad moderadamente alta. Para su control se puede usar Terraclor, Benlate. Los síntomas es una pudrición de color café del tallo a nivel de la línea del suelo, las raíces pueden tener lesiones cafés y las hojas de los esquejes en propagación pueden llegar a infectarse cuando estas están tocando el suelo. Las plantas infectadas son de crecimiento achaparrado, con hojas amarillentas desde la base y que algunas veces pueden caer. Bajo condiciones muy severas la planta puede colapsarse completamente. El hongo puede entrar a través del sustrato infectado o por plantas ya enfermas, se dispersa muy fácilmente por el agua y es favorecida por una humedad moderadamente alta y altas temperaturas. Se recomienda descartar las plantas enfermas y aplicar (Martínez, 1995).

### **Pudrición de la Raíz negra (*Thielaviopsis basícola*)**

El hongo *Thielaviopsis basícola* se localiza en el suelo y lesiona el sistema radicular, lo que influye en el marchitamiento total de la planta. La prevención se realiza con la desinfección del sustrato, o en ataques severos el control químico (Vazquez, 2020).

Es favorecida por un ambiente frío y húmedo. Se aconseja eliminar las plantas enfermas, evitar las bajas temperaturas y usar sustratos ácidos y fertilizantes acidificantes. Su control es a base de Benomil (Martínez, 1995).

### ***Phytium spp***

La corteza y la punta de las raíces se pudren, pudiendo llegar hasta el tallo. Las plantas son chaparras y las hojas inferiores se tornan amarillas y caen. Las plantas pueden colapsarse completamente debido a que las raíces son incapaces de remover la humedad, el sustrato tiende a permanecer húmedo, ocasionando que algunos diagnostiquen erróneamente que existe mucha humedad en el mismo. El patógeno es introducido en el sustrato o pro plantas infectadas, de donde se distribuyen a través de agua. Requiere de un ambiente muy húmedo y permanece activo aun en bajas temperaturas. Es recomendable excluir las plantas infectadas, procurando de no dispersar los desechos hacia las plantas sanas, el sustrato debe mantenerse en humedad baja. Para su control deben aplicarse riegos con fungicidas como el Truban (0.3 g/l) o el Banrot (0.6 g/l) (Martínez, 1995).

### **Podredumbre del tallo (*Pythium ultimum*)**

Enfermedad a nivel del tallo causada por *el Pythium ultimum*. La contaminación se inicia a nivel del sustrato y se propaga a través del tallo ocasionando la destrucción de los tejidos (Vazquez, 2020).

Hay mayor incidencia cuando la humedad relativa es alta y en casos severos, da como resultado el colapso repentino de la planta debido a la

destrucción del sistema radical. Se controla con Diazoben y Ethazol (Martínez, 1995).

### **Moho gris o Podredumbre gris (*Botrytis cinérea*)**

Este hongo puede causar daños en presencia de rocío o donde persisten condiciones de alta humedad. La orilla o punta de la hoja puede deteriorarse y volverse café mientras que las brácteas rojas desarrollan orillas purpuras o puntos necróticos. Ocasiona una pudrición en los tejidos que frecuentemente se inicia sobre los márgenes de hojas jóvenes u otros tejidos inmaduros. Las variedades rojas desarrollan un color purpura sobre las brácteas enfermas, algunas veces es difícil de distinguir de las quemaduras de los márgenes caudados por productos químicos en las brácteas.

Para su control se puede utilizar el Exotherm Termil el cual no daña las plantas en floración o Benlate (0.6 g/l) (Martínez, 1995).

### **Blanquilla o cenicilla (*Oídio sp*)**

Enfermedad causa por el *Oídio sp.*, presente en ambientes secos y se manifiesta como manchas blancas en la superficie de las hojas. Se recomienda la ventilación del cultivo, ya que este hongo puede llegar a deformar y necrosar los tejidos de las hojas (Vazquez, 2020).

### **Pudrición de la Raíz por bacterias**

Las bacterias son microorganismo que pueden afectar la propagación de las flores de navidad. Especies como *Erwinia sp.* Y *Corynebacterium sp.* Son comunes en este cultivo.

A modo preventivo se recomienda la desinfección del sustrato y del material de trabajo, en caso de incidencia es recomendable la eliminación de las plantas.

**Cuadro 6. Principales enfermedades de importancia, los daños que causan y su posible control en flor de nochebuena**

Enfermedad	Daños	Control
Pudrición mohosa de la raíz ( <i>Pythium ultimum</i> )	Atacan raíces y tallos	Esquejes sanos. Sustrato esterilizado. Instalaciones y equipo sanas. Captan, Fosetil-al, Etidiazole, Thiofanato, Benomil.
Pudrición del tallo y raíz ( <i>Rhizoctonia solani</i> )	Ataca raíces y tallos	PSNB por el riego. Benomil por el riego.
Pudrición de la raíz ( <i>Thielaviopsis basicola</i> )	Pudrición de raíces	Eliminación de plantas infectadas. Acidificar el suelo (pH 5.5) Metil trifanato en el riego.
Raya negra ( <i>Phytophthora parasítica</i> )	Raíces, hojas y tallos, descortezándolos. Produce una pudrición similar a la de <i>Phyitium</i>	Esquejes sanos. Sustrato esterilizado. Instalaciones y equipo sanas. Captan, Fosetil-al, Etidiazole, Thiofanato, Benomil.
Podredumbre suave ( <i>Erwinia carotovora</i> )	Ataca a esquejes, estos se pudren en la base del tallo.	Desinfección de camas de enraizamiento, macetas, sistemas de riego, instrumentos y equipo, mantener tem. Por debajo de 30°C.

(Martínez, 1995)

## **MATERIALES Y METODOS**

### **Ubicación del área experimental**

El presente estudio se realizó en las instalaciones de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN), en uno de los invernaderos del departamento de horticultura, localizado en la calzada Antonio Narro 1923, Buenavista, 25315 Saltillo Coahuila, México, teniendo como coordenadas geográficas 25°35'32' latitud norte y 101°03'32' longitud oeste (Google Earth 2021) del meridiano de Greenwich y se encuentra a una altura de 1786 msnm. El estudio se realizó en el periodo del 10 de junio del 2019 al 07 de noviembre del 2019. Las condiciones climáticas que dominan en esta región son precipitaciones anuales entre los 300 a 460 mm, con una temperatura media anual de 20' C.

### **Manejo Agronómico del Cultivo**

#### **Preparación del sustrato**

se utilizó una mezcla de sustrato entre peat moss y perlita en relación 70:30, se procedió a humedecer con abundante agua. Con la ayuda de un vaso de precipitado de 100 mL se tomó una muestra para medir el pH con un potenciómetro, el cual fue ajustado hasta obtener de entre 5.5 a 6.0.

#### **Material vegetal**

Cómo material vegetal se utilizaron plantas de nochebuenas de la variedad Prestige; para el experimento se utilizaron 54 plantas (esquejes con cepellón); estas fueron compradas desde un vivero certificado ubicado en el Estado de Morelos, México.

## **Trasplante**

El trasplante se realizó el 10 de junio del 2019, para llevar a cabo esta actividad se consiguieron contenedores con capacidad de 6 L, estos fueron llenados con sustrato ya preparado, enseguida las plantas con cepellón fueron trasplantadas, es importante mencionar que en cada maceta se le hizo cuatro perforaciones en cada esquina, con la finalidad de poder drenar el agua.

Terminado el trasplante se aplicó una solución fungicida (mismo día del trasplante) para la aplicación del cepellón, que fue de 0.5 g/L de ridomil con ingrediente activo metalaxil-M. esta solución fue aplicada para cada maceta en forma drench a una dosis de 250 mL.

## **Poda**

Con la finalidad de tener mayor aireación, mayor entrada de luz, mayor calidad de plantas y sobre todo para formar la planta se realizó la primera poda el día 22 de junio (dos semanas después del trasplante). El 25 de junio se realizó una poda de hoja dejando solamente el peciolo, se hizo esta práctica para eliminar las hojas viejas y dañadas. Finalmente se realizó la última poda de la planta el día 15 de julio, consistió en quitar desde el ápice hasta donde medía 7 cm, se realizó con la ayuda de una navaja la cual fue desinfectada con solución a base de cloro.

## **Aplicación de noches largas artificiales**

Con la ayuda de un plástico negro se empezó a aplicar las noches artificiales, esto con la finalidad de inducir el crecimiento de las inflorescencias, dicha actividad se inició el día 6 de septiembre en donde se colocó el plástico negro, desde el techo y cada uno de los lados laterales cubriendo todas las plantas. Estas noches artificiales fueron aplicadas desde las 5:00 pm y al día siguiente se retiraba a las 7:30 am, con esto podemos decir que las plantas fueron sometidas en un total de 14 horas 30 minutos de noches artificiales por día durante dos meses. Terminando esta actividad el 7 de noviembre, es importante mencionar que con esto indujo las plantas a una condición reproductiva.

## **Riego**

El método de riego consistió en el uso de un tensiómetro; este aparato se colocaba en el sustrato de al menos tres macetas al azar para medir la humedad, para saber si la planta ya carecía de humedad es cuando el aparato indicaba de 9-10 centibares. Los riegos se realizaban con una solución nutritiva Steiner. Cabe mencionar que el agua donde se llevó a cabo el experimento tiene un pH alcalino de 7.7 lo que significa que se tuvo que neutralizar con la ayuda del ácido sulfúrico para obtener un pH de entre 5.5 a 5.7 para una mejor absorción de los micronutrientes, los riegos fueron realizados manualmente.

## **Fertilización**

Las plantas fueron nutridas con la ayuda de una solución nutritiva Steiner (Cuadro 7) que fue aplicado de manera manual en los riegos, normalmente se realizaba de dos a tres veces por semana dependiendo mucho de las condiciones de la temperatura. Esta solución nutritiva se usó al 50% en la etapa vegetativa de la planta, posteriormente se incrementó al 100% en la etapa de crecimiento. La dosis que se aplicaba para cada maceta fue de 500 mL a 1.0 L dependiendo de la etapa de la planta.

**Cuadro 7. Solución nutritiva Steiner al 50% y 100% para 100 litros de agua, para Flor de nochebuena**

Ácido sulfúrico	6.9 ml	3.45 ml
Sulfato de Magnesio (MgSO <sub>4</sub> )	18 g	9 g
Microelementos	7.6 g	3.8 g
Nitrato de Calcio. Ca (NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	66 g	33g
Nitrato de Potasio (KNO <sub>3</sub> )	23 g	11.5 g
Ácido nítrico (HNO <sub>3</sub> )	34 ml	17 ml
Sulfato de potasio (K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> )	40 g	20 g

### **Manejo de plagas y enfermedades**

Cómo en todo cultivo la presencia de patógenos es algo inevitable por lo que en este experimento tuvimos la presencia de algunos patógenos que ataca a este cultivo, para ello fue necesario realizar un programa de aplicaciones tanto fungicida como insecticidas (Cuadros 8 y 9).

**Cuadro 8. Fungicidas usados para combatir y prevenir las enfermedades en flor de nochebuena**

<b>Fungicidas</b>			
<b>Nombre técnico</b>	<b>Ingrediente activo</b>	<b>Enfermedades que combate</b>	<b>Fecha de aplicación</b>
Mancolaxil	Metalaxil y Mancozeb	Pythium, Mildiu, Tizón tardío y <i>Tizón</i> temprano	14/06/19
Manzate	Mancozeb	Mildiu, Roya	20/06/19
Captan 50	Carboxamida	Rhizoctonia, Alternaria, Tizón de la hoja	18/07/19
Ridomil	Metalaxil-M	Phytopthora	10/05/19
Milor	Metalaxil más Cloratonil	Peronospora, Alternaria, Tizón tardío	10/09/21
Previcur	Propamocarb	Damping off	01/05/19 y 25/07/19
Antrak	Benomylo	Cercospora, Roya, Rhizoctonia, Fusarium y Antracnosis	11/07/19 08/08/19
Agrigento	Sulfato de gentamicina más Clorhidrato de oxitetraciclina	Bacterias	02/09/19
Prozycar	Carbendazim	Antracnosis	21/06/19
Pistop	Propamocarb	Damping	16/10/19
Bravo 720	Cloratonil	Mildiu, Damping off	26/08/19
Eminem	Procloraz	Rhizoctonia, Botrytis, Fusarium.	22/06/19 01/08/19
Vs mic	Metaloxil	Phytopthora, Phytium	10/09/19
Fungoxil	Metaloxil más Clorotonil	Peronospora, Phytopthora, Mildiu	05/10/19
Adama cupuimicna	Oxitetraciclina	Cenicilla, Tizón, Botrytis.	04/07/19

**Cuadro 9. Insecticidas usados para combatir y prevenir las plagas en flor de nochebuena**

<b>Insecticidas</b>			
<b>Nombre técnico</b>	<b>Ingrediente activo</b>	<b>Plagas que combate</b>	<b>Fecha de aplicación</b>
Yuddo delta	Lambdacialotrina	Palomillas, Araña	25/07/19 08/08/19
Calypso	Tracloprit	Mosca blanca, Pulgones	04/07/19 01/08/19
Permefos 34	Permetrina	Palomilla, Minador, Trips.	22/08/19
Abamectina	Abamectina	Araña roja	20/09/19
Penatrex	Nonilfeno más Polioxietilenico		02/10/19
Danapyr	Dimetoato	Trips, Pulgón Mosca blanca	09/05/19 11/07/19
Mitac 20	Amitraz	Araña roja, Mosca blanca	21/06/19 18/07/19

### **Materiales utilizados**

- Se utilizaron esquejes de nochebuena de la variedad Prestige
- 2 tipos de sustrato peat moss y perlita
- Contenedores de capacidad 6 L
- Fungicida para la aplicación del cepellón (ridomil)
- Fertilizantes inorgánicos
- Como tratamiento se utilizó nanopartículas de óxido de zinc
- Agua desionizada
- Probeta de 100 mL
- Una pipeta de 10 mL
- Vaso precipitado

- Plástico negro
- Atomizadores de vidrio
- 54 macetas de capacidad 6 L.

### Tratamientos

Como tratamiento se usó nanopartículas de óxido de zinc (ZnO), estas se aplicaron en bajas concentraciones, de dos formas diferentes, mediante drench (a la raíz) y de forma foliar. Las aplicaciones se hicieron mensualmente, cuatro aplicaciones durante todo el ciclo.

Aplicación 1: 6 de julio 2019

Aplicación 2: 6 de agosto 2019.

Aplicación 3: 5 de septiembre 2019.

Aplicación 4: 7 de octubre 2019.

**Cuadro 10. Tratamientos aplicados señalando la dosis y forma de aplicación a plantas de flor de nochebuena**

Tratamientos	Drench	Foliar	Unidad
1	0	0	mg L <sup>-1</sup>
2	0	750	mg L <sup>-1</sup>
3	0	1500	mg L <sup>-1</sup>
4	750	0	mg L <sup>-1</sup>
5	750	750	mg L <sup>-1</sup>
6	750	1500	mg L <sup>-1</sup>
7	1500	0	mg L <sup>-1</sup>
8	1500	750	mg L <sup>-1</sup>
9	1500	1500	mg L <sup>-1</sup>

Para llevar a cabo la aplicación se pesaron las nanopartículas con la ayuda de una báscula granataria, y posteriormente se colocaron en 4 tubos de ensaye. El tubo 1: se usó para la concentración 750 mg L<sup>-1</sup> en forma foliar, se pesó una cantidad de 13.5 g de nanopartículas que es correspondiente para los tratamientos

2, 5 y 8 con sus respectivas repeticiones (seis). El tubo 2: se usó para la concentración  $1500 \text{ mg L}^{-1}$  en forma foliar. En total se pesó 27 g, correspondientes para los tratamientos 3, 6 y 9 con sus respectivas repeticiones (seis). El tubo 3: se usó para la concentración  $750 \text{ mg L}^{-1}$  en forma drench. Se pesaron 13.5 g de nanopartículas, que son para los tratamientos 4, 5 y 6, y sus repeticiones correspondientes (seis). El tubo 4: se usó para la concentración  $1500 \text{ mg L}^{-1}$  en forma drench. En este tubo se depositaron 27 g correspondiente para los tratamientos 7, 8 y 9, con sus respectivas repeticiones (seis).

Enseguida para la preparación del tratamiento se usaron cuatro recipientes de vidrio cada recipiente correspondía una concentración al igual que los tubos de ensaye, el agua que se usó fue agua desionizada. El recipiente numero 1: se usó para la preparación de la concentración  $750 \text{ mg L}^{-1}$  en forma foliar, un total de 13.5 g del tratamiento fue depositado en este recipiente con 4.5 L de agua, para ser aplicados en 18 plantas de los tratamientos 2, 5 y 8 a una dosis de 250 mL por planta.

Recipiente 2: es el recipiente correspondiente para la concentración  $1500 \text{ mg L}^{-1}$  en forma foliar, la dosis pesada para esta concentración fue depositada junto con 4.5 L de agua. Se aplicó para los tratamientos 3, 6 y 9, a una dosis de 250 mL por planta.

Recipiente 3: Fue usada para la concentración  $750 \text{ mg L}^{-1}$  en forma drench. Se preparó depositando la dosis que se pesó junto con 4.5 L de agua desionizada, y fue aplicado para los tratamientos 4, 5 y 6 a una dosis de 250 mL por planta.

Recipiente 4: este último recipiente es correspondiente para la concentración  $1500 \text{ mg L}^{-1}$  en forma drench. En 4.5 L de agua fue agregada 27 g de nanopartículas para los tratamientos 7, 8 y 9., para ser aplicado a 18 plantas a una dosis de 250 mL por planta.

Finalmente, para ser aplicados estos tratamientos a las plantas se usaron 2 atomizadores para la aplicación de forma foliar. Se aplicó tanto en el haz como en el envés de las hojas. El atomizador 1 fue usado para la aplicación de la concentración 750 mg L<sup>-1</sup>. El atomizador 2 se usó para la concentración 1500 mg L<sup>-1</sup>. Para la aplicación de forma drench se usaron 2 vasos precipitados; el vaso precipitado 1 fue usado para la concentración 750 mg L<sup>-1</sup>. Y el vaso precipitado 2 fue utilizado para la concentración 1500 mg L<sup>-1</sup>.

Es importante mencionar que este método se usó para las cuatro aplicaciones que se hicieron durante todo el ciclo de la planta.

### **Variables respuesta**

**Altura:** con la ayuda de una cinta métrica se midió el brote más alto de cada una de las plantas por tratamiento y para obtener el dato a evaluar se calculó la media.

**Número de flores:** se llevó acabo el conteo de flores en cada una de las plantas de cada tratamiento, posteriormente se obtuvo la media para obtener el dato a evaluar.

**Diámetro de tallo:** para obtener estos datos se realizó con la ayuda de un vernier, se tomó en cuenta el tallo principal de la planta, teniendo el dato de cada una de las plantas de cada tratamiento se calculó la media para obtener el dato a evaluar.

**Diámetro de la planta:** se obtuvo los datos de esta variable utilizando una cinta métrica, el método de medición fue medir hasta donde terminaba la bráctea más abierta en cada una de las plantas de cada tratamiento, después se procedió a obtener la media para el dato a evaluar.

**Diámetro floral:** Para esta variable se tomó en cuenta la flor más grande en cada una de las plantas de cada tratamiento, con la ayuda de una cinta métrica se obtuvo los datos de cada planta, enseguida se procedió a calcular la media para obtener un valor a evaluar.

**Peso fresco de brácteas:** se realizó cosechando todas las brácteas en cada una de las plantas de cada tratamiento, posteriormente se procedió a pesar con la ayuda de una báscula, enseguida se obtuvo la media de estos datos para al final tener el dato a evaluar.

**Peso seco de brácteas:** para esta variable fue necesario usar una estufa de secado, las brácteas de cada una de las plantas de cada tratamiento fueron depositadas en una bolsa de papel etiquetadas, posteriormente fueron colocadas en la estufa de secado, para secarse se llevó 3 días, pasados estos días se procedió a pesar con la ayuda de una báscula, se obtuvo la media y finalmente el dato a evaluar.

**Peso fresco de hojas:** en esta variable fue usado el mismo método para calcular el peso de brácteas, se cosechó todas las hojas en cada planta de cada tratamiento, enseguida se procedió a pesar con la ayuda de una báscula para obtener la media y luego el dato a evaluar.

**Peso seco de hojas:** las hojas frescas en cada una de las plantas de cada tratamiento fueron colocadas en bolsas de papel, se etiquetaron para después colocarlas en la estufa de secado, se mantuvieron 3 días en la estufa, pasados los 3 días se sacaron para ser pesadas, así obtener la media y finalmente el dato a evaluar.

**Peso fresco de tallo:** cuando la planta ya no tenía hojas ni brácteas, se procedió a pesar el tallo principal, así como también la rama de cada brote en

cada una de las plantas de cada tratamiento, se obtuvo la media y el dato a evaluar.

**Peso seco de tallo:** los tallos frescos en cada una de las plantas de cada tratamiento se colocaron en las bolsas de papel, enseguida fueron etiquetadas, posteriormente fueron colocadas en la estufa de secado, de igual manera estos se mantuvieron 3 días, cumplidos los 3 días fueron retirados de la estufa, se pesaron, se calculó la media y finalmente se obtuvo el dato a evaluar.

### Diseño experimental

En este experimento se usó un diseño experimental de bloques completos al azar; para aplicar este diseño las plantas fueron etiquetadas cada una con el número de tratamiento correspondiente y repeticiones. Fueron nueve tratamientos con seis repeticiones de cada tratamiento teniendo un total de 54 plantas (Cuadro 11).

**Cuadro 11. Distribución de los tratamientos en el área experimental**

Distribución de los tratamientos								
T1R2	T2R2	T3R6	T4R5	T5R3	T6R2	T7R4	T8R2	T9R1
T1R3	T2R1	T3R1	T4R2	T5R1	T6R3	T7R2	T8R1	T9R3
T1R1	T2R4	T3R3	T4R1	T5R4	T6R6	T7R3	T8R4	T9R6
T1R6	T2R5	T3R5	T4R6	T5R6	T6R5	T7R1	T8R6	T9R2
T1R4	T2R3	T3R4	T4R3	T5R2	T6R1	T7R6	T8R5	T9R5
T1R5	T2R6	T3R2	T4R4	T5R5	T6R4	T7R5	T8R3	T9R4

**T= tratamiento, R=repeticón**

## RESULTADOS

### Peso fresco y seco de brácteas

El peso fresco de brácteas fue afectado significativamente por los tratamientos con nanopartículas de óxido de zinc (Cuadro 12). Las plantas que recibieron la aplicación de 750 mg L<sup>-1</sup> en forma de drench más 1500 mg L<sup>-1</sup> en forma foliar resultaron con el mayor peso fresco de brácteas, el cual superó al obtenido por plantas que recibieron la dosis más alta vía drench (1500 mg L<sup>-1</sup>), independientemente de la dosis foliar (Cuadro 12). En cuanto al peso seco de las brácteas, los resultados fueron similares, puesto que con 750 y 1500 mg L<sup>-1</sup> de nanopartículas de óxido de zinc aplicadas en forma de drench y foliar, respectivamente, el peso seco fue mayor que el obtenido por plantas que recibieron 1500 mg L<sup>-1</sup> en forma de drench (Cuadro 12), aunque en este caso hubo otros tratamientos que resultaron similares al obtenido con 750 y 1500 mg L<sup>-1</sup> de nanopartículas de óxido de zinc aplicadas en forma de drench y foliar, respectivamente (1500 mg L<sup>-1</sup> en forma foliar así como 750 mg L<sup>-1</sup> en forma de drench).

**Cuadro 12. Peso fresco y seco de brácteas de flor de nochebuena en respuesta a la dosis y forma de aplicación de nanopartículas de óxido de zinc**

Forma de Aplicación			
Drench	Foliar	Peso fresco de brácteas g	Peso seco de brácteas g
0	0	92.19ab	13.34ab
0	750	87.78ab	13.36ab
0	1500	91.19ab	14.40a
750	0	87.12ab	13.66a
750	750	90.67ab	13.24ab
750	1500	100.42a	14.35a
1500	0	68.15b	9.92c
1500	750	75.53b	10.45bc
1500	1500	73.44b	10.02c

### **Peso fresco y seco de tallo**

El peso fresco del tallo de las nochebuenas fue afectado significativamente por los tratamientos de nanopartículas de zinc (Cuadro 13); las plantas tratadas con dosis de 750 mg L<sup>-1</sup> en forma drench más 1500 mg L<sup>-1</sup> en forma foliar tuvieron mayor peso fresco de tallo que las plantas testigo sin nanopartículas, incluso de las que fueron tratadas con dosis de 1500 mg L<sup>-1</sup> independientemente de la dosis aplicada en forma foliar (Cuadro 13). En cuanto al peso seco de los tallos, la aplicación de 1500 mg L<sup>-1</sup> de nanopartículas en forma de drench resultó en una reducción en la acumulación de biomasa de los tallos en comparación con los restantes tratamientos (Cuadro 13).

**Cuadro 13. Peso fresco y seco de tallo de flor de nochebuena en respuesta a la dosis y formas de aplicación de nanopartículas de óxido de zinc**

<b>Forma de aplicación</b>			
<b>Drench</b>	<b>Foliar</b>	<b>Peso fresco de tallo</b>	<b>Peso seco de tallo</b>
		<b>g</b>	<b>g</b>
0	0	75.04bcd	18.30a
0	750	91.61ab	20.83a
0	1500	87.53abc	19.43a
750	0	87.94abc	19.30a
750	750	91.88ab	18.67a
750	1500	97.59a	20.41a
1500	0	70.53cd	14.05b
1500	750	69.77d	14.18b
1500	1500	68.63d	13.79b

### **Peso fresco y seco de hojas**

hubo efecto significativo en el peso fresco de las hojas por los tratamientos aplicados de nanopartículas de zinc (Cuadro 14); las plantas tratadas con dosis de 750 mg L<sup>-1</sup> en forma drench más 1500 mg L<sup>-1</sup> en forma foliar tuvieron mayor peso fresco, incluso el tratamiento testigo tuvo mayor peso fresco que las plantas tratadas con 1500 mg L<sup>-1</sup> en forma drench sin tomar en cuenta la dosis en forma foliar (Cuadro 14). En cuanto al peso seco de las hojas no hubo efecto significativo debido a que el tratamiento testigo (sin aplicación de nanopartículas de óxido de zinc) tuvo mayor peso que los demás tratamientos restantes (Cuadro 14).

**Cuadro 14. Peso fresco y seco de hojas de flor de nochebuena en respuesta a la dosis y formas de aplicación de nanopartículas de óxido de zinc**

<b>Forma de Aplicación</b>			
<b>Drench</b>	<b>Foliar</b>	<b>Peso fresco de hojas</b>	<b>Peso seco de hojas</b>
		<b>g</b>	<b>g</b>
0	0	97.86 a	18.02 a
0	750	99.18 a	16.06 ab
0	1500	91.07 ab	17.15 a
750	0	81.91 ab	14.78 ab
750	750	87.72 ab	16.12 ab
750	1500	100.63 a	17.99 a
1500	0	68.73 b	12.23 b
1500	750	69.87 b	12.39 b
1500	1500	72.06 b	12.32 b

### Altura de la planta

Al hacer una comparación entre las diferentes dosis aplicadas en las plantas de nochebuena, la variable altura de la planta fue afectada significativamente por los tratamientos aplicados de nanopartículas de óxido de zinc (Cuadro 15); las plantas que fueron tratadas con dosis de 0 mg L<sup>-1</sup> en forma drench más 750 mg L<sup>-1</sup> en forma foliar resultaron con mayor desarrollo de altura en comparación con los restantes tratamientos, aunque esta no supero a las plantas del tratamiento testigo.

**Cuadro 15. Altura de flor de nochebuena en respuesta a la dosis y formas de aplicación de nanopartículas de óxido de zinc**

Forma de Aplicación		
Drench	Foliar	Altura Cm
0	0	38.06ab
0	750	39.33 a
0	1500	34.87abc
750	0	35.07abc
750	750	33.26bc
750	1500	35.07abc
1500	0	32.89c
1500	750	34.67abc
1500	1500	36.17abc

### **Diámetro de la planta.**

De acuerdo a la comparación entre las diferentes dosis aplicadas a las plantas de nochebuena, se tuvo un efecto significativo sobre el diámetro de la planta; se puede observar en el Cuadro 16 que las plantas tratadas con mayor dosis de nanopartículas de óxido de zinc, es decir, 1500 mg L<sup>-1</sup> vía drench combinados con 750 o 1500 mg L<sup>-1</sup> vía foliar resultaron con mayor diámetro que el obtenido por las plantas testigos, aunque la aplicación de 750 mg L<sup>-1</sup>, combinado con 1500 mg L<sup>-1</sup> vía foliar produjeron resultados similares.

**Cuadro 16. Diámetro de la planta de flor de nochebuena en respuesta a las dosis y formas de aplicación de óxido de zinc**

<b>Forma de Aplicación</b>		
<b>Drench</b>	<b>Foliar</b>	<b>Diámetro de la planta cm</b>
0	0	49.22c
0	750	49.71bc
0	1500	54.29abc
750	0	53.78abc
750	750	55.05ab
750	1500	56.95 a
1500	0	55.29ab
1500	750	58.65 a
1500	1500	55.82 a

### **Diámetro de flor**

Después de realizar el análisis de varianza, se encontró una respuesta significativa para el diámetro de flor con los tratamientos aplicados de óxido de zinc (Cuadro 17); las plantas que se les aplicó una dosis de 750 mg L<sup>-1</sup> de manera drench más 1500 mg L<sup>-1</sup> de manera foliar fueron las plantas con mayor diámetro de flor que las demás plantas restantes, en cuánto al tratamiento testigo sin nanopartículas fueron las plantas con menor desarrollo de flores (Cuadro 17).

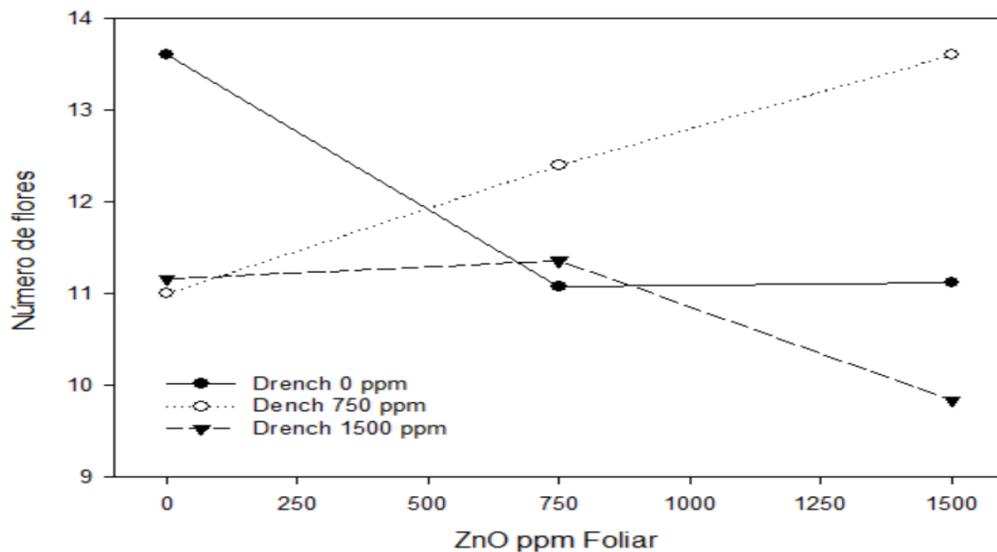
**Cuadro 17. Diámetro de flor en plantas de nochebuena en respuesta a la dosis y formas de aplicación de nanopartículas de óxido de zinc**

<b>Forma de Aplicación</b>		
<b>Drench</b>	<b>Foliar</b>	<b>Diámetro de flor cm</b>
0	0	23.38b
0	750	24.18ab
0	1500	24.97ab
750	0	25.28ab
750	750	26.60ab
750	1500	27.10 <sup>a</sup>
1500	0	24.21ab
1500	750	25.57ab
1500	1500	26.79ab

### Número de flores

Se encontró una respuesta altamente significativa para la variable número de flores (Figura 1); las plantas que fueron tratadas con una dosis de 750 mg L<sup>-1</sup> en forma drench más 1500 mg L<sup>-1</sup> en forma foliar produjo mayor número de flores en comparación con las plantas que fueron tratadas con dosis de 1500 mg L<sup>-1</sup> en forma drench, independientemente de la dosis en foliar (Figura 1).

En cuanto al resto de los demás tratamientos obtuvieron resultados similares, excepto el tratamiento testigo sin nanopartículas tuvo una buena respuesta igual que las tratadas con dosis de 750 mg L<sup>-1</sup> en forma drench más 1500 mg L<sup>-1</sup> en forma foliar (Figura 1).

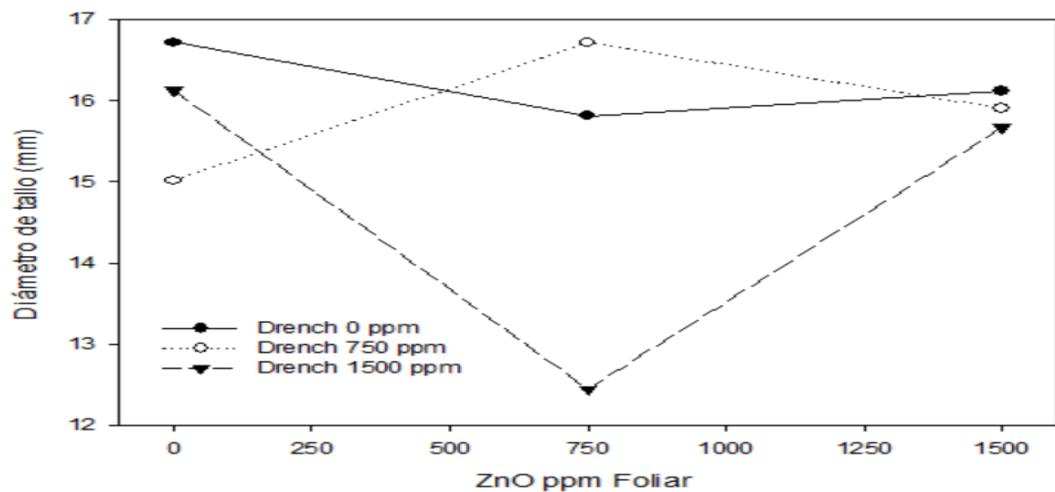


**Figura 1. Efecto de la interacción entre la dosis y la forma de aplicación de nanopartículas de óxido de zinc en número de flores de plantas de flor de nochebuena**

## Diámetro del tallo

De acuerdo a los resultados obtenidos la variable diámetro de tallo produjo una respuesta altamente significativa por los tratamientos de nanopartículas de óxido de zinc, las plantas que fueron tratadas con dosis de 1500 mg L<sup>-1</sup> vía drench más 750 mg L<sup>-1</sup> vía foliar fueron las únicas que resultaron en una reducción de biomasa en el diámetro del tallo (Figura 2).

En cuanto a las demás plantas restantes tuvieron un efecto similar por los tratamientos aplicados de nanopartículas de óxido de zinc, incluso el tratamiento testigo sin nanopartículas (Figura 2).



**Figura 2. Efecto de la interacción entre la dosis y la forma de aplicación de nanopartículas de óxido de zinc en diámetro del tallo de plantas de flor de nochebuena.**

## DISCUSIÓN

A partir de los hallazgos encontrados se observó en general que es posible aumentar la calidad y rendimiento en la producción de flor de nochebuena mediante la aplicación en drench o foliar de nanopartículas de óxido de zinc.

Estos resultados guardan relación con lo que sostiene Zúniga (2019), quien señala que la utilización de nanofertilizantes con zinc mejora la calidad en plantas de tomate (*Solanum lycopersicum*) en los parámetros de longitud radical y biomasa seca y aumenta el rendimiento, lo cual es acorde con lo observado en este estudio. Otros autores señalan que el aumento en el crecimiento y rendimiento de los cultivos por la aplicación de nanopartículas de óxido de zinc, puede ser el resultado de la inhibición o control de alguna enfermedad Servin et al. (2015). Por su parte, Tarafdar et al. (2014) reportan que estas nanopartículas incrementan la actividad de ciertas enzimas como la fitasa, fosfatasa ácida y alcalina, las que pueden estar contribuyendo a la solubilización de un nutriente como el fósforo y su absorción por las plantas, mejorando así el estado nutricional de los cultivos, por lo tanto, esto que menciona Tarafdar et al. (2014) tiene relación con este estudio ya que al incrementar la actividad de enzimas como la fitasa, fosfatasa ácida y alcalina mejora la nutrición de las plantas y en resultado a esto se obtiene mejor calidad y mayor rendimiento.

En lo que respecta entre la relación de las dos formas de aplicaciones drench y foliar, Méndez et al. (2016) señala que la aplicación foliar de nanopartículas de óxido de zinc a las concentraciones de 1.25 y 2.5% molar, mejoraron significativamente el crecimiento y producción de biomasa seca en plantas de chile (*Capsicum annuum*); también menciona que el efecto promotor de las nanopartículas podría estar relacionado con la actividad que tiene el zinc como precursor en la síntesis de auxinas, las cuales promueven la división celular, así como por su influencia en la reactividad del ácido indolacético, el cual funciona como fitoestimulante hormonal. Es posible que las nanopartículas también pudieran estar involucradas en una mayor producción de las fitohormonas citoquinina y giberelinas; aparte de inducir la actividad de enzimas antioxidantes

(Méndez et al., 2016), Esto concuerda con los resultados obtenidos en este experimento ya que las aplicaciones foliares a las plantas de nochebuena en concentraciones de  $1500 \text{ mg L}^{-1}$  se obtuvo efecto significativo en cuanto a las variables peso seco de hojas, peso seco de brácteas y peso seco de tallo.

Por su parte Panwar et al. (2012), señalan mayor crecimiento y producción de biomasa seca en plantas de tomate (*Solanum lycopersicum*) cuando aplicaron  $2000 \text{ mg L}^{-1}$  de nanopartículas de óxido de zinc al follaje; además, encontraron altas concentraciones de zinc en las hojas, confirmando con ello que ocurrió la absorción en las estomas y su translocación basipétala vía floema. Como ya se había mencionado anteriormente en este estudio produjo efectos significativos al usar aplicaciones de nanopartículas de óxido de zinc ya que las plantas que se trataron a concentraciones de  $1500 \text{ mg L}^{-1}$  aplicadas vía foliar respondieron de manera positiva, estos efectos fueron resaltados en la mayoría de las variables; diámetro del tallo, número de flores, diámetro de flor, peso fresco y seco de hojas, peso fresco y seco de tallos, peso fresco y seco de brácteas, de acuerdo a este estudio y al estudio del autor Panwar et al. (2012) podemos decir que el rango de concentraciones de nanopartículas de óxido de zinc para aplicaciones vía foliar es de entre  $1500 \text{ mg L}^{-1}$  a  $2000 \text{ mg L}^{-1}$ .

Otro estudio realizado por Prasad et al. (2012) revelan que en semillas y plantas de cacahuate (*Arachis hypogaea*) una concentración de  $1000 \text{ mg L}^{-1}$  de nanopartículas de óxido de zinc aceleró la geminación, se obtuvo mayor elongación de raíz y tallo. En plantas de soya (*Glycine max*) la dosis de  $1 \text{ g L}^{-1}$  de nanopartículas de óxido de zinc produjo efecto significativo en germinación y crecimiento, en comparación con las plantas no tratadas Sedghi (2013), en cuanto a la aplicación en forma drench en este estudio no se encuentra relación alguna.

En cambio, Lin y Xing (2008) señalan que la aplicación de  $1000 \text{ mg L}^{-1}$  de nanopartículas de óxido de zinc en zacate rye Grass (*Lolium perenne*), causa una reducción en la biomasa; al afectar el crecimiento apical de la raíz, también observaron que las células corticales y epidermales se colapsaron, indicando lo

anterior respuestas fitotóxicas por las nanopartículas. En plantas de calabaza (*Cucúrbita pepo*), las nanopartículas de óxido de zinc afectaron negativamente la producción de biomasa con la aplicación de 1000 mg L<sup>-1</sup> Stampoulis et al (2009). En este experimento se encontró respuesta significativa a una concentración de 750 mg L<sup>-1</sup> aplicadas de manera drench de nanopartículas de óxido de zinc en las siguientes variables; número de flores, diámetro de flor, peso fresco de tallo, peso fresco de hojas, peso fresco y seco de brácteas con esto podemos decir que al usar esta dosis y con esta forma de aplicación que es vía drench las plantas responden de manera positiva las nanopartículas de óxido de zinc. En cambio, aplicación de nanopartículas de óxido de zinc vía drench en concentraciones de 1500 mg L<sup>-1</sup> en las variables de diámetro de tallo y peso seco del tallo resultaron en una reducción en la acumulación de biomasa de los tallos. Tomando en cuenta al obtenido del estudio de Stampoulis et al. (2009) y a este estudio se puede decir que aplicaciones de nanopartículas de óxido de zinc vía drench a concentraciones igual o mayor a 1000 mg L<sup>-1</sup> afectan negativamente a las plantas.

También se reporta que las nanopartículas influyen significativamente en diversos aspectos fisiológicos y en mayor crecimiento de la raíz y tallo en cultivos hortícolas como *Pisum sativum* Mukherjee et al. (2014). Además, el zinc es considerado como uno de los ocho micronutrientes esenciales para las plantas, necesario en pequeñas cantidades, pero crucial para el buen desarrollo vegetativo Pandey et al. (2010). El zinc también desempeña una importante función en la producción de clorofila y por ende en la fotosíntesis, así como en mayor velocidad de germinación, producción de polen y biomasa (Prasad et al, 2012).

De acuerdo a los autores Zhao et al. (2014), en plantas de pepino (*Cucumis sativus*) se mostraron incrementos significativos en longitud y biomasa seca de la raíz con la incorporación al suelo de 400 y 800 mg kg<sup>-1</sup> de nanopartículas de óxido de zinc, al igual que los resultados obtenidos por la aplicación foliar de 1.5 y 10 ppm de nanopartículas de óxido de zinc a plántulas de garbanzo (*Cicer arietinum*), ya que originaron mayor altura y biomasa seca. En ese mismo estudio se ha

destacado que la aplicación de zinc en forma de nanofertilizantes promueve el crecimiento de las plantas.

Se ha sugerido que esa inducción del crecimiento se debe a que el zinc tiene una función muy importante como cofactor de enzimas involucradas en el proceso fotosintético, así como en la integridad y mantenimiento de las membranas celulares de las plantas (Burman et al., 2013).

Es importante tener una planta con vigor ya que tienden a tener inflorescencias de mejor tamaño, porque de lo contrario (tallos delgados y débiles) pueden llegar a tener inflorescencias más pequeñas, de brácteas pequeñas y a consecuencia de esto no tendrán un buen valor comercial.

El tallo principal de la planta debe estar vigoroso al igual que los tallos de cada uno de los brotes de la planta, de esta manera las inflorescencias serán vigorosas, y así obtener brácteas de buena calidad para un mejor aspecto a la planta.

## CONCLUSIÓN

Al evaluar la respuesta de las nanopartículas de óxido de zinc se concluye lo siguiente:

La mejor respuesta de las plantas se presentó con aplicaciones de nanopartículas de óxido de zinc a la concentración de  $750 \text{ mg L}^{-1}$  aplicadas vía drench más  $1500 \text{ mg L}^{-1}$  en forma foliar; podemos decir que estas concentraciones es el rango adecuado para que el cultivo aprovecha las nanopartículas de manera positiva, para su buen desarrollo.

Concentraciones de  $1500 \text{ mg L}^{-1}$  aplicadas vía drench independientemente de la concentración vía foliar resultaron con una reducción de la calidad de las plantas, esto se debe que las nanopartículas se deben de aplicar en bajas concentraciones si se aplica mediante drench.

En cambio, para aplicaciones foliares la concentración de  $1500 \text{ mg L}^{-1}$  independientemente de la concentración vía drench resultaron con un aumento en la calidad y rendimiento de las plantas.

De acuerdo a esto estudio se puede decir que las dos formas de aplicación son viables siempre y cuando se maneje las concentraciones adecuadas.

Finalmente concluyo que el mejor tratamiento fue el 6 ya que comparados con el tratamiento testigo hubo diferencia altamente significativa en la mayoría de las variables evaluadas.

## LITERATURA CITADA

- Arango, M. (1997). El manejo ecológico de las plantas de interior. Colombia.  
[https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/11748/8287006.\\_1997\\_parte1.pdf?sequence=5&isallowed=y](https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/11748/8287006._1997_parte1.pdf?sequence=5&isallowed=y).
- Acosta, B. M. (2020). Riego de la flor de pascua: cada cuánto y cómo hacerlo. Obtenido de <https://www.ecologiaverde.com/riego-de-la-flor-de-pascua-cada-cuanto-y-como-hacerlo-2378.html>.
- Burman, U., Saini, M., y kumar, P. (2013). Effect of zinc oxide nanoparticles on growth and antioxidant system of chickpea seedlings. *Toxicological and environmental chemistry*, 95, 605-612.
- Cantin, B. (2015). Producir las mejores flores de nochebuena. Obtenido de [https://www.berger.ca/es/wp-content/uploads/sites/3/2016/07/e-book\\_es\\_poinsettia\\_web.pdf](https://www.berger.ca/es/wp-content/uploads/sites/3/2016/07/e-book_es_poinsettia_web.pdf).
- Chalate, H., Hernández, R., Lazcano, G. D., y Pérez Hernández, P. (2008). Programa estratégico de necesidades de investigación y transferencia de tecnología de la cadena productiva horticultura ornamental en el estado de Veracruz. Fundación produce Veracruz.
- Cabrera, R. F. (2006). Producción de nochebuena *Euphorbia pulcherrima* Will. Recuperado el 20 de mayo de 2021, de folleto técnico: <http://biblioteca.inifap.gob.mx:8080/jspui/handle/123456789/2912>.
- Canul, J., García P, F., Ramírez R, S., y Osorio. C. (2010). Estrategias para el mejoramiento genético de nochebuena (*Euphorbia pulcherrima* Willd. Ex. Klotzsch. *Investigación agropecuaria* 7, 44-45.

- Colinas, M. T., Mejía, M., Espinoza, A., Alia, T., Martínez, M., Rodríguez, E., y Espinoza, F. (2009). La nochebuena de sol o jardín. (*Euphorbia pulcherrima* Willd. Ex. Klotzsch).,15.
- Dolez, P. I. (2015). Nanomateriales definiciones, clasificaciones, y aplicaciones en nanofertilizantes: global approaches to health and safety issues. amsterdam: elsevier, 3-40.
- Delgado, J. (2020). Flor del inca, corona del inca, pastora, pascuero, nochebuena, flor de pascua, estrella federal, poinsetia, poinsettia *Euphorbia pulcherrima*. Obtenido de <https://ornamentalis.com/Euphorbia-pulcherrima>.
- Ecke, P. (1990). The poinsettia manual. USA. Edición Paul Ecke de third.
- Espinoza, A., Mejía, J., y Rodríguez, M. D. (2004). Manual de producción de plantas de nochebuena y ornato. Sinaloa.
- Gutiérrez, I., Hernández Jiménez, M., y Molina Borchert, I. (2013). Daños para la salud tras exposición laboral a nanopartículas. Medicina y seguridad del trabajo, 59(231), 5-8. doi:doi:10.4321.
- Hernández, F. (1946). Historia de las plantas de la nueva España. México, D.F. Imprenta Universitaria.
- Hitstoup, O. (2014). Historia y cuidado de las plantas de nochebuena. Poinsettia - *Euphorbia pulcherrima*.
- Inshakova, E., y Inshakov, O. (2017). World market for nanomaterials: structure and trends. International conference on modern trends in manufacturing technologies and equipment. 129, 02013.

- Iskander, R. (2002). Manejo de sustratos para la producción de plantas ornamentales en maceta. Department of horticultural sciences, Texas am University. Dallas, Texas, USA, 9.
- Larson, R. (1988). Introduction to floriculture. New York. Academic press.
- Lin, D., y Xing, B. (2008). Root uptake and phytotoxicity of zno nanoparticles. Environmental science and technology, 42, 5580-5585.
- Lopez, I., Barrios ,N., Sarubbi, H., González, V., y Vázquez, V. (2017). Manual de floricultura producción y manejo fitosanitario [versión pdf]. Paraguay: IICA. Obtenido de file:///c:/users/carlos/downloads/bve18040138e%20(1).pdf.
- López, M. (1992). Algunas consideraciones sobre el cultivo de la nochebuena (*Euphorbia pulcherrima* Will.) ex. Klotexsch. Monografía.
- Martínez. (1995). Manual practico de producción de nochebuena. Consultora oasis. Jiutepec, Morelos. México.
- Mayfield, M. (1997). A systematic treatment of *Euphorbia* subgenus poinsettia (Euphorbiaceae). Tesis doctoral. Austin: University of Texas.
- Medina, J. D. (2015). Producción de furtales y ornamentales [versión pdf]. Zitácuaro, Michoacán. Obtenido de <https://www.researchgate.net/profile/jesus-medina-8/publication/277333432>.
- Méndez Argüello, B., Vera Reyes, I., Mendoza Mendoza, E., García Cerda, I., Puente Urbina, B., y Lira Saldívar, R. H. (2016). Promoción del crecimiento en plantas de *Capsicum annuum* por nanopartículas de óxido de zinc. Nova scientia, 8(17), 07-05.

- Moran, F. (2004). Producción de plantas ornamentales en maceta en invernadero. Centro de agronegocios Tezoyuca. FIRA-banco de México Tezoyuca, Morelos.
- Mukherjee, A., Peralta Videa, J., Bandyopadhyay, S. R., Zhao, I., y Gardea Torresdey, J. (2014). Physiological effects of nanoparticulate zno in green peas (*Pisum sativum* L.) cultivated in soil. *Metallomics*, 6, 132-138.
- Nagamune, T. (2017). Biomolecular engineering for nanobio/bionanotechnology. *nano convergence*, 4(9), 1-56. <https://doi.org/10.1186/s40580-017-0103-4>.
- Navarro, J. (1992). Historia natural o jardín americano (manuscrito de 1801). México, D.F. Universidad Nacional Autónoma de México. Instituto de seguridad y servicios sociales de los trabajadores del Estado.
- Nieves, J. (2010). Respuesta de la nochebuena (*Euphorbia pulcherrima* Willd.) al uso de formulas hidropónicas y fertilizantes organominerales. Tesis, Universidad Autonoma Agraria Antonio Narro, 1-122.
- Nom-007-fito. (1995). Publicada en el diario oficial de la federación el 26 de febrero.
- Obdulio, C.P. (2018). Caracterización de cultivares de *Euphorbia pulcherrima*, Willd. ex Klotzch. Recuperado el 20 de mayo de 2021, de <http://recursosbiblio.url.edu.gt/tesisjrkd/2018/06/17/catalan-walter.pdf>.
- Pandey, A., Sanjay, S., y Yadav, R. (2010). Application of zno nanoparticles in influencing the growth rate of cicer arietinum. *Journal of experimental nanoscience*, 5, 488-497.
- Panwar, J., Jain, N., Bhargaya, A., Akhtar, M., y Yun, Y. (2012). Positive effect of zinc oxide nanoparticles on tomato plants: a step towards developing nano-

fertilizers. International conference on environmental research and technology (icert).

Pizano. (2000). Producción de plántulas de nochebuena. Peat foam growing medium, 1-6.

Prasad, T., Sudhakar, P., Sreenivasulu, Y., Latha, P., Munaswamy, V., Reddy, K., y Pradeep, T. (2012). Effect of nanoscale zinc oxide particles on the germination, growth and yield of peanut. *Journal of plant nutrition*, 35, 905-927.

Roduner, E. (2006). Size matters: why nanomaterials are different. *Chemical society reviews*, 35, 583e92. <https://doi.org/10.1039/b502142c>.

Rojas, G. M., y Ramírez, H. (2007). Control hormonal del desarrollo de las plantas. *editorial limusa*, 29-38.

Sanz, A. (2016). Nanopartículas de óxido de zinc para la mejora de dispositivos de almacenamiento de energías. *Master en energías renovables*, 3.

Sedghi, M., Hadi, M., y Toluie, S. (2013). Effect of nano zinc oxide on the germination parameters of soybean seeds under drought stress. *Annals of west university of timișoara, ser. Biology*, 16, 73-78.

Servin, A., Elmer, W., Mukherjee, A., Torre, R., Hamdi, H., White, J., y Dimkpa, C. (2015). A review of the use of engineered nanomaterials to suppress plant disease and enhance crop yield. *Journal of nanoparticle research*, 7, 1-21.

SIACON. (2014). Sistemas de información agropecuaria de consultas. Recuperado el 2 de abril de 2021, de <http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/pdf/610/1009811/.pdf>.

- SIAP. (2014). Servicio de información agroalimentaria y pesquera. Recuperado el 12 de mayo de 2021, de <http://www.siap.gob.mx/>.
- Stampoulis, D., Sinha, S., y White, J. (2009). Assay-dependent phytotoxicity of nanoparticles to plants. *Environmental science and technology*, 43, 9473-9479.
- Steyermark, S., y Standey. (1979). Flora de Guatemala. Obtenido de [www.floradeguatemala.com](http://www.floradeguatemala.com).
- Tarafdar, J., Raliya, R., Mahawar, H., y Rathore, I. (2014). Development of zinc nanofertilizer to enhance crop production in pearl millet (*Pennisetum americanum*). *Agricultural research*, 3, 257-262.
- Taylor, J., Lopez, R. G., y Currey, C. (2011). *Chronica horticultrae* 51. The poinsettia; history and transformation, 23-28.
- Tecnofen S.A de C.V. (2000). Producción de plantas de nochebuena. Peat foam growing medium.
- Trejo, I., Olson Zúñiga, M. E., y Boettler, R. A. (2015). Datos históricos y diversidad genética de las nochebuenas (*Euphorbia pulcherrima*) del Distrito Federal, México. *Revista mexicana de biodiversidad*, 86(2), 1870-3453  
doi:10.1016/j.rmb.2015.04.033.
- Vazquez, Y. J. (2020). *Euphorbia pulcherrima*: características, hábitat, propiedades. Obtenido de <https://www.lifeder.com/Euphorbia-pulcherrima>.
- Villegas, R. H. (2007). Identificación de pigmentos en bracteas de cinco cultivares de nochebuena (*Euphorbia pulcherrima* Willd). Zacatecas, México. Menorias somech.
- Viudez, A. J. (2013). Nanoparticulas de oro protegidas por monocapas moleculares. España: edición ilustrada.

- Wiechers, J., y Musee, N. (2010). Engineered inorganic nanoparticles and cosmetics: facts, issues, knowledge gaps and challenges. *Journal of biomedical nanotechnology*, 6(5), 408-431.  
<https://doi.org/10.1166/jbn.2010.1143>.
- Zhao, I., Sun, Y., Hernandez, V., Servin, A., Hong, J., Niu, G., Gardea, T. (2014). Influence of ceo<sub>2</sub> and zno nanoparticles on cucumber physiological markers and bioaccumulation of ce and zn: a life cycle study. *Journal of agricultural and food chemistry*, 61, 11945-11951.
- Zúniga, A. (2019). Evaluación de diferentes dosificaciones de nanofertilizantes zinc sobre la producción de plántulas de tomate en cultivo hidropónico. Universidad de Almería, 1-14.