

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA



Interacción de NO_3^- , $\text{SO}_4^{=}$ y H_2PO_4^- en Flor de Nochebuena (*Euphorbia pulcherrima*
Willd ex Klotzsch) cv. Freedom Red.

Por:

ISMAEL SOSA MARTÍNEZ

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

Saltillo, Coahuila, México

Diciembre 2019.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA

Interacción de NO_3^- , SO_4^- y H_2PO_4^- en Flor de Nochebuena (*Euphorbia pulcherrima*
Willd ex Klotzsch) cv. Freedom Red.

Por:

ISMAEL SOSA MARTÍNEZ

TESIS

Presentada como requisito parcial obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

Aprobada por el Comité de Asesoría:

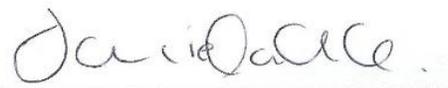


Dr. Luis Alonso Valdez Aguilar

Asesor Principal



Dr. José Alfredo Hernández Maruri
Coasesor



Dra. Daniela Alvarado Camarillo
Coasesor



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

Saltillo, Coahuila, México

Diciembre 2019.



AGRADECIMIENTOS Y DEDICATORIAS

Agradezco profundamente a los siguientes, a quienes aprecio y dedico de corazón este trabajo realizado.

Primeramente a **Dios**, por ser mi guía y sacarme de los más grandes apuros personales y más que nada por levantarme y darme las fuerzas para ayudarme a seguir adelante cuando creía ya no poder. Al todopoderoso le dedico este trabajo por haber tenido estos planes en mi vida y poder dejarme cumplirlos. Y por todos aquellos que aún me tiene preparados. Por haber puesto a las personas indicadas en el momento indicado a lo largo de mi vida y en ellas ayudarme a seguir adelante.

A Don **Antonio Narro Rodríguez** y **Doña Trinidad Narro Rodríguez**, por su gran bondad hacia las personas del campo al desprenderse de una gran donación de bienes para forjar la mejor escuela de agricultura del país.

A mi **Alma Terra Mater, la gloriosísima Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro**, por darme el privilegio de vivir en sus instalaciones y poder crecer profesionalmente en sus tierras. Por ser la incubadora de los futuros ingenieros del agro mexicano y haber parido a los ya ingenieros colaboradores del país. Gracias por ser más que mi universidad, ser mi madre.

Al PhD **Luis Alonso Valdez Aguilar** a quien agradezco por todos sus conocimientos transmitidos a lo largo de estos años y por la oportunidad que me dio de poder realizar conjuntamente este trabajo de experimentación, por considerarlo más que un profesor, un amigo.

A la Dra. **Daniela Alvarado Camarillo** por todos sus conocimientos transmitidos a través de todo este tiempo, por sus consejos, enseñanzas y por todo su apoyo moral y físico para la realización de este proyecto.

Al Dr. **José Alfredo Hernández Maruri** por colaboración y tiempo invertido en este trabajo de tesis.

Al Dr. **Adalberto Benavides Mendoza** por todos sus consejos en las sesiones de tutorías y guiarme por el mejor camino para seleccionar a las mejores personas y mejores profesores investigadores.

Al Dr. **Leobardo Bañuelos Herrera**, por enseñarme a tener seguridad al momento de hablar y por inculcarme el aprecio hacia nuestra Alma Terra Mater, gracias por todas aquellas enseñanzas de la rama florícola.

Al M.C. **Inocente Mata Beltrán** + QEPD, a quien estimo y admiro por su gran voluntad de día a día hacernos ser buenas personas, inculcándonos disciplina por el trabajo y para el bien aprender, más que cosas de su materia no dio enseñanzas de toda una vida.

A Don **Rodolfo** + QEPD, aquel encargado del invernadero de propagación #1, que gracias a sus consejos y enseñanzas nos evitó dar muchos tropiezos a lo largo de nuestra carrera y si llegábamos a tropezar él se encargaba de ayudarnos a levantar.

A mis padres, por haber hecho el gran esfuerzo de formarme como persona y próximo profesionalista, les agradezco profundamente todo su apoyo, y no me alcanzaría el resto de mi vida para acabarles de pagar todo lo que han hecho por mí.

A mi padre **Ismael Sosa Romero**, por ser mi ejemplo a seguir en cuanto a ser una persona de bien se refiere, le agradezco infinitamente por todos sus consejos, por todas sus pláticas y lo más apreciado que me heredo fue el saber trabajar la tierra. Lo único que quiero y deseo es seguir sintiendo sus abrazos y escuchar sus consejos por muchísimos años y que a Dios pido que así sea. Gracias padre, porque gracias a usted soy lo que soy.

A mi madre **Inés Martínez Pérez**, gracias por sus palabras sabias para yo seguir adelante y nunca rendirme, por ser mi ejemplo vivo de cómo salir adelante ante todo problema y adversidad de la vida. Por estar hay para jalarme las orejas para ponerme en el lugar indicado. El único deseo que quiero y le pido a Dios es poder seguir sintiendo sus abrazos y caricias por muchísimos años más. Gracias madre, porque gracias a usted soy lo que soy.

A mi hermano **Jesús Sosa Martínez**, por ser más que mi hermano, mi gran amigo y compañero confidente desde pequeños, con el que he crecido y con quien comparto este logro. Gracias hermano por todas esas aventuras vividas y por las que faltan por vivir, aquí estaré siempre para ti. Te quiero hermano.

A mi hermana **Sofía Guadalupe Sosa Martínez**, que siendo tan pequeña sabía cómo darme ánimos para yo seguir adelante a pesar de estar lejos de ella, que con sus tiernas palabritas me sacaba muchas sonrisas y por quien daba todo de mí todos los semestres para poder irla a visitar en vacaciones. Te quiero hermana.

A mi pareja **Yessica Ramírez Soto**, le doy gracias por muchas cosas que en este documento le quedaría corto para enlistar, te aprecio y te estimo muchísimo como no tienes idea, pero más te agradezco por todos estos años que me has aguantado y esperemos sean sus planes de Dios nos permita estar más años juntos. Tal vez no sea ni seré la persona que te mereces, pero créeme que día con día hago y are el esfuerzo de que esto dure muchos años más. Te quiero decir y que siempre lo sepas y lo recuerdes cuando leas este documento de que te quiero y te amo como hasta ahorita no he amado a nadie. Gracias por permitirme ser parte de tu vida y en mi vida apoyarme con todas esas ideas locas de salir adelante, que más que un apoyo eres aquella persona que día con día me motiva para seguir adelante y no rendirme, eres aquella persona que metía las manos para trabajar y así ayudarme a salir adelante, te agradezco de corazón el haber ayudado con este experimento el cual también lo hiciste tuyo y que no te importo todo aquel esfuerzo físico con tal de ver florecer las Nochebuenas, aquellas Nochebuenas que tanto te gustaron y nunca te cansabas de decir que estaban muy bonitas.

A mi familia, mis tíos y tías y aquellos primos hermanos, que no me alcanzarían todas estas hojas para acabar de mencionarlos, gracias por todo lo que me han aconsejado y dado ánimos para seguir adelante cuando ya no se podía más, que bastaba con tan solo una llamada o un mensaje para impulsar mis ánimos.

Gracias a mis abuelos **Santiago, Matilde, Marco y Gloria**, por sus sabios consejos de sabiduría y de forjar una persona de bien, con humildad que a ellos les sobra. Gracias por todo y solo le pido a Dios me permite tenerlos muchísimos años más.

Al Ingeniero Agrónomo **Isidro Pérez Días**, que más que un amigo era un carnal, un carnal chiapaneco que me enseñó que el que no busca no encuentra y a no quedarse cruzado de brazos cuando hay necesidad de salir adelante ya que ni un trabajo de fábrica de 12 horas limpiando baños podría detenernos, con su frase típica de que “algún día cuando seamos Ingenieros nos vamos a acordar de esto”. Aquel que aprecio y estimo demasiado como persona y amigo, y que más que nada te resalto tu humildad que siempre te caracterizo, te agradezco por todos los apuros universitarios y personales en los que me apoyaste y me ayudaste a seguir adelante, solo me queda desearles salud junto a su familia y mucho éxito en la vida.

Al Ingeniero Agrónomo **Sergio Vásquez Hernández**, que de no haber sido por su apoyo y motivación este trabajo no hubiese finalizado. Gracias por el acompañamiento en todas las desveladas que se llevaron a cabo a lo largo de este escrito. Agradecido con la vida por toparlo y considerarlo mi amigo, y de el aprender que los únicos límites te los pones tú.

Al Ingeniero Agrónomo **Bruce Tayson Ariza Pineda** (Burciaga) por todo el apoyo y consejos que durante este trabajo y a lo largo de la carrera recibí de él, que más que un compañero se clases y un paisano, se convirtió en un amigo. Un amigo paisano que aprecio y estimo por toda la ayuda que me ofreció no solo en las aulas, si no a lo largo de toda esta aventura universitaria.

Y como no mencionar a mis amigos y compañeros de la Colorada #10, que sin ser mi familia pasaron a formar parte de ella, iniciando con el Ingeniero Agrónomo **Julen Adrián Abundes** que gracias a ese paisano y amigo pude llegar a ese cuarto. Por la dicha de haber conocido con el paso del tiempo a mas paisanos y un chiapaneco colado que los dormitorios la Colorado albergo, gracias **Alexis Zoe Barranco Peralta** (el Zoe 101), **Elías Velásquez Moctezuma** (el Eli), **Marco Uriel Ariza Pineda** (la Uriela), **Ignacio Cirilo Ariza Pineda** (Mongli), **Bruce Tayson Ariza Pineda** (el Burciaga) conocidos como los 3 coriotos, y el chiapaneco **Juan Carlos Rodas Ventura** (Juancho el Chapas), gracias por esos lazos de amistad que siempre se reforzaban al comer chicharrones con salsa y un refresco sentados en las camas del cuarto #10. No sé si por compromiso o solo por platicar algo preguntaban que “tal tu día”, “ya saliste de clases y como te fue” “ya salieron las materias” y con ellos poder platicar tu día a día y poder escuchar sus locos consejos que después de un día malo solo te hacían reírte subiéndote el ánimo y olvidar todo lo malo del día. Aquellos que con su humildad y sin esperar nada a cambio, repartían su torta entre todos los del cuarto cuando no había otra cosa que comer. Gracias amigos porque nunca me dejaron solo y mucho menos cuando se realizó este experimento, los estimo mucho y solo me queda desearles lo mejor en sus vidas y sus próximas vidas profesionales.

Gracias a todas las demás personas que su nombre no quedó plasmado en este documento, solo en mi mente y corazón, aquellos que bien aprecio y quiero por todo tipo de consejo y de ayuda que me han proporcionado a lo largo de mi vida universitaria y privada.

INDICE GENERAL

ÍNDICE DE FIGURAS	VIII
ÍNDICE DE CUADROS	X
RESUMEN.....	XI
I. INTRODUCCIÓN	1
Justificación.....	2
Objetivo general	2
Objetivo específicos	2
Hipótesis.....	3
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
Historia y origen del cultivo.....	4
Producción de nochebuena a nivel mundial	4
Producción de nochebuena en México.....	5
Cosecha y postcosecha	5
Clasificación taxonómica	5
Hojas	6
Brácteas	6
Flores	7
Ciatios	7
Fruto	7

Semilla.....	8
Raíz.....	8
Tallo.....	8
Calidad de inflorescencias.....	8
Poda.....	9
Propagación.....	9
Temperatura.....	9
Luminosidad.....	9
Humedad relativa.....	10
Riego.....	10
Sustratos.....	10
Nutrición de la nochebuena.....	11
Requerimientos nutrimentales.....	11
Hidroponía.....	11
Soluciones nutritivas.....	12
Solución Steiner.....	12
pH.....	12
Presión osmótica.....	13
Aniones.....	13
Nitrato (NO_3^-).....	13

NO ₃ ⁻ en la planta.....	14
Deficiencia de NO ₃ ⁻	14
Fosfato (H ₂ PO ₄ ⁻).....	14
H ₂ PO ₄ ⁻ en la planta.....	15
Deficiencia de H ₂ PO ₄ ⁻	15
Sulfato (SO ₄ ⁼)	16
SO ₄ ⁼ en la planta	16
Deficiencia de SO ₄ ⁼	16
Interacción aniónica.....	16
Interacción NO ₃ ⁻ y SO ₄ ⁼	17
Interacción NO ₃ ⁻ y H ₂ PO ₄ ⁻	17
Interacción SO ₄ ⁼ y H ₂ PO ₄ ⁻	18
Interacción NO ₃ ⁻ , SO ₄ ⁼ y H ₂ PO ₄ ⁻	18
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	19
Localización del experimento	19
Material experimental	19
Tratamientos.....	19
Manejo de la planta	21
Manejo de plagas y enfermedades.....	23
Manejo del sistema hidropónico abierto	24

Obtención de datos	25
Análisis estadístico	26
IV. RESULTADOS.....	27
Contenido relativo de clorofila	27
Inflorescencias con calidad comercial	27
Tamaño de la inflorescencia.....	28
Altura de planta	29
Enchinamiento de brácteas	30
Resistencia al desgarre	31
Firmeza del tallo	32
Índice de color	33
Peso fresco de hojas	34
Peso fresco de brácteas.....	35
Peso fresco de brotes.....	36
Peso fresco vegetativo	37
Peso fresco de raíz.....	38
Peso fresco total.....	39
V. DISCUSIÓN	41
VI. CONCLUSION	47
VII. LITERATURA CITADA.....	48

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Contenido relativo de clorofila en plantas de nochebuena en respuesta al riego con soluciones nutritivas con diferentes balances de NO_3^- , $\text{SO}_4^{=}$ y H_2PO_4^-	27
Figura 2. Número de inflorescencias con calidad comercial en plantas de nochebuena en respuesta al riego con soluciones nutritivas a diferentes balances de NO_3^- , $\text{SO}_4^{=}$ y H_2PO_4^- contabilizadas por cada planta.....	28
Figura 3. Tamaño de inflorescencia de nochebuenas en respuesta al riego con soluciones nutritivas de diferentes balances de NO_3^- , $\text{SO}_4^{=}$ y H_2PO_4^-	29
Figura 4. Altura de planta de nochebuena en respuesta al riego con soluciones nutritivas a diferentes balances de NO_3^- , $\text{SO}_4^{=}$ y H_2PO_4^- , medidas desde el contenedor hasta el punto más alto.	30
Figura 5. Enchinamiento de brácteas en plantas de nochebuena, en respuesta al riego con soluciones nutritivas a diferentes balances de NO_3^- , $\text{SO}_4^{=}$ y H_2PO_4^- . 1= bajo enchinamiento, 3= alto enchinamiento.....	31
Figura 6. Resistencia al desgarre en plantas de nochebuena en respuesta al riego con soluciones nutritivas a diferentes balances de NO_3^- , $\text{SO}_4^{=}$ y H_2PO_4^- . 1 = menor ángulo de doblado, 3 = mayor ángulo de doblado.....	32
Figura 7. Firmeza del tallo para medir la resistencia en plantas de nochebuena, en respuesta al riego con soluciones nutritivas a diferentes balances de NO_3^- , $\text{SO}_4^{=}$ y H_2PO_4^-	33

Figura 8. Índice de color en plantas de nochebuena, en respuesta al riego con soluciones nutritivas a diferentes balances de NO_3^- , $\text{SO}_4^{=}$ y H_2PO_4^- dado por la fórmula de IC.	33
Figura 9. Peso fresco de hojas en plantas de nochebuena, en respuesta al riego con soluciones nutritivas a diferentes balances de NO_3^- , $\text{SO}_4^{=}$ y H_2PO_4^-	34
Figura 10. Peso fresco de brácteas en plantas de nochebuena, en respuesta al riego con soluciones nutritivas a diferentes balances de NO_3^- , $\text{SO}_4^{=}$ y H_2PO_4^-	36
Figura 11. Peso fresco de brotes en plantas de nochebuena, en respuesta al riego con soluciones nutritivas a diferentes balances de NO_3^- , $\text{SO}_4^{=}$ y H_2PO_4^-	37
Figura 12. Peso fresco de vegetativo en plantas de nochebuena, en respuesta al riego con soluciones nutritivas a diferentes balances de NO_3^- , $\text{SO}_4^{=}$ y H_2PO_4^-	38
Figura 13. Peso fresco de raíz en plantas de nochebuena, en respuesta al riego con soluciones nutritivas a diferentes balances de NO_3^- , $\text{SO}_4^{=}$ y H_2PO_4^-	39
Figura 14. Peso fresco total en plantas de nochebuena, en respuesta al riego con soluciones nutritivas a diferentes balances de NO_3^- , $\text{SO}_4^{=}$ y H_2PO_4^- dado por la sumatoria de pesos de toda la planta.	40

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1 Solución nutritiva universal con una concentración de 20 miliequivalentes.	12
Cuadro 2 Porcentajes de las diferentes soluciones nutritivas de los tratamientos experimentales.....	20
Cuadro 3 Distribución de bloques completos al azar en campo.....	22
Cuadro 4 Manejo fitosanitario de la flor de nochebuena.....	23
Cuadro 5 Programa de aplicaciones agroquímicas.....	24

RESUMEN

Actualmente, la flor de nochebuena es considerada como una de las flores producidas en maceta más importantes en el estado de Morelos por su gran derrama económica. Lo que el consumidor busca en esta ornamental son brácteas grandes las cuales se conocen vulgarmente como flores, aunque en realidad son hojas modificadas. Dichas brácteas deben abarcar toda el área de la copa y que estén sobre un tallo portador con grosor mayor al de un lápiz. Para conseguir lo anterior, es necesario una serie de labores culturales como podas etc., sin embargo, la calidad y aspecto también son dependientes de la nutrición y para ello se requiere un óptimo balance de aniones NO_3^- , $\text{SO}_4^{=}$ y H_2PO_4^- y cationes Ca^{++} , K^+ Y Mg^{++} . Al encontrar dicho balance se puede reducir la utilización de fertilizantes químicos o hacerlos más eficientes cuidando el medio ambiente y los mantos acuíferos. En el presente estudio se trabajaron 12 tratamientos con diferentes interacciones anionicas de los iones NO_3^- , $\text{SO}_4^{=}$ y H_2PO_4^- .

La evaluación a la planta fue totalmente destructiva para evaluar las siguientes variables que le darán respuesta a la investigación:

Contenido relativo de clorofila, inflorescencias con calidad comercial, tamaño de inflorescencias, altura de planta, enchinamiento, resistencia al desgarre, firmeza del tallo, índice de color, peso fresco de hojas, peso fresco de brácteas, peso fresco de brotes, peso fresco vegetativo, peso fresco de raíz y peso fresco total.

El tratamiento 9 con la interacción 18-70-12 mostro los mejores resultados en cuanto a inflorescencias con calidad comercial, resistencia al desgarre, peso fresco de brácteas, peso fresco de brotes, peso fresco vegetativo, peso fresco de raíz y peso fresco total, aparte no difiere significativamente de las mejores en, tamaño de inflorescencias, altura de planta, firmeza del tallo y peso fresco de hojas. Con esto podemos concluir que el mejor balance para obtener nochebuenas de mayor calidad visual, de buen porte y gran tamaño y número de inflorescencia es 18-70-12.

Palabras clave: solución nutritiva, ornamental en maceta, interacción, anión, nutrición, balance

I. INTRODUCCIÓN

Las áreas de la horticultura están marcadas en cuanto al éxito que están generando; en México y otros países la floricultura es de las más exitosas desde hace más de 40 años, generando más de 100,000 empleos permanentes, otros cuantos miles eventuales y más de un millón indirectos, dando como resultado un impacto social y económico (Torres, 2014).

Los estados mayormente productores en México en los que se encuentra concentrada el 95% de la producción nacional total son: Michoacán (20.5%), ciudad de México (18.70%), Puebla (13.80%), Jalisco (8.79%), Estado de México (4.2%), Oaxaca (0.07%) y el primer lugar con el 33.60% es el estado de Morelos, con los municipios de Cuernavaca y Yautepec que concentran el 21% de la producción nacional y el 50% de la producción del estado (SADER, 2019).

En cuanto a volumen de ornamentales, tanto en maceta como de corte, en México la mayor producción se da en el cultivo de flor de nochebuena, con más de 12,885 toneladas anuales, lo que la posiciona en el primer lugar de ornamentales producidas (Torres, 2014).

La nutrición mineral es indispensable en la producción de cualquier especie vegetal. Las investigaciones actualmente se enfocan en la eficiencia de los sistemas productivos, para lo cual es necesario avanzar en la investigación de la solución nutritiva óptima para ser más eficientes y eficaces los sistemas productivos.

La importancia de estudiar el cultivo de nochebuena, originario de México, es la escasa información nutrimental vegetal de los cultivares de nochebuena (Fernández, 2013). Desde aspectos generales hasta el punto en específico que el problema a resolver.

Los primeros estudios sobre el cultivo de nochebuena fueron la realización de manuales para la producción se llevaron a cabo en Estados Unidos por Ecke *et al.*, (1990) y en México por Martínez (1995). Cox (2001) investigó los aspectos de crecimiento con el contenido de nutrientes y conductividad eléctrica (CE) en sistemas

por sub irrigación contra un riego convencional en plantas de nochebuena del cultivar 'Red Sails'.

Estudios realizados en nochebuena muestran que es posible bajar los niveles requeridos de N y K; esta información se obtuvo al estudiar diferentes interacciones entre estos dos elementos, concluyéndose que se puede hacer un uso menor de estos nutrientes sin deteriorar la calidad y aumentando la concentración de Ca en las brácteas dando como resultado menos brácteas necróticas (Starkey y Nielsen, 2001).

Desafortunadamente, existe muy poca información sobre interacciones de iones, más específicamente las de aniones, ya que la mayoría de los estudios se enfocan a la interacción entre el anión NO_3^- y el catión K^+ . Por esta razón se planteó la presente investigación con el propósito de analizar la respuesta de la nochebuena a la interacción entre los NO_3^- , $\text{SO}_4^{=}$ y H_2PO_4^- en el cultivar Freedom Red bajo condiciones de cultivo sin suelo en un ambiente protegido.

Justificación

El presente experimento tiene como finalidad encontrar el mejor balance entre aniones NO_3^- , $\text{SO}_4^{=}$ y H_2PO_4^- que nos permita eficientar el uso de los fertilizantes en plantas de flor de nochebuena para obtener la mejor calidad comercial.

Objetivo general

Definir el balance óptimo de NO_3^- , $\text{SO}_4^{=}$ y H_2PO_4^- a una sola concentración en la solución nutritiva, para cultivar plantas de flor de nochebuena en un sistema hidropónico abierto.

Objetivo específicos

Evaluar el efecto que tienen las diferentes relaciones de NO_3^- , $\text{SO}_4^{=}$ y H_2PO_4^- sobre el crecimiento, desarrollo y calidad de plantas de flor de nochebuena para la obtención del mejor balance anicónico en la solución nutritiva.

Hipótesis

El mejor balance en las relaciones de NO_3^- , $\text{SO}_4^{=}$ y H_2PO_4^- permite obtener plantas de flor de nochebuena más compactas y resistentes al desgarre, obteniendo plantas de mayor calidad en inflorescencias abundantes.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

Historia y origen del cultivo

La flor de nochebuena (*Euphorbia pulcherrima* Willd. ex Klotzsch.) es originaria del centro de México, entre el estado de Morelos y Guerrero, aunque silvestremente se han encontrado ejemplares que van desde la sierra de Sinaloa hasta Guatemala (Trejo *et al.*, 2015).

Convertida en la planta real de los aztecas, el pueblo náhuatl de México la llamó “cuetlaxochitl”, la cual era una planta que no florecía en Tenochtitlán (ahora Ciudad de México), pero que sus emperadores la importaban de regiones más cálidas y que la utilizaban para sus ceremonias mientras que el látex tenía fines medicinales (Taylor *et al.*, 2011).

Según la historia, se observó al estadounidense Joel Roberts Poinsett, 1779-1851, primer ministro de los Estados Unidos en México, por los años 1825 en el sur de México, exactamente por los barrancos de Taxco, Guerrero (Ecke *et al.*, 1990) quien al encontrar la planta, cosechó y envió esquejes a Charleston, Carolina del Sur en 1828, para crecer los ejemplares de poinsettias en el vivero del coronel Robert Carr, en Filadelfia, Pensilvania. R. Poinsett presentó a la planta de nochebuena en la Bartram Collection como una nueva euphorbia de hojas florales, introduciéndola en la Horticultural Society's flower en el año 1829 (Taylor *et al.*, 2011).

Producción de nochebuena a nivel mundial

El cultivo de la nochebuena en cuanto a ornamentales en maceta es de los más importantes a nivel mundial, por su gran riqueza que aportó a las culturas y por ser el símbolo representativo de la navidad (Trejo *et al.*, 2015). Sus ventas en Estados Unidos superó los 100 millones de dólares (USDA y NASS, 2011).

La planta de nochebuena se ha convertido actualmente en un sinónimo de navidad, dando paso al inicio de esta festividad. En muchas parte del mundo se le conoce de diferentes nombres, por ejemplo, (Cuetlaxochitl, su nombre original en lengua náhuatl

(México), flor de pascua (España), poinsettia (USA), corona del Inca (Chile y Perú), estrella de navidad, en el (hemisferio norte), estrella federal (Argentina, Paraguay y Uruguay), flor de navidad (Venezuela), Christmas eve (Hemisferio Norte), pastora (Nicaragua y Costa Rica), y Easter flower (Hemisferio norte) (Fernández, 2013).

Producción de nochebuena en México

En el año 2017 en México, el valor calculado de ventas se estimó en \$576, 080,000 MX dado por la plantación total de 18,050,000 ejemplares de nochebuenas (SIAP, 2019). El 2 de diciembre del 2019 se publicó una estimación de la producción en 19 millones 113 mil 464 plantas de nochebuena, con un valor estimado en más de 718 millones de pesos. Los estados productores a nivel nacional de flor de nochebuena se encuentran: Morelos, Michoacán, Ciudad de México, Puebla, Jalisco, Estado de México y Oaxaca. Siendo Morelos el principal productor a nivel nacional, con una producción del 33.60% del total nacional (SADER, 2019).

Cosecha y postcosecha

La flor de nochebuena, por ser símbolo de la navidad, su época de consumo es una estrecha ventana que va de inicios de noviembre hasta poco antes del 24 de diciembre. Debido a este factor la planta debe de estar lista para la comercialización en esos meses, sin embargo se puede iniciar la cosecha cuando la pigmentación ya está lista en un 85%. Sin embargo, el índice de madurez fisiológico se da cuando los nectarios ya están bien desarrollados y con el polen receptivo. Para su traslado se utilizan mangas de papel estraza. Una planta con óptimas condiciones de cultivo y ya con el consumidor final puede durar hasta Junio (Espinosa *et al.*, 2009).

Clasificación taxonómica

La familia Euphorbiaceae es aquella perteneciente a las angiospermas, de la cual es la más diversificada con alrededor de 8,000 especies en 300 géneros alrededor del mundo. Siendo el género *Euphorbia* con más o menos 1000 especies, *Crotón* con 500-600 especies y *Phyllanthus* con más o menos 400 especies (Pascual y Correal.,

1992). Según Webster (1987), esta familia Euphorbiaceae se puede agrupar en cinco subfamilias las cuales son; Phyllanthoideae, Oldfieldioideae, Acalyphoideae, Crotonoideae y Euphorbioideae.

El Catalogue of Life (2019) propone la siguiente clasificación de taxones:

Nivel más alto	Plantae
Filo	Tracheophyta
Clase	Magnoliopsida
Orden	Malpighiales
Familia	Euphorbiaceae
Genero	<i>Euphorbia</i>
Especie	<i>pulcherrima</i>
Nombre binomial	<i>Euphorbia pulcherrima</i> Willd. ex Klotzsch

Hojas

Estas son compuestas palmeadas o mayoritariamente simples estipuladas, acomodadas de forma alterna y algunas opuestas. Con hojas modificadas llamadas brácteas (Montoya, 2011). Los peciolo de hojas verdaderas y modificadas pueden ser de color verde, rojo o ambos tanto en el haz como en el envés (Galindo *et al.*, 2015).

Brácteas

Son un tipo de hoja modificada en cuanto a la concentración baja de clorofilas y altas en carotenoides, poseen una población sumamente baja de estomas. De igual manera en su mayoría son simples o palmeadas, dispuestas de forma alterna, estas brácteas pueden o no pueden presentar lóbulos. Los colores (dado por la variedad) de estas brácteas, en la mayoría son rojos con diferentes tonalidades: amarillo, rosa y actualmente en menos proporción las jaspeadas o moteadas que son su atrayente visual (Galindo *et al.*, 2015).

Flores

Son de tamaño pequeño, conocidas como ciatios (Galindo *et al.*, 2015). Pueden ser terminales y axilares y en algunos casos observándose caulifloras o ramifloras. La glándula que el ciatio posee a su alrededor en las flores verdaderas, estas mismas son unisexuales lo que nos sugiere que pueden ser especies monoicas o dioicas, con 3 sépalos de 5 o 6 y con pétalos simples de 5 a 6. Estas pueden ser estaminales, lo quiere decir que traen sépalos internos y externos, aunque también existen géneros con sépalos valvados, lo que significa que los sépalos se tocan los bordes en toda su longitud, pero sin traslaparse. Y en cuanto al androceo, este posee frecuentemente de 5 a 10 estambres (se registraron casos en los que los estambres se encuentran solo 1 y otros aumentados hasta 200 o más), de tipo filamentosos, soldados o fusionados y algunos libres. Por último las flores pistiladas, presentan sépalos imbricados, siendo a veces foliolos. Por el contrario, con las flores estaminales, las flores pistiladas su gineceo es gamocarpelar, pétalos reducidos, con un ovario súpero, conformado por 3 carpelos soldados y 3 lóculos con 1 o 2 óvulos cada uno, por lo general con 3 estilos enteros, bifídios o multifídios. Su placentación es axial (Blanco, s. f.).

Ciatios

El género *Euphorbia* se caracteriza principalmente por la creación de órganos llamados ciatios (Blanco, s. f.), con glándulas tipo nectario, existen algunas variedades de nochebuena de sol como por ejemplo “Valenciana” y “Rehilete” las cuales no desarrollan nectarios, en su lugar producen unas pequeñas brácteas conocidas como bractéolas (Galindo *et al.*, 2015).

Fruto

El fruto es una capsula trilocular (Sánchez, 1986.) ovoide dehiscente (Galindo *et al.*, 2015). En su mayoría estas plantas presentan frutos de tipo esquizocarpo, sin embargo, también se pueden encontrar bayas o drupas (Blanco, s. f.).

Semilla

Por lo general, las variedades de nochebuenas con bordes no lobulados son aquellas que desarrollan semillas, por el contrario, aquellas con bordes lobulados no generan semilla (Galindo *et al.*, 2015).

Los carpelos son hojas modificadas, los cuales forman en cada flor y en cada planta la parte reproductiva femenina. Ahora bien, en este caso, cada carpelo posee una o dos semillas con tegumento externo, puede ser con o sin endospermo. Su embrión puede ser recto o curvo. (Blanco, s. f.)

Raíz

Su arquitectura está conformada por el método de propagación, ya que por la vía sexual, al ser germinadas las semillas desarrollan una raíz pivotante, por el contrario en una propagación asexual, las raíces que emergen del esqueje serán raíces ramificadas, estas serán fibrosas con consistencia carnosa, cilíndricas y de color crema por debajo de la cutícula (Espinosa *et al.*, 2009).

Tallo

Este es cilíndrico, con entre nudos alargados y cortos, en estadios avanzados estos se tornan lignificados (Galindo *et al.*, 2015). En condiciones de noches largas el tallo forma un ciatio en el meristemo y ahí termina el crecimiento vegetativo del tallo (Shanks, 2004).

Calidad de inflorescencias

Según Cantin (2016), para tener una calidad en las inflorescencias con brácteas bien desarrolladas y sin presentar la quemadura de bordes de brácteas, es necesaria la aplicación de calcio vía foliar. Dicha quemadura se da en condiciones de alta humedad relativa y baja tasa de transpiración, por lo que el calcio no se puede traslocar y dar dicha calidad. Dicha calidad debe de estar bien marcada con una inflorescencia bien desarrollada y sin daños o carencias.

Poda

Es la eliminación de meristemas apicales con el propósito de inhibir el crecimiento apical y promover la brotación lateral (Geo, 1991). En la nochebuena la realización de podas es para crear una planta más llena para la obtención de más flores, entre más podas se le realicen las flores irán disminuyendo su tamaño (Fernández, 2013).

Propagación

Se da a través de esquejes, los cuales se obtienen por el cultivo de plantas madres, estos deben de medir entre 2 y 2.5 pulgadas, con 2 a 3 hojas bien maduras. La agregación de hormonas de enraizamiento es indispensable para una pronta emisión de raíces, las concentraciones óptimas son

- Ácido Indoli-3-butírico (IBA) de 1500 a 2000 ppm.
- IBA a 1500 ppm con ácido naftalenacético (NAA) a 500 ppm.

Se impregnan de la sustancia, evitando que las hormonas toquen hojas y meristemas, por último se colocan individualmente en contenedores de 1 pulgada en un ambiente controlado (Torres y López, 2009).

Temperatura

La temperatura es un factor ambiental indispensable para el crecimiento y desarrollo del cultivo de nochebuena, aparte de dar condiciones para la aparición de enfermedades o la veracidad con que esta se desarrolle, la nochebuena tiene preferencia por un rango de 16° a 21° C. (Fierro *et al.*, 2006).

Luminosidad

En la nochebuena y en cualquier otro cultivo la luminosidad es indispensable para su desarrollo, para tener el óptimo desarrollo se debe tener la cantidad exacta de los requerimientos de luz. La nochebuena para su óptimo desarrollo tiene unos requerimientos de 4000 a 6000 pies candela de intensidad. Un exceso de esta, provocará un amarillamiento del follaje, inflorescencias pequeñas y retraso en esta,

así como un poco crecimiento. Por otro lado, una deficiencia de luz causara una autodefoliación de la planta. En general el cultivo de nochebuena es una planta de noches largas para inducción de su proceso reproductivo (Hauner, 1993).

Humedad relativa

Dicho factor tal vez no tiene un impacto directo en el crecimiento del cultivo de nochebuena, más sin embargo, en condiciones de alta H. R. la planta tendrá una tasa de transpiración más lenta, lo que causara la poca absorción de agua y nutrientes. En casos más graves, cuando se encuentre en plena floración se presentaran quemaduras de bordes de brácteas por la deficiencia de calcio, de igual manera condiciones altas o bajas provocará la incidencia de plagas y enfermedades tales como araña roja y botrytis por mencionar algunas (Ecke *et al.*, 2004).

Riego

Para la óptima aplicación de los requerimientos hídricos, se tienen que considerar 3 factores, tales como el momento de riego, volumen de riego y tiempo de riego, esto para tener un adecuado balance de espacio poroso en el sustrato y la parte ocupada por agua, teniendo acumulación óptima de sales en la rizosfera (Ecke *et al.*, 2004).

Sustratos

En cuanto a sustratos se trata, el cultivo de nochebuena en el estado de Morelos se desarrolla sobre tierra de hoja, un tipo de materia orgánica en un mediano a largo estado de descomposición, mezclado con tepojal para incrementar el espacio poroso. Para sustratos que contengan suelo, el pH óptimo ronda entre 6.3 y 6.8. Para sustratos inertes, el pH óptimo del sustrato debe de rondar entre 5.5 a 6.5. Estos sustratos deben de cumplir con estructura óptima para un adecuado intercambio de gases en la rizósfera, para que este intercambio suceda se recomienda un alto porcentaje de espacio poroso (Fernández, 2013).

Nutrición de la nochebuena

Un elemento nutrimental para que se considere esencial, debe ser aquel que en su ausencia la planta no pueda completar su ciclo de vida o que este elemento forme parte de una molécula esencial para el desarrollo de metabolitos (Epstein, 2004).

Según Cantin (2016), la nutrición debe de ajustarse de acuerdo a la etapa de crecimiento en la que se encuentre nuestro cultivo de nochebuena, con ajustes adecuados de pH y CE, evitando CE elevadas dadas por concentraciones altas de sales en el sustrato, y pH's por encima o por debajo del óptimo, evitando así situaciones de estrés para la planta.

Requerimientos nutrimentales

Se encontró que el cultivo de nochebuena es demandante en cuanto a elementos como el nitrógeno y potasio, por otro lado el fosforo, calcio y magnesio deben de ir en concentraciones regulares y solo requiere un suplemento adicional de molibdeno (Fierro *et al.*, 2006).

En general, Allen (1997) recomienda de 200 ppm – 300 ppm de nitrógeno y potasio, 50 ppm de fosforo, de 80 ppm a 120 ppm de calcio, 40 ppm a 60 ppm de magnesio y de 0.10 a 0.20 ppm de molibdeno en cada riego, también nos hace mención a que del total de nitrógeno a aplicar, un 60% debe de ir en forma de nitrato NO_3^- .

Hidroponía

Esta palabra hace referencia a la acción de producir cultivos en la ausencia de suelo, haciendo énfasis en aquellos sustratos inorgánicos, se utilizó por primera vez en el siglo XX (Baca, 2012).

El empleo de esta técnica de producción sin suelo, permitió la diversificación de estudios para los fisiólogos de la horticultura, encontrando muchos y nuevos mecanismos de la nutrición de cultivos, así como de crecimiento, desarrollo para el funcionamiento adecuado de la planta (Baca, 1996).

Soluciones nutritivas

La solución nutritiva, según Steiner (1961), es aquella que emplea agua como medio para la disolución de nutrientes esenciales en forma inorgánica que la planta requiere en óptimos balances para su crecimiento y desarrollo. Estas soluciones nutritivas deben de tener 3 reglas según Steiner (1961) para considerarse como tales;

- Relación mutua entre aniones y cationes
- Presión osmótica
- pH

Solución Steiner

Steiner (1984) elaboró una solución nutritiva a la que se le llamo universal, por haber sido probada con éxito en la mayoría de cultivos sin suelo y estos responder con éxito en crecimiento y desarrollo. Dicha solución nutritiva se caracteriza por tener unas relaciones anionicas y catiónicas únicas, pH establecido y una concentración total de sales en el medio.

Cuadro 1 Solución nutritiva universal con una concentración de 20 miliequivalentes.

N	12
P	1
K	7
Ca	9
Mg	4
S	7

pH

El pH para que una planta crezca en condiciones óptimas es de 5 a 6.5. Esto es para tener en forma disponible los elementos en la solución nutritiva. El pH afecta el equilibrio de óxido reducción, aparte de la especie iónica en la que se encuentre este ion para disolverse; a un pH de 8 podemos encontrar el Fe^{+++} en forma fuertemente insoluble como hidróxido Férrico, más sin en cambio la forma anionica del fósforo esta como $H_2PO_4^-$, que está en función del pH, pero a un pH abajo de 4, el fosfato está en un 98% en forma de HPO_4^{-2} (Larsen, 1967).

Presión osmótica

La presión osmótica es proporcional a la concentración de iones disueltos en la solución. En climas cálidos la planta transpirara más, por lo que se recomiendan soluciones nutritivas más diluidas, por el contrario, en climas templados se recomiendan soluciones más concentradas por la baja tasa de transpiración (Baca, 2012).

Al aumentar el contenido de elementos solubles u otros iones en la solución nutritiva, provoca un aumento de la presión osmótica, lo que causara un mayor desgaste de la planta por la energía que ocupara para ingresar agua y nutrientes a sus sistema vascular (Marschener, 1995).

Aniones

Son aquellos iones con carga negativa. Los ahí monoatómicos y poliatómicos, monovalentes y divalentes (Recuenco, 2006). Herrera y Rodríguez (2009) toman como aniones más representes e importantes en la agricultura al SO_4^{2-} , Cl^- , NO_3^- , NO_2^- , Br^- , PO_4^{3-} y F^- .

Nitrato (NO_3^-)

El N en cualquier de sus formas, está en la mayoría de las plantas en una acumulación de materia seca en un 2%, mientras que el carbono está en un 40%. A escala mundial se estima una fijación de carbono anual de 200 millones de toneladas a causa de la fotosíntesis, lo que se puede traslapar a 10,000 millones de toneladas del elemento nitrógeno; tan solo en Estados Unidos, se aplican 6 millones de toneladas de fertilizantes nitrogenados (Leonard y Hageman, 2013).

En los años 1990 se realizó una investigación de suplementación de nitrógeno a los cultivos como una forma de suministrar dicho elemento en suelos de alta productividad para cultivos de trigo y cebada en Australia (Papastylianou *et al.*, 1984). Con estos estudios se lograron relacionar las respuestas del nitrógeno en diferentes suelos, escribiendo reglas para el cálculo de la dosis a aplicar de nitrógeno dependiendo del

volumen del suelo a diferentes profundidades, logrando desarrollar un sistema de soporte de decisiones, por sus siglas en ingles TOPNRATE, que permitió hacer recomendaciones sobre la base de un análisis químico de suelo (Xu y Elliott, 1993).

NO₃⁻ en la planta

En un sistema por subirrigación se aplicaron N en sus dos formas, encontrando resultados en la planta que con el concentración de 4.5 meq·L⁻¹ de amonio (NH₄⁺) en combinación con 10.5 o 13.5 meq·L⁻¹ de NO₃⁻, se obtuvieron plantas más grandes en altura con mayor peso fresco y seco aéreos y con mayor número de flores. Cuando incrementaron la concentración de NH₄⁺ favorecieron el crecimiento de brotes laterales (Bugarín *et al.*, 1998).

Según estudios de Elliot y Nelson (1983); Kasten y Sommer (1990), la planta puede ingresar a su metabolismo el N de dos formas, en forma de anión nitrato NO₃⁻ y en forma de NH₄⁺.

La mayoría de las especies vegetales cultivadas prefieren el N en forma de NO₃⁻, ya que en altas concentraciones el NH₄⁺ resulta tóxico para el metabolismo de la planta (Barker y Mills, 1980). Por lo que se ha sugerido adicionar solo un 10% del N en forma de NH₄⁺ (Steiner, 1984).

Deficiencia de NO₃⁻

Se observa inicialmente con un amarillamiento (clorosis) en las hojas inferiores, con lo clorótico en el ápice en forma de V invertida. Se ve afectado el crecimiento por impedimento de la elongación celular y la síntesis de proteínas. En estados más avanzados y por ser tan móvil, se necrosan los folíolos inferiores, movilizándose para la zona de mayor demanda (IPNI, 2019).

Fosfato (H₂PO₄⁻)

Es un macronutriente esencial para todos los organismos vivos. Tiene una amplia gama de funciones biológicas dentro de la planta; por mencionar algunos en la formación estructural de ácidos nucleicos y fosfolípidos, en metabolismo (ATP),

regulador enzimático, activación de intermediarios metabólicos y como componente de cascadas de traducción de señales (Bucher *et al.*, 2001).

H₂PO₄⁻ en la planta

El fosfato es ingresado a la planta en forma de ortofosfatos (Pi) fosfatos inorgánicos (Poirier y Bucher, 2002). El ingreso del fosfato a la planta es por intercepción del meristemo radicular, al traspasar una barrera llamada banda de Caspari, la cual está rodeada de células endodérmicas (Buchanan *et al.*, 2015). El fosfato se traslada desde la raíz al meristemo por el xilema, que está constituido de células muertas (Flügge, 1999).

Deficiencia de H₂PO₄⁻

Bajo condiciones de deficiencia en los puntos de crecimiento, el fósforo tiene la característica de movilizarse dentro de la planta de la zona senescente a los puntos de requerimientos, ya sea basipétalmente en ese caso, o acropétala cuando el requerimiento es en la raíz (Flügge, 1999).

Las plantas han evolucionado de tal forma que han creado una serie de adaptaciones morfológicas y metabólicas que se desencadenan por la deficiencia del fósforo. Se encontró que la deficiencia de este elemento provoca el alargamiento y engrosamiento de la raíz. La densidad del pelo radicular es 5 veces mayor en medios de cultivos con deficiencias de fósforo en comparación con los medios de crecimiento ricos en fósforo (Bates y Lynch, 1996).

El cultivar las plantas en medios deficientes de fósforo provoca un incremento en la longitud y densidad del vello radicular, lo que permite una mayor área de exploración en un volumen mayor de suelo. Estas respuestas de los mecanismos se activan en la detección de deficiencias de fósforo y hierro (Ma *et al.*, 2001; Schmidt y Schikora, 2001).

Al ser el fósforo un elemento móvil en la planta, los primeros síntomas se pueden encontrar en hojas inferiores, en maíz la deficiencia de fósforo se presenta en hojas

más oscuras con un borde violáceo. La deficiencia es más marcada en plantas de corta edad, observándose disminución en su crecimiento (IPNI, 2019).

Sulfato (SO_4^-)

Los niveles de azufre (S) encontrados en suelos han disminuido considerablemente por causa de la disminución de fertilizantes y el empobrecimiento atmosférico por falta de emisiones de SO_4^- . Es por eso que se sugiere hacer más eficiente su uso, por medio de sistemas hidropónicos cerrados (Naeem y Macritchie, 2003).

SO_4^- en la planta

Los investigadores Naeem y Macritchie (2003) encontraron que la aplicación óptima de S en el ciclo del cultivo, beneficiaba a los procesos enzimáticos dentro de la planta, aumentando o disminuyendo las proteínas dependiendo de la concentración de SO_4^- . Por ejemplo, en trigo se encontró que la concentración del SO_4^- modificaba el peso de la proteína, mientras que la disminución de SO_4^- en el periodo vegetativo aumenta la concentración de omega-gliadinas.

Deficiencia de SO_4^-

En plantas jóvenes, los síntomas de deficiencia son muy similares a los del N, con la diferencia de que la clorosis es total y en puntos de crecimiento se observa en el primer de las hojas, debido a su baja movilidad del S en la planta (IPNI, 2019).

Interacción aniónica

El suministro de nutrimentos es indispensable para el aumento de los rendimientos. Las interacciones pueden ser, dependiendo el elemento, la concentración, la temperatura, etc., positivas. Lo que se le puede atribuir el sinónimo de sinergista si la sumatoria de los dos elementos provoca mejores en el sistema de producción. Diferentes interacciones dependiendo de igual manera de la situación pueden ser negativas (antagonistas) cuando no hay cambio, no hay interacción y por el ende ninguna mejora e incluso conllevando desventajas (Fageria, 2001).

Las interacciones son muy poco estudiadas, y la poca investigación que existe habla más que nada solo de informar sobre la existencia de estos elementos, más no cómo interactúan mutuamente a diferentes concentraciones (Summer y Farina, 1986).

Interacción NO_3^- y SO_4^-

Aunque existen pocos estudios sobre esta relación en nochebuena, un similar realizado en cultivos forrajeros en un sustrato de cuarzo molido, demostró que el aumento en la relación N:S con mayor contenido de azufre, las plantas podían modificar su metabolismo sobre el N causando modificaciones que potencializan la calidad y contenido de proteínas en estos cultivos. La baja disponibilidad de S causó un desbalance en relación con el N, el balance N:S=60:1, en cambio valores más bajos de N, N:S=20:1 provocó mejor síntesis de proteínas, lo que es lo ideal (Schmidt *et al.*, 2013).

Se ha encontrado que al tener relaciones N:S de 17:1, el cultivo se muestra perjudicado no pudiendo expresar su máximo potencial de rendimiento, por el contrario al mantener la relación 3:1 este se expresa con mayor eficiencia (Naeem y Macritchie, 2003). Klikocka y Marks (2018) demostraron que la interacción óptima de N/S para el aumento de la biofortificación en frijol es 1/ .06.

Interacción NO_3^- y H_2PO_4^-

Se entiende que el P es el segundo nutriente más importante después del N, por su influencia en el desarrollo radicular y en la eficiencia de uso del agua (Vivas *et al.*, 2007).

Fageria y Oliveira (2014) encontraron que la tasa de absorción en plantas de arroz era sinergista en cuanto a N y P con relaciones 1:0.67. Lo que refiere a que el balance óptimo es por cada unidad de N aplicada, la planta tomara 0.67 unidades de P, esto da como resultados el rendimiento máximo en arroz.

El trabajo de Terman *et al.*, (1977) demostró que los efectos interactivos de P-N se le atribuyen incrementos en los rendimientos del cultivo, esto podría ser a que la

absorción de N induce la absorción de P por la planta. No se entienden los mecanismos involucrados por los cual sucedió lo anterior, más sin en cambio se han hecho algunas propuestas (Grunes, 1959; Adams, 1980). Según Summer y Farina (1986) dicen que el N pareciera jugar un papel sumamente importante en hacer más eficiente el uso del P en la planta.

Interacción SO_4^- y H_2PO_4^-

A la poca atención sobre esta interacción, Adams (1980) concluyó que la falta de atención no implica que no exista falta de interacción. Se encontró que en el cultivo de frijol *Phaseolus aureus* L. al trabajar las interacciones estas respondieron negativamente y altamente significativos en cuanto a variables evaluadas de rendimiento y calidad de grano (Aulakh y Pasricha, 1977). Más recientemente el trabajo de Vivas *et al.* (2007) concluyo que:

- P y el S, aunque con funciones diferentes en la planta, fueron independientes en su incidencia para la producción de granos.
- En la comparación de factores, el S tuvo efectos porcentuales superiores al de P en la generación de rendimientos.

Interacción NO_3^- , SO_4^- y H_2PO_4^-

Estudios recientes demuestran que las interacciones $\text{NO}_3^-:\text{SO}_4^-:\text{H}_2\text{PO}_4^-$ conteniendo 0.78:0.12:0.10, 0.20:0.12:0.68, y 0.80:0.02:0.18; aumentan el contenido de biomasa y crecimiento de *Anthurium andraeanum* Linden. Otro resultado fue que la interacción de las proporciones altas de H_2PO_4^- combinadas con proporciones bajas de NO_3^- y H_2PO_4^- fueron negativas, y ya ese crecimiento óptimo no depende solo de la concentración de N, ya que puede alcanzarse los mismos valores con NO_3^- alto o bajo. Obtuvieron más brotes cuando las plantas fueron fertilizadas con bajas proporciones de NO_3^- , 0.50 de SO_4^- y 0.35 de H_2PO_4^- . De por otro lado obtuvieron resultados que sugieren que plantas con concentraciones altas de H_2PO_4^- , resultaron concentraciones más bajas de SO_4^- en la planta, aunque esta tuviera niveles altos de SO_4^- lo que sugiere que niveles altos de H_2PO_4^- contrarrestan la absorción de SO_4^- . (Sosa-Flores *et al.*, 2017).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

Localización del experimento

El trabajo experimental se llevó a cabo en el Departamento de Horticultura en el invernadero con las coordenadas geográficas de 25°21'21.1"N y 101°02'05.8"W a una altura de 1,761 MSNM, en instalaciones de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Saltillo, Coahuila, México.

Material experimental

El material vegetativo fueron esquejes enraizados en contenedores de 1" de plantas de nochebuena de la variedad Freedom Red con pigmentación de brácteas rojas. El proveedor fue la empresa Floraplant de Cuautla Morelos. Esta variedad pertenece al grupo de respuesta intermedio de 9 semanas de inicio de inducción con las noches largas (<12 horas-luz) a punto de venta o cosecha.

Se plantó una por cada contenedor plástico de polietileno negro del #6, llenadas con 4 litros de una mezcla de sustrato del 70% de peat moss del genero sphagnum, ajustado con bicarbonato para dejar su pH en 5.8, y un 30% de perlita de la marca Hortiperl para darle aireación a la mezcla. Los mencionados sustratos son inertes, estériles y ligeros, con una alta CIC, dando las condiciones óptimas de propiedades fisicoquímicas para una adecuada producción.

Tratamientos

Las soluciones nutritivas (SN) utilizadas en el trabajo experimental fueron hechas a partir del triángulo de Steiner para el área de aniones a una concentración de 20 meq·L⁻¹. Dicha área fue cubierta con 12 puntos a los cuales se le tomaron sus coordenadas en porcentaje (%), partiendo del punto testigo de la solución universal de Steiner con 60% NO₃⁻, 35% SO₄⁼ y 5% H₂PO₄⁻ (Cuadro 1).

Las SN fueron preparadas con agua potable a la que se le consideró sus aportes nutrimentales así como su alcalinidad, misma que fue ajustada entre 0.5 y 1 meq·L⁻¹ de HCO₃⁻ con diferentes ácidos orgánico (cítrico) o inorgánicos (HNO₃, H₂SO₄,

H₃PO₄), dependiendo las necesidades del tratamiento, dando un pH calibrado entre 5.5 y 6.

La concentración final de iones a la que se ajustaron todos los tratamientos fue de una CE de $2 \pm 0.2 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$. En el experimento se utilizaron 12 SN con diferentes proporciones de los aniones NO₃⁻, SO₄⁼ y H₂PO₄⁻ mientras que el balance de cationes K⁺ Ca⁺⁺ Mg⁺⁺ se mantuvo constante (Cuadro 2). A cada SN se le agregaron 6 ppm de Fe-EDTA a base de Ultrasol Micro Mix de la empresa SQM.

Cuadro 2 Porcentajes de las diferentes soluciones nutritivas de los tratamientos experimentales.

	NO ₃ ⁻	SO ₄ ⁼	H ₂ PO ₄ ⁻	K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	CE
	%	%	%	%	%	%	dS·m ⁻¹
Testigo	60	35	5	35	45	20	2
T2	70	25	5	35	45	20	2
T3	80	18	2	35	45	20	2
T4	80	8	12	35	45	20	2
T5	65	23	12	35	45	20	2
T6	50	38	12	35	45	20	2
T7	40	50	10	35	45	20	2
T8	34	54	12	35	45	20	2
T9	18	70	12	35	45	20	2
T10	28	70	2	35	45	20	2
T11	30	65	5	35	45	20	2
T12	45	53	2	35	45	20	2

Manejo de la planta

Las plántulas se trasplantaron el 26 de mayo en su contenedor correspondiente. Las macetas se colocaron una tras otra recién plantadas y posteriormente en la primera separación se hizo a una distancia de 3" aproximadamente entre plantas en un acomodo a tresbolillo.

Fue un sistema de manejo de planta a 2 podas por estar puesto en un contenedor del #6. El 26 de mayo se hizo un pinch en tierno el cual consistió en eliminar el meristemo apical y las primeras 3 láminas foliares, dejando el peciolo intacto de cada lámina eso para obtener una brotación homogénea.

Se inicia la nutrición homogénea el 31 de mayo con la solución de Steiner al 25% para aclimatar y enraizar las plantas, mientras que para el 9 de junio se irrigan ya con la SN Steiner al 50 %, el 15 de junio al 75% y por último el 22 de junio al 100%. Todos los riegos se ajustaron a un pH de 5.5 y CE de $2.2 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$. Siempre con una fracción de lixiviado del 30%. Alcanzando la SN al 100% el 26 de junio se seleccionaron las plantas de la mejor calidad para el experimento siendo el 7 de agosto el acomodo en bloques completos al azar (realizando un sorteo para quedar al azar), quedando distribuidas de la siguiente manera:

Cuadro 3 Distribución de bloques completos al azar en campo

		N	
5		4	
4		12	
3		9	
12		1	
10		11	
2	IV	8	I
6		2	
7		10	
11		6	
9		7	
1		3	
8		5	
<hr/>		<hr/>	
11		11	
5		9	
12		6	
6		3	
4		7	
3	V	10	II
8		4	
1		1	
7		8	
9		2	
10		12	
2		5	
<hr/>		<hr/>	
3		1	
11		6	
2		2	
12		11	
4		10	
9	VI	7	III
8		4	
7		9	
5		5	
10		3	
6		8	
1		12	
<hr/>		<hr/>	
		S	

El 07 de Julio se da inicio con la aplicación de los tratamientos y posteriormente se aplicaban cada vez que la planta necesitaba riego, checando el momento de riego con el micro tensiómetro cuando este marcaban una lectura entre 10 y 15 CB.

Se daba separación entre plantas cada vez que era necesario, esta actividad para formación de la fronda, evitando que se toquen las hojas. El 21 de julio, se realizó la segunda poda de formación; dicha poda se hizo de igual manera haciendo un pinch en tierno a todos los brotes laterales, cortando las primeras 3 láminas foliares dejando únicamente el ápice. Una vez quedando instalado el plástico para inducir noches largas artificiales se inició con estas el día 9 de septiembre y a partir de ese día hasta el punto de cosecha, se estuvieron tapando para tener días cortos.

Manejo de plagas y enfermedades

Las principales plagas y enfermedades que atacan las plantaciones de nochebuena son mosca blanca, afidos, gusanos defoliadores, trips *Frankliniella occidentalis* y araña roja *Tetranychus urticae*, y en cuanto a enfermedades nos encontramos con *Fusarium* spp, *Rhizoctonia solani*, *Pythium ultimum*, *Thielaviopsis basicola*, *Botrytis cinérea*, *Oidio* spp y en cuanto a bacterias encontramos más frecuentemente a *Erwinia* spp y *Xanthomonas* spp y para su prevención y controles se utilizaron ingredientes activos como:

Cuadro 4 Manejo fitosanitario de la flor de nochebuena.

Tipo	Nombre comercial	Nombre común	Dosis /L
Fungicida	Ridomil	Metalaxil-M:	1 g
	Aliette	Fosetilo aluminio	1 g
	Eminence	Procloraz	.5 ml
	Tecto	Tiabendazol	1 g
Insecticida	Confidor	Imidacloprid	1 ml
	Venom	Dinotefuran	1 ml
	Mitac	Amitraz	.3-.5 ml
	Danisaraba	Cyflumetofen	.2 ml
Bactericida	Agrimicin 100	Estreptomicina + Oxitetraciclina	.3 g

El producto Penatrex se empleó como adherente y penetrante a dosis de 1 ml, de igual forma con el pH de la solución calibrado dependiendo el problema a combatir y el sitio de aplicación. Las fechas, producto y dosis que se aplicaron según el Cuadro 6. En todas las aplicaciones químicas se ajustaba el pH dependiendo del problema a atacar.

Cuadro 5 Programa de aplicaciones agroquímicas.

29 de mayo	Ridomil Gold al drench	0.25 g/L 150 ml/plt
7 de junio	Ridomil Gold	0.5 g/L
26 de junio	Aliette 80	1 g/L
10 julio	Aliette 80 y Confidor 350	1 g/L y 1ml/L
18 julio	Ridomil Gold y Aliette 80	1 g/L
23 de julio	Ridomil Gold al drench	1 g/L y 250 ml/plt
4 de agosto	Venom y Eminence	1 g/L y 1ml/L
14 de agosto	Ridomil Gold al drench	1g/L y 350 ml/plt
15 de agosto	Venom	.7 g/L
18 de agosto	Danisaraba	.2 ml/L
10 de septiembre	Ridomil Gold al drench	1 g/L y 360 ml/plt
16 de septiembre	Aliette 80	1 g/L
17 de septiembre	Agrimicin 100	1 g/L
8 octubre	Ridomil Gold y Confidor 350	1 g/L y .75 ml/L
19 de octubre	Tecto 60	1 g/L
10 de noviembre	Mitac 20	.4 ml/L

Manejo del sistema hidropónico abierto

Una vez adaptada la plantación se procedió a la formación de los bloques (Cuadro 3) distribuidos al azar; cada tratamiento constó de 6 repeticiones de una planta por maceta por repetición. El área experimental consistió de 72 unidades experimentales en total. La SN para cada tratamiento se preparaba cada vez que se iba a irrigar, aplicando el volumen necesario, manteniendo siempre la fracción de lixiviado del 30%

por maceta. La frecuencia de riego era cada vez que los micro tensiómetros marcaban una lectura entre 10 y 15 CB.

Se realizaron análisis de sustrato constantemente para monitorear la salinidad de estos, dando resultados de entre 5 – 5.6 de pH y una CE de 2 – 2.2 dS m⁻¹.

Obtención de datos

Una vez que la planta maduró los ciatios (el 16 de noviembre), el día 18 de noviembre se inició con la obtención de datos para las variables de respuesta. El contenido relativo de clorofila fue la primera variable tomada por ser no destructiva; fue analizada con el SPAD-502_{plus} de la marca Konica Minolta, tomando 3 lecturas por planta de la parte media y alrededor de su circunferencia cuidando poner la pinza en un foliolo sano y limpio.

Para el resto de las variables, se inició la toma de datos el 20 de noviembre. El número de inflorescencias son calidad comercial consistió en contabilizar todas aquellas que poseían características de tamaño superior a 20 cm de circunferencia.

El tamaño de inflorescencias fue la medida de los ápices de las brácteas en dos ejes, los cuales posteriormente se promediaron. La altura de la planta se midió con un flexómetro desde el nivel del sustrato hasta el ciatio más alto de la planta.

El enchinamiento se tomó como en una escala arbitraria del 1 al 3, en donde 1 era para la planta que en general se encontraban sin enchinamiento de las brácteas y el 3 se asignó para aquellas plantas que contaban con brácteas muy enchinadas. El enchinado una característica indeseable en estas variedades lisas.

La resistencia al desgarre fue calculada mediante un ángulo de doblado para cuantificar la resistencia de la planta; este ángulo se determinó poniendo la maceta en una posición horizontal (90°) sobre una base mientras que la parte aérea de la planta se mantenía suspendida en el aire. Se otorgó en una escala arbitraria un valor de 1 si la parte aérea no se desgarraba, un valor de 2 para plantas con un brote desgarrado, y el valor 3 para el desgarre de más de 2 brotes.

Un penetrómetro de base con la puntilla de 1 cm² redonda se utilizó para la determinar la firmeza del tallo y así cuantificar la lignificación de los brotes (Kg/ cm²), seleccionando el brote más alto. El índice de color se determinó con el equipo de colorimetría marca MINOLTA modelo CR 300, el cual nos determinó las coordenadas “a”, “b” y “L” para localizar la coordenada en el plano del diagrama cromático siendo a y b positiva o negativa en 2D, donde L nos marcaba la luminosidad de la muestra tomada para dar forma de 3D en la localización del punto. Posteriormente los datos se ingresan en la formula $IC = \frac{a * 1,000}{L * b}$ para obtener el índice de color.

Para determinar el peso fresco de hojas se defolió completamente la planta tomando solo las hojas verdaderas para pesarlas en una báscula Torrey con capacidad de 5 kg. Similarmente, para peso fresco de brácteas se pesaron únicamente todas las brácteas sin incluir las flores verdaderas. En cuanto al peso fresco de brotes, se pesaron todos aquellos brotes y tallos que poseía la planta conjuntamente con los ciatios, cortando los tallos en trozos manipulables para poner en la báscula. El peso fresco vegetativo se determinó con la sumatoria de estos últimos tres, mientras que el peso fresco de la raíz se determinó después de lavarle el sustrato a todo el sistema radicular en un tambo de 200 litros; por medio de la inmersión se desprendía el sustrato de la raíz cuidando de esta forma que no se desprendiera nada o una porción mínima de raíces, posteriormente se colocaba en una sanita para retener el exceso de agua y su posterior pesaje y por ultimo para el peso total solo se sumaron los pesos frescos vegetativos más el peso fresco de la raíz.

Análisis estadístico

El análisis de varianza (ANOVA) se realizó bajo el diseño de bloques completamente al azar, analizando los datos mediante el paquete estadístico SAS 9.0 para detectar diferencia estadística en cuanto a los tratamientos, y se empleó la prueba de comparación de medias mediante la metodología de Duncan ($\alpha=0.05$).

IV. RESULTADOS

Contenido relativo de clorofila

El contenido relativo de clorofila (CRC) fue más alto en las plantas que recibieron las soluciones 70-25-5, 80-18-2, 80-8-12, y 34-54-12, aunque estas no difieren significativamente de aquellas que se trataron con las soluciones 60-35-5, 50-38-12, 40-50-10, 30-65-5 y 45-53-2 (Figura 1). Ningún tratamiento superó el CRC obtenido en plantas con la solución testigo, sin embargo aquellas que recibieron las soluciones 18-70-12 y 28-70-2 mostraron un menor CRC que las plantas testigo. Esto podría ser debido a la alta proporción de $\text{SO}_4^{=}$ en la solución nutritiva en relación a la proporción de NO_3^- , y H_2PO_4^- .

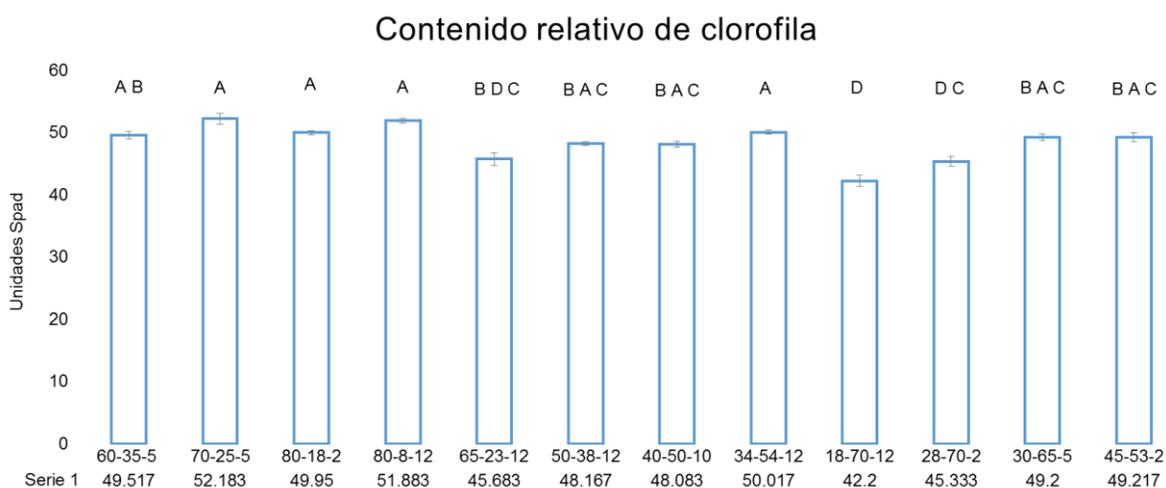


Figura 1. Contenido relativo de clorofila en plantas de nochebuena en respuesta al riego con soluciones nutritivas con diferentes balances de NO_3^- , $\text{SO}_4^{=}$ y H_2PO_4^- .

Inflorescencias con calidad comercial

El mayor número de inflorescencias con calidad de comercialización (ICC) se presentó en las plantas que recibieron las soluciones 80-8-12, 50-38-12, 34-54-12 y 18-70-12, aunque estas difieren significativamente solo de las tratadas con 70-25-5. Lo anterior puede ser debido a esas soluciones tienen una proporción del 12% de H_2PO_4^- . Ningún tratamiento sobrepasó el ICC obtenido en plantas con la solución testigo, sin embargo aquellas que recibieron todas las demás soluciones mostraron un menor ICC igual a

las plantas testigo. La solución 70-25-5 estuvo asociada con una menor calidad en las flores, lo anterior puede ser debido a la alta proporción de NO_3^- en la SN combinado con una baja proporción de H_2PO_4^- .

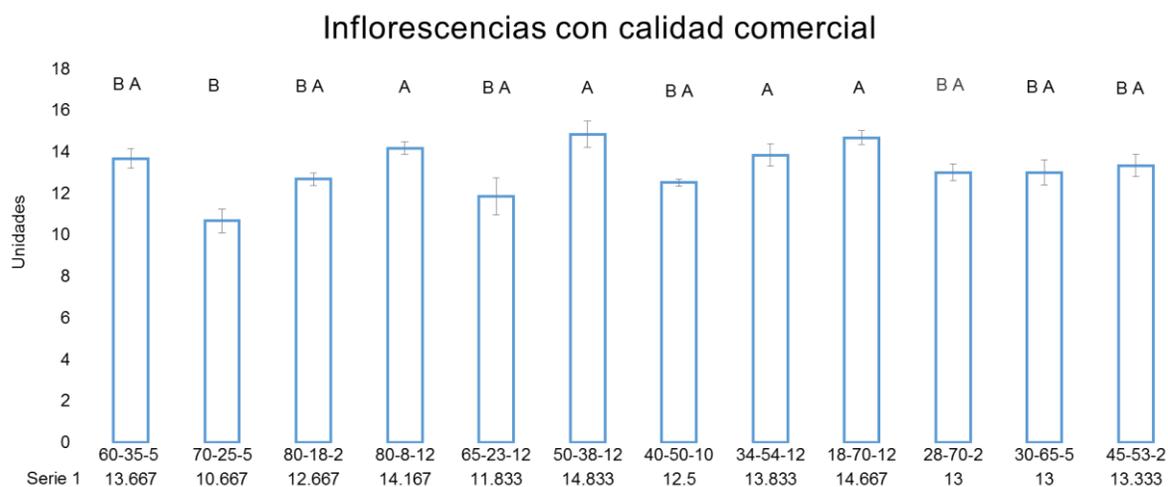


Figura 2. Número de inflorescencias con calidad comercial en plantas de nochebuena en respuesta al riego con soluciones nutritivas a diferentes balances de NO_3^- , $\text{SO}_4^{=}$ y H_2PO_4^- contabilizadas por cada planta.

Tamaño de la inflorescencia

La inflorescencia con el tamaño más grande (TIG) se presentó en las plantas que recibieron las soluciones 80-18-2, 80-8-12 y 34-54-12. Lo anterior puede ser debido a que los balances 80-18-2, 80-8-12 comparten el porcentaje de NO_3^- entre ellas y el H_2PO_4^- con 34-54-12. Ningún tratamiento sobrepasó el tamaño de inflorescencia obtenido en plantas con la solución testigo, siendo la mayoría la que mostró un comportamiento igual a la solución testigo. La SN con el balance 30-65-5 estuvo asociada con una menor calidad en el tamaño de la flor más grande, lo anterior puede ser debido a la alta proporción de $\text{SO}_4^{=}$, no tan alta como 18-70-12 y 28-70-2 en la SN, en relación a una menor proporción de NO_3^- y H_2PO_4^- .

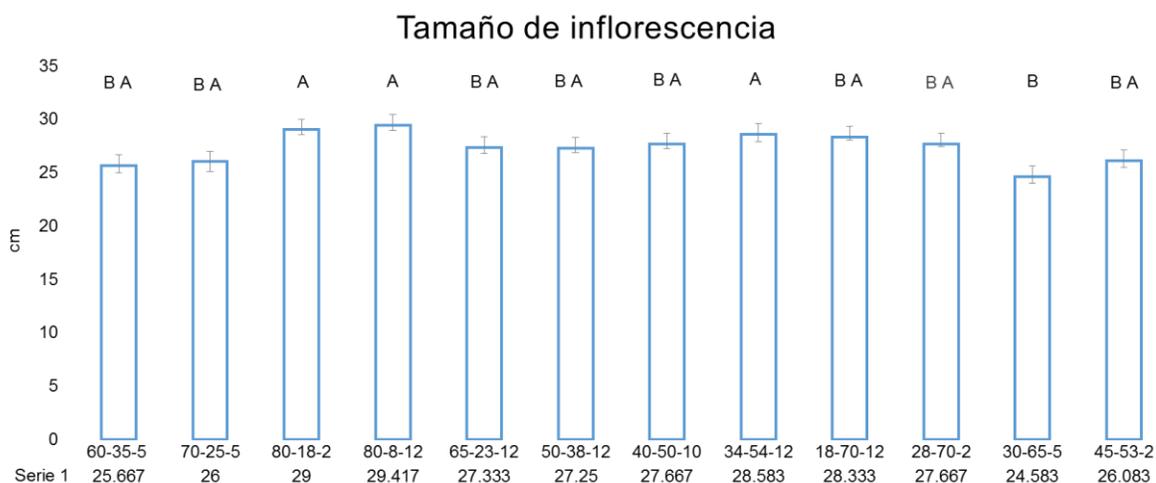


Figura 3. Tamaño de inflorescencia de nochebuenas en respuesta al riego con soluciones nutritivas de diferentes balances de NO_3^- , $\text{SO}_4^{=}$ y H_2PO_4^- .

Altura de planta

Las plantas de mayor altura (AP) se obtuvieron con SN de balance 50-38-12, 40-50-10 y 34-54-12, las cuales poseen proporciones altas de H_2PO_4^- (10% y 12%), aunque existen más soluciones con el mismo H_2PO_4^- , sin obtenerse resultados similares. Lo anterior se puede deber a que estas SN difieren en que tienen proporciones medias y altas de $\text{SO}_4^{=}$ (50% y 54%) con niveles medios de NO_3^- (34%, 40% y 50%), en comparación con el 60% de la SN testigo. Los resultados indican que es necesario disminuir los niveles de NO_3^- ya que con la solución 70-25-5 se producen plantas de baja altura, 50 cm, lo que sugiere que proporciones altas de NO_3^- en relación con H_2PO_4^- y $\text{SO}_4^{=}$ resultan en plantas pequeñas, mientras que menor NO_3^- y mayor H_2PO_4^- resultan en plantas de mayor altura.

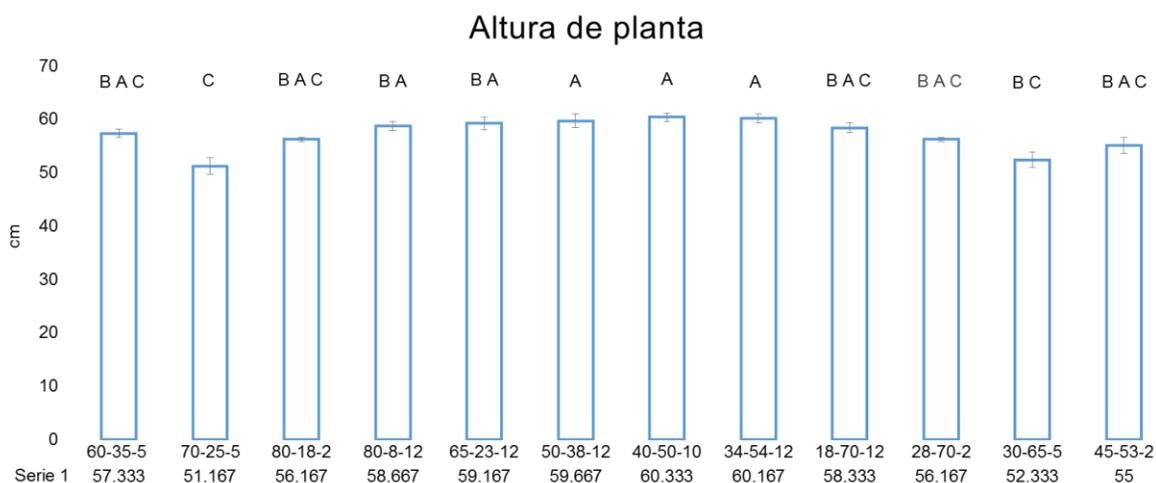


Figura 4. Altura de planta de nochebuena en respuesta al riego con soluciones nutritivas a diferentes balances de NO_3^- , $\text{SO}_4^{=}$ y H_2PO_4^- , medidas desde el contenedor hasta el punto más alto.

Enchinamiento de brácteas

Las plantas tratadas con un balance 65-23-12 mostraron un marcado aumento en el enchinamiento de las brácteas (ENCH), aunque no difieren significativamente de 40-50-10, 28-70-2 y 30-65-5. Sin embargo, estas concuerdan en que todas tienen concentraciones altas de $\text{SO}_4^{=}$. Por otro lado, los balances 70-25-5 y 34-54-12 mostraron un disminución significativa del enchinamiento (aunque no difieren significativamente de 60-35-5-, 80-18-2, 80-8-12 y 50-38-12), teniendo en común una alta proporción de NO_3^- , lo que indica que concentraciones altas del ion NO_3^- produce plantas con menos enchinamiento.

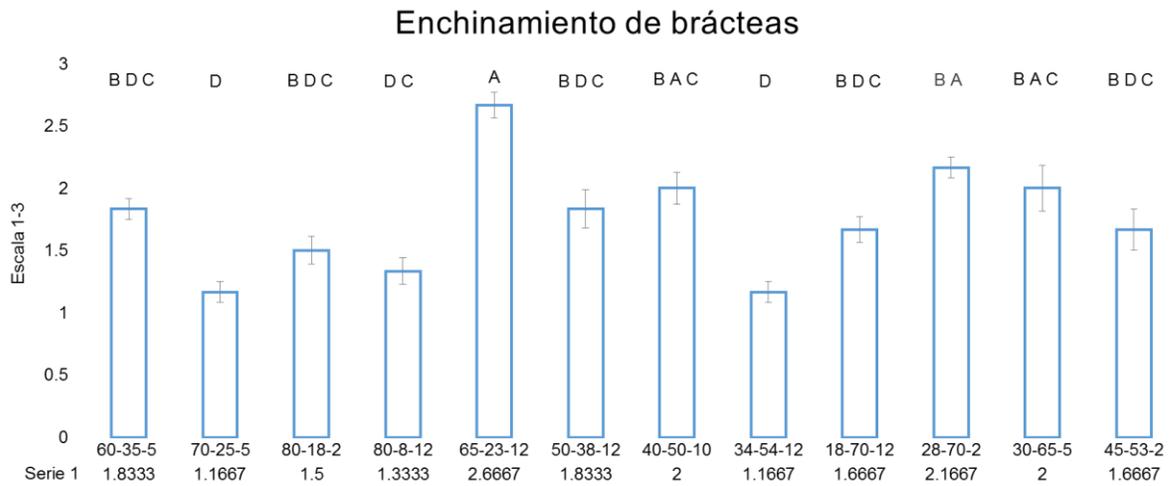


Figura 5. Enchinamiento de brácteas en plantas de nochebuena, en respuesta al riego con soluciones nutritivas a diferentes balances de NO_3^- , $\text{SO}_4^{=}$ y H_2PO_4^- . 1= bajo enchinamiento, 3= alto enchinamiento.

Resistencia al desgarre

La resistencia al desgarre (RDES) dada por ángulo de doblado, mostró que con el balance de 45-53-2 y 30-65-5 resultan en plantas muy sensibles al desgarre de sus brotes, una característica indeseable tanto como para vendedor en vivero como para el acaparador por la manipulación y desgarre de estos. Por otra parte, las interacciones 28-70-2 y 18-70-2 son de las más resistentes al desgarre, probablemente asociado a la alta proporción de $\text{SO}_4^{=}$, aunque sin embargo, las primeras interacciones igual poseen altas proporciones de este ion y se comportaron totalmente diferentes por interferencia de los aniones de NO_3^- y H_2PO_4^- . El resto de interacciones resistentes al desgarre esta dado en 60-35-5, 80-8-12, 50-38-12, es decir, SN que poseen proporciones altas de NO_3^- . Estadísticamente esto se muestra que las últimas 5 interacciones que resultan en plantas resistentes a los desgarres, pero no difieren significativamente del resto de interacciones 70-25-5, 80-18-2, 40-50-10, 34-54-12 y 65-23-12.

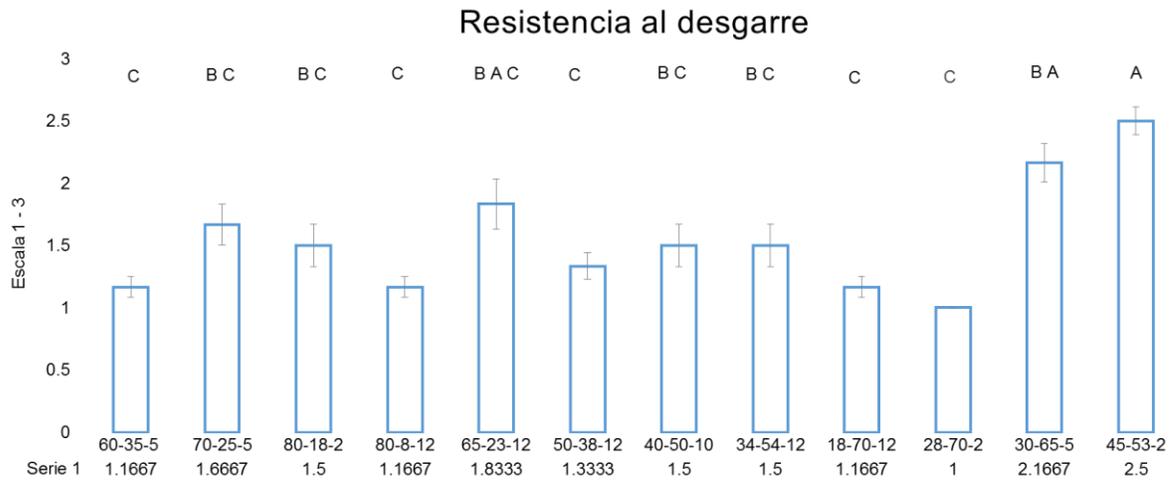


Figura 6. Resistencia al desgarre en plantas de nochebuena en respuesta al riego con soluciones nutritivas a diferentes balances de NO_3^- , $\text{SO}_4^{=}$ y H_2PO_4^- . 1 = menor ángulo de doblado, 3 = mayor ángulo de doblado.

Firmeza del tallo

La firmeza del tallo (FT) se emplea para determinar la resistencia y lignificación del brote al ser penetrado. Se encontraron diferencias significativas en cuanto a las interacciones 60-35-5, 70-25-5, 65-23-12, 40-50-10 los cuales son las interacciones que en promedio resisten 2.98 kg cm^{-2} , por lo que con poca presión se penetran. Por el contrario, la interacción 50-38-12 es aquella que soportó 4.3 kg cm^{-2} antes de ser penetrado, lo cual indica que con este balance se soporta 1.4 veces más. El resto de las SN (80-8-12, 34-54-12, 18-70-12, 30-65-5, 45-53-2) no difieren significativamente de la interacción 50-38-12.

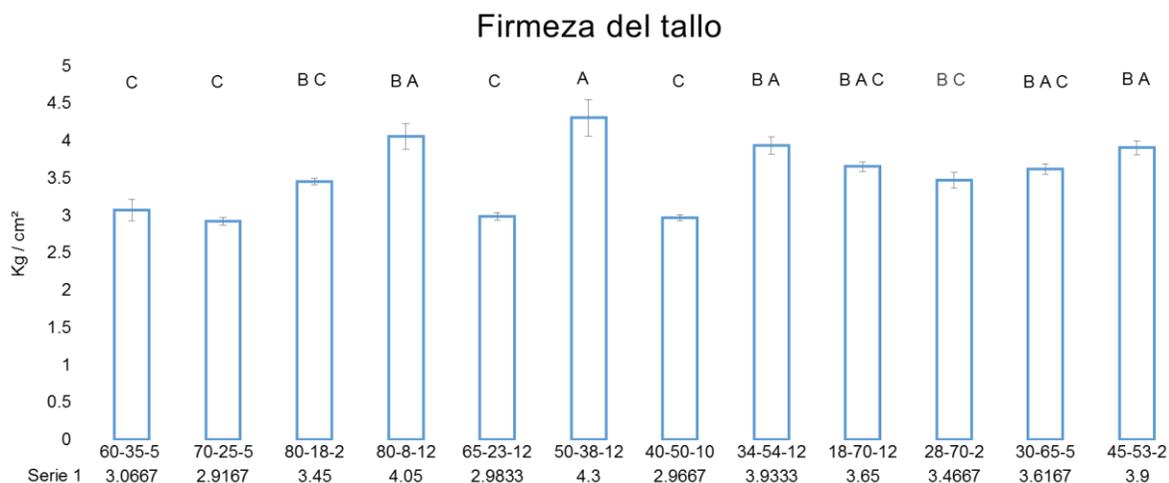


Figura 7. Firmeza del tallo para medir la resistencia en plantas de nochebuena, en respuesta al riego con soluciones nutritivas a diferentes balances de NO_3^- , $\text{SO}_4^{=}$ y H_2PO_4^- .

Índice de color

Para la variable índice de color (IC) no presentó diferencias estadísticas, lo que nos asegura que los iones NO_3^- , $\text{SO}_4^{=}$ y H_2PO_4^- no intervinieron en procesos fisiológicos de pigmentación de brácteas, por lo tanto la interacción de aniones que se implemente en la solución nutritiva no afectara el color final la inflorescencia.

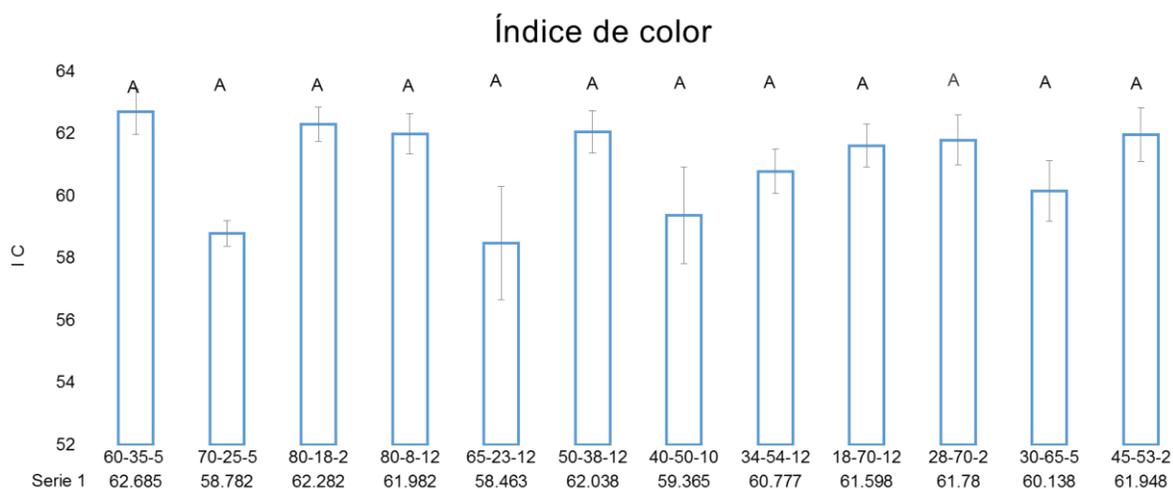


Figura 8. Índice de color en plantas de nochebuena, en respuesta al riego con soluciones nutritivas a diferentes balances de NO_3^- , $\text{SO}_4^{=}$ y H_2PO_4^- dado por la fórmula de IC.

Peso fresco de hojas

En cuanto a peso fresco de hojas (PFH), existen diferencias estadísticamente significativas ya que con el balance 60-35-5 fue el que posee el PFH más alto; esto se atribuye a que dicho balance mantenga por más tiempo las hojas en la planta o el un desarrollo más alto de folíolos. Esto es de gran utilidad ya que permite una mayor tasa fotosintética, aunque no se sabe si un exceso de hojas podrá intervenir en una competencia por luz, ya que estas plantas también fueron las que resultaron con el mayor nivel de enchinamiento de brácteas.

El resto de las SN no difiere significativamente entre los demás, sin embargo, el balance que estadísticamente posee menos masa foliar es 65-23-12. Llama la atención el hecho de que este es un balance con +7% del ion H_2PO_4^- y -7% del ion $\text{SO}_4^{=}$ en comparación con la SN testigo 60-35-5, aunque esto no parece demasiado, al transformar el porcentaje de H_2PO_4^- a $\text{meq}\cdot\text{L}^{-1}$, pasa de ser 1 $\text{meq}\cdot\text{L}^{-1}$ en 5% a 2.5 $\text{meq}\cdot\text{L}^{-1}$ en 12% de anión H_2PO_4^- .

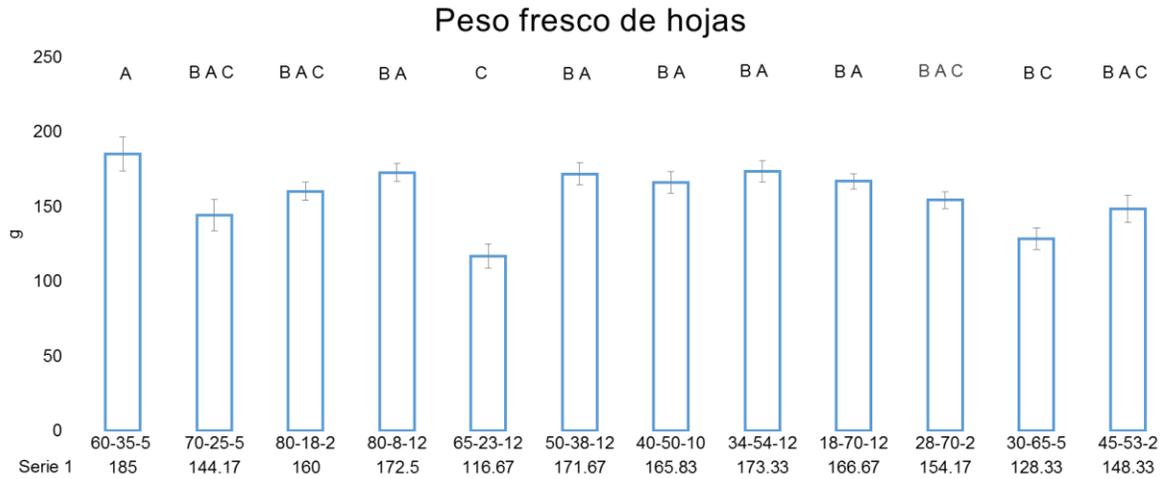


Figura 9. Peso fresco de hojas en plantas de nochebuena, en respuesta al riego con soluciones nutritivas a diferentes balances de NO_3^- , $\text{SO}_4^{=}$ y H_2PO_4^- .

Peso fresco de brácteas

La variable peso fresco de brácteas (PFBRA) muestra otra vez estadísticamente mejor respuesta a la interacción 18-70-12, mas no difiere significativamente de casi todo el resto de las SN, siendo esta interacción sobresaliente debido a que al poseer mayor peso de brácteas se traduce en mayor área ocupada por estas hojas modificadas. Sumándole la variable de enchinamiento de brácteas, en la que el balance 18-70-12 es estadísticamente mejor al no mostrar enchinamiento, al igual que 34-54-12, nos da como resultado plantas de la mejor calidad para la venta.

El PFBRA tiene una estrecha relación con ICC debido a que las interacciones que estadísticamente son las mejores (80-8-12, 50-38-12, 34-54-12 y 18-70-12) en el ICC, son también las mejores en PFBRA. La interacción 70-25-5 es estadísticamente la que posee menos peso de brácteas, lo que se podría traducir como el tratamiento compacto, debido a que en las variables ICC y altura de planta, traducido en plantas pequeñas con pocos brotes y con inflorescencias de calidad.

Sin embargo, este balance (70-25-5), en la variable CRC está entre las que posee el ICC más alto, lo que se podría entender que la poca altura no se dio por deficiencia del ion NO_3^- ya que se mantenía una planta con su clorofila ideal, pero para el enchinamiento se vio entre las mejores con menos enchinado, lo que nos da como resultado en la interacción 70-25-5 plantas pequeñas de buena calidad de hojas y de brácteas pero con pocas de estas últimas.

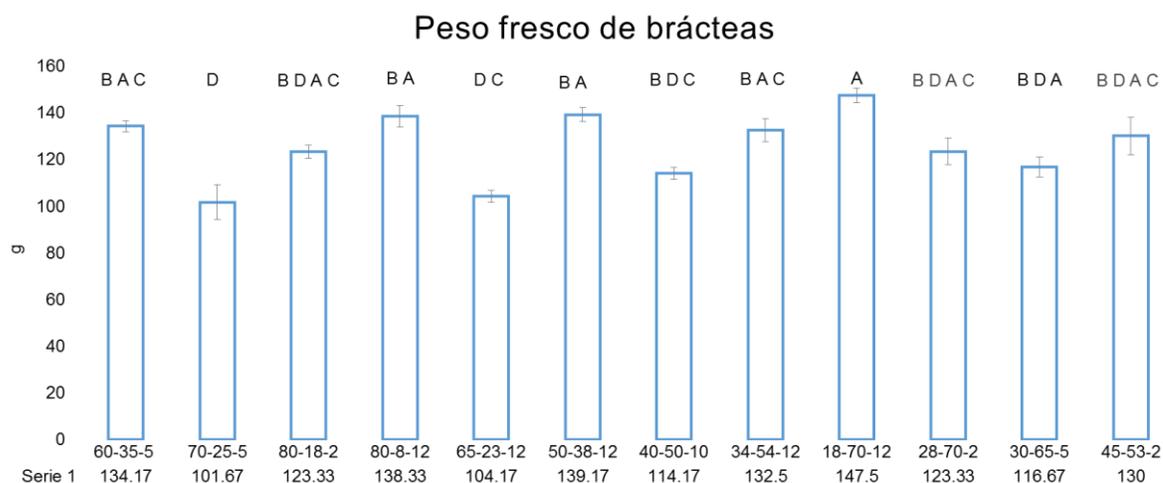


Figura 10. Peso fresco de brácteas en plantas de nochebuena, en respuesta al riego con soluciones nutritivas a diferentes balances de NO_3^- , $\text{SO}_4^{=}$ y H_2PO_4^- .

Peso fresco de brotes

El peso fresco de brotes (PFBRO) está estrechamente relacionado con el PFBRA. La interacción 18-70-12 posee el peso más alto en los brotes, sin embargo, si se compara con la altura de planta, no difirió estadísticamente del resto. Aunque no fue la de mayor altura, es posible que dicho tratamiento posee los brotes de mayor grosor. Como resultado de esto, los brotes tienen que ser más resistentes, lo cual se confirma en la RDES, siendo la interacción 18-70-12 la mejor. Por lo tanto, este tratamiento es el mejor en cuanto a resistir la manipulación por el movimiento de las plantas. La interacción 70-25-5 en la prueba de medias salió como la menor en cuanto a peso de brotes, ya que es una planta de altura compacta por ende posee poca masa de brotes.

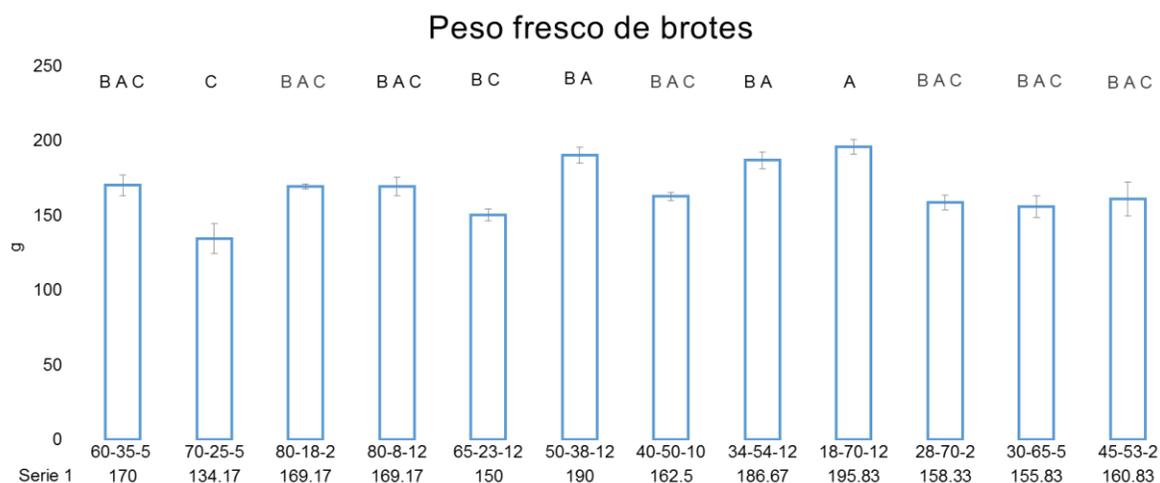


Figura 11. Peso fresco de brotes en plantas de nochebuena, en respuesta al riego con soluciones nutritivas a diferentes balances de NO_3^- , $\text{SO}_4^{=}$ y H_2PO_4^- .

Peso fresco vegetativo

Se observó que en el peso fresco vegetativo (PFVEG) en plantas con las SN 60-35-5, 50-38-12, 34-54-12 y 18-70-12 poseen la mayor masa fresca, mas no difieren significativamente del resto, excepto de 70-25-5, 65-23-12 las cuales poseen la menor masa fresca. Las interacciones 60-35-5, 50-38-12, 34-54-12 y 18-70-12 se muestran interesantes en comparación con 70-25-5, 65-23-12, entendiend que el ion NO_3^- en proporciones >60% tenemos plantas con menor masa aérea fresca y <60% tenemos plantas con mayor masa fresca, lo que económicamente se traduce en ahorros de nutrimentos al disminuir la concentración del ion NO_3^- en la SN. Sin embargo, este >60% se respeta cuando la interacción con el ion $\text{SO}_4^{=}$ se mantiene en un rango de 23-25%; por otro lado cuando el ion NO_3^- se mantiene <60% se tienen concentraciones mayores del ion $\text{SO}_4^{=}$ en la SN lo que nos dice que al haber >35% del ion $\text{SO}_4^{=}$ se respetara esta tendencia, dándonos como referencia de partida la SN testigo 60-35-5 mayor o menos con los iones NO_3^- y $\text{SO}_4^{=}$.

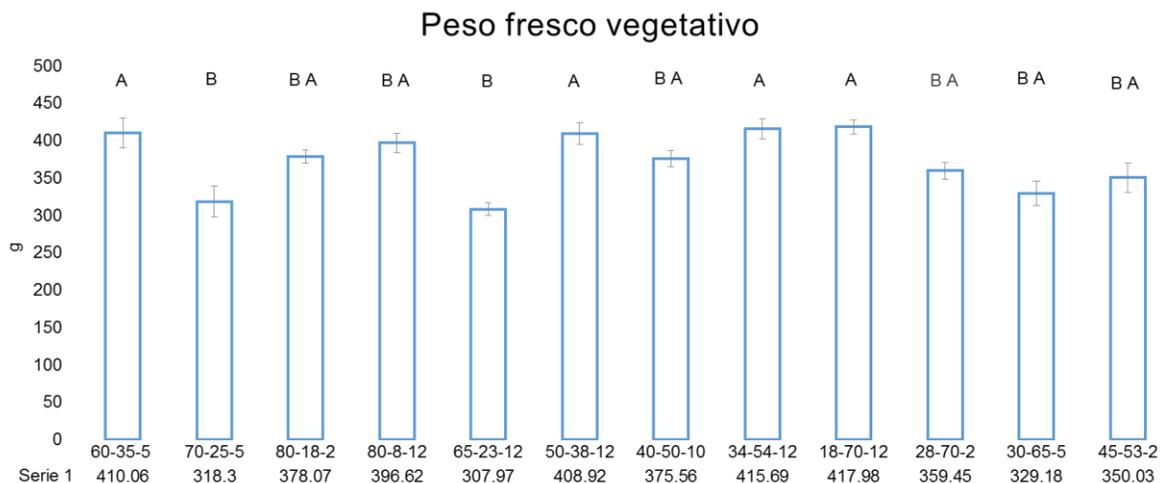


Figura 12. Peso fresco de vegetativo en plantas de nochebuena, en respuesta al riego con soluciones nutritivas a diferentes balances de NO_3^- , $\text{SO}_4^{=}$ y H_2PO_4^- .

Peso fresco de raíz

La interacción 70-25-5 resultó estadísticamente con la menor acumulación de peso fresco en la raíz (PFR) por ser un tratamiento de plantas compactas; de igual manera, la interacción 45-53-2 se comportó igual en cuanto a la poca acumulación fresca de raíz. Por el contrario, en la altura de planta y PFVEG, dicha interacción no difiere drásticamente del resto, lo que quiere decir que esa poca masa de raíz mantenía en términos absolutos mayor masa de pesos frescos vegetativos.

Estas interacciones 45-53-2, 70-25-5, aparte de 30-65-5, son aquellas que poseen la menor concentración en la SN del ion H_2PO_4^- , lo que se le podría atribuir ese crecimiento mínimo de raíz por la carencia del H_2PO_4^- . Por el contrario en las interacción con la prueba de medias en las que salieron mejor tales como 34-54-12 y 18-70-12, se observa que son 2 de las 5 interacciones que poseen la concentración las alta del ion H_2PO_4^- (80-8-12, 65-23-12 y 50-38-12) con un 12% todas, siendo que estas 3 últimas no son estadísticamente las mejores, esto se puede atribuir que las interacciones 34-54-12 y 18-70-12 están altas en H_2PO_4^- y $\text{SO}_4^{=}$ y por el contrario las otras 3 interacciones que están altas en H_2PO_4^- 80-8-12, 65-23-12 y 50-38-12 se encuentran con niveles bajos de $\text{SO}_4^{=}$, por ende para tener masa fresca de raíz, se tienen que tener concentraciones del 12% del H_2PO_4^- y concentraciones > del 54%.

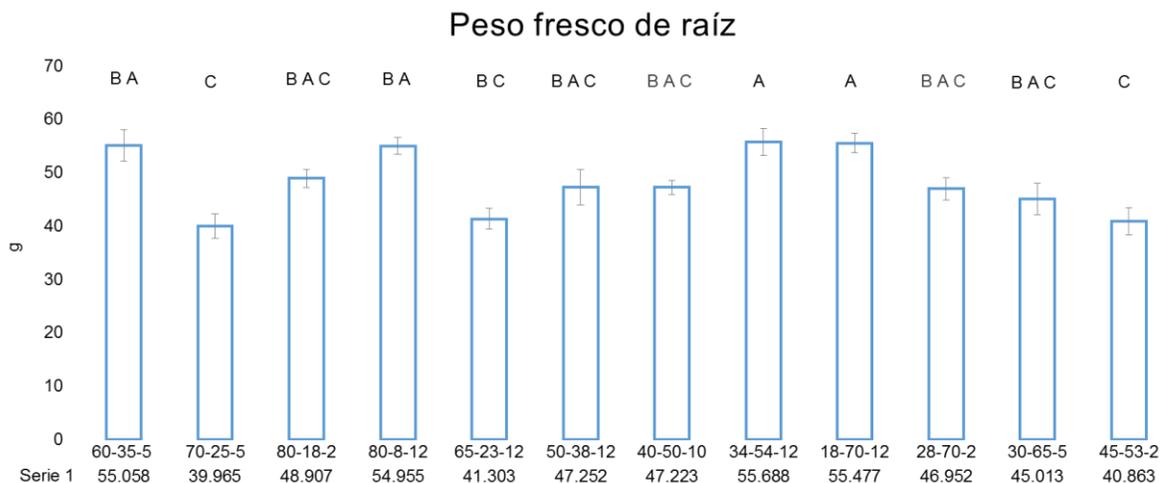


Figura 13. Peso fresco de raíz en plantas de nochebuena, en respuesta al riego con soluciones nutritivas a diferentes balances de NO_3^- , $\text{SO}_4^{=}$ y H_2PO_4^- .

Peso fresco total

Para el peso fresco total (PFTOT) se encontró que la interacción en el que se obtienen las plantas más pesadas es 18-70-12, ya que su PFTOT se encuentra distribuido en los órganos como hojas, brácteas y brotes, por lo que es una interacción a la cual se le puede considerar como la mejor. Dicha interacción alcanzó a disminuir los niveles NO_3^- del 60% a 18%, dando un 42% menos en comparación con la SN testigo 60-35-5.

Por otro lado, subieron los niveles del ion $\text{SO}_4^{=}$ al doble de la solución de Steiner, y otro 7% del ion H_2PO_4^- , lo que se puede calcular que en $\text{meq}\cdot\text{L}^{-1}$, que se bajaron los niveles de NO_3^- de 12 $\text{meq}\cdot\text{L}^{-1}$ a 3.6 $\text{meq}\cdot\text{L}^{-1}$. Por otro lado, interacciones que obtuvieron la menor acumulación de peso fresco fueron 70-25-5 y 65-23-12, lo que confirma que los niveles entre 65% y 70 % del anión NO_3^- y entre 25% y 23 % del anión $\text{SO}_4^{=}$, son niveles altos de nitratos y bajos de sulfatos. Por ende, obtendremos plantas más pequeñas. Po lo tanto se puede asegurar que el cultivo de nochebuena prefiere niveles bajos de NO_3^- y niveles altos de $\text{SO}_4^{=}$ para desarrollarse mejor. En cuanto al anión H_2PO_4^- prefiere en algunas ocasiones concentraciones de más del doble de la SN testigo de Steiner.

Se organizó de manera conjunta una evaluación por 10 personas, dando una calificación del 1 al 5 a cada planta, los resultados demuestran que:

- T4 80-8-12 obtuvo 6 personas como el mejor
- T6 50-38-12 obtuvo 6 personas como el mejor
- T8 54-34-12 obtuvo 4 personas como el mejor
- T9 18-70-12 obtuvo 4 personas como el mejor
- T1 60-35-5 le pareció clorótico a 1 persona.

Encontrando que las mujeres tienden más por el gusto de esos tratamientos. Lo cual ellas explican que les parecieron los más bonitos en cuanto a tamaño y belleza de inflorescencias, así como el color fue mejor para ellas, lo que concuerda estadísticamente con la interacción 18-70-12.

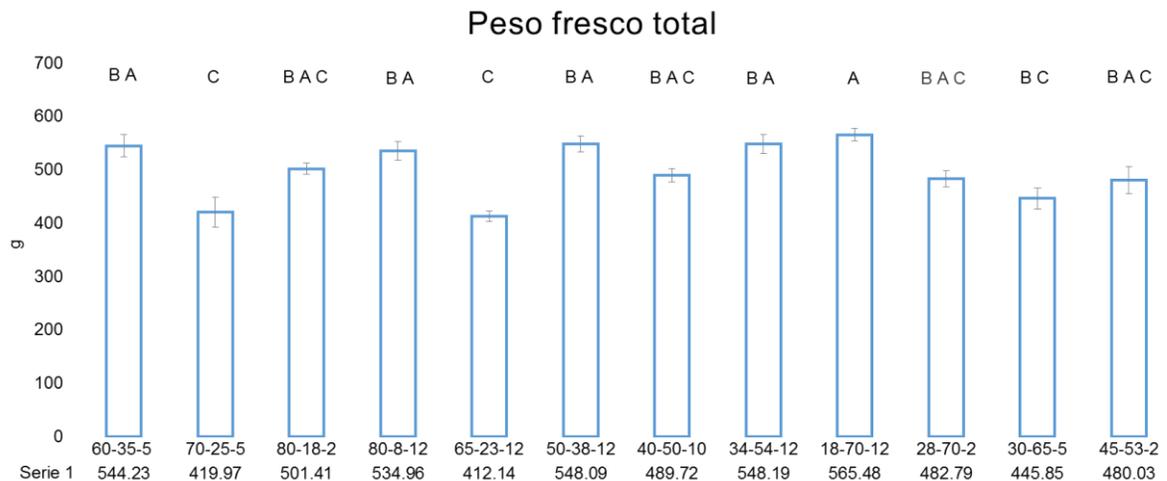


Figura 14. Peso fresco total en plantas de nochebuena, en respuesta al riego con soluciones nutritivas a diferentes balances de NO_3^- , $\text{SO}_4^{=}$ y H_2PO_4^- dado por la sumatoria de pesos de toda la planta.

V. DISCUSIÓN

Las interacciones de NO_3^- , $\text{SO}_4^{=}$ y H_2PO_4^- variaban entre los tratamientos, teniendo rangos que iban de 18% a 80% en NO_3^- , 8% a 70% $\text{SO}_4^{=}$ y 2% a 12% en H_2PO_4^- , respectivamente.

Estadísticamente sobresalieron 3 tratamientos:

- 50-38-12
- 34-54-12
- 18-70-12.

Siendo esta ultima la que presentó la mayor acumulación de atributos.

La interacción 50-38-12 y 34-54-12 fueron las que poseen la mayor altura, aunque la interacción 18-70-12 no difiere significativamente de las demás; por consiguiente, esto puede ser atribuido al 50% que contiene de NO_3^- , ya que a mayor concentración de este elemento las plantas crecerán más, como menciona Dufour y Guérin (2005), que una mayor concentración de NO_3^- en la solución, se asociará con un mayor crecimiento.

Sin embargo, la interacción con 34% de NO_3^- no cumple con esto, y mucho menos la interacción con 18%, las cuales son interacciones con poco NO_3^- , y aun así respondieron de manera aceptable al crecimiento, estando como las mejores interacciones. Estos resultados concuerdan con Sosa-Flores *et al.*, (2017), quienes encontraron que un bajo nivel de NO_3^- en la SN en proporciones entre 20%-35% también se asocia con la mejora del crecimiento. Mismas que son similares ha las que tienen 18% y 34 % en cuanto a NO_3^- en nuestras interacciones.

Una vez teniendo concentraciones bajas de NO_3^- , la concentración de H_2PO_4^- en la SN será alta, igual que $\text{SO}_4^{=}$, como se aprecia en las interacciones 34-54-12 y 18-70-12. Como también se puede observar la concentración del H_2PO_4^- en estas interacciones 50-38-12, 34-54-12 y 18-70-12, todas poseen un 12% de H_2PO_4^- en los mejores tratamientos.

Según Zotz (2004), a concentraciones altas del anión H_2PO_4^- , este no se absorberá en la planta internamente, ya que en sus estudios encontró niveles muy bajos de H_2PO_4^- en plantas epifitas. Es necesario tener los balances óptimos y entender el comportamiento para interpretar como se comportan conjuntamente los aniones, ya que se si analizan por separado pasara lo anterior, que hace referencia al hablar que solo el NO_3^- nos dará plantas más grandes, pero si se consideran el efecto que tienen los demás sobre el elemento en discusión.

Se encontraron resultados que sugieren que el crecimiento del anturio no depende solo del NO_3^- sino del balance con los demás, aunque el NO_3^- lo tuvieran bajo o alto, se obtenían las mejores plantas (Sosa-Flores *et al.*, 2017). De igual manera Takano (1987) dice que la proporción del elemento $\text{SO}_4^{=}$ y H_2PO_4^- en la solución es útil para ajustar la absorción del NO_3^- y mejorar así la calidad de las frutas.

Chang *et al.* (2012) dicen que con altos niveles de NO_3^- se obtendrá mayor peso fresco y mayor número de flores en anturio, lo que concuerda con la interacción 50-38-12, en el cual se obtuvo mayor altura. Sin embargo, esto se contradice gravemente con la interacción 18-70-12, la cual posee poco NO_3^- , más sin embargo, este investigador concuerda con los datos obtenidos en el presente estudio en que se obtendrán mayor número de flores (pero con más NO_3^-). A pesar de ello, los balances 50-38-12, 34-54-12 y 18-70-12 fueron aquellos que poseen el mejor número de flores, aunque solo uno de ellos tenga más NO_3^- entre las tres interacciones. Esto es de suma importancia ya que ese solo fue un comparativo de las tres mejores SN.

Por otro lado, si se compara con la SN control, se podrán apreciar variaciones muy grandes en tamaño y numero de flores, ya que en la interacción 50-38-12 tienen altos niveles de NO_3^- , aun así esta interacción tiene menos NO_3^- que la SN control con 60-35-5.

Rennenberg (1984) señalo que estábamos lejos de comprender los mecanismos que las plantas superiores han desarrollado para hacer frente a un exceso de azufre. Diversos estudios hablan sobre el óptimo de azufre que debe de existir para que una planta se desarrolle adecuadamente, sin embargo nuestros resultados muestran que

las interacciones que mejores ejemplares desarrollaron, fueron aquellas que tienen $\text{SO}_4^{=}$ en proporción media, 50-38-12, 34-54-12 y 18-70-12, teniendo esta última el máximo porcentaje de $\text{SO}_4^{=}$ de todos los tratamientos. Puede que haya sido que al haber poco NO_3^- y mucho $\text{SO}_4^{=}$ en el medio la planta fue más eficiente en el uso del NO_3^- .

El exceso de azufre en el medio produce en la planta una ingesta excesiva, más sin embargo la planta ajusta una serie de mecanismos metabólicos de almacenamiento para hacer frente al exceso de azufre, es decir, que lo almacene en la vacuola y esto puede ocurrir en la mayoría de las plantas, (sin descartarse la posibilidad de que suceda en nochebuena). El S se exporta por vía xilemática y floemática a los sitios de demanda, es por eso que se sabe que los sitios de almacenamiento están en toda la planta no solo en los sitios de exposición de mayor azufre como lo es la raíz (Rennenberg, 1984).

El $\text{SO}_4^{=}$, por medio de los mecanismos bioquímicos metabólicos se convierte en cisteína sintetizada en glutatión, este péptido parece ser la forma de almacenamiento de azufre en plantas superiores (Rennenberg, 1984). La emisión de sulfuro de hidrógeno desechado de un ciclo de azufre intracelular, puede ser el mecanismo regulador que logra el mantenimiento de una baja concentración de cisteína en los organelos de almacenamiento.

Es por eso que se sugiere, como el $\text{SO}_4^{=}$ se va en forma de sulfuro de hidrógeno, que esto ayuda al NO_3^- a entrar libremente en comparación con el $\text{SO}_4^{=}$, mientras que el $\text{SO}_4^{=}$ no se acumula en los mismos niveles que entra, por ende el NO_3^- va aumentando en la planta, aunque haya poco en la solución.

Como $\text{SO}_4^{=}$ y NO_3^- son parte importantes de la cisteína y de muchas proteínas, hay una estrecha relación en su asimilación (Hawkesford *et al.*, 2012). Del lado de la interacción se puede llegar a creer en que nuestros resultados muestran que el exceso de $\text{SO}_4^{=}$ ayuda a la asimilación del NO_3^- en la planta. Para eso Kopriva y Rennenberg (2004) dice que hay una estrecha relación en que la disminución de uno puede causar

la deficiencia del otro. Por el contrario puede ocurrir que el exceso de uno ayuda a la asimilación del otro.

Sin embargo, López *et al.*, (2002) en plántulas de tomates, encontró que altas concentraciones de $\text{SO}_4^{=}$ en la rizosfera, resultó en un aumento proporcional de toda la absorción neta, lo que hace referencia a que el $\text{SO}_4^{=}$ ayuda a entrar a los demás elementos, o este no entra proporcionalmente a la concentración en que se encuentra, por lo que pudo haber pasado algo similar en las interacciones 34-54-12 y 18-70-12 por el alto contenido de $\text{SO}_4^{=}$ en la SN.

Se piensa que la absorción de $\text{SO}_4^{=}$, entre más $\text{SO}_4^{=}$ va haber más $\text{H}_2\text{PO}_4^{-}$ en la solución, lo que el $\text{H}_2\text{PO}_4^{-}$ impidiera el ingreso del $\text{SO}_4^{=}$, haciendo más eficiente el NO_3^{-} a bajas concentraciones. Pero también puede ocurrir que el NO_3^{-} al estar en bajas concentraciones y el $\text{SO}_4^{=}$ a altas concentraciones, este $\text{SO}_4^{=}$ va hacer bloqueado por el $\text{H}_2\text{PO}_4^{-}$ y entonces el NO_3^{-} y $\text{SO}_4^{=}$ provocaran una interacción positiva (sinergista).

Resultados similares pasaron en cuanto al NO_3^{-} y $\text{SO}_4^{=}$, cuando se evaluó la interacción de estos dos en trigo, demostrando que dependiendo la concentración balanceada estos trabajan sinérgicamente aumentando el número de granos (Salvagiotti, 2010).

Nuestros resultados concuerdan con Sosa-Flores *et al.*, (2017), quienes encontraron que pueden crecer los anturio a menor NO_3^{-} , de 2 a 4 meq·L⁻¹. En nuestro experimento esto se respalda cuando la interacción de 18-70-12, el 18% contiene 3.6 meq·L⁻¹ que es muy poco NO_3^{-} , proporcionado con alto $\text{H}_2\text{PO}_4^{-}$ para contrarrestar el exceso de $\text{SO}_4^{=}$ en la SN. Esos 3.6 meq·L⁻¹ equivalentes al 18% que es una cantidad muy pequeña en comparación a la de la SN control, la cual tiene la interacción 60-35-5, conteniendo 12 meq·L⁻¹ en ese 60%, bajar a 3.6 meq·L⁻¹ de 12 meq·L⁻¹, es un gran ahorro en el uso de fertilizantes nitrogenados.

Estos ahorros de fertilizantes se pueden llevar acabo solo si se trabaja con interacciones de este tipo, ya que si se realiza el estudio por separado del ion NO_3^{-} se encontrara que a mayor concentración es mayor crecimiento. Fageria y Oliveira (2014)

dicen que la información de interacciones nutrimentales es de suma importancia al formular un suministro de fertilizantes a plantas cultivadas.

Es por eso que en nuestro estudio se encuentran resultados de plantas más eficientes en el uso del NO_3^- aunque este está en menor concentración provocando así una interacción nutrimental; dicha interacción ocurre con el balance 18-70-12. Es por ello que Fageria (2001) dice que las interacciones de nutrientes se dan cuando el suministro de uno influye en la absorción del otro aunque estos presenten niveles muy diferentes a lo que se cree óptimo.

Sosa-Flores *et al.*, (2017) encontraron altas concentraciones de H_2PO_4^- en raíces de anturios, con concentraciones más bajas de $\text{SO}_4^{=}$, aunque su $\text{SO}_4^{=}$ estuviera muy alto en la SN, lo que en teoría nosotros esperaríamos algo similar en un análisis químico de las partes de la planta de nochebuena. Y sugiere que proporciones altas de H_2PO_4^- pueden contrarrestar la absorción del $\text{SO}_4^{=}$, por lo que obstruyó la translocación de $\text{SO}_4^{=}$, por el alto contenido de H_2PO_4^- . Eso explica el mayor crecimiento de las plantas con la interacción 18-70-12 de nuestro experimento.

Tomando esta lógica, entonces el $\text{SO}_4^{=}$ no ayudó al ingreso del NO_3^- , sino que el H_2PO_4^- por altas concentraciones no dejó entrar al $\text{SO}_4^{=}$, mientras que el NO_3^- de menor concentración entró individualmente, acumulándose en términos absolutos en partes en la planta. Lo anterior es respaldado por Reich *et al.* (2017) quienes sugieren que a mayor cantidad de H_2PO_4^- en el medio, puede reducir el impacto de un exceso de $\text{SO}_4^{=}$. Sosa-Flores *et al.* (2017) también dicen que cuando se aplicó $\text{SO}_4^{=}$ y H_2PO_4^- a altas concentraciones, el $\text{SO}_4^{=}$ se asignó a las raíces acumulándose en ellas y no a los brotes.

Steiner (1973) describe la acumulación de aniones basado en las demandas internas. Sosa-Flores *et al.* (2017) mencionan sobre la selectividad en la absorción de iones a pesar de las diferentes concentraciones de los demás nutrientes en la solución, obteniendo de que entonces el NO_3^- interno no fue alterado por las relaciones de $\text{SO}_4^{=}$ y H_2PO_4^- externas. Esto sugiere que el anturio regula la acumulación de aniones basado en las demandas internas, diciendo entonces que el anturio es una especie

altamente selectivo para la exclusión del $\text{SO}_4^{=}$. Por el contrario, puede mantener los niveles internos adecuados mientras los externos estaban deficientes de $\text{SO}_4^{=}$ y para el H_2PO_4^- no fue tan selectivo, ya que hubo la misma concentración en el exterior como en el interior.

Lo anterior da respuesta a que en las planta de nochebuena puede estar pasando lo mismo, sugiriendo entonces que esta es una especie altamente selectiva en la absorción de iones, aunque no hay información que respalde lo anterior.

Sosa-Flores *et al.* (2017) encontraron que las proporciones de NO_3^- , $\text{SO}_4^{=}$ y H_2PO_4^- en interacción 20-68-12 resultaron en promoción del crecimiento. Lo que concuerda con nuestros resultados ya que en la SN con interacción 18-70-12 NO_3^- , $\text{SO}_4^{=}$ y H_2PO_4^- respectivamente es muy similar a esta interacción y de igual manera obtuvimos las mejores plantas. Este balance está a 2 cm de ser mejor estadísticamente con mayor altura, aunque no difieren significativamente de la mejor, más sin en cambio esta misma interacción 18-70-12 posee los mejores atributos en, inflorescencias con calidad comercial, resistencia al desgarre, peso fresco de brácteas, peso fresco de brotes, peso fresco vegetativo, peso fresco de raíz y peso fresco total, aparte no difiere significativamente de las mejores en, tamaño de inflorescencias, altura de planta, firmeza del tallo y peso fresco de hojas, todos estos tributos asen la interacción 18-70-12 como la mejor para producir plantas de mayor calidad.

VI. CONCLUSION

Para cultivar plantas de flor de nochebuena en un sistema de cultivos sin suelo, el balance óptimo de aniones a una concentración de $20 \text{ meq}\cdot\text{L}^{-1}$ en la solución nutritiva y para obtener los mejores ejemplares en cuanto a crecimiento, desarrollo y calidad en flor de nochebuena es:

NO_3^-		SO_4^-		H_2PO_4^-
18 %		70 %		12 %

VII. LITERATURA CITADA

- Adams, F. (1980). INTERACTIONS OF PHOSPHORUS WITH OTHER ELEMENTS IN SOIL AND PLANTS. The role of phosphorus in agriculture. American Society of Agronomy, Madison, WI, pp. 655-680.
- Allen, H. P. (1997). NUTRITION, TIPS ON GROWING POINSETTIAS. Department of Horticulture. West Lafayette. Volume 2. U.S.A.
- Aulakh, M. S., y Pasricha, N. (1977). INTERACTION EFFECT OF SULPHUR AND PHOSPHORUS ON GROWTH AND NUTRIENT CONTENT OF MOONG (PHASEEOLUS AUREUS L.). Plant Soil. pp 341-350.
- Baca, C. G. A. (1996). ESTUDIO DE ALGUNOS ASPECTOS DE LOS CULTIVOS SIN SUELO. Tesis de Maestría en Ciencias Agrícolas. Colegio de Postgraduados.
- Baca, C. G. A. y Rodríguez, C. E. (2012). CULTIVOS HIDROPÓNICOS. Instituto de Recursos Naturales. Área de Nutrición Vegetal Colegio de Postgraduados.
- Barker, V. A. y Mills, H. A. (1980). AMMONIUM AND NITRATE NUTRITION OF HORTICULTURAL CROPS. Hort. Volume 2. pp 395-423.
- Bates, T. R. y Lynch, J. P. (1996). ESTIMULACIÓN DEL ALARGAMIENTO DEL VELLO RADICULAR EN ARABIDOPSIS THALIANA POR BAJA DISPONIBILIDAD DE FÓSFORO. Plant, Cell y Environment. Volume 19. pp 529-538.
- Blanco L., (s. f.). EUPHORBIACEAE: CARACTERÍSTICAS, HÁBITAT, GÉNEROS Y ESPECIES. Consultado el 06 Dic 2019. Extraído de: <https://www.lifeder.com/euphorbiaceae/>.
- Buchanan, B. B., Gruissem, W., y Jones, R. L. (2015). BIOCHEMISTRY AND MOLECULAR BIOLOGY OF PLANTS.

- Bucher, M., Rausch, C. y Daram, P. (2001). MECANISMOS MOLECULARES Y BIOQUÍMICOS DE LA ABSORCIÓN DE FÓSFORO EN LAS PLANTAS. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, Volume 164. pp 209-217.
- Bugarín, R., Baca G., Martínez M., Tirado J. y Martínez, A. (1998). AMMONIUM/NITRATE RATIO AND TOTAL ION CONCENTRATION IN THE NUTRIENT SOLUTION ON CHRYSANTHEMUM GROWTH. *Growth and Flowering. Terra Latinoamericana*. Volume 16. pp 113-124.
- Cantin, B. (2016). PRODUCIR LAS MEJORES FLORES DE NOCHEBUENA. Berger.
- Catalogue of Life. (2019). ANNUAL CHECKLIST. INDEXING THE WORLD'S KNOWN SPECIES. ITIS species 2000. Consultado el 05 Dic 2019. Extraído de: <http://www.catalogueoflife.org/col/browse/classification/kingdom/Plantae/phylum/Tracheophyta/class/Magnoliopsida/order/Malpighiales/family/Euphorbiaceae/genus/Euphorbia/species/pulcherrima/fossil/1/match/1>
- Chang, K.H., Wu, R.Y., Chang, G.P., Hsieh, T.F. y Chung, R.S. (2012). EFFECTS OF NITROGEN CONCENTRATION ON GROWTH AND NUTRIENT UPTAKE OF ANTHURIUM ANDRAEANUM LIND. CULTIVA TEDINCOIR UNDER DIFFERENT SEASONAL CONDITIONS. *Hort Science*. pp 515–521.
- Cox, D.A. (2001). GROWTH, NUTRIENT CONTENT, AND GROWTH MEDIUM ELECTRICAL CONDUCTIVITY OF POINSETTIA IRRIGATED BY SUBIRRIGATION OR FROM OVERHEAD. *Journal of Plant Nutrition*. Volume 24. pp 523-533.
- Dufour, L. y Guérin, V., (2005). NUTRIENT SOLUTION EFFECTS ON THE DEVELOPMENT AND YIELD OF ANTHURIUM ANDREANUM LIND, IN TROPICAL SOILLESS CONDITIONS. *Sci. Hort.* pp 269–282.
- Ecke, P., Faust, J. E., Higgins, A., Williams J. (2004). THE ECKE POINSETTIA MANUAL. Ball Publishing, Batavia, Illinois. U.S.A. pp 287.

- Ecke, P., Matkin, A., y Hartley, D. E. (1990). THE POINSETTIA MANUAL. pp 85.
- Elliot, C. G. y Nelson, P. V. (1983). RELATIONSHIPS AMONG NITROGEN ACCUMULATION, NITROGEN ASSIMILATION AND PLANT GROWTH IN CHRYSANTHEMUMS. *Physiol, Plant.* pp 250-259.
- Epstein, E., y Bloom, A. J. (2004). MINERAL NUTRITION OF PLANTS; PRINCIPLES AND PERSPECTIVES. Sinauer Associates. Sunderland, Massachusetts. pp 400
- Espinosa A., Muñoz, J. M. y Rodríguez M. (2009). MANUAL DE PRODUCCIÓN DE PLANTAS DE NOCHEBUENA Y ORNATO. Fundación produce Sinaloa A.C. pp 35-39.
- Fageria, N. K. y Oliveira, J. P. (2014). NITROGEN, PHOSPHORUS AND POTASSIUM INTERACTIONS IN UPLAND RICE. National Rice and Bean Research Center of EMBRAPA, Santo Antônio de Goiás, Brazil. pp 1586–1600.
- Fageria, V., D. (2001). NUTRIENT INTERACTIONS IN CROP PLANTS. *Journal of Plant Nutrition.* Volume 24. pp 1269-1290.
- Fernández Y., L., (2013). RESPUESTA DE LA NOCHEBUENA DE SOL EUPHORBIA PULCHERRIMA CV VALENCIA AL EFECTO DE DIFERENTES NUTRIMENTOS BAJO CONDICIONES DE HIDROPONÍA EN INVERNADERO. Tesis de Doctorado. Universidad Autónoma Chapingo. Estado de México.
- Fierro, A. A., Arce, O .C., González, L. M. M., y Rodríguez A. F. (2006). EL CULTIVO DE NOCHEBUENA (EUPHORBIA PULCERRIMA WILLD) EN XOCHIMILCO D.F., SU RIEGO Y FETIRRIGACIÓN. Universidad Autónoma Metropolitana México. pp 231.
- Flügge, U. I. (1999). TRANSLOCADORES DE FOSFATO EN PLASTIDIOS. Revisión anual de biología vegetal. Volume 50. pp 27- 45.

- Galindo, D. V., Alia, I., Colinas M. T. B. C., Valdez L., A. (2015). CARACTERIZACION AGRONÓMICA DE NOCHEBUENA DE SOL EUPHORBIA PULCHERRIMA, WILLD EX KLOTZSCH. Universidad Autónoma del Estado de Morelos. Cuernavaca. Volume 2015.
- Geo, J. B. (1991). BALL RED BOOK. Publishing Greenhouse Growing. Volume 5. Chicago U.S.A.
- Grunes, D.L. (1959). EFFECT OF NITROGEN ON PHOSPHORUS AVAILABILITY IN AG. ADVANCES IN AGRONOMY. Editions Norman. Academic Press, New York. Volume 2. pp. 369- 396.
- Hauner, A. 1993. CULTIVARS SELECTION AND DEVELOPMENT. PGA CONFERENCE RECAP. THE POINSETTIA. The Journal for Poinsettia Professionals. Volume 6.
- Hawkesford, M., Horst, W., Kichey, T., Schjoerring, J., Moller, I. y White, P. (2012). FUNCTIONS OF MACRONUTRIENTS. MARSCHNER'S MINERAL NUTRITION OF HIGHER PLANTS. Academic Press. pp 135–189.
- Herrera, J., y Rodríguez, S. (2009). DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE ANIONES EN MUESTRAS DE PRECIPITACIÓN TOTAL COLECTADAS EN SAN JOSÉ, COSTA RICA. PRIMERA PARTE. Laboratorio de Análisis Ambiental, Escuela de Ciencias Ambientales, Universidad Nacional. Campus Omar Dengo. Costa Rica.
- IPNI (International Plant Nutrition Institute). (s. f.). Consultado el 08 Dic 2019. Extraído de: <http://www.ipni.net/publications>.
- Kasten, P. y Sommer, K. (1990). CULTIVATION OF CUT FLOWERS WITH AMMONIUM AS NITROGEN SOURCE. M.L. Van Beusichem. Editorial Plant nutrition, physiology and application. pp. 533-537.

- Klikocka, H. y Marks, M. (2018). SULPHUR AND NITROGEN FERTILIZATION AS A POTENTIAL MEANS OF AGRONOMIC BIOFORTIFICATION TO IMPROVE THE CONTENT AND UPTAKE OF MICROELEMENTS IN SPRING WHEAT GRAIN DM. University of Warmia and Mazury in Olsztyn, Olsztyn, Poland.
- Kopriva, S. y Rennenberg, H. (2004). CONTROL OF SULPHATE ASSIMILATION AND GLUTATHIONE SYNTHESIS: INTERACTION WITH N AND C METABOLISM. J. Expt. Bot. pp 1831–1842.
- Larsen, S. (1967). SOIL PHOSPHORUS. Adv. Agron. Volume 19. pp 151-210.
- Leonard, B. y Hageman, R., H. (2013). NITRATE REDUCTION IN HIGHER PLANTS. Departments of Horticulture and Agronomy, respectively University of Illinois, Urbana, Illinois.
- López, J., Bell, C., Tremblay, N., Dorais, M., y Gosselin, A. (2002). UPTAKE AND TRANSLOCATION OF SULPHATE IN TOMATO SEEDLINGS IN RELATION TO SULPHATE SUPPLY. Journal Plant Nutr. pp 1471–1485.
- Ma, Z., Bielenberg, D. G., Brown, K. M., y Lynch, J. P. (2001). REGULATION OF ROOT HAIR DENSITY BY PHOSPHORUS AVAILABILITY IN ARABIDOPSIS THALIANA. Plant, Cell y Environment. Volume 24. pp 459-467.
- Marschener, H. (1995). MINERAL NUTRITION IN HIGHER PLANTS. American Press. Londres. Volume 2. p 861
- Martínez, M.F. (1995). MANUAL DE PRODUCCIÓN DE NOCHEBUENA. Consultoría Oasis, Morelos, México. p 87.
- Montoya, R., E. (2011). DIVERSIDAD MORFOLÓGICA DE NOCHEBUENA (EUPHORBIA PULCHERRIMA WILLD EX KLOTZSCH) EN MÉXICO. Cuernavaca Morelos.

- Naeem, H. y Macritchie, F. (2003). EFFECT OF SULPHUR NUTRITION ON AGRONOMIC AND QUALITY ATTRIBUTES OF WHEAT. Sulphur in Plants. Kluwer Academic Publishers. pp 305-322.
- Papastylianou, I., Graham, R. D., y Puckridge, D.W. (1984). DIAGNOSIS OF THE NITROGEN STATUS OF WHEAT AT TILLERING AND PROGNOSIS FOR MAXIMAL GRAIN YIELD. Communications in Soil Science and Plant Analysis. pp 1423-1436.
- Pascual, M. J. y Correal, E. (1992). LA FAMILIA EUPHORBIACEAE COMO FUENTE DE ACEITES VEGETALES PARA LA INDUSTRIA TECNOQUÍMICA. Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Volume 43. pp 39.
- Poirier, Y., y Bucher, M. (2002). PHOSPHATE TRANSPORT AND HOMEOSTASIS IN ARABIDOPSIS. The Arabidopsis. The American Society of Plant Biologists.
- Recuenco, A., (2006). ANIONES. Consultado el 08 Dic 2019. Extraído de: <http://www.iescabrerapinto.com/docs/teoriaformulacioninorg.pdf>
- Reich, M., Aghajanzadeh, T., Helm, J., Parmar, S., Hawkesford, M., y De Kok, L. (2017). CHLORIDE AND SULFATE SALINITY DIFFERENTLY AFFECT BIOMASS, MINERAL NUTRIENT COMPOSITION AND EXPRESSION OF SULFATE TRANSPORT AND ASSIMILATION GENES IN BRASSICA RAPA. Plant Soil. pp 1–14.
- Rennenberg, H. (1984). THE FATE OF EXCESS SULFUR IN HIGHER PLANTS. Annu. Rev. Plant Physiol. pp 121–153.
- SADER (Secretaria de agricultura y desarrollo rural). (2019). GARANTIZADO EL ABASTO DE FLOR DE NOCHEBUENA PARA TEMPORADA DECEMBRINA. Consultado el 05 Dic 2019. Disponible en: <https://www.gob.mx/agricultura/quintanaroo/articulos/garantizado-el-abasto-de-flor-de-nochebuena-para-temporada-decebrina-2019-228618?idiom=es>.

- Salvagiotti, F. (2010). NITRÓGENO Y AZUFRE: SINERGISMO ENTRE DOS NUTRIENTES. Fertilidad de suelos y Nutrición Vegetal – EEA Oliveros INTA.
- Sánchez, S. O. 1986. FLORA DEL VALLE DE MÉXICO. Edición Herrero. p 512.
- Schmidt, F., De Bona, F. D. y Monteiro, F. A. (2013). SULFUR LIMITATION INCREASES NITRATE AND AMINO ACID. Soil Science Department, University of São Paulo. Crop y Pasture Science. pp 51–60.
- Schmidt, W. y Schikora, A. (2001). LAS DIFERENTES VÍAS ESTÁN INVOLUCRADAS EN LAS ALTERACIONES DEL DESARROLLO DE LAS CÉLULAS EPIDÉRMICAS INDUCIDAS POR EL FOSFATO Y EL HIERRO. Plant Physiology. Volume 125. pp 2078-2084.
- Shanks B, J. (2004). POINSETTIAS NOCHEBUENAS. IN: LARSON A. INTRODUCCIÓN A LA FLORICULTURA. AGT EDITOR, S. A. México. pp. 273-295.
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). (2018). CIERRE DE LA PRODUCCIÓN (1980-2017). Consultado el 05 Dic de 2019. Extraído de: <https://www.gob.mx/siap/acciones-y-programas/produccion-agricola-33119>
- Sosa-Flores, V. P. y Valdez-Aguilar, L. A. (2017). ANION PROPORTION IN THE NUTRIENT SOLUTION IMPACTS THE GROWTH AND NUTRIENT STATUS OF ANTHURIUM (ANTHURIUM ANDRAEANUM LINDEN EX. ANDRE). Departamento de Horticultura, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Coahuila., México.
- Starkey, K. R. y Nielsen, N. E. (2001). REDUCED N AND K APPLICATION INCREASES THE UPTAKE OF CA AND IMPROVES THE QUALITY OF POINSETTIA (EUPHORBIA PULCHERRIMA WILLD. EX KLOTZSCH). Plant nutrition. Food security and sustainability of agro-ecosystems. Kluwer Academic Publishers. Netherlands. pp 312-313.

- Steiner, A. A. (1961). A UNIVERSAL METHOD FOR PREPARING NUTRIENT SOLUTIONS OF A CERTAIN DESIRED COMPOSITION. *Plant and Soil* 15. Volume 2. pp 134 – 154.
- Steiner, A. A. (1973). SELECTIVE CAPACITY OF TOMATO PLANTS FOR IONS IN A NUTRIENT SOLUTION. *Proc. Intl. Congr. Soilless Cult. Sassari*. Volume 3
- Steiner, A. A. (1984). THE UNIVERSAL NUTRIENT SOLUTION. *Proceeding of 6th International Congress on Soilless Culture. Wageningen, the Netherlands*. pp 633-649.
- Summer, M., y Farina, M. (1986). PHOSPHORUS INTERACTIONS WITH OTHER NUTRIENTS AND LIME IN FIELD CROPPING SYSTEMS. *Phosphorus X Nitrogen*. Volume 3. pp 206-211.
- Takano, T. (1987). PHYSIOLOGY: ON AN ANIONIC BALANCE IN PLANT INORGANIC NUTRITION. *Journal Plant Nutr.* pp 1605–1611.
- Taylor, J. M., López, R. G., Currey C. J. y Janick J. (2011). THE POINSETTIA: HISTORY AND TRANSFORMATION. *Chronica Horticulturae*. Volume 51. pp 23-24.
- Terman, G. L., Noggle, J. C. y Hunt, C. (1977). GROWTH RATE-NUTRIENT CONCENTRATION RELATIONSHIPS DURING EARLY GROWTH OF COM AS AFFECTED BY APPLIED N, P AND K SOIL. pp 363-368.
- Torres, A. P., y López, R. G. (2009). PROPAGACIÓN DE POINSETTIAS (FLORES DE PASCUA). Departamento de Horticultura y Arquitectura de Áreas Verdes, Purdue University.
- Torres, R. (2014). FLORICULTURA MEXICANA: GRAN INDUSTRIA EN EL ANONIMATO. *Tierra fértil*. Consultado el 04 Dic 2019. Disponible en: <http://www.inforural.com.mx/floricultura-mexicana-gran-industria-en-el-anonimato/>

- Trejo, L., Olson, M. E. y Bye, R. A. (2015). DATOS HISTÓRICOS Y DIVERSIDAD GENÉTICA DE LAS NOCHEBUENAS (EUPHORBIA PULCHERRIMA) DEL DISTRITO FEDERAL, MÉXICO. *Revista Mexicana de Biodiversidad*.
- USDA (United States Department of Agriculture) y NASS (National Agricultural Statistics Service). 2011. FLORICULTURE CROPS 2010 SUMMARY. U. S. Government Printing Office, Washington, D.C.
- Vivas, H., Albrecht, R., Hotian, J., y Quaino, O. (2007). RELACIÓN DEL FÓSFORO Y DEL AZUFRE ASOCIADA A LA RESPUESTA DEL DOBLE CULTIVO TRIGO/SOJA EN UN SUELO DEL CENTRO DE SANTA FE. INTA. Información técnica cultivos de verano. Estación Experimental Agropecuaria Rafaela.
- Vivas, H., Albrecht, R., Oliveira A. y Hotián J. (2007). FERTILIZACIÓN COMPUESTA (N-P-S) DE TRIGO EN UNA ROTACIÓN. RESPUESTA PRODUCTIVA Y DESARROLLO RADICULAR. INTA. Información técnica cultivos de verano. Estación Experimental Agropecuaria Rafaela.
- Webster, G. L. (1987). THE SAGA OF THE SPURGES: A REVIEW OF CLASSIFICATION AND RELATIONSHIPS IN THE EUPHORBIALES. Department of Botany, University of California, Davis, California, U.S.A.
- Xu, K. y Elliott, T. (1993). AN OXYGEN-DEPENDENT COPROPORPHYRINOGEN OXIDASE ENCODED BY THE HEMF GENE OF SALMONELLA TYPHIMURIUM. *Journal of bacteriology*. Volume 175. pp 4990-4999.
- Zotz, G. (2004). THE RESORPTION OF PHOSPHORUS IS GREATER THAN THAT OF NITROGEN IN SENESCING LEAVES OF VASCULAR EPIPHYTES FROM LOWLAND PANAMA. *Journal Tropical*. pp 693–696.