

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA



Influencia del Balance y Concentración entre Nitrógeno y Potasio en el
Crecimiento y Floración de Crisantemo

Por:

JOSHUA VARGAS HERRERA

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

Saltillo, Coahuila, México

Diciembre 2024

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA

Influencia del Balance y Concentración entre Nitrógeno y Potasio en el
Crecimiento y Floración de Crisantemo

Por:

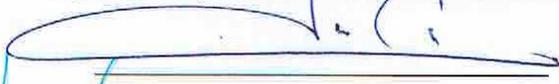
JOSHUA VARGAS HERRERA

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

Aprobada por el Comité de Asesoría:


Dr. Luis Alonso Valdez Aguilar

Asesor Principal


Dr. José Antonio González Fuentes

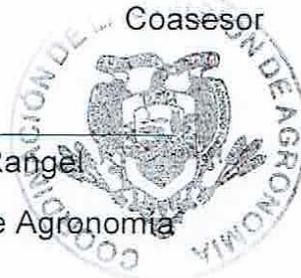
Coasesor


Dra. Laura Raquel Luna García

Coasesor


Dr. Alberto Sandoval Rangel

Coordinador de la División de Agronomía

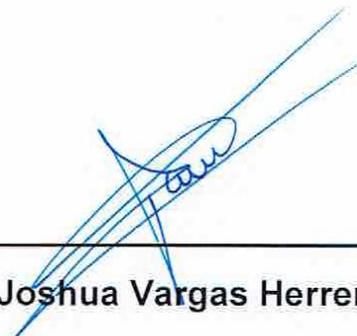


Saltillo, Coahuila, México

Diciembre 2024

CARTA DE NO PLAGIO

El autor, responsable directo de este trabajo, jura bajo protesta de decir verdad que no se ha incurrido en ninguna forma de plagio ni en conductas académicas inapropiadas. Se asegura que no se han reproducido fragmentos o textos sin citar adecuadamente la fuente o el autor original, ni se ha utilizado material propio publicado anteriormente sin hacer referencia al documento original, evitando así el auto-plagio. Asimismo, se garantiza que no se han comprado, robado ni solicitado datos o tesis para presentarlos como propios. No se han omitido referencias bibliográficas ni se ha citado textualmente sin el uso de comillas. Se tiene el compromiso de no utilizar ideas o razonamientos de otros autores sin citarlos debidamente, y se asegura que no se ha empleado material digital como imágenes, videos, ilustraciones, gráficos, mapas o datos sin mencionar al autor original y/o la fuente correspondiente. Es importante destacar que cualquier uso indebido de estos materiales, como la obtención de lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por las autoridades competentes. Por lo tanto, se asume la responsabilidad por las consecuencias derivadas de cualquier posible plagio y se declara que este trabajo es completamente original.



Joshua Vargas Herrera

Se requiere de tristeza
para conocer la alegría.
Se necesita de dolor
para apreciar el amor.
Si no hay oscuridad
no se puede iluminar.
Sin haber escuchado ruido,
¿cómo estimar el silencio?
Se precisa de ausencia
para valorar la presencia,
y haber tenido un corazón roto,
para así saber,
cómo no romper el del otro.

FARID DIECK

DEDICATORIAS

In Memoriam

Rosendo Rivera Martínez.

No tengo palabras suficientes para agradecerte todo lo que hiciste por nuestra familia. Espero que estés orgulloso de la persona en la que me convertiste, pues siempre le pido a Dios que algún día volvamos a estar juntos. Te amo, Joshua.

Ángel Jonathan Herrera Ortiz.

Agradezco profundamente tu apoyo y tus palabras a lo largo de tu vida. Siempre has sido una persona noble, dando sin esperar nada a cambio. Tu generosidad y entrega a los demás son un ejemplo a seguir. Tu nombre, al igual que el de los demás, quedará grabado en este trabajo y en nuestros recuerdos, como un hombre de bien.

A mi Madre.

María Guadalupe Herrera González, este trabajo va dedicado a ti con todo mi corazón. Dicen que el primer amor es una madre, y no podría estar más de acuerdo con eso. Nunca tendré la manera de agradecerte por todo lo que has hecho por nuestra familia y por tu amor puro y sincero hacia todas las personas. Eres una mujer excepcional, un ser de luz que ilumina la vida de quienes te rodean con tu bondad y generosidad, siempre estarás en mis pensamientos.

Mi Padre.

Antonio Vargas Hernández, quiero expresarte mi profundo agradecimiento por el apoyo incondicional que me has brindado a lo largo de mi vida. Sé que el camino que has recorrido para alcanzar tus logros no ha sido fácil, por eso me inspiras a seguir tus pasos y lograr todo aquello que tú has conseguido.

A mi hermana.

Giselle Vargas Herrera, quiero expresarte mi más sincero agradecimiento por tu apoyo incondicional a lo largo de todo este tiempo. Sé que la distancia física que

nos separa puede ser un desafío, pero quiero que sepas que sin importar dónde me encuentre, siempre estaré aquí para ti. Tu lealtad, comprensión y cariño han sido un pilar fundamental en mi vida.

Miguel Ángel Herrera González.

Gracias por el apoyo que has brindado a mi madre, a mi hermana y a mí a lo largo de nuestras vidas. Tu compañía y palabras de aliento han sido un gran consuelo para nuestra familia. Aprecio profundamente que hayas estado ahí para nosotros, demostrando tu cariño y preocupación. Saber que contamos con tu respaldo me da fuerza para seguir adelante.

Perla Ortiz Hernández.

Tía, te agradezco profundamente tu inquebrantable apoyo en los momentos más complicados. Su amor y fe en mí han sido una fortaleza. Sé que, desde el cielo, Ángel se siente orgulloso de verme alcanzar esta meta, y eso se debe en gran parte a su amor.

Melany Scarlett Herrera Ortiz.

Quiero que sepas que puedes contar conmigo como un hermano, en cualquier circunstancia. Estaré a tu disposición para brindarte mi apoyo, mi atención y mi compañía, en cada etapa en la que llegues a necesitar a futuro.

Ramses Herrera De Córdoba.

Tu acompañamiento ha sido esencial para mí en momentos de desafío. Sé que puedo contar contigo. Aprecio tu compasión y empatía, cualidades que te distinguen como una gran persona. Tus acciones me recuerdan que aún hay gente buena en este mundo.

AGRADECIMIENTOS

Doy gracias **a Dios y a la vida** por haberme dado la dicha de estar aquí, en este instante, por brindarme la fortuna de contar con un cuerpo completo y saludable, creo que nunca somos agradecidos por tener lo que tenemos y el tener salud es lo más importante que poseemos, reconocer la bondad por la familia amorosa en la que me crie, sin ellos la vida sería un matiz de grises.

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento **a mi alma máter**, la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN), por haber sido la primera en creer en mí y brindarme la oportunidad de formarme en sus aulas. Guardo en mi corazón recuerdos invaluable de los momentos hermosos que viví en sus instalaciones. Durante mi paso por la UAAAN, no solo adquirí conocimientos valiosos en mi área de estudio, sino que también tuve la dicha de crecer como persona, rodeado de profesores dedicados y compañeros que se convirtieron en amigos para toda la vida. Esos años en la universidad marcaron un antes y un después en mi desarrollo personal y profesional. Hoy, al mirar hacia atrás, siento una profunda gratitud hacia la UAAAN por haberme acogido y acompañado en este trascendental capítulo de mi vida. Los recuerdos de aquellos días permanecerán siempre en mi memoria como un tesoro inapreciable

Lleno de reconocimiento y aprecio, agradezco a mis asesores de tesis:

Doctor Luis Alonso Valdez Aguilar.

Quiero expresar mi sincero agradecimiento por su dedicación en este trabajo, por la amistad que hemos cultivado durante mi estancia en la Narro, y por compartir generosamente sus conocimientos, de los cuales he aprendido tanto gracias a usted. Su apoyo ha sido crucial para mi progreso académico y personal durante este proceso.

Doctor José Antonio González Fuentes.

Quiero expresar mi agradecimiento por el apoyo que me ha brindado en la realización de este trabajo. Valoro profundamente las recomendaciones y

orientaciones que compartió conmigo, para poder realizar este trabajo. De igual manera, no podré olvidar la confianza y seguridad que transmitía en cada una de las clases que tuve bajo su tutela.

Doctora Laura Raquel Luna García.

Estimada Doctora, deseo expresarle mi más profundo agradecimiento por brindarme su amistad durante mis últimos días en la escuela. Su apoyo incondicional y disposición para escucharme, ha sido invaluable para mí. Su presencia y generosidad han dejado una huella imborrable en mi corazón.

Expresar mi gratitud a **algunos docentes** que me impartieron clases durante mi estancia:

Dr. Víctor Manuel Reyes Salas, Ing. Gerardo Rodríguez Galindo, Dr. José Alfredo Hernández Maruri, Dr. Leobardo Bañuelos Herrera, Dra. Fabiola Aureoles Rodríguez, Dr. Armando Hernández Pérez, Dr. Felicito Díaz Vázquez.

Amigos.

Yo no sé si algo de lo que hacemos importa al final, lo que sí sé que importa, es la gente a la que nos apegamos y la marca indeleble que dejan en nuestro ser, hay un pasaje, en el cual un personaje preguntaba: ¿qué es más importante? ¿El viaje o el destino? y el otro respondió “es la compañía” y no podría estar más de acuerdo; es por ello que quiero agradecer a mis amigos y amigas que me dieron la oportunidad de estar en sus vidas, aunque sea por un tiempo. Me gustaría agradecer a cada uno de ellos pero sería interminable; siempre los querré, porque estuvimos juntos, solo quiero que sepan que siempre habrá un pedazo de ustedes en mí y estoy agradecido por eso, no importa en quienes se conviertan ni en que parte del mundo se encuentren, les mando amor, son mis amigos y amigas hasta el final, ojala los pueda volver a ver pero nadie se encuentra dos veces a la misma persona, porque cuando se vuelven a encontrar ni uno ni otro son los mismos; por ello, les agradezco la oportunidad de haberlos conocido en su momento.

Pero, sobre todo, quiero agradecerme **a mí mismo** por no rendirme en numerosas ocasiones, especialmente en este trabajo. La vida a menudo es difícil, pero solo quien canaliza los eventos que le ocurren y los transforma en algo bello, logrará superarlos.

INDICE DEL CONTENIDO

DEDICATORIAS	i
AGRADECIMIENTOS.....	iii
INDICE DEL CONTENIDO	vi
RESUMEN	12
I.INTRODUCCION	14
Objetivo General.....	16
Hipótesis.....	16
II.REVISION DE LITERATURA	17
Importancia de la Floricultura	17
Origen del Cultivo de Crisantemo	17
Importancia Económica.....	17
Clasificación Taxonómica	18
Botánica del Crisantemo	18
Raíz:	18
Tallo:	18
Hojas:.....	18
Flor:.....	19
Tipos de Crisantemos	19
Simples:.....	19
Anémonas:.....	19
Pompones:.....	19
Decorativas:.....	19
Recurvadas:.....	19
Reflejadas	20
Araña (Spider):.....	20
Variedades Empleadas a Nivel Nacional.....	20
Clasificación de los Tipos de Crisantemo.....	20
Tipo "estándar":	20
Tipo "spray":.....	20
Propagación del Crisantemo.....	21

Condiciones Ambientales	23
Humedad relativa.....	23
Luminosidad.....	23
Suelos y sustrato.....	23
Temperatura	24
Prácticas Culturales	24
Entutorado.....	24
Poda.....	25
Desbrote.....	25
Desbotone.....	25
Despunte.....	26
Riego	26
Cosecha.....	27
Empaque.....	28
Fertilización y nutrición en crisantemo.....	28
Fertirriego	29
Fertilización foliar.....	29
Nitrógeno	30
Potasio.....	32
Balance de Iones	34
III. MATERIALES Y METODOS	35
Localización.....	35
Material Vegetativo	35
Manejo de las Plantas.....	36
Sustrato	36
Trasplante.....	37
Tutoreo	37
Fertirriego.....	37
Control Fotoperiódico	39
Podas.....	39
Aplicación de Pesticidas	40
Cosecha.....	40
Diseño Experimental y Análisis Estadístico	41
Variables Respuesta.....	41

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	43
Altura de Planta	43
Número de Hojas	44
Diámetros de Inflorescencia	45
Biomasa Fresca de Hojas	47
Biomasa Fresca de Tallo	49
Biomasa Fresca de Flor	50
Biomasa Seca de Hojas	52
Biomasa Seca de Tallo	53
Biomasa Seca de Flor	55
V. CONCLUSIONES	57
VI. LITERATURA CITADA	58

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Tratamientos empleados en el cultivo de crisantemo y sales fertilizantes empleadas.....	38
--	-----------

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Esquejes enraizados de crisantemo como objeto de estudio durante la investigación.....	35
Figura 2. Plantación de crisantemos utilizando divisiones de tubos de PVC como guía.....	36
Figura 3. Crisantemo a punto de corte.....	40
Figura 4. Efecto del balance y la concentración de nitrógeno (N) y potasio (K) en la solución nutritiva sobre la altura en plantas de crisantemo cv. Malibú. Las barras indican el error estándar de la media y letras diferentes encima de cada columna señalan diferencias significativas según la prueba de Duncan con $p<0.05$.....	43
Figura 5. Efecto del balance y la concentración de nitrógeno (N) y potasio (K) en la solución nutritiva sobre el número de hojas desarrolladas en plantas de crisantemo cv. Malibú. Las barras indican el error estándar de la media y letras diferentes encima de cada columna señalan diferencias significativas según la prueba de Duncan con $p<0.05$.....	45
Figura 6. Efecto del balance y la concentración de nitrógeno (N) y potasio (K) en la solución nutritiva sobre el diámetro de la flor en plantas de crisantemo cv. Malibú. Las barras indican el error estándar de la media y letras diferentes encima de cada columna señalan diferencias significativas según la prueba de Duncan con $p<0.05$.....	46
Figura 7. Efecto del balance y la concentración de nitrógeno (N) y potasio (K) en la solución nutritiva sobre la biomasa fresca de las hojas en plantas de crisantemo cv. Malibú. Las barras indican el error estándar de la media y letras diferentes encima de cada columna señalan diferencias significativas según la prueba de Duncan con $p<0.05$.....	48
Figura 8. Efecto del balance y la concentración de nitrógeno (N) y potasio (K) en la solución nutritiva sobre la biomasa fresca del tallo en plantas de crisantemo cv. Malibú. Las barras indican el error estándar de la media y letras diferentes encima de cada columna señalan diferencias significativas según la prueba de Duncan con $p<0.05$.....	49
Figura 9. Efecto del balance y la concentración de nitrógeno (N) y potasio (K) en la solución nutritiva sobre la biomasa fresca de la flor en plantas de crisantemo cv. Malibú. Las barras indican el error estándar de la media y letras diferentes encima de cada columna señalan diferencias significativas según la prueba de Duncan con $p<0.05$.....	51

Figura 10. Efecto del balance y la concentración de nitrógeno (N) y potasio (K) en la solución nutritiva sobre la biomasa seca de hojas en plantas de crisantemo cv. Malibú. Las barras indican el error estándar de la media y letras diferentes encima de cada columna señalan diferencias significativas según la prueba de Duncan con $p < 0.05$ 52

Figura 11. Efecto del balance y la concentración de nitrógeno (N) y potasio (K) en la solución nutritiva sobre la biomasa seca del tallo en plantas de crisantemo cv. Malibú. Las barras indican el error estándar de la media y letras diferentes encima de cada columna señalan diferencias significativas según la prueba de Duncan con $p < 0.05$54

Figura 12. Efecto del balance y la concentración de nitrógeno (N) y potasio (K) en la solución nutritiva sobre la biomasa seca de la flor en plantas de crisantemo cv. Malibú. Las barras indican el error estándar de la media y letras diferentes encima de cada columna señalan diferencias significativas según la prueba de Duncan con $p < 0.05$ 55

RESUMEN

En el ámbito de la agronomía, las ornamentales de corte, como el crisantemo, representan un pilar comercial significativo en México. Sin embargo, uno de los problemas más importantes dentro de su producción, es la inexperiencia en el uso de fertilizantes, lo que conduce a la nutrición inadecuada del cultivo. Esto, no solo es contraproducente para el cultivo, sino que también causa daños ambientales, como el deterioro del suelo, empobreciéndolo y afectando su fertilidad a largo plazo. En este sentido, es fundamental optimizar el uso de los elementos esenciales para el desarrollo de las plantas, como el nitrógeno (N) y el potasio (K). En este trabajo, se buscó eficientar el uso de estos nutrientes en la variedad de crisantemo 'Malibú'. Para lograr esto, se realizaron diferentes balances entre N y K en las siguientes relaciones ($\text{meq L}^{-1}/\text{meq L}^{-1}$): 12/8, 12/7, 12/6, 12/4.8, 10/6.7, 10/5, y 10/4. Los resultados mostraron que utilizar 10 meq L^{-1} de N tiene un impacto positivo en el desarrollo del crisantemo, independientemente de la concentración de K. Este resultado mostró tendencias con otros parámetros como el peso fresco y seco de los diferentes órganos de las plantas. Por lo cual, se concluye que para lograr una calidad en la altura del tallo se recomienda utilizar N a una concentración de 10 meq L^{-1} independientemente de la cantidad de K, sin embargo, se aconseja mantener 4 meq L^{-1} de este último, lo que resulta en un ahorro para este nutriente. Esto sugiere que se puede utilizar la menor cantidad de K ya que aún se observaría un efecto positivo en la altura del crisantemo, un aspecto crucial que influye directamente en su valoración en el mercado. Lo anterior, es de gran importancia, ya que, no solo se disminuirían los daños ambientales, sino que, también se ahorra dinero al reducir la cantidad de fertilizantes, sin mermar el desarrollo óptimo de las plantas, ofreciendo un producto atractivo y de alta calidad para los consumidores.

Palabras clave: Ornamentales, Crisantemo, Altura, Calidad.

ABSTRACT

In agronomy, cut ornaments, such as chrysanthemum, represent a significant commercial issue in Mexico. However, one of the most important problems facing it is the inexperience in the use of fertilizers, which leads to inadequate application. This is not only counterproductive to cultivation, but also causes environmental damage, such as soil degradation, impoverishing it and affecting its long-term fertility. In this regard, it is crucial to optimize the use of essential elements for plant development, such as nitrogen (N) and potassium (K). In this work, it was sought to efficiently use these nutrients in the chrysanthemum variety 'Malibú'. In order to this, different balances were made between N and K in the following relationships (meq L⁻¹/meq L⁻¹): 12/8, 12/7, 12/6, 12/4.8, 10/6.7, 10/5 and 10/4. The results showed that using 10 meq L⁻¹ of N has a positive impact on chrysanthemum development, regardless of K concentration. This suggests that the smallest amount of K can be used as a positive effect on the height of the chrysanthemum would still be observed, a crucial aspect that directly influences its market valuation. It is very important to know this, as not only is soil degradation can be reduced, but economical resources are also saved by reducing the application of fertilizers. By ensuring optimal plant development through the efficient use of fertilizers, a high-quality product that is attractive to consumers can be offered. This result with the concentrations of N and K showed similar trends with other parameters such as the fresh and dry weight of the different plant organs. It is concluded that in order to maintain the quality in the height of the stem it is recommended to use N at a concentration of 10 meq L⁻¹ regardless of the amount of K, however, it is advised to keep 4 meq of L⁻¹ of the latter, which results in a saving for this nutrient.

Keywords: Ornamental, Chrysanthemum, Height, Quality

I.INTRODUCCION

Las plantas ornamentales en México han desempeñado un papel fundamental a lo largo de la historia, adornando hogares y espacios públicos, y reflejando la riqueza cultural y estética del país (Gobierno de México, 2023). La industria ornamental mexicana es un pilar económico importante, con el Estado de México destacando como líder en la producción de flores a nivel nacional. México se posiciona como el tercer productor mundial de plantas ornamentales, con la mayoría de su producción destinada al mercado local. A pesar de los desafíos impuestos por la pandemia de COVID-19, el país ha mantenido su posición como un actor destacado en la producción de plantas ornamentales, generando empleo y contribuyendo tanto al mercado nacional como al internacional (Revista Fortuna, 2017).

El crisantemo para flor de corte es un cultivo de gran relevancia en la industria de las flores en México, especialmente en el Estado de México, donde su producción ha demostrado ser altamente productiva y comercialmente valiosa. Sin embargo, a pesar de estos logros, la industria florícola mexicana enfrenta desafíos significativos, como el mal uso de fertilizantes (Gobierno de México, 2023). Esta práctica inadecuada ha tenido impactos negativos en el medio ambiente, incluyendo la contaminación del agua, suelo y atmósfera, así como la generación de gases de efecto invernadero que contribuyen al cambio climático (Calderón, 2019). La saturación de suelos con exceso de fertilizantes, sin considerar las necesidades reales de los cultivos, ha llevado a una baja eficiencia en la absorción de nutrientes por las plantas (Peña et al., 2002), evidenciando la urgente necesidad de adoptar prácticas más sostenibles en la floricultura mexicana.

El nitrógeno (N) y el potasio (K) son nutrientes esenciales para el crecimiento y desarrollo de plantas ornamentales saludables. El N es fundamental para promover un vigoroso crecimiento vegetativo, estimulando la formación de hojas, tallos y ramas. Gracias a su papel en la síntesis de clorofila, el N también contribuye a un follaje denso y de un verde intenso, mejorando la apariencia general de la

planta (Bañuelos, 2019). Por otro lado, el K desempeña un papel crucial en varios aspectos reproductivos y de calidad de las plantas ornamentales, regula la apertura y cierre de los estomas, permitiendo un mejor control de la transpiración y la absorción de agua y nutrientes. Además, el K es esencial para la formación de flores, favoreciendo una floración abundante y prolongada (Intagri, 2017).

Por lo tanto, es importante determinar si es posible disminuir la pérdida excesiva de fertilizantes mediante prácticas que reduzcan la concentración o dosis aplicada sin afectar la calidad o el rendimiento de los productos hortícolas. Esto podría lograrse a través de la implementación de técnicas de fertilización más precisas y eficientes.

Objetivo General

Evaluar si el crecimiento de crisantemo para flor de corte es afectado por el balance y la concentración de N y K en la solución nutritiva.

Objetivos específicos

Evaluar la relación N/K que permita lograr tallos más altos sin mermar el tamaño de la inflorescencia

Determinar la relación N/K que permita incrementar la biomasa total de la planta

Hipótesis

El balance óptimo entre N y K en la solución nutritiva afectará el crecimiento de las plantas de crisantemo, permitiendo disminuir las concentraciones de ambos nutrientes.

II. REVISION DE LITERATURA

Importancia de la Floricultura

El cultivo de flores y plantas ornamentales se ha convertido en una actividad altamente lucrativa debido a su demanda tanto en el mercado nacional como internacional. Esta creciente demanda ha llevado a un aumento significativo en la superficie dedicada a estas especies, impulsando así la expansión de la industria floral (Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, 2022).

Origen del Cultivo de Crisantemo

El crisantemo ha sido una flor emblemática en la cultura asiática durante milenios, siendo especialmente venerado en China y Japón. En China, se cultiva con fines ornamentales desde hace más de dos mil años, mientras que en Japón se considera una flor sagrada asociada con la longevidad. Este símbolo cultural trascendió fronteras y llegó a Europa a través de Francia en el siglo XVIII, extendiéndose luego a otras partes del continente, incluyendo España en el siglo XIX (INFOAGRO, 2009).

Importancia Económica

El crisantemo, una de las especies ornamentales más cultivadas globalmente, tiene una relevancia especial en países europeos como los Países Bajos, Gran Bretaña y Francia, así como en Colombia, Estados Unidos y Canadá, donde se ha industrializado su cultivo (Ramos, 2013). En Japón, esta flor adquiere un valor simbólico significativo. Su continua demanda en Centroeuropa, Japón y Estados Unidos ha impulsado la mejora genética, dando lugar a numerosos cultivares con diversas formas y colores. Tras la rosa, el crisantemo sigue siendo la flor cortada más vendida en las subastas holandesas, con el blanco liderando las ventas seguido por los tonos amarillos y violetas (INFOAGRO, 2009).

Clasificación Taxonómica

Clase: Magnoliophyta

Subclase: Asteridae

Orden: Asterales

Familia: Asteraceae

Género: *Chrysanthemum*

Especie: *morifolium*

Botánica del Crisantemo

El crisantemo es una planta de cultivo prácticamente todo el año, lo que lo convierte en una opción ideal como flor de corte. Su ciclo de floración puede ser programado, lo que ofrece flexibilidad en la producción y permite planificar su disponibilidad en el mercado según la demanda (Grijalva, 2011).

Las características morfológicas del crisantemo se describen de la siguiente manera:

Raíz: el sistema radicular del crisantemo se origina con una raíz pivotante que eventualmente se ramifica, formando un conjunto de raíces gruesas y numerosas raicillas.

Tallo: los tallos del crisantemo son altamente ramificados, pudiendo alcanzar una altura de hasta 90 cm (Gálvez, 2012).

Hojas: las hojas del crisantemo pueden presentar diferentes formas, como lobuladas, dentadas, liguladas o rugosas, y varían en color desde un verde claro hasta uno más oscuro. A menudo están cubiertas por un polvo blanquecino que les otorga un aspecto grisáceo y suelen ser aromáticas (Gálvez, 2012).

Flor: La flor del crisantemo se presenta en inflorescencias características de la familia Asteraceae, llamadas capítulos. Estos capítulos se distinguen por un eje floral corto y ensanchado que recibe el receptáculo. En la periferia del receptáculo se encuentran brácteas verdes llamadas involucre, sobre las cuales se disponen las flores sésiles o subsésiles, muy cercanas entre sí. Estos capítulos, a menudo utilizados como flores simples, están compuestos en realidad por numerosas florecillas. En el receptáculo pueden encontrarse uno o dos tipos de flores: las liguladas en la periferia y las tubulares en el centro. Las flores del interior, también conocidas como floclares, son las estructuras fértiles de la planta, envueltas por pétalos soldados en la base que forman una corola tubular (Gálvez, 2012).

Tipos de Crisantemos

Los cultivares de crisantemos se clasifican según su uso comercial y su método de cultivo, lo que permite categorizarlos de manera efectiva en el mercado. Un criterio de clasificación de los cultivares es considerando la forma de las inflorescencias, como se indica en seguida (Rimache 2009):

Simples: presentan una disposición similar a la de las margaritas, con una o dos hileras de flores radiales y flores hermafroditas en el centro.

Anémonas: tienen una estructura similar a las simples, pero con flores tubulares y alargadas dispuestas concéntricamente.

Pompones: se caracterizan por su forma globular, compuestos por flores radiales cortas y uniformes sin flores concéntricas.

Decorativas: comparten similitudes con los pompones, pero con hileras exteriores de flores más largas, lo que les da una forma plana e irregular.

Recurvadas: tienen una forma globular con flores radiales que se curvan hacia adentro.

Reflejadas: presentan una forma redondeada con las flores radiales doblándose hacia afuera y hacia abajo.

Araña (Spider): sus flores radiales se curvan y son tubulares.

Variedades Empleadas a Nivel Nacional

Entre las variedades más frecuentemente empleadas en México se encuentran Eleonora Roja, Eleonora Blanca, Estándar Indianápolis Blanca, Margarita Coral, Margarita Ocre, Margarita Roja, Polaris White, Puma Amarillo, Puma Blanca, Spider Blanco y Vikingo Blanco (ICAMEX, 2004).

Clasificación de los Tipos de Crisantemo

Tipos a nivel comercial

Tipo "estándar": El crisantemo tipo estándar o uniflora es aquel en el que se forma una única inflorescencia por tallo. Esto se logra eliminando todos los botones florales laterales, anteriormente conocidos como botones de exhibición.

Tipo "spray": Se obtienen crisantemos tipo spray cuando se eliminan los botones florales laterales y se permite el desarrollo de varias inflorescencias por tallo. Esto se logra al eliminar la inflorescencia terminal cuando el color comienza a aparecer en las flores radiales (Palafox, 2021).

Tipos por su respuesta fisiológica

Los cultivares de crisantemo se pueden clasificar en dos grupos según su reacción a la temperatura de crecimiento y a la duración del día (fotoperíodo).

- Los crisantemos de floración temprana son aquellos que florecen en condiciones de temperaturas cálidas, sin importar la duración del día.

- Los crisantemos de todo el año son aquellos que florecen en respuesta a la duración del día, específicamente a días cortos. Esto permite obtener flores en cualquier época del año al manipular la duración de la luz diaria (Palafox, 2021).

Tipos por su respuesta a la temperatura para la floración.

Los cultivares termoceros son ideales para la floración durante todo el año, floreciendo rápidamente a una temperatura de aproximadamente 15.5°C. Además, muestran una baja inhibición floral en un rango amplio de temperaturas, desde los 10°C hasta los 27°C (Palafox, 2021).

Los cultivares termopositivos muestran una respuesta específica a la temperatura, ya que su floración se inhibe por debajo de los 15.5°C. A temperaturas más bajas, las yemas florales pueden iniciar su desarrollo, pero no progresan más allá de un estado de cabezuela. Sin embargo, si se mantienen en las condiciones adecuadas de temperatura, estos cultivares pueden utilizarse para la floración durante todo el año (Palafox, 2021).

Los cultivares termonegativos muestran una respuesta específica a la temperatura, ya que su floración se inhibe por encima de los 15°C. Aunque temperaturas inferiores pueden retrasar la floración, no la inhiben por completo. Sin embargo, estos cultivares deben ser cultivados únicamente en condiciones donde las temperaturas nocturnas puedan controlarse a 15,5°C o ligeramente por debajo para garantizar un desarrollo adecuado (Palafox, 2021).

Propagación del Crisantemo

Se lleva a cabo mediante esquejes terminales, obtenidos de plantas madre seleccionadas por su conformación, capacidad de producción y vigor. Estas plantas se mantienen bajo condiciones de luz prolongada para evitar la formación de

botones florales. Los esquejes, de 8-10 cm de longitud, pueden ser colocados directamente en el sustrato para enraizamiento, o almacenados a temperaturas entre 0-3°C durante aproximadamente seis semanas en cajas de cartón recubiertas de polietileno para evitar la deshidratación. Es importante aplicar un fungicida de amplio espectro para prevenir enfermedades como botritis y la roya (INFOAGRO, 2009).

También es posible utilizar estacas que se obtienen de los brotes que surgen en la base de los esquejes de tallo, una vez que alcanzan un tamaño adecuado. Para este método, se recomienda someter los esquejes a un tratamiento de agua caliente a 48°C durante 6 minutos o a 43.5°C durante 20 minutos, lo que ayuda a controlar la presencia de nematodos, plagas y enfermedades. Después del tratamiento, los esquejes se enfrían rápidamente sumergiéndolos en agua fría. Luego, se empaacan de forma compacta con film plástico y se coloca serrín limpio o material similar entre ellos para mantener la humedad y la temperatura adecuadas (INFOAGRO, 2009).

Los extremos inferiores de los esquejes y estacas se tratan con ácido indolbutírico (IBA) para promover el desarrollo de raíces. La propagación se realiza preferiblemente en invernaderos, utilizando bandejas de propagación o bancos desinfectados con vapor o formol al final de la temporada. El sustrato utilizado debe ser poroso, como perlita, vermiculita, arena o mezclas de turba y arena. Se busca estimular el crecimiento de raíces cortas y gruesas, adheridas al medio de cultivo al ser levantadas. Además, se puede añadir fertilizante de liberación controlada y calcio al sustrato, ya que este último es crucial para el enraizamiento. Es importante controlar el contenido de sales, ya que un alto porcentaje de sodio puede resultar en la formación de raíces rojas (INFOAGRO, 2009).

Además de la propagación por esquejes y estaquillas, el crisantemo puede propagarse mediante semillas y mediante técnicas de cultivo in vitro, especialmente útiles para la creación de nuevas variedades. Este método permite obtener plantas genéticamente homogéneas, un mayor número de plantas en comparación con los

métodos tradicionales, y proporciona la oportunidad de mantener y manipular muestras en espacios reducidos. Asimismo, el cultivo in vitro posibilita la producción de nuevas variedades a partir de mutaciones inducidas, ofreciendo un potencial significativo para la mejora genética de esta flor (Arbos, 1992)

Condiciones Ambientales

Humedad relativa

El nivel de humedad es crítico durante la fase vegetativa de los crisantemos, donde se sugiere mantenerlo entre un rango del 65% al 75%. Si la humedad cae por debajo de este margen, los tallos pueden no desarrollarse completamente y la floración puede retrasarse. Sin embargo, a medida que aparecen los botones florales y comienza el proceso de pigmentación, se aconseja reducir la humedad relativa para prevenir el desarrollo de enfermedades fúngicas (Arbos, 1992).

Luminosidad

La luminosidad es crucial para el cultivo de crisantemos, requiriendo en promedio al menos 14 horas de luz diaria para un crecimiento óptimo. Sin embargo, el fotoperíodo puede variar según la variedad y las preferencias del cultivador. Se ha observado que más de 15 horas de luz diaria mantienen a los crisantemos en la fase vegetativa, mientras que menos de 14 horas desencadenan el inicio de la floración. Es importante mantener un equilibrio adecuado para evitar el desarrollo de flores pequeñas y tallos delgados (Arbos, 1992).

Suelos y sustrato

Para garantizar la calidad óptima de las flores, es fundamental contar con un suelo poroso que retenga adecuadamente la humedad, sea biológicamente inerte y posea un buen drenaje. Además, debe tener una capilaridad adecuada, un alto contenido de materia orgánica y mantener un pH entre 6 y 7 (Arbos, 1992).

Temperatura

La temperatura influye en la floración de diferentes variedades de crisantemos de la siguiente manera: (María, 2022).

Grupo Termoneutral: Para estas variedades, las temperaturas entre 10°C y 27°C no tienen un efecto significativo en la floración. Sin embargo, temperaturas extremadamente altas o bajas pueden ralentizar ligeramente el proceso de floración.

Grupo Termopositivo: Estas variedades requieren temperaturas superiores a 15°C para iniciar la formación de las flores.

Grupo Termonegativo: La floración de estas variedades se ve afectada negativamente por temperaturas demasiado altas, lo que puede ralentizar su desarrollo (María, 2022).

Prácticas Culturales

Entutorado

Se utiliza una estructura de soporte con una malla de alambre para sostener el crecimiento del crisantemo. A medida que las plantas crecen, esta malla se eleva para proporcionar el soporte necesario. Además, una vez que las plantas se han adaptado al entorno, se puede realizar la técnica de despunte para estimular la ramificación y favorecer la producción de flores en forma de spray (Maldonado, 2014).

Tradicionalmente, el entutorado se lleva a cabo mediante estacas o cañas junto con dos cuerdas a cada lado de las plantas. Sin embargo, este método presenta un riesgo significativo en cuanto a la calidad del producto final. Las condiciones climáticas adversas, como vientos fuertes o lluvias intensas, pueden causar la rotura de los soportes. En cuestión de horas, los tallos del crisantemo

pueden doblarse, lo que afecta negativamente su calidad y, en ocasiones, los vuelve inutilizables para la venta (Maldonado, 2014).

Poda

La práctica de la poda en crisantemos abarca tres acciones fundamentales: el despunte, el desbrote y el desbotonado. Estas labores son de suma relevancia en el manejo del cultivo y demandan un criterio cuidadoso para su ejecución en el momento adecuado. Un manejo adecuado de la poda garantiza la obtención de flores de alta calidad y contribuye al óptimo desarrollo de la planta (Hernández, 2008).

Desbrote

En la mayoría de las plantas sometidas a despunte, se observa el desarrollo de más de tres brotes por planta. El desbrote implica la eliminación de los brotes inferiores excedentes, dejando únicamente de tres a cuatro brotes destinados a la producción. Es importante tener en cuenta que los brotes superiores suelen generar tallos de mayor vigor en comparación con los inferiores. La relevancia del desbrote radica en evitar que los brotes secundarios compitan por recursos con los brotes principales y, además, en prevenir el desarrollo de yemas florales en exceso, lo cual podría afectar el vigor y calidad de las yemas florales de los brotes principales (Hernández, 2008).

Desbotone

En el manejo de crisantemos estándar, aquellos que producen una única flor por tallo, es esencial eliminar los brotes laterales del tallo principal. Esta práctica busca dirigir de manera concentrada los recursos, como los fotoasimilados y las fitohormonas, hacia el botón floral principal, garantizando así la obtención de flores de mayor calidad. La operación debe realizarse de forma manual y con precaución

para evitar posibles daños mecánicos, como desgarrar las hojas o dañar el tallo en su totalidad (Mendoza, 2019).

Despunte

La acción de despunte implica la eliminación del punto terminal de crecimiento del crisantemo, con el propósito de fomentar la emergencia de brotes axilares y permitir la formación de múltiples tallos por planta. En épocas anteriores, cuando el crisantemo se cultivaba en condiciones naturales, el momento y la técnica de despunte tenían un papel crucial en el programa de cultivo, ya que influían en la estructura del ramo y en el tipo de yema floral. Sin embargo, en la actualidad, el despunte se lleva a cabo principalmente para aumentar el número de tallos florales por planta, mientras que la formación del ramo y el tipo de yema floral son controlados principalmente por factores como la temperatura y el fotoperíodo (Hernández, 2008).

Riego

El cultivo de crisantemos requiere un manejo cuidadoso del riego y los fertilizantes debido a su alta demanda hídrica y nutritiva. Es crucial que el sustrato esté correctamente humedecido para mantener un buen crecimiento de las plantas. Se recomienda verificar la capacidad de retención del sustrato, asegurándose de que el agua fluya por debajo de la maceta después del riego. Aunque el riego manual es común en áreas de producción pequeñas, se prefiere un sistema automatizado para una distribución más uniforme del agua, lo que reduce la mano de obra y minimiza el riesgo de enfermedades foliares al mantener el follaje seco (Palafox, 2021).

El sistema de riego automatizado, utilizando pequeños tubos de plástico, es efectivo para controlar la frecuencia de riego, independientemente del método

elegido. Se recomienda aplicar alrededor de 0.5 litros de agua por cada maceta de 15 cm de diámetro en cada riego, ajustando la cantidad según la sequedad superficial del sustrato y asegurando un drenaje adecuado de 3 a 5 cm de profundidad (Larson, 2004).

Cosecha

La cosecha de crisantemos implica la recolección de grupos de tallos florecidos de la misma variedad, conocidos como ramos. Para preservar la calidad de las flores, se recomienda cortar los tallos a ambos lados del camino, iniciando desde el comienzo de la cama. El recolector selecciona cuidadosamente los tallos de mejor calidad y los corta en grupos de 3 a 6 a una altura de 10 centímetros del suelo, evitando así tallos demasiado leñosos. Es importante no arrancar los tallos de las raíces, sino retirarlos cuidadosamente por encima de la malla de soporte para evitar dañarlos y perder flores. El recolector mide desde la base de las cabezas hasta la base de los tallos para asegurar una altura uniforme en todos los ramos, eliminando el exceso de tallos y despejando el follaje hasta la base de la cabeza floral. Luego, se coloca un caucho a unos 8-10 centímetros de la base del tallo, manteniendo una distancia del puño para sujeción (Pulgarín, 2021).

Es crucial sumergir los tallos en agua que contenga un germicida de inmediato para mantener su frescura y prolongar su vida útil. Una opción es sumergir los tallos en una solución de nitrato de plata a una concentración de 25 ppm. Alternativamente, se pueden sumergir en una solución de nitrato de plata a 1000 ppm durante un período de tiempo de 10 segundos a 10 minutos, seguido de un enjuague en agua de buena calidad, preferiblemente baja en sales (INFOAGRO, 2009)

Empaque

Los ramos se colocan cuidadosamente en cajas de cartón para asegurar su protección durante el transporte hasta su destino final. Las dimensiones de las cajas pueden variar según las necesidades logísticas de almacenamiento y transporte. Se selecciona el número adecuado de ramos por caja según el tipo de flor, buscando optimizar el espacio sin comprometer la integridad de las flores durante el transporte y el almacenamiento hasta llegar al cliente final (Pulgarín, 2021).

Es esencial garantizar la estabilidad de los ramos dentro de las cajas para prevenir cualquier movimiento durante su traslado. Al momento de empaquetar las flores, se organizan en capas, dando prioridad a los ramos más delicados, como las margaritas y aquellos de tonos blancos, en la capa superior. Se debe tener en cuenta que el apilamiento de más de 7 cajas empacadas debe evitarse para preservar la calidad de las flores durante el transporte (Pulgarín, 2021).

Fertilización y nutrición en crisantemo

El suministro adecuado de nutrientes constituye el pilar fundamental para promover un desarrollo óptimo de las especies, y es a través de una fertilización balanceada y apropiada que se obtienen los mejores rendimientos en cuanto a calidad y cantidad de flores (Paredes, 1999).

Dado que el crisantemo es un cultivo de ciclo corto y alta demanda nutricional, es esencial mantener un programa de fertilización riguroso. Esto puede lograrse mediante tres métodos: aplicar fertilizantes directamente al suelo antes de la siembra (fertilización edáfica), agregarlos al agua de riego durante el cultivo (fertirrigación) o administrarlos como solución a través de la fertilización foliar (Pulgarín, 2021).

El abono presiembra consiste en la combinación de fertilizantes en forma sólida, los cuales se incorporan al suelo durante la preparación de la cama de siembra, y su composición se determina en base a un análisis previo del suelo realizado antes del inicio de las siembras (Pulgarín, 2021).

Fertirriego

La fertirrigación se refiere a la técnica de aplicar fertilizantes disueltos en el agua de riego de manera continua a los cultivos. Esta práctica surge con la implementación de sistemas de riego por goteo o aspersión y se destaca por su eficiencia, minimizando los desperdicios tanto de agua como de fertilizantes. Al emplear este método de riego, se logra una óptima disponibilidad de agua y nutrientes, lo que contribuye al crecimiento saludable de los cultivos (Burgeño, 1994).

Fertilización foliar

La aplicación de fertilizantes se adapta según los síntomas de deficiencia detectados durante el monitoreo del cultivo. Este proceso se lleva a cabo con equipos de aspersión y se enfoca en suministrar las cantidades y nutrientes necesarios para corregir las carencias identificadas. Por lo general, durante estas aplicaciones se realizan ajustes en los elementos menores, como hierro (Fe), boro (B), cobre (Cu), manganeso (Mn), zinc (Zn) y molibdeno (Mo). El crisantemo presenta una alta demanda de nutrientes durante las primeras seis semanas, especialmente de N y K. Por ello, es fundamental aplicar una fertilización completa que contenga tanto macro como micronutrientes esenciales para asegurar un crecimiento óptimo de la planta (Pulgarín, 2021).

El aumento en la cantidad de N resulta en un aumento del peso fresco de las plantas, pero también en una reducción en la longitud del tallo. Por otro lado, un aumento en la cantidad de K puede acelerar el desarrollo de la planta, aunque no parece tener un impacto significativo en otras características. Se observó que un aumento en la nutrición de N, fósforo y K no tuvo efecto en la duración de la floración. Los datos tabulados muestran que los requerimientos de N, fósforo y K por metro cuadrado para los cultivares Foxi y Yellow Snowdon variaron según la época del año. Se sugiere una recomendación para la planta tipo estándar y en spray, que el sustrato contenga 200 mg de N por litro y se riegue con 3 litros de agua por metro cuadrado cinco veces por semana, utilizando una solución que

contenga entre 0.8 y 1.2 gramos por litro, completando así una fertilización con un 15% de N (Grantzau y Scharph, 1986).

Nitrógeno

El N desempeña un papel fundamental en el crecimiento y desarrollo de las plantas, siendo considerado el principal motor de la producción vegetal. Su influencia se refleja en la calidad de los cultivos de diversas maneras, como en el contenido de las proteínas, así como en la presencia de otras sustancias relevantes, sean nitrogenadas o no (Ortiz, 2011).

Los crisantemos tienen altas demandas de nutrientes, especialmente N, durante las primeras etapas de su crecimiento. Es crucial mantener niveles óptimos de N durante los dos primeros meses para asegurar la producción de flores y plantas de calidad. Incluso una deficiencia moderada de este nutriente durante este período puede afectar irreversiblemente la calidad de las flores, y aplicaciones adicionales de N posteriormente pueden no ser suficientes para recuperarla (Vázquez, 2013).

Durante todo el ciclo de vida de la planta, desde la germinación hasta la fructificación, el N es esencial para mantener un crecimiento vigoroso y saludable. En etapas críticas como el desarrollo radicular, la formación de órganos reproductores y la floración, las necesidades de N son especialmente imperativas. La falta de suministro adecuado de N puede resultar en una disminución del rendimiento y afectar la calidad de los cultivos (Ortiz, 2011).

Pero en cantidades excesivas de N; pueden alargar el período de crecimiento y retrasar la maduración de la planta. El N se divide en tres grupos en la planta: más del 50% se encuentra en compuestos de alto peso molecular, como proteínas y ácidos nucleicos; el resto se presenta como N orgánico soluble, como aminoácidos, aminas y amidas, así como N inorgánico, principalmente en forma de amonio (NH₄⁺). En términos de peso seco, el contenido total de N en la planta varía entre el 1.5% y el 5% (Azcón y Talón, 2008).

El N se encuentra presente en tejidos meristemáticos, como las raíces, los ápices de las yemas, las hojas y los frutos, siendo esencial para el proceso de fotosíntesis y la formación de proteínas. Cuando las plantas carecen de N, los carbohidratos tienden a acumularse en las células vegetativas, lo que puede provocar un adelgazamiento de las mismas. Por el contrario, en presencia adecuada de N y condiciones óptimas de crecimiento, los carbohidratos se utilizan para formar proteínas, lo que resulta en un crecimiento más robusto y una mayor succulencia de las plantas (Ortiz, 2011).

Es importante suministrar N de manera constante al cultivo en forma de nitrato (NO^{-3}), ya que esto mejora la calidad de la flor, especialmente en períodos de alta producción de carbohidratos. La presencia de micronutrientes como molibdeno, hierro y cobre favorece la absorción de NO^{-3} por parte de las raíces y facilita su conversión en proteínas, lo que contribuye al desarrollo saludable de la planta y la calidad de la floración (Espinosa, 2013).

Las raíces de numerosas plantas toman N del suelo en la forma de NO^{-3} y tienen la capacidad de retener concentraciones más altas de este ion en sus células o en la savia xilemática (Vargas, 2019).

Es crucial mantener niveles óptimos de N durante las primeras siete semanas de crecimiento, ya que esto es fundamental para asegurar la calidad óptima de las flores. Si durante este período se produce una deficiencia de N, la calidad de la flor puede verse comprometida irreversiblemente, incluso con aplicaciones adicionales de este nutriente más adelante. La cantidad de N disponible para el cultivo aumenta gradualmente a medida que la planta lo requiere, garantizando así un suministro continuo y adecuado para su desarrollo óptimo (Palafox, 2021).

Es esencial mantener un suministro constante de N a lo largo del ciclo de vida de la planta, desde la germinación hasta la fructificación, para garantizar un crecimiento vegetativo y reproductivo saludable. El ritmo de absorción de N varía según las etapas críticas del desarrollo de la planta, y su adecuada disponibilidad es crucial para maximizar la producción y calidad de los cultivos (Ortiz, 2011).

Potasio

El K desempeña un papel esencial como coenzima o activador de coenzimas en numerosas funciones metabólicas dentro de las plantas. Su presencia es fundamental para la síntesis de proteínas, donde se requieren niveles óptimos de K para llevar a cabo este proceso de manera eficiente. Además de su papel en la síntesis proteica, el K también participa en la regulación de la apertura y cierre de los estomas, el transporte de carbohidratos y la activación de enzimas responsables de la fotosíntesis y la respiración celular (Ortiz, 2011).

El K desempeña un papel crucial en el crisantemo al mejorar la resistencia de la planta frente a enfermedades y condiciones adversas. Esto se logra fortaleciendo las paredes celulares y aumentando la capacidad de la planta para resistir el estrés abiótico, como la sequía, la salinidad y las bajas temperaturas. Además, el K regula la síntesis y acumulación de compuestos orgánicos de defensa, como fitoalexinas y antioxidantes, que actúan como barreras contra patógenos y estresores ambientales, protegiendo así la salud y la vitalidad de la planta (Marschner, 2011).

Juega un papel fundamental en la formación de las yemas florales y en el desarrollo de las flores. Se ha demostrado que el K mejora la calidad de las flores al influir en su coloración, tamaño y duración. Además, el K regula la apertura y cierre de los estomas, lo que afecta la transpiración y la regulación del agua dentro de la planta, lo que a su vez puede influir en la calidad y longevidad de las flores (Raviv y Lieth 2008).

El K contribuye al desarrollo estructural de la planta al influir en la división y elongación celular. Además, el K está involucrado en la síntesis de proteínas y enzimas necesarias para la elongación del tallo. Un suministro adecuado de K promueve un crecimiento vigoroso del tallo, lo que resulta en plantas más robustas y resistentes (Raviv y Lieth, 2008).

Además, el K estimula el crecimiento y desarrollo de los crisantemos al ser necesario para la síntesis de proteínas y enzimas importantes. Promueve la división

celular, la elongación del tallo y la formación de nuevas hojas y flores. Un suministro adecuado de K favorece un crecimiento vigoroso y una estructura robusta de la planta (Taiz y Zeiger,2010).

El K no forma parte integral de los componentes esenciales de las plantas, como el protoplasma, las grasas y la celulosa. Sin embargo, su papel es crucial en numerosas funciones fisiológicas vitales para el desarrollo y la salud de las plantas (Ortiz, 2011).

- ✚ Regula y controla las actividades de varios elementos minerales esenciales para el correcto funcionamiento de la planta.
- ✚ Actúa como neutralizador de ácidos orgánicos relevantes desde el punto de vista fisiológico.
- ✚ Activación de diversas enzimas involucradas en procesos metabólicos clave.
- ✚ Promueve el crecimiento de los tejidos meristemáticos, que son responsables del crecimiento y la renovación de los tejidos vegetales.
- ✚ Regula la apertura de los estomas y mantiene la turgencia de las células, lo que es fundamental para los procesos fotosintéticos y metabólicos (Ortiz, 2011).

El K es absorbido por las raíces de las plantas en forma de catión de los compuestos potásicos presentes en la solución del suelo. Su carácter radiactivo le permite liberar electrones cuando recibe la luz solar, los cuales son esenciales para la fotosíntesis. Por lo tanto, la deficiencia de K puede detener la asimilación del carbono, afectando negativamente el crecimiento y el rendimiento de las plantas (Guzmán, 2004).

Además, favorece el desarrollo de sistemas radiculares más extensos y robustos, lo que mejora la absorción de nutrientes y agua del suelo. También fortalece la resistencia de las plantas a enfermedades al influir en el crecimiento celular y aumentar el espesor de las paredes celulares, proporcionando una mayor estabilidad a los tejidos vegetales (Urrestarazu, 2004).

Balance de Iones

El balance de iones, también conocido como equilibrio iónico, es un concepto fundamental en la nutrición de las plantas que se refiere a la proporción y disponibilidad adecuadas de iones minerales esenciales en el suelo y en el tejido de las plantas. Los iones minerales, como el K^+ , el calcio (Ca^{+2}), el magnesio (Mg^{+2}), el NO^{-3} , el fosfato (PO_4^{-3}), entre otros, desempeñan roles vitales en el crecimiento, desarrollo y metabolismo de las plantas. El equilibrio iónico se refiere a mantener estas concentraciones de iones dentro de un rango óptimo para garantizar un crecimiento saludable de las plantas y evitar deficiencias o toxicidades (Epstein y Bloom, 2005).

Las plantas absorben iones minerales del suelo a través de sus raíces en forma de solución iónica. Estos iones son luego transportados a través del xilema hacia las diferentes partes de la planta, donde son utilizados en procesos metabólicos y de crecimiento (Marschner, 2011).

III. MATERIALES Y METODOS

Localización

La investigación se llevó a cabo en un invernadero ubicado en el Departamento de Horticultura en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, ubicado en Buenavista, Saltillo, Coahuila, México, (latitud Norte 25°23' longitud Oeste 101° y 1743 msnm), en el periodo entre el 22 de agosto al 29 de noviembre del 2023.

Material Vegetativo

El material vegetativo consistió en esquejes enraizados con cepellón de crisantemos (*Chrysanthemum morifolium*) cv Malibú de aproximadamente 7 cm de longitud de tallo, con tres hojas formadas y 5 cm de longitud (Figura 1). Los crisantemos fueron obtenidos de invernaderos comerciales ubicados en el Estado de México.



Figura 1. Esquejes enraizados de crisantemo como objeto de estudio durante la investigación.

Manejo de las Plantas

La plantación se llevó a cabo en contenedores de polietileno negro, con una separación aproximada de 20 cm entre cada una. Los contenedores utilizados tenían una capacidad de 12 L. Se implementó una disposición ordenada mediante tubos de policarbonato (tubos PVC) que dividían el espacio en bloques de 5 unidades (Figura 2).



Figura 2. Plantación de crisantemos utilizando divisiones de tubos de PVC como guía.

Sustrato

Los contenedores antes mencionados fueron llenados con un sustrato elaborado mediante una mezcla con una relación de 80:20 (v:v) con peat moss-perlita. Dado que el peat moss tiene típicamente un pH de 3.5 a 4.0, se ajustó elevando el pH con bicarbonato de sodio a una concentración de 1 g por cada litro, quedando el pH en 5.8.

Trasplante

El trasplante se llevó a cabo el 22 de agosto de 2023 mediante un proceso manual. Se prestó especial atención para evitar que el cepellón quedara enterrado en exceso, asegurando que se colocaran a una profundidad cercana a la del sustrato en las macetas, manteniendo una distancia aproximada de 5 cm entre el cepellón y la superficie. Cabe destacar que se asignó un esqueje por cada maceta durante este proceso.

Tutoreo

La implementación de prácticas de tutorio es crucial por la susceptibilidad del crisantemo al acame. Se estableció un sistema de soporte para cada planta mediante un tutorio de malla. Se dispusieron cuadros de malla espaciados a 20 cm entre sí, utilizando material de nailon de pesca. Este proceso se llevó a cabo manualmente, utilizando alambre galvanizado calibre 18, nailon de pesca y tubos de PVC; la malla de tutorio se levantaba a una altura aproximada de 10 a 15 cm.

Fertirriego

La primera aplicación de los tratamientos para el cultivo de crisantemo se llevó a cabo el 24 de agosto mediante la utilización de una solución Steiner (1968). Esta solución contenía un balance equilibrado de fertilizantes como el nitrato de potasio, nitrato de calcio, sulfato de potasio, sulfato de magnesio, ácido cítrico, ácido fosfórico y microelementos vitales para el desarrollo de las plantas.

La aplicación de la solución nutritiva se llevó a cabo mediante un riego de manera manual con la aplicación 2 L a cada maceta. La frecuencia de riego se ajustó de manera dinámica, respondiendo a las cambiantes necesidades del cultivo. Factores ambientales como las temperaturas extremas y las condiciones nubladas

fueron considerados, ya que incidían directamente en la capacidad de evapotranspiración de agua. Esta adaptabilidad en la frecuencia de riego se tradujo en un programa flexible, oscilando entre periodos de dos semanas (después del trasplante) y riegos semanales (en etapas avanzadas del cultivo), con el objetivo de optimizar el suministro hídrico de acuerdo con las condiciones climáticas predominantes.

Los riegos a lo largo del estudio se realizaron con las mismas concentraciones detalladas en el Cuadro 1: el segundo ciclo de riego comenzó el 2 de septiembre, seguido por aplicaciones adicionales de solución nutritiva programadas de la siguiente manera: la tercera solución el 7 de septiembre, y la cuarta solución el 15 de septiembre. Esta planificación garantizó un suministro nutricional equilibrado y oportuno durante todo el desarrollo del crisantemo.

Cuadro 1. Tratamientos empleados en el cultivo de crisantemo y sales fertilizantes empleadas.

Sal fertilizante	Balance N/K meq L ⁻¹						
	12/7	12/8	10/6.7	12/6	10/5	12/4.8	10/4
KNO ₃	32.4531	32.4531	28.1147	12.2331	12.2331	12.2331	12.2331
Ca(NO ₃) ₂ ·4H ₂ O	55.83765	55.83765	55.83765	55.83765	55.83765	55.83765	55.83765
K ₂ SO ₄	40.3273	22.9073	7.5777	46.163	31.6173	22.9073	49.0373
MgSO ₄ ·7H ₂ O	23.815431	23.815431	23.815431	23.815431	23.815431	23.815431	23.815431
HNO ₃	28.81543	28.81543	28.81543	28.81543	28.81543	28.81543	28.81543
H ₃ PO ₄	6.782006	6.782006	6.782006	6.782006	6.782006	6.782006	6.782006

Las aplicaciones de la solución nutritiva se llevaron a cabo en horas vespertinas, aproximadamente entre las seis y siete de la tarde, para evitar exposiciones a temperaturas elevadas que pudieran inducir situaciones de estrés en las plantas. Asimismo, se buscaba garantizar una óptima absorción de los fertilizantes previamente aplicados, aprovechando las condiciones ambientales más favorables para el proceso de absorción y asimilación de nutrientes.

Control Fotoperiódico

El 24 de agosto de 2023 se implementó un sistema de iluminación nocturna controlado por temporizador, proporcionando luz artificial en horario nocturno desde las 22:00 hasta las 02:00 horas. Se utilizaron focos de luz incandescente de 100 watts, instalados a una altura de 1,5 metros y separados entre sí por una distancia de 1,5 metros. Este sistema se diseñó con el propósito de estimular el crecimiento vegetativo de las plantas. Los días largos se suspendieron una vez que las plantas alcanzaron una altura promedio de 25 centímetros.

A partir del 25 de septiembre de 2023, se retiró el sistema del temporizador que había sido implementado previamente para estimular el crecimiento vegetativo de las plantas. Esta medida se llevó a cabo con el objetivo de promover la inducción y el desarrollo del botón floral.

Podas

El 2 de septiembre, se llevó a cabo el proceso de despunte en las plantas, el cual implicó la eliminación de la yema apical y su meristemo, dejando un mínimo de 4 a 5 hojas en el tallo por abajo del punto de la poda. Esta acción tuvo como objetivo principal estimular la brotación lateral de las plantas. Diez días después del despunte inicial, se procedió al desbrote inicial, consistente en la eliminación de tallos poco vigorosos para asegurar que cada planta tuviera únicamente tres tallos.

En el caso del cv Malibú, se aplicó un manejo conocido como "manejo despuntado", donde se condujo el crecimiento de las plantas a tres tallos principales, cada uno destinado a portar una única flor. Finalmente, el desbrote final se llevó a cabo el 20 de octubre, eliminando todos los brotes laterales excepto el principal o central, con el fin de garantizar una sola flor por tallo. Este proceso de manejo permitió optimizar la calidad de las flores obtenidas.

Aplicación de Pesticidas

Se llevó a cabo una aplicación de cipermetrina por aspersión, utilizando una concentración de 1 ml L⁻¹ de agua debido a la detección de la presencia de *Phlogophora meticulosa*. Esta acción se realizó aproximadamente a las siete de la tarde, considerando el comportamiento nocturno de la plaga, que tiende a ser más activa durante esas horas. El objetivo de esta medida fue controlar la población de la plaga y minimizar los daños ocasionados. Esta labor se realizó el 8 de octubre.

Cosecha

El crisantemo fue cosechado el 10 de noviembre, determinando visualmente el momento de corte cuando quedaban solo de 3 a 4 anillos centrales de flores tubulares por abrir (Figura 3).



Figura 3. Crisantemo a punto de corte.

Diseño Experimental y Análisis Estadístico

En este estudio, se empleó un diseño en bloques al azar con cinco repeticiones; cada unidad experimental estuvo compuesta por dos contenedores con una planta cada uno, la cual posteriormente se podó y se condujo a tres tallos. Los datos fueron analizados mediante un análisis de varianza y, en caso de detectarse significancia estadística, se someterán a una prueba de medias o promedios de Duncan con un nivel de significancia de $P=0.05$.

Variables Respuesta

Se registraron diversas variables en el estudio, incluyendo la altura del tallo, su peso húmedo y seco, el diámetro polar y ecuatorial de la flor, así como su peso húmedo y seco. También se consideró el número de hojas por tallo, junto con su peso húmedo y seco.

ALTURA DE PLANTA (ADP): La altura del tallo se midió utilizando una cinta métrica, los datos se reportaron en cm.

NUMERO DE HOJAS (NDH): Este proceso se realizó mediante un conteo manual, donde se contabilizó cuidadosamente cada tallo individualmente.

DIAMETRO POLAR DE INFLORESCENCIA (DPDI): El diámetro polar de la inflorescencia se midió utilizando un vernier digital para garantizar una mayor precisión, expresándose en centímetros.

DIAMETRO ECUATORIAL DE INFLORESCENCIA (DEDI): El diámetro ecuatorial de la inflorescencia se midió utilizando un vernier digital para garantizar una mayor precisión, expresándose en centímetros.

BIOMASA FRESCA DE HOJAS (BFH): La biomasa fresca de las hojas se obtuvo al separarlas manualmente del tallo con sumo cuidado. Posteriormente, estas fueron pesadas utilizando una balanza de laboratorio, registrando los resultados en gramos.

BIOMASA FRESCA DE TALLO (BFT): La biomasa fresca del tallo se obtuvo mediante el uso de una balanza de laboratorio calibrada, expresándose el resultado en gramos.

BIOMASA FRESCA DE FLORES (BFF): La biomasa fresca de la flor se obtuvo al desprenderla del tallo con una navaja. Posteriormente, se pesó utilizando una balanza de laboratorio calibrada, expresando el resultado en gramos.

BIOMASA SECA DE HOJAS (BSH): La biomasa seca de las hojas se obtuvieron al colocar las muestras en una estufa de laboratorio proporcionada por la universidad durante un periodo de 72 horas; se evaluó el peso de las muestras en gramos.

BIOMASA SECA DE TALLO (BST): La biomasa seca del tallo se determinó al colocar las muestras en una estufa de laboratorio proporcionada por la universidad durante un periodo de 72 horas. Posteriormente, se evaluó el peso de las muestras en gramos.

BIOMASA SECA DE FLORES (BSF): Para determinar la biomasa seca de las flores, las muestras fueron introducidas en una estufa de laboratorio facilitada por la universidad. Allí permanecieron durante 72 horas, permitiendo que se eliminara por completo la humedad presente. Transcurrido este tiempo, se procedió a pesar las muestras secas utilizando una balanza de laboratorio, registrando los resultados en gramos.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Altura de Planta

La ADP fue afectada significativamente por los tratamientos aplicados (Figura 4). Independientemente del balance N/K, la altura disminuyó cuando se aplicaba una concentración de N de 12 meq L⁻¹; este descenso en la altura fue más marcado entre mayor era la concentración de K. Esta altura fue recuperada cuando la concentración de N se redujo a 10 meq L⁻¹, igualando incluso la altura de las plantas del testigo.

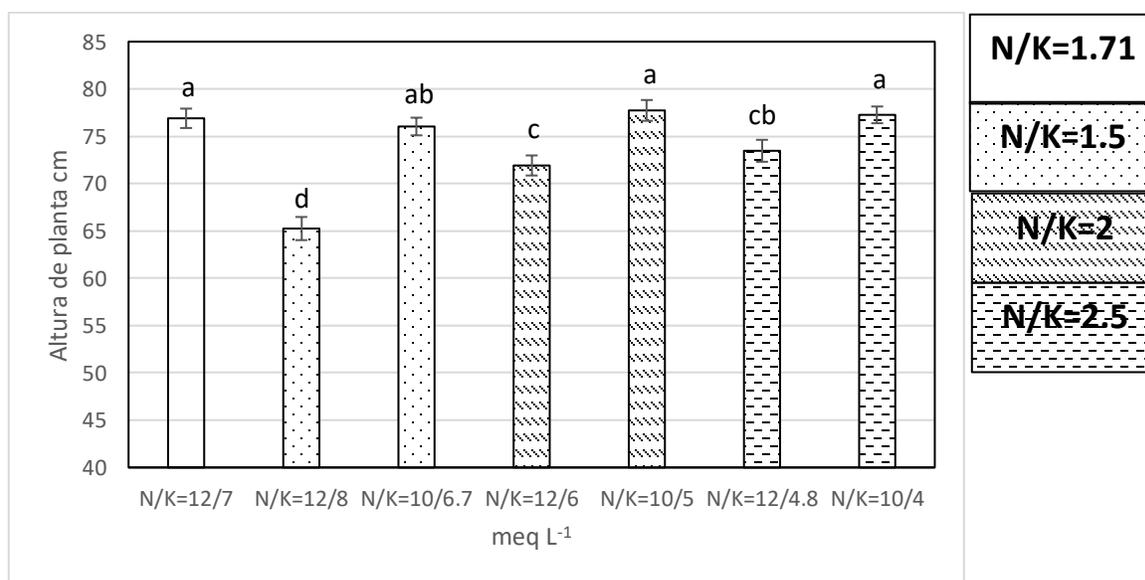


Figura 4. Efecto del balance y la concentración de nitrógeno (N) y potasio (K) en la solución nutritiva sobre la altura en plantas de crisantemo cv. Malibú. Las barras indican el error estándar de la media y letras diferentes encima de cada columna señalan diferencias significativas según la prueba de Duncan con $p < 0.05$.

Un aumento en la aplicación de fertilizantes conduce a un incremento en la conductividad eléctrica y salinidad del suelo. Esto implica un mayor esfuerzo por parte de la planta para extraer agua, dando como resultado en un crecimiento reducido (Redagrícola, 2017). La altura de las plantas es un factor crucial en la determinación del precio en el mercado de crisantemos cortados (Cornejo, 2012).

Los resultados obtenidos revelan la posibilidad de reducir las concentraciones de N y K sin afectar la altura de las plantas. Esta información es de gran importancia ya que permite mejorar la eficiencia en el uso de fertilizantes en la agricultura, además de beneficiar económicamente a los productores. Esta práctica también tendría un impacto positivo en el medio ambiente al reducir el exceso de aplicación de nutrientes en el suelo y el potencial de contaminación ya que los productores de crisantemo en México emplean una cantidad significativa de fertilizantes, principalmente N y K, para garantizar un crecimiento óptimo de las plantas. La demanda total de nutrientes para este cultivo se estima en 40.25 g/m² de N y 19.2 g/m² de K (Valdez-Aguilar, 2015).

Número de Hojas

La respuesta del NDH a los tratamientos aplicados fue significativa estadísticamente (Figura 5). A pesar de la relación entre N y K, se pudo observar una disminución significativa en el número de hojas cuando la concentración de nutrientes alcanzaba los 12 meq L⁻¹. Esta reducción en el número de hojas podría estar relacionada con la capacidad de las plantas para distribuir eficientemente los nutrientes y mantener un equilibrio adecuado para un crecimiento óptimo. Un exceso de nutrientes, en este caso, podría haber afectado negativamente la producción y desarrollo de nuevas hojas, lo que resultó en una disminución en su cantidad. Sin embargo, se destacó un cambio positivo cuando la concentración se redujo a 10 meq L⁻¹, lo que llevó a una recuperación en el número de hojas. Este fenómeno sugiere que un ajuste en la concentración de nutrientes puede tener un impacto significativo en el desarrollo foliar de las plantas.

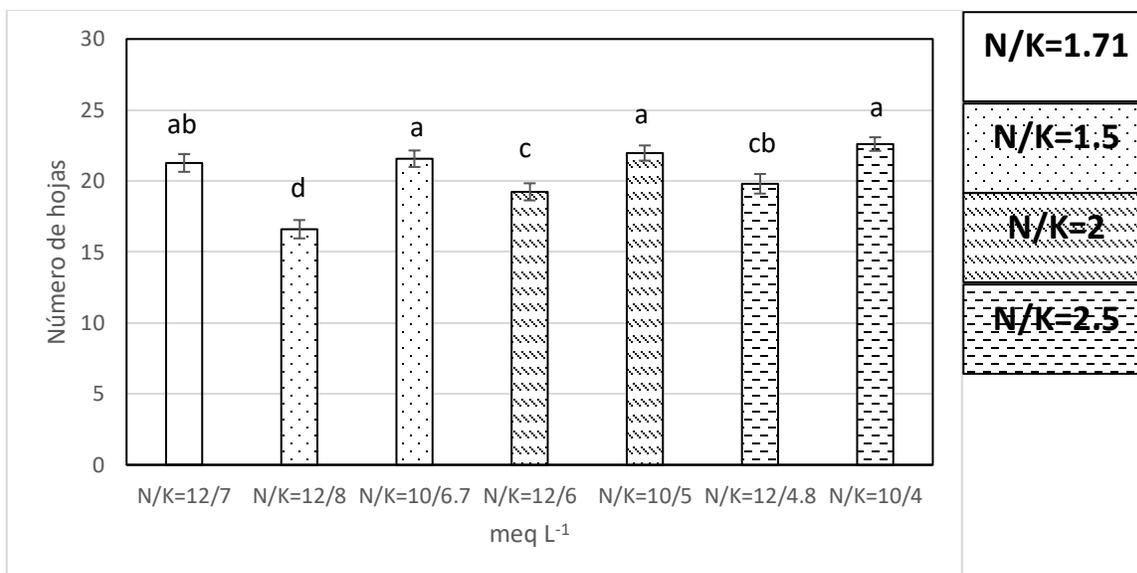


Figura 5. Efecto del balance y la concentración de nitrógeno (N) y potasio (K) en la solución nutritiva sobre el número de hojas desarrolladas en plantas de crisantemo cv. Malibú. Las barras indican el error estándar de la media y letras diferencias encima de cada columna señalan diferencias significativas según la prueba de Duncan con $p < 0.05$.

Diámetros de Inflorescencia

Los resultados obtenidos mostraron un efecto significativo de los tratamientos en el diámetro de la flor (Figura 6). No obstante, se observó una tendencia decreciente en el diámetro de la flor cuando se aplicó una concentración de N de 12 meqL⁻¹ y 8 meqL⁻¹ de K. Es relevante señalar que el diámetro de la flor se recuperó al reducir la concentración de N a 10 meqL⁻¹, o bien pueden ser también con 12 meqL⁻¹ de N pero niveles más bajos de K, alcanzando un tamaño similar al del testigo.

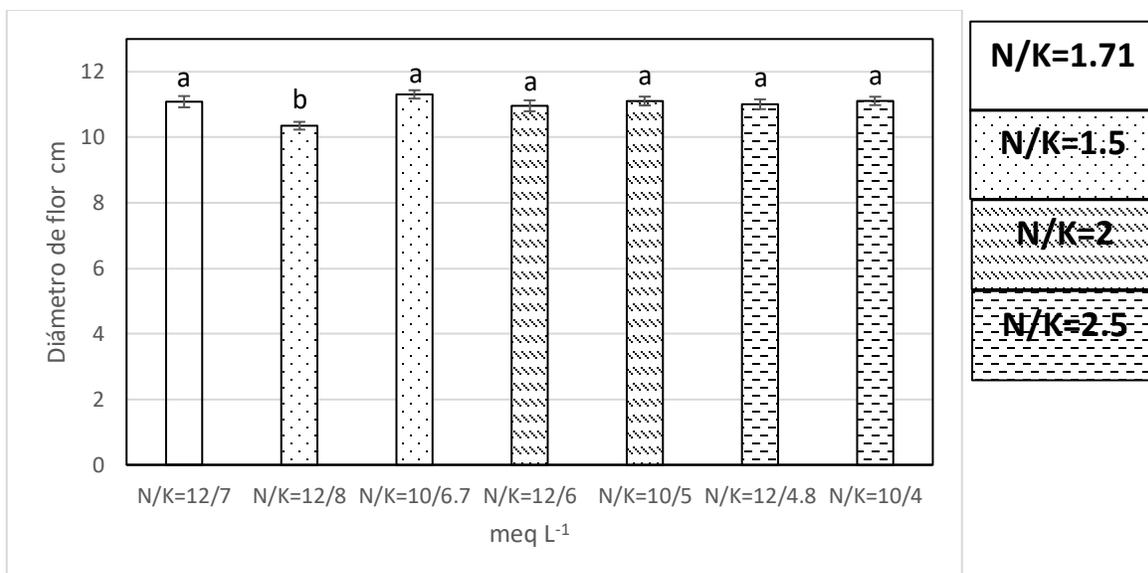


Figura 6. Efecto del balance y la concentración de nitrógeno (N) y potasio (K) en la solución nutritiva sobre el diámetro de la flor en plantas de crisantemo cv. Malibú. Las barras indican el error estándar de la media y letras diferencias encima de cada columna señalan diferencias significativas según la prueba de Duncan con $p < 0.05$.

El diámetro promedio de la flor en crisantemo puede variar según el cultivar, Sin embargo, existen variedades que superan los 13 cm de diámetro, lo que las convierte en opciones especialmente llamativas y decorativa (Dekker Chrysanten, 2024). La calidad de la flor de crisantemo es un aspecto importante en su cultivo y comercialización; se menciona que mantener niveles adecuados de nutrientes, especialmente N y K durante los dos primeros meses de crecimiento es crucial para obtener flores y plantas de calidad (INFOAGRO, 2009). Una deficiencia moderada de nutrientes durante este período puede afectar la calidad de la flor y no se podrá recuperar posteriormente.

Los productores de crisantemo en México a menudo no siguen un plan de fertilización que se ajuste a las necesidades reales del cultivo a lo largo de su ciclo de producción, esto ha llevado a la aplicación excesiva de fertilizantes, lo que no solo incrementa los costos de producción y puede disminuir la calidad de la flor, sino que también contribuye a la contaminación del suelo y de los mantos acuíferos

(Valdez-Aguilar, 2015). En México, los productores de crisantemos carecen de seguimiento de planes de fertilización ajustados a las necesidades específicas del cultivo a lo largo de su ciclo de producción. Esta situación ha llevado a la aplicación excesiva de fertilizantes, lo que no solo incrementa los costos de producción, sino que también puede afectar negativamente la calidad de la flor. La falta de un plan de fertilización ajustado a las necesidades reales del cultivo puede provocar una sobrefertilización, lo que puede afectar la calidad de la flor de crisantemo. La sobrefertilización puede resultar en un crecimiento excesivo de las hojas, lo que a menudo perjudica el desarrollo de las flores., lo que puede afectar la apariencia estética de las flores y reducir su calidad. Además, la sobrefertilización puede provocar una acumulación excesiva de sales en el suelo, lo que puede afectar la salud de las plantas y reducir su resistencia a las plagas y enfermedades (Valdez-Aguilar, 2015).

En el cultivo y comercialización del crisantemo, la calidad de la flor juega un papel fundamental. Es crucial garantizar niveles óptimos de nutrientes, particularmente de N y K; estos nutrientes son esenciales para el desarrollo adecuado de las flores y las plantas, contribuyendo significativamente a la calidad final del producto. La adecuada provisión de N y K en esta fase temprana no solo favorece la formación y el desarrollo de las flores, sino que también influye en la salud general de las plantas, promoviendo su vigor y resistencia (INFOAGRO, 2009).

Biomasa Fresca de Hojas

El BFH experimentó una disminución como resultado de los tratamientos aplicados (Figura 7). En particular, se observó una reducción significativa en el BFH cuando se aplicó una concentración de N de 12 meqL^{-1} combinado con 8 meqL^{-1} de K; o bien a 12 meqL^{-1} pero con 6 o 4.8 meqL^{-1} de K, lo que resultó en un BFH que incluso igualó al de la planta del testigo, sin embargo, este efecto adverso se revirtió cuando la concentración de N se redujo a 10 meqL^{-1} , Esto sugiere que una reducción en la concentración de N y K puede ser beneficiosa para el crecimiento

de las plantas, ya que se logró recuperar la biomasa fresca de las hojas a niveles similares a los de las plantas no tratadas.

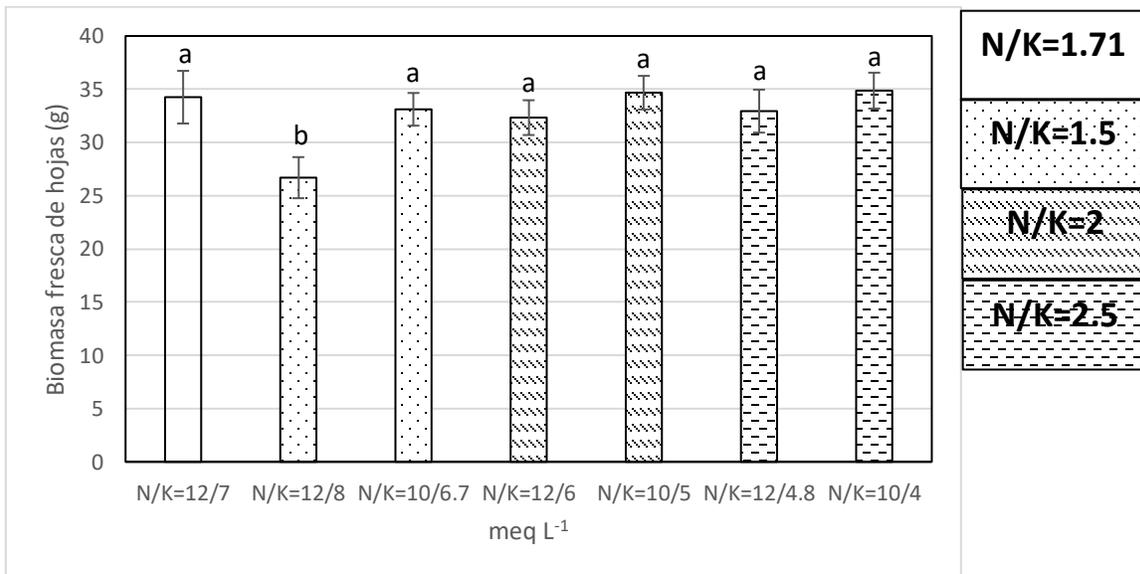


Figura 7. Efecto del balance y la concentración de nitrógeno (N) y potasio (K) en la solución nutritiva sobre la biomasa fresca de las hojas en plantas de crisantemo cv. Malibú. Las barras indican el error estándar de la media y letras diferentes encima de cada columna señalan diferencias significativas según la prueba de Duncan con $p < 0.05$.

El BFH es un indicador del estado fisiológico de las plantas. Investigaciones han demostrado que una mayor biomasa fresca puede reflejar una mayor turgencia y contenido de agua en las hojas (Ayres, 2023), lo que sugiere una hidratación adecuada y una óptima absorción de nutrientes. Esta condición favorece un crecimiento vigoroso de la planta y mejora su capacidad para resistir el estrés ambiental, como la sequía o las altas temperaturas (Di Benedetto, 2016). Además, se ha establecido que la biomasa fresca de las hojas guarda una estrecha relación con la producción de biomasa y la capacidad fotosintética de la planta (Tercero-Portillo, 2012), lo que influye significativamente en el rendimiento y calidad. Investigaciones recientes han destacado que una biomasa fresca de las hojas puede ser un indicador clave de un crecimiento óptimo y un adecuado funcionamiento fisiológico de la planta (Ayala, 2019).

Biomasa Fresca de Tallo

La BFT se vio significativamente afectada por los diferentes tratamientos aplicados, como se puede apreciar en la Figura 8. Es interesante notar que, sin importar el equilibrio entre N y K, se observó una marcada disminución en la BFT al aplicar una concentración de 12 meqL⁻¹ de N y 8 meqL⁻¹ de K. Sin embargo, resulta destacable que esta BFT pudo ser recuperado al reducir la concentración de N a 10 meqL⁻¹ de N y 4 meqL⁻¹ de K, llegando incluso a igualar a la biomasa fresca del tallo de la planta de control.

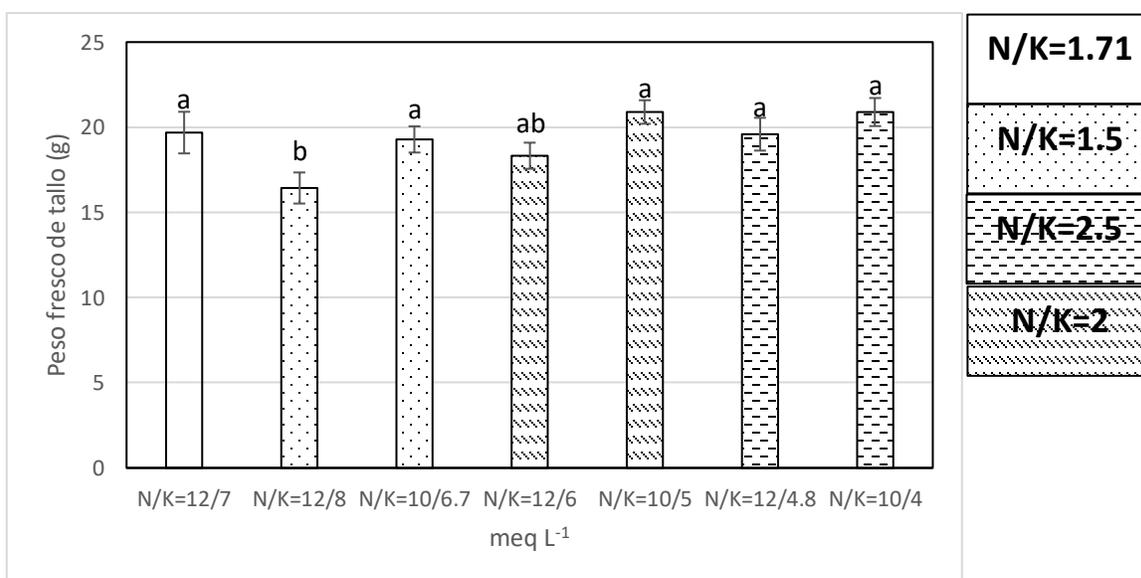


Figura 8. Efecto del balance y la concentración de nitrógeno (N) y potasio (K) en la solución nutritiva sobre la biomasa fresca del tallo en plantas de crisantemo cv. Malibú. Las barras indican el error estándar de la media y letras diferentes encima de cada columna señalan diferencias significativas según la prueba de Duncan con $p < 0.05$.

La BFT de las plantas ornamentales puede estar relacionado con su capacidad de crecimiento y desarrollo, así como con su resistencia a plagas y enfermedades. Una biomasa fresca mayor puede indicar una mayor cantidad de nutrientes y agua disponibles para la planta, lo que puede favorecer su crecimiento y desarrollo (Di Benedetto, 2016). La BFT es un factor importante en el manejo

postcosecha de los crisantemos, ya que afecta su longevidad y calidad. La temperatura de almacenamiento recomendada para los crisantemos es de 2-3°C, y no deben almacenarse por más de 2 semanas. La rehidratación adecuada es esencial para una vida postcosecha adecuada de los crisantemos que han sido almacenados (Ketsa, 2015).

La BFT también está relacionado con la calidad de las flores cortadas de los crisantemos. Una biomasa fresca adecuada puede influir en la durabilidad y apariencia de las flores cortadas, por lo que es importante considerar este factor en la producción y manejo de los crisantemos como planta ornamental (Ketsa, 2015).

Biomasa Fresca de Flor

Los resultados obtenidos en el estudio indicaron que la BFF se vio significativamente afectado por los tratamientos aplicados, independientemente del equilibrio entre el N y el K (Figura 9). Más específicamente, se observó una disminución en la biomasa fresca de la flor cuando se aplicó una concentración de N de 12 meqL⁻¹ y 8 meqL⁻¹ de K, sin embargo, es importante destacar que esta biomasa fresca de la flor se recuperó cuando la concentración de N se redujo a 10 meqL⁻¹, llegando a igualar a la biomasa fresca de la flor de la planta testigo. Estos resultados sugieren que una concentración de N de 10 miliequivalentes podría ser suficiente para obtener los mismos beneficios que una concentración de N de 12 meqL⁻¹, lo que podría representar un ahorro en el uso de fertilizantes. Además, la recuperación de la biomasa fresca de la flor al reducir la concentración de N a 10 meqL⁻¹ sugiere que la planta puede ser capaz de adaptarse a niveles más bajos de este nutriente, lo que podría tener implicaciones positivas en términos de sostenibilidad y reducción de la contaminación del suelo y del agua.

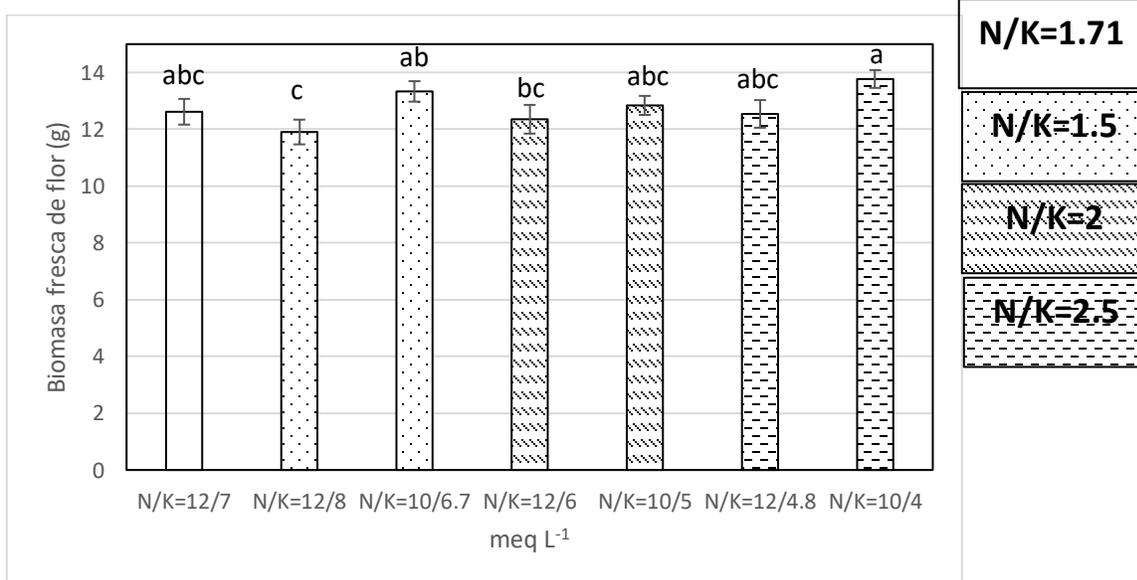


Figura 9. Efecto del balance y la concentración de nitrógeno (N) y potasio (K) en la solución nutritiva sobre la biomasa fresca de la flor en plantas de crisantemo cv. Malibú. Las barras indican el error estándar de la media y letras diferentes encima de cada columna señalan diferencias significativas según la prueba de Duncan con $p < 0.05$.

Una biomasa fresca elevada en una flor puede ser indicativo de una mayor disponibilidad de nutrientes y agua para la planta, lo que puede tener un impacto positivo en su crecimiento y desarrollo. En el contexto de la investigación y el cultivo de plantas, la biomasa fresca se utiliza como una medida de la cantidad de agua y nutrientes presentes en la flor en un momento dado. Una biomasa fresca adecuada puede reflejar una buena absorción de agua y nutrientes por parte de la planta, lo que puede favorecer su crecimiento y desarrollo (Di Benedetto, 2016). La disponibilidad de nutrientes y agua adecuados puede influir en la calidad de la flor, su tamaño, su forma y su color, entre otros factores. Por lo tanto, una biomasa fresca adecuado puede ser un indicador en la vitalidad de la planta, y puede contribuir a su productividad y calidad (Di Benedetto, 2016).

Biomasa Seca de Hojas

La BSH (Figura 10). fue afectado por los diferentes tratamientos aplicados de una manera similar a lo observado con la biomasa fresca (Figura 9). Hubo una reducción en la biomasa seca foliar cuando las plantas se trataron con 12 meqL⁻¹ de N y 8 meqL⁻¹ de K; esto indica que una concentración adecuada de N y K puede ser beneficiosa para el crecimiento y desarrollo de las plantas, y puede favorecer la producción de biomasa y la acumulación de materia seca en las plantas.

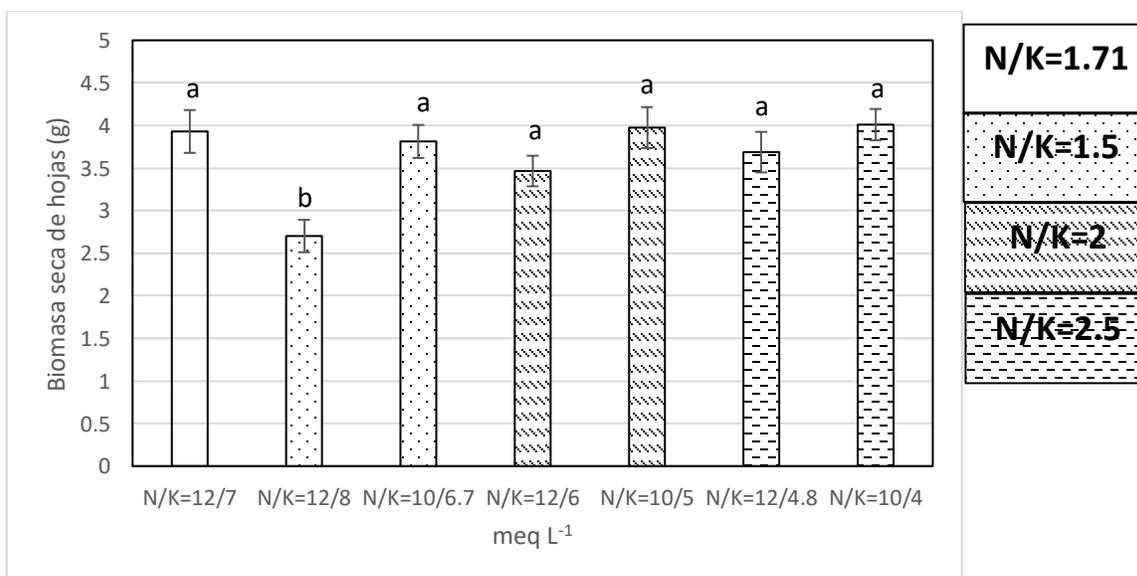


Figura 10. Efecto del balance y la concentración de nitrógeno (N) y potasio (K) en la solución nutritiva sobre la biomasa seca de hojas en plantas de crisantemo cv. Malibú. Las barras indican el error estándar de la media y letras diferentes encima de cada columna señalan diferencias significativas según la prueba de Duncan con $p < 0.05$.

Las plantas con hojas más gruesas y pesadas tienen una mayor capacidad fotosintética y una mayor producción de biomasa (Facciuto, 2021). Además, la BSH se ha utilizado como un indicador de la eficiencia en el uso del agua en plantas ornamentales, ya que una mayor superficie foliar y un peso seco más alto pueden aumentar la evapotranspiración y la demanda hídrica (Arredondo, 2012). En el caso

de las plantas ornamentales de corte, como los crisantemos, la biomasa seca de las hojas es un indicador de la calidad de la planta y su potencial desarrollo y vida en poscosecha. Un estudio encontró que las plantas con un mayor peso seco de hojas tenían una mayor producción de flores y una mejor calidad de las mismas (Marcela, 2012), además, el peso seco de las hojas se ha utilizado como un indicador de la relación entre el área foliar y la biomasa de la planta, lo que equivale a una mayor implicación en la fotosíntesis y una mayor producción de biomasa de la planta (López, 2016).

Biomasa Seca de Tallo

La BST fue influenciado por los diferentes tratamientos aplicados, como se observa en la (Figura 11). Independientemente del balance de N/K, cuando se aplicó una concentración de N de 12 meqL^{-1} se observó una disminución en la BST en comparación con las plantas del testigo, excepto cuando la concentración fue de 12 y 4.8 meqL^{-1} de N y K, respectivamente. Sin embargo, al reducir la concentración de N a 10 meqL^{-1} , la BST se recuperó y, en algunos casos, incluso superó al de las plantas del testigo, aunque de manera no significativa. Estos resultados sugieren que la concentración de N y K juegan un papel crucial en el crecimiento y desarrollo del tallo de las plantas, y que es importante mantener un equilibrio adecuado para promover un crecimiento óptimo. Estos resultados también indican que una concentración excesiva de N y K puede ser perjudicial para el crecimiento del tallo, mientras que una concentración adecuada puede ser beneficiosa para el crecimiento y desarrollo de las plantas.

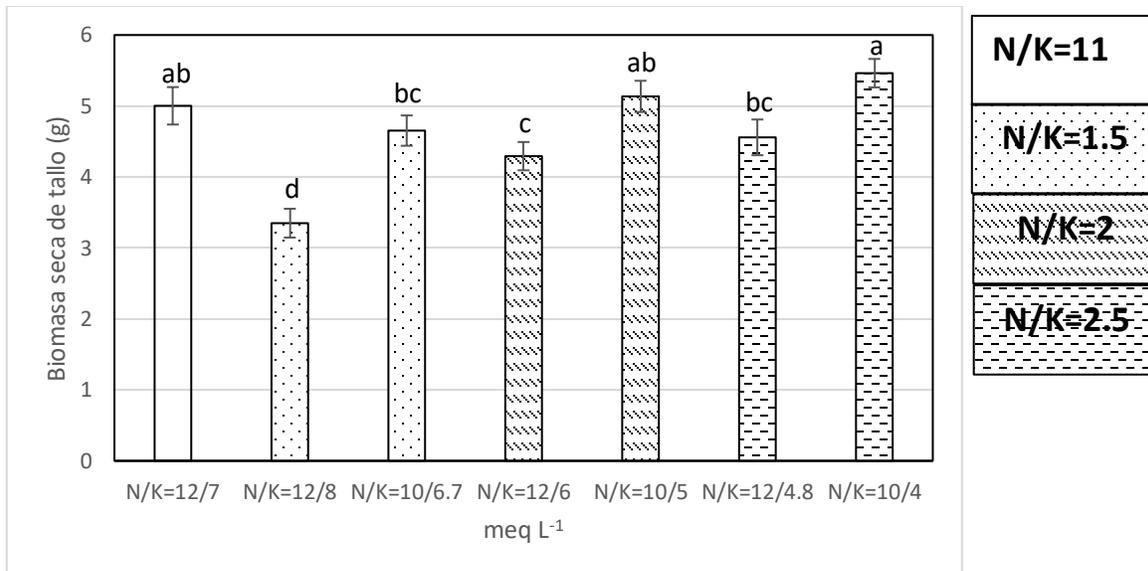


Figura 11. Efecto del balance y la concentración de nitrógeno (N) y potasio (K) en la solución nutritiva sobre la biomasa seca del tallo en plantas de crisantemo cv. Malibú. Las barras indican el error estándar de la media y letras diferentes encima de cada columna señalan diferencias significativas según la prueba de Duncan con $p < 0.05$.

En el ámbito de las plantas ornamentales, una mayor BST puede ser beneficioso en términos de una mayor cantidad de reservas de fotosintatos, nutrientes y agua disponibles para la planta (Aburto-González, 2017). Un peso seco de tallo mayor puede estar relacionado con una mayor capacidad de la planta para producir fotosintatos (Fonseca, 2019), mismos que pueden ser utilizados por las plantas una vez cortadas y así extender la vida de florero de los crisantemos. Sin embargo, es importante tener en cuenta que una BST mayor también puede estar relacionado con una mayor absorción de agua, lo que puede ser beneficioso en condiciones de sequía, pero puede ser perjudicial en condiciones de exceso de agua (Vázquez, 2012).

Biomasa Seca de Flor

La BSF no mostró una variación significativa en respuesta a los tratamientos aplicados, independientemente del balance N/K (Figura 12). Este patrón sugiere que la reducción de la concentración de N puede tener un efecto positivo en la acumulación de la biomasa seca en la flor, lo que podría estar relacionado con una mejor asimilación de nutrientes y una mayor resistencia a la deshidratación. Por lo tanto, los resultados sugieren que el manejo adecuado de la concentración de N y K en el cultivo de plantas ornamentales puede ser un factor clave para mejorar la biomasa seca de la flor y, por lo tanto, su calidad y durabilidad. Esto significando que pueden tener importantes implicaciones prácticas para la producción y comercialización de flores ornamentales, ya que una mayor durabilidad y calidad de la flor pueden ser factores importantes en la satisfacción del cliente y la competitividad en el mercado.

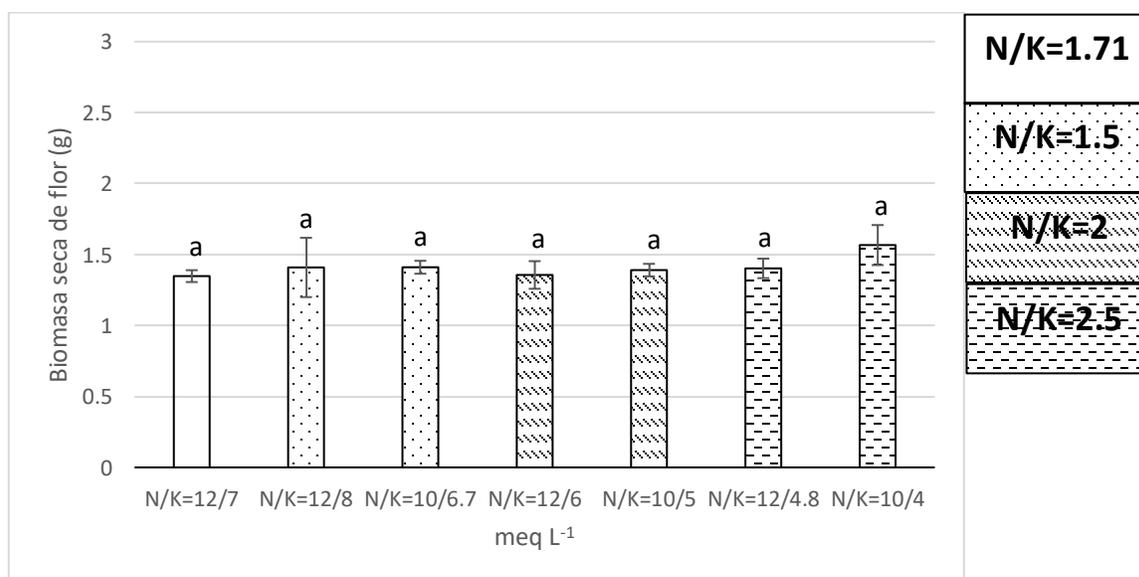


Figura 12. Efecto del balance y la concentración de nitrógeno (N) y potasio (K) en la solución nutritiva sobre la biomasa seca de la flor en plantas de crisantemo cv. Malibú. Las barras indican el error estándar de la media y letras diferentes encima de cada columna señalan diferencias significativas según la prueba de Duncan con $p < 0.05$.

Un incremento en la biomasa seca de una flor suele ser un indicador de su madurez y de la pérdida considerable de agua que ha experimentado. Esta transformación fisiológica, donde la flor pierde humedad y aumenta su peso seco, puede ser un signo de que ha alcanzado un estado de plenitud en su desarrollo (Cañizares, 2008). Esta condición de madurez puede conferir a la flor una mayor resistencia y longevidad, lo que se traduce en una durabilidad prolongada y una vida útil extendida. La disminución en el contenido de agua y el aumento en el peso seco pueden contribuir a que la flor mantenga su forma, color y frescura por más tiempo, lo que resulta en una apariencia más atractiva y una presencia decorativa prolongada en arreglos florales o como elemento ornamental en diversos contextos (Cañizares, 2008).

V. CONCLUSIONES

Para lograr una calidad óptima en la altura del tallo del crisantemo de corte, se recomienda utilizar exclusivamente N a una concentración de 10 meq L^{-1} , independientemente de la cantidad de K presente. Se aconseja mantener 4 meq L^{-1} de K, lo que resulta en un ahorro para este elemento, sin considerar el equilibrio entre N y K. El uso de N a 12 meqL^{-1} sería contraproducente para la calidad de la altura del tallo. Este aspecto es crucial, ya que la altura del tallo influye significativamente en la valoración y fijación de precios en el mercado. Es fundamental mantener un equilibrio preciso en la nutrición de las plantas para asegurar un desarrollo óptimo y una calidad superior. Esto se traduce en un producto final más competitivo y atractivo para los consumidores.

VI. LITERATURA CITADA

- Arbos, A. M. (1992). El crisantemo. Cultivo, multiplicación y enfermedades. Ediciones Mundi-prensa. Madrid. España. 170 p.
- Azcón, J. y Talón, M. (2008). Fundamentos de fisiología vegetal. McGraw-Hill Interamericana de España, S.A.U. segunda edición. pp 102-152.
- Bañuelos, H. L. (2019). Nutrición mineral con nitrógeno, fósforo y potasio en la producción del barril azul en invernadero. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*.
- Burgeño, H. (1994). La fertirrigación en cultivos hortícolas con aconchado plástico: extracción por los cultivos de tomate y bell pepper en el valle de culiacán. Editorial Bursag. Culiacán, Sinaloa.
- Calderón, F. E. J. (2019). Impacto ambiental provocado por el inadecuado uso de fertilizantes químicos en cultivos de maíz. UNESUM-Ciencias. *Revista Científica Multidisciplinaria*, 3(1), 61-72.
- Epstein, E. y Bloom, A. J. (2005). Mineral nutrition of plants: Principles and perspectives. Sinauer Associates, Incorporated.
- Espinosa, P. (2013). Evaluación del efecto de dos bioestimulantes en el cultivo de la rosa (*Rosas sp.*) variedades Charlotte y Konffeti. Trabajo de grado presentado como requisito parcial para obtener al título de Ing. Agr. Quito: Universidad Central del Ecuador, Facultad de Ciencias Agrícolas.
- Gálvez, M. Y. A. (2012). Concentración de calcio y presión osmótica de la solución nutritiva en el crecimiento vegetativo y floral de crisantemo.
- Grantzau E. y Scharph, H. C. (1986). Fertilization of cut-flower chrysanthemum. Note nutrient requirements in relation to season. *Ornamental Horticulture* vol. 18. honover, Alemania.
- Grijalva, V. G. P. (2011). Respuesta de explantes apicales y microestacas de crisantemo a diferentes frecuencias en el sistema biorreactor de inmersión temporal.

- Hernández, G. E. A. (2008). Respuesta del crisantemo (*Chrysanthemum morifolium* RAM.) al uso de fertilizantes inorgánico mineral, órgano mineral y desalinizadores. 12-13 P.
- INFOAGRO. 2009. Cultivo de Crisantemo. <https://www.infoagro.com/flores/flores/crisantemo.htm>
- Investigación y capacitación agropecuaria acuícola y forestal (ICAMEX), 2004. Unión regional de productores de Totolmajac, Villa Guerrero, México. www.edomex.gob.mx/icamex
- Larson, Roy A. (2004). Introducción a la floricultura. Westrop Buchanan, Linda Stella (traductor). AGT EDITORS, S. A.
- Maldonado, G. C. (2014). Evaluación de soluciones nutritivas orgánicas en la producción de crisantemo (*Dendranthema x grandiflorum* (Ramat.) Kitamura) para flor de corte.
- María, G. G. (2022). Guía didáctica: manejo y producción de flores de corte: parte I. 4 P.
- Marschner, H. (2011). Marschner's mineral nutrition of higher plants. Academic Press.
- Mendoza, G. M. A. (2019). Evaluación del efecto de cuatro momentos de la labor de desbotone sobre el ciclo de dos variedades de clavel (*Dianthus caryophyllus* L.): Daniko y Moonlight en la empresa Scarlett's Flowers S.A.S de la Sabana de Bogotá D.C.
- Ortiz, V. D. (2011). Evaluación de la concentración de nitrato y potasio en solución nutritiva para el desarrollo y calidad de crisantemo. Tesis de licenciatura, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.
- Palafox, H. J. I. (2021). Interacción entre la concentración de solución nutritiva y número de plantas por contenedor respecto a la calidad de flor de crisantemo. Tesis de licenciatura, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.
- Paredes, C. R. (1999). Influencia de la fertirrigación NPK, bajo el criterio de nutrición por fases en dos cultivares de crisantemo, bajo condiciones de invernadero. Tesis de licenciatura, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.
- Pulgarín, N. J. M. (2021). Manual de producción de crisantemo. 88- 99 P.

- Ramos, S. M. F. (2013). Aplicación foliar de fitohormonas y concentración de la solución nutritiva en Crisantemo (*Chrysanthemum morifolium* Ramat).
- Raviv, M., y Lieth, J. H. (2008). Soilless Culture: Theory and practice. Elsevier.
- Rimache, A. M. (2009). Floricultura cultivo y comercialización. Editorial Starbook. Madrid. España. 251 p.
- Steiner, A.A. (1968). Soilles culture. Proceedings of the 6th Colloquium of the International Potash Institute, Florence, Italy.
- Taiz, L., y Zeiger, E. (2010). Plant physiology. Sinauer Associates, Incorporated.
- Urrestarazu, G. M. (2004). Tratado de cultivo sin suelo. Tercera edición. Editorial Mundi-prensa. Madrid, España.
- Vargas, A. A. (2019). Biomasa y crecimiento del rosal en función de la concentración de nitrógeno y potasio.
- Vázquez, L. G. (2013). Aplicación de lombricomposta líquida y dosis de fertilización en la producción de crisantemo (*Chrysanthemum morifolium* L.) 10 P.
- Peña Cabriales, J. J. Grageda Cabrera, O. A., Vera Núñez J. A., (2002). Manejo de los fertilizantes nitrogenados en México: uso de las técnicas isotópicas (15n). Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57320109>
- "Qué hay detrás de la floricultura: Más allá de la belleza floral" publicado en el sitio web del Gobierno de México en la sección de Agricultura de Puebla 2023 <https://www.gob.mx/agricultura/puebla/articulos/que-hay-detras-de-la-floricultura-mas-alla-de-la-belleza-floral-357838?idiom=es>
- "México, líder mundial en la industria ornamental". Revista Fortuna, 30 de agosto de 2017, <https://revistafortuna.com.mx/2017/08/30/mexico-lider-mundial-la-industria-ornamental/>.
- "La flores están en el campo, en las miradas, en las palabras". Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, 2022.
- Intagri. 2017. Las funciones del potasio en la nutrición vegetal. Serie nutrición vegetal núm. 100. Artículos Técnicos de Intagri. México. 4 p. Fuentes consultadas:
- Extraído de <https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/las-funciones-del-potasio-en-la-nutricion-vegetal> - Esta información es propiedad

intelectual de INTAGRI S.C., Intagri se reserva el derecho de su publicación y reproducción total o parcial.