

**Determinación del Tipo de Bombillo, para la Producción en Plantas Madres y Flores de  
Corte en el *Chrysanthemum spp*, en la Empresa Danziger Colombia S.A.S  
(Rionegro Antioquia)**

Juan Miguel Gallego Valencia

Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD  
Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente  
Agronomía  
Medellín – Antioquia

2022

**Determinación del Tipo de Bombillo, para la Producción en Plantas Madres y Flores de  
Corte en el *Chrysanthemum spp*, en la Empresa Danziger Colombia S.A.S  
(Rionegro Antioquia)**

Juan Miguel Gallego Valencia

Trabajo para optar al título de Agrónomo

Asesora

Catalina Muñoz Monsalve

Ing. Agroindustrial, Esp. en Alimentación y Nutrición

Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD

Escuela De Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente

Agronomía

Medellín – Antioquia

2022

## **Nota de Aceptación**

---

Presidente del Jurado

Director Trabajo de Grado

---

Jurado

---

Jurado

Medellín -2022

### **Dedicatoria**

Dedicado primeramente a Dios, a Danziger Colombia e Israel por el gran apoyo, crecimiento profesional y personal que en estos momentos estoy ejerciendo. A mis padres por permitir ser una persona íntegra y de capacidades para aportar a la sociedad.

### **Agradecimientos**

A Dios por llenarme de fortaleza, a Danziger Colombia e Israel por permitirme laborar y aplicar mis conocimientos mediante el desarrollo técnico en las variedades producidas como casa hibridadora.

A mi familia, por el apoyo incondicional mediante el desarrollo de mi carrera profesional.

A los docentes, Catalina Muñoz y Paul Esteban Pherez Perrony, por sus experiencias y conocimientos y por brindarme la oportunidad de realizar el proyecto.

A mi asesora de trabajo Catalina Muñoz, por su acompañamiento, dedicación y motivación en la realización del trabajo de grado.

Al señor Edgar Solano Restrepo, representante de la empresa Philips en Antioquia.

Al Semillero de investigación de la UNAD (GIDEA: grupo de investigación y desarrollo agroambiental), por permitir la interacción y conocimientos mediante la asesoría de los tutores Catalina Muñoz y Paul Esteban Pherez Perrony, y alumnos participantes.

A la universidad Nacional Abierta y a Distancia, por permitir mi proceso educativo y profesional durante todo el periodo académico, y a todo el equipo de docentes que contribuyeron a mi crecimiento profesional.

A todos aquellos que hicieron parte de esta etapa.

## Resumen

El trabajo de investigación fue realizado en la región del oriente antioqueño, en la vereda Pontezuela del municipio de Rionegro Antioquia, finca Danziger Colombia S.A.S, dicha investigación fue enfocada en sustituir el bombillo fluorescente ahorrador que tiene en este momento el *chrysanthemum* para su desarrollo fisiológico y productivo, tanto en la producción de esquejes en la planta madre como en la producción de flores de corte. En el caso de plantas madre se sembraron tres eras con las 5 variedades cada una: Atlantis White, Georgia, Atlantis Yellow, Rosalinda y Multisol. Cada era fue iluminada con un tratamiento, para un total de 3 tratamientos. Se recopiló información durante 20 semanas 2 veces a la semana, garantizando una frecuencia de 6.0 horas cíclicas diarias con cada tratamiento, para lo cual se utilizó el bombillo tradicional fluorescente de espiral Philips de 27 watts a 220v (testigo), el LED rojo Philips de 13 watts a 220v y LED blanco de la marca Philips de 14.5 watts a 220v. En el caso de flores de corte, las variedades fueron sometidas a un juego de luces desde el enraizamiento hasta la siembra durante 30 días, garantizando 6.75 horas más de luz en la noche de forma cíclica, donde fueron evaluados 6 variables dentro de los 5 tratamientos derivados de los tres grupos compuestos por los mismos tres bombillos durante 30 días de iluminación. Los resultados de la investigación determinaron que el bombillo tradicional fluorescente de espiral Philips de 27 watts a 220v, puede ser sustituido por el bombillo LED blanco de la marca Philips de 14.5 watts a 220v, ya que éste tuvo un comportamiento significativo y positivo a nivel productivo en las plantas madres y producción de flores de corte, durante el desarrollo de la investigación.

**Palabras clave:** Crisantemo, Planta Madre, Luz, Floración, Cíclica, Fluorescente, LED

### Abstract

The research work was carried out in the region of eastern Antioquia, in the Pontezuela village of the municipality of Rionegro Antioquia, Danziger Colombia S.A.S farm, said research was focused on replacing the energy-saving fluorescent bulb that the chrysanthemum currently has for its physiological development and productive, both in the production of cuttings in the mother plant and in the production of cut flowers. In the case of mother plants, three beds were planted with 5 varieties each: Atlantis White, Georgia, Atlantis Yellow, Rosalinda and Multisol. Each era was illuminated with one treatment, for a total of 3 treatments. Information was collected for 20 weeks, twice a week, guaranteeing a frequency of 6.0 daily cyclical hours with each treatment, for which the traditional 27-watt Philips spiral fluorescent bulb at 220v (witness), the Philips red LED of 13 watts at 220v and Philips brand white LED of 14.5 watts at 220v. In the case of cut flowers, the varieties were subjected to a set of lights from rooting to planting for 30 days, guaranteeing 6.75 more hours of light at night in a cyclical way, where 6 variables were evaluated within the 5 treatments. derived from the three groups composed of the same three bulbs for 30 days of lighting. The results of the investigation determined that the traditional Philips spiral fluorescent bulb of 27 watts at 220v, can be replaced by the white LED bulb of the Philips brand of 14.5 watts at 220v, since it had a significant and positive behavior at a productive level. in the mother plants and production of cut flowers, during the development of the investigation.

**Keywords:** Chrysanthemum, Mother Plant, Light, Flowering, Cyclical, Fluorescent, LED

## Contenido

|                                                      | pág.      |
|------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Introducción .....</b>                            | <b>15</b> |
| <b>Objetivos .....</b>                               | <b>16</b> |
| Objetivo General .....                               | 16        |
| Objetivos Específicos.....                           | 16        |
| <b>Planteamiento del Problema .....</b>              | <b>17</b> |
| <b>Justificación.....</b>                            | <b>19</b> |
| <b>Marco Teórico .....</b>                           | <b>22</b> |
| Generalidades del <i>Chrysanthemum spp</i> .....     | 22        |
| Taxonomía .....                                      | 23        |
| Descripción Botánica del Crisantemo.....             | 23        |
| Requerimientos Edafoclimáticos .....                 | 24        |
| <i>Temperatura</i> .....                             | 24        |
| <i>Humedad</i> .....                                 | 24        |
| <i>Luz</i> .....                                     | 24        |
| Estado Fenológico del <i>Chrysanthemum spp</i> ..... | 25        |
| <i>Técnicas del Cultivo</i> .....                    | 25        |
| Suelos y Sustratos. ....                             | 25        |
| Riegos y Fertilización. ....                         | 26        |
| El Fotoperiodo .....                                 | 26        |
| Luz Artificial.....                                  | 27        |
| La Luz Solar.....                                    | 27        |

|                                                                                                    |           |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| Luz Artificial LED .....                                                                           | 27        |
| Fitocromo .....                                                                                    | 28        |
| <b>Materiales y Métodos.....</b>                                                                   | <b>29</b> |
| Área de Estudio.....                                                                               | 29        |
| <i>Ensayos Lumínicos en las Plantas Madres para Determinar el Cambio de Bombillo y la</i>          |           |
| <i>Producción de Esquejes.....</i>                                                                 | <i>30</i> |
| <i>Proceso de Enraizamiento .....</i>                                                              | <i>31</i> |
| <i>Procedimiento de Siembra.....</i>                                                               | <i>32</i> |
| Toma de Datos Durante el Tiempo de Cosecha de los Esquejes Producidos por las Plantas              |           |
| Durante las 20 Semanas de Producción .....                                                         | 35        |
| <i>La Era de la Cama 1 .....</i>                                                                   | <i>35</i> |
| <i>La Era de la Cama 4.....</i>                                                                    | <i>36</i> |
| <i>La Era de la Cama 60.....</i>                                                                   | <i>37</i> |
| Proceso de Enraizamiento de Esquejes para la investigación en las Flores de Corte .....            | 38        |
| <i>Esquejes Cosechados y Empacados en Planta Madre de Chrysanthemum spp.....</i>                   | <i>38</i> |
| Bancos de Enraizamiento.....                                                                       | 39        |
| Proceso .....                                                                                      | 39        |
| <i>Enraizamientos que se Realizaron para Ensayar los Diferentes Tratamientos con los Cuales se</i> |           |
| <i>Experimentaron las Pruebas Lumínicas.....</i>                                                   | <i>40</i> |
| Ensayos de Respuesta Lumínica en Flores de Corte Sometidos a un Juego de Luces para el             |           |
| Análisis Correspondiente y Criterios de Calidad y Producción. Donde se compararon los              |           |
| Diferentes Tipos de Bombillos para la Producción de <i>Chrysanthemum spp</i> .....                 | 44        |
| <i>Tratamientos Realizados.....</i>                                                                | <i>48</i> |

|                                                                                                         |           |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| Grupo No. 1 (bombillo LED rojo Philips de 13 watts a 220v). .....                                       | 48        |
| Grupo No. 2 (bombillos LED blanco de la marca Philips de 14.5 watts a 220v). .....                      | 49        |
| Grupo No. 3 (bombillo espiral Philips de 27 watts a 220v). .....                                        | 49        |
| Procedimiento de la Toma de Datos y las Variables Establecidas por Tratamiento en los Tres Grupos ..... | 50        |
| Medición de los Bombillos y su Espectrometría .....                                                     | 50        |
| <b>Análisis Estadístico .....</b>                                                                       | <b>53</b> |
| <b>Resultados y Discusión .....</b>                                                                     | <b>54</b> |
| Resultados en Producción de Esquejes en las Plantas Madres de <i>Chrysanthemum spp</i> .....            | 54        |
| Resultados y discusión a nivel Producción de Flores para Corte .....                                    | 60        |
| Análisis de las Variables por Variedades Sometidas en el Diferente Tratamiento.....                     | 62        |
| Figuras Estadísticas.....                                                                               | 63        |
| Resultados del Análisis Estadístico .....                                                               | 64        |
| <b>Conclusiones .....</b>                                                                               | <b>75</b> |
| <b>Recomendaciones .....</b>                                                                            | <b>76</b> |
| <b>Referencias Bibliográficas.....</b>                                                                  | <b>77</b> |
| <b>Bibliografía .....</b>                                                                               | <b>87</b> |
| <b>Apéndice.....</b>                                                                                    | <b>89</b> |

## Lista de Figuras

|                                                                                                                                                                                          | pág. |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| Figura 1. Ubicación Finca Danziger Colombia .....                                                                                                                                        | 30   |
| Figura 2. Era sembrada en la producción de esquejes en planta madre de <i>Chrysanthemum</i> spp. ....                                                                                    | 33   |
| Figura 3. Procedimiento realizado con el fin de probar los bombillos, y garantizar el cerramiento<br>referente al tema de reflejos para la planta madre de <i>Chrysanthemum</i> spp..... | 34   |
| Figura 4. Imagen del esqueje rotulado listo para enraizar .....                                                                                                                          | 39   |
| Figura 5. Imágenes de los esquejes enraizados y marcados .....                                                                                                                           | 40   |
| Figura 6. Resumen de los tratamientos hechos para el juego de luces .....                                                                                                                | 42   |
| Figura 7. Diferentes tratamientos con bombillos, cortinas y sistemas de riego.....                                                                                                       | 42   |
| Figura 8. Tratamientos iluminados y encerrados en las cortinas para evitar reflejos entre ellos . ....                                                                                   | 43   |
| Figura 9. Esquejes listos con 16 días de enraizados para llevarlos a campo .....                                                                                                         | 43   |
| Figura 10. Preparación de la cama con su sistema de riego en la cual se sembró el esqueje .....                                                                                          | 46   |
| Figura 11. Imagen de la era sembrada en campo, con sus respectivos grupos con los esquejes<br>procedentes de planta madre .....                                                          | 47   |
| Figura 12. Era sembrada y dividida con cortina en la cual se separaron los grupos .....                                                                                                  | 47   |
| Figura 13. Iluminación en las horas de la noche, donde se evidenció la división de los grupos de<br>bombillos para los tratamientos .....                                                | 48   |
| Figura 14. Espectrometría del bombillo ahorrador fluorescente de espiral .....                                                                                                           | 51   |
| Figura 15. Espectrometría del bombillo LED rojo .....                                                                                                                                    | 51   |
| Figura 16. Imagen de la espectrometría del bombillo LED blanco philips .....                                                                                                             | 52   |
| Figura 17. Producción de esquejes a través del tiempo en cada uno de los tratamientos .....                                                                                              | 56   |
| Figura 18. Producción de esquejes por tratamiento .....                                                                                                                                  | 57   |

|                                                                                                                              |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 19. Comparativo de los tratamientos por bombillos.....                                                                | 58 |
| Figura 20. Esquejes botonados (botón corona o formación compuesta), los cuales no son aptos para un proceso productivo ..... | 59 |
| Figura 21. Resultados de los seis tratamientos y variables analizados estadísticamente.....                                  | 63 |
| Figura 22. Tamaño de espiga y el comportamiento de las variables .....                                                       | 64 |
| Figura 23. Diámetro de tallos comparados con los demás tratamientos.....                                                     | 65 |
| Figura 24. Longitud de tallos en y los diferentes tratamientos .....                                                         | 67 |
| Figura 25. Número de botones florales comparados con los diferentes tratamientos .....                                       | 69 |
| Figura 26. Diámetros de pétalos Spray .....                                                                                  | 70 |
| Figura 27. Diámetro de pétalos en disbud .....                                                                               | 72 |

## Lista de Tablas

pág.

|                                                                                                           |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabla 1. Resumen estadístico de la producción de esquejes por tratamiento .....                           | 58 |
| Tabla 2. Media y desviación estándar de los diferentes parámetros evaluados por cada<br>tratamiento ..... | 74 |

## Lista de Apéndices

|                                                 | pág. |
|-------------------------------------------------|------|
| Apéndice A. Diámetro de pétalos en Spray .....  | 89   |
| Apéndice B. Diámetro de pétalos en Disbud ..... | 90   |
| Apéndice C. Cantidad de puntos florales.....    | 91   |
| Apéndice D. Tamaño de Espiga.....               | 92   |
| Apéndice E. Altura de tallo.....                | 93   |
| Apéndice F. Diámetro de tallo .....             | 94   |

## Introducción

Actualmente, Colombia se destaca como un productor y exportador de gran variedad de flores, resaltando entre ellas el *Chrysanthemum spp.* Este cultivo, aporta significativamente al desarrollo económico del país, el cual es derivado de la comercialización del mismo, a través de las ventas de exportación y de tipo local (Arbeláez, s.f.). La apertura de nuevos mercados, genera a los productores la imperiosa necesidad de generar alternativas de cooperación con el medio ambiente, enfocadas en la producción de acuerdo a los estados fenológicos del *Chrysanthemum spp.* Es importante resaltar que, en Colombia, el sistema de producción de *Chrysanthemum spp.* se debe realizar en invernaderos, de lo contrario, los parámetros de calidad no cumplirían con lo requerido, es por esto que se conocen invernaderos tipo capilla (hechos en guaduas o postes inmunizados, invernaderos tipo espacial, postes de concreto o inmunizados o invernaderos tecnificados tipo holandés con infraestructura galvanizada y tubular). A estos invernaderos, se les acondiciona el sistema de iluminación, el cual garantice que la planta tenga condiciones lumínicas suficientes para su desarrollo, (Industria y Comercio Superintendencia, 2014). Adicionalmente, la normatividad ambiental y de salud, decreta que se debe sustituir el bombillo convencional tipo ahorrador, por iluminación LED (República de Colombia - Ministerio de Minas y Energía, 2010). El *Chrysanthemum spp.* es una planta de días cortos y la mayoría de sus variedades, son plantas demandantes al suministro de horas luz en las noches para cumplir con su desarrollo productivo y de calidad, y así cumplir con los parámetros y objetivos comerciales (Chica Toro, 2005), por tanto, dicha investigación tiene como objetivo sustituir el bombillo tradicional fluorescente de espiral Philips de 27 watts a 220v, tanto en la producción de esquejes como en la producción de flores de corte.

## Objetivos

### Objetivo General

Evaluar el tipo de bombillo LED que pueda sustituir el tradicional fluorescente de espiral Philips de 27 watts a 220v para el *Chrysanthemum spp* en planta madre y flores de corte.

### Objetivos Específicos

Identificar las alternativas de cambio del tipo de bombillos LED, para los productores de *Chrysanthemum spp* en Colombia y el mundo.

Analizar el comportamiento productivo en la producción de esquejes de *Chrysanthemum spp* mediante los tratamientos establecidos del tipo de bombillo.

Evaluar variables que inciden en la producción de flores de corte de *Chrysanthemum spp*.

### **Planteamiento del Problema**

La alta expansión y crecimiento del cultivo de *Chrysanthemum spp*, ha generado una coacción predominante en el medio ambiente, debido a variables como utilización de agroquímicos, alta demanda de agua y de energía, siendo este último objeto de estudio en el presente proyecto investigativo.

El bombillo fluorescente, contiene sustancias altamente perjudiciales para la salud, entre ellas el mercurio. De acuerdo al documento publicado por la Revista Ambiental Catorce<sup>6</sup> denominado “Bombillas ahorradoras, una amenaza para el ambiente”, se argumentan varias teorías referentes a la peligrosidad de implementación de este bombillo, ya que las “lámparas fluorescentes contienen de tres a cinco miligramos de mercurio, que al multiplicarlos por millones de bombillas, representan una gran amenaza para la salud” explica Jesús Quintero, profesor e investigador de la Universidad Nacional (Mendivelso Rodríguez, 2014).

Québec-Canadá (2010), argumenta que el mercurio, es el principal componente de los bombillos ahorradores, es altamente tóxico y algunas de las consecuencias perjudiciales para la salud, se derivan en daño de los riñones, inflamación de pulmones, traumas, gastroenteritis, afecciones del sistema nervioso central, todo esto debido a que cuando un bombillo se destruye, el gas queda presente en el ambiente, por lo que puede causar afectaciones en la piel, disminución de la memoria, entre otros trastornos severos.

Por otra parte, teniendo en cuenta lo establecido en el “Convenio de Minamata sobre el Mercurio”, el cual es un tratado mundial, enfocado en la protección de la salud humana y el medio ambiente de los efectos hostiles causados por el mercurio, se describe la eliminación progresiva y gradual del uso de mercurio en algunos productos y procesos, entre otros usos industriales que perjudican el medio ambiente y la salud humana.

Los productos con mercurio añadido, entre los cuales se encuentran las lámparas fluorescentes compactas para usos generales de iluminación de  $\leq 30$  vatios, con un contenido de mercurio superior a 5 mg por quemador de lámpara, de acuerdo a lo estipulado en el Convenio de Minamata, a partir del año 2020, no estará permitida la producción, importación y exportación de este tipo de productos (ONU, 2019).

El sector agrícola productor de flores, dinamiza otros sectores de la economía, entre ellos la apertura de nuevos mercados y la generación de empleos a gran escala. Adicionalmente, la inclusión a los mercados internacionales, exige al sector floricultor mantener programas de conservación ambiental, los cuales muestren la utilización de energías renovables, amigables para el ser humano y el medio ambiente. Es así como surge la necesidad planteada en la presente investigación, ya que el sector ambiental, se ha visto altamente afectado por el crecimiento económico y las actividades derivadas de los procesos de producción y comercialización de productos, entre ellos los productos agrícolas. Retomando el tema de la iluminación en las plantas, este sistema, debe ser lo suficientemente efectivo como para garantizar que no contribuirá al daño ambiental y afectación de la salud humana.

### Justificación

La investigación está enfocada en demostrar que el uso de la tecnología LED genera múltiples beneficios, tanto para el medio ambiente, como para el cultivo del *Chrysanthemum spp.* Algunas afirmaciones referentes al tema, son citadas en varios documentos, entre ellos el documento científico “Horticultural lighting system optimalization: A review”, el cual infiere que, “a diferencia de las lámparas fluorescentes, los LED no contienen mercurio, siendo fundamentalmente dispositivos de iluminación ecológicos” (Sipos, y otros, 2020).

Este mismo documento, plantea que los LED, son menos sensibles a la variación de voltaje, por lo que su seguridad operativa y eficiencia energética, son más altas, y pueden retribuir más fácil y eficientemente las necesidades de la planta.

Reyes, et al., (2018), afirma mediante investigación, la problemática sobre las concentraciones de mercurio, generada por las lámparas fluorescentes incandescentes, las cuales generan problemas al medio ambiente y al ser humano.

En cuanto al método de iluminación en la producción de *Chrysanthemum spp.*, se analizó exhaustivamente los beneficios representativos que contribuyan a una sana producción, siempre con la directriz enfocada en la protección del medio ambiente y la salud humana.

Dicho análisis presenta resultados de manera que los esquejes y flores no tengan problemas y características negativas, las cuales hagan que el producto no cumpla con los índices de calidad requeridos para incursionar en el mercado de exportación de flores.

El mercado colombiano de distribución de bombillas, aún no está establecido con criterios técnicos para la producción de *Chrysanthemum spp.*, por lo cual no es fácil cambiar el tipo de bombillos de una forma ligera y de fácil resultado, ya que la espectrometría para el

*Chrysanthemum spp* hace que las características productivas y de calidad sean susceptibles a la variación, lo cual constituye un reto para cambiar el tipo de bombillo.

Ryan Major Crippen (2015), en su estudio experimental “How to Grow Organic Plants Indoors with LED Lights - For Beginners and Advanced Gardeners - Advice from a Professional Grower” a través de su conocimiento empírico y desarrollo experimental en procesos cultivadores utilizando sistema de iluminación LED, afirma que:

La luz es uno de los factores más determinantes para el crecimiento de la planta. Si no hay suficiente luz, la planta no crecerá. Igualmente, la luz también precisa si la planta crecerá en modo vegetativo o en modo flor. La planta madre es la forma de mantener una especie viva y disponible para reproducirse, para mantenerla en estado vegetativo, hay que mantenerla bajo luz continua las 24 horas del día, los siete días de la semana.

El modo flor, se inicia cuando la planta se pone bajo un horario de luz de 12 horas encendidas y 12 horas apagadas, por cada 24 horas de un día que pasa (Ryan Major, 2015).

El componente principal que decide si la planta florece o no, es inherente al ciclo de luz, los nutrientes no tienen relación estrecha con este factor.

En cuanto al uso de la luz LED, ésta es mucho más efectiva que la fluorescente, la cual como se ha mencionado anteriormente, contiene mercurio. El autor de esta guía experimental, expone que los LED de 5 y 10 mm, sólo son buenos para aplicaciones de iluminación suplementaria muy sutiles. Usar alrededor de 600 vatios de luz LED por área de 10 pies cuadrados, produce plantas grandes y vigorosas.

Por otro lado, se pretende demostrar que el suministro de iluminación LED en los cultivos de *Chrysanthemum spp*, constituye una opción benéfica, tanto para el medio ambiente, la salud humana y el desarrollo de las plantas, evidenciando que al reemplazar el bombillo

convencional utilizado actualmente en la mayoría de los floricultivos, se obtendrá mayor precisión en el crecimiento de la planta, los clones de la planta madre presentarán variables de estándares de calidad mejores, las flores de corte tendrán un mejor desarrollo en condiciones de uniformidad, tamaño de espiga y diámetro de flor. Adicionalmente, se ahorrará energía, y se dará solución a una de las problemáticas de mayor relevancia, la cual está supeditada al uso de bombillo ahorrador, el cual contiene mercurio, gas altamente contaminante, nocivo para la salud humana y el medio ambiente.

## Marco Teórico

### Generalidades del *Chrysanthemum spp*

El *Chrysanthemum spp* es un género que pertenece a la familia de las Asteráceas o compuestas, es una de las flores más antiguas cultivadas en el mundo. Comprende más de 30 especies originarias de Asia y Europa, principalmente de China (Infoagro, 2022). El cultivo fue introducido a Japón en los años 730-750 d.c, dado por la selección y el cruzamiento con especies silvestres japonesas, las cuales alcanzan una buena calidad para la producción, tales como forma, color, adaptabilidad, tiempo de floración y durabilidad después de la cosecha, favoreciendo así a Europa, América y Asia; como alternativa de desarrollo productivo y comercial (Bautista Paque, 2002).

Mediante opinión dada por as (Vasquez Silva, 2018), infiere que la iluminación LED tiene múltiples beneficios para el *Chrysanthemum spp*, debido a que son tecnologías que se pueden modificar con el espectro de luz que se requiera, este tipo de alternativa, no se puede generar con la lámpara incandescente o fluorescente, debido a la forma en que están construidas, y por la cantidad de gas que contiene.

Meza Echeverria (2021), determina que el *Chrysanthemum spp* es una planta de días cortos, lo que implica darles 4.5 horas más de luz mediante alternativa artificial, para ayudar en sí a que la planta responda a sus necesidades fisiológicas.

Rajapakse, McMahon & Kelly (1993), ratifican que el fitocromo está involucrado en la regulación de estas características morfológicas y en el fotosintato. De acuerdo a esta afirmación, están involucrados en la exposición por las luces adicionales, ya que las plantas que no fueron sometidas al tratamiento, no sufren cambios en su desarrollo fisiológico.

## **Taxonomía**

De acuerdo a (colombia.inaturalist.org, 1992), el *Chrysanthemum spp* se clasifica en:

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Subclase: Asteridae

Orden: Asterales

División: Magnoliophyta

Familia: Asteraceae

Subfamilia: Asteroideae

Tribu: Anthemideae

Subtribu: Artemisiinae

Género: *Chrysanthemum spp*

Especie: *C. morifolium*; *Ramat.*

## **Descripción Botánica del Crisantemo**

El *Chrysanthemum spp* es una de las plantas herbáceas perenne, que se clasifica por ser ramificada y erguida, por medir entre 80 y 110 centímetros de alto, las hojas son dentadas o lobuladas, ligulosas o rugosas, de colores verdes claros y oscuros. La inflorescencia, se caracteriza por tener un capítulo formado de flores femeninas, ubicadas en la zona radical y hermafroditas localizadas en la zona central. El receptáculo tiene forma convexa y se encuentra envuelto por las brácteas (Vasquez Silva, 2018), dado así que la inflorescencia es el factor que determina al crisantemo como una flor de alternativas comerciales, económicas y sociales.

## **Requerimientos Edafoclimáticos**

### ***Temperatura***

La temperatura del *Chrysanthemum spp*, oscila entre 18-25°C. Cuando las temperaturas sobrepasan este nivel, los colores de las flores tienden a ser más pálidos. Por el contrario, si la temperatura es más baja de este nivel, puede ocasionar manchas rosadas, generando así problemas de calidad; incluso en ambas condiciones de modo extremo, se pueden generar malformaciones en la floración (Infoagro, 2022).

### ***Humedad***

La humedad relativa puede estar entre 60-70%. En este caso, si la humedad se comporta por encima de lo normal, puede generar problemas fúngicos de difícil control para la roya blanca “*Puccinia horiana*”, mientras que, si la temperatura es baja, se pueden presentar problemas de crecimiento y uniformidad en las plantas (Infoagro, 2022).

### ***Luz***

Los *Chrysanthemum spp*, son plantas de días cortos; siendo el punto más crítico para inducir a floración según la variedad de 13 a 14 horas. Si la planta es sometida a menos horas de luz del estándar establecido, ésta se induce a floración, generando así problemas técnicos, productivos y de calidad. Es por esto, que es necesario dar horas adicionales en las horas de la noche, con el fin de inhibir la floración temprana (Meza Echeverria, 2021).

Según investigación de Meza Echeverria (2021), evidencia que el *Chrysanthemum spp* se comporta en estado vegetativo cuando se le dan condiciones de días largos; y la etapa productiva se da cuando tiene condiciones de días cortos, iniciando así el desarrollo de la floración.

### **Estado Fenológico del *Chrysanthemum spp***

Infierre Meza Echeverria (2021), que el *Chrysanthemum spp* tiene siete etapas fenológicas que van desde la siembra hasta la madurez. En la fase vegetativa, se presentan dos estados fenológicos, y en la fase reproductiva se muestran cinco estados fenológicos, los cuales la inducen a la florescencia. El primer estado fenológico, se presenta desde la siembra, hasta la puesta de la luz, que es máximo hasta los 21 días. El segundo estado fenológico, se presenta desde los 21 días hasta que aparece el botón llamado arroz, que es donde empieza el estado tres aproximadamente a los 42 días después de sembrada. A los 50 días; después de la siembra, se da el estado cuatro, el cual es llamado botón alverja, debido a que su botón es más ensanchado y redondeado. A los 55 días después de la siembra, se desarrolla el estado cinco, denominado botón garbanzo, garantizando un botón más ensanchado y de color más verde oscuro en la periferia y amarilla verdosa en el centro. A partir de los 60 días después de la siembra, se da el estado seis, que es donde se observan los primeros pétalos que indican el color de la variedad y simultáneamente va creciendo el diámetro floral de la variedad. El estado siete, se da a los 80 días después de la siembra, el cual indica que llegó al máximo desarrollo y es en este punto, donde se da la cosecha y se lleva a su estado final, productivo y comercial.

### ***Técnicas del Cultivo***

**Suelos y Sustratos.** Se deben garantizar suelos y sustratos porosos, esterilizados, con buenos contenidos de materia orgánica, con condiciones de intercambio catiónico adecuados; tales como el Ph (5.5-6.5) y conductividad eléctrica, que supere los 2.5mS/cm. (Infoagro, 2022)

**Riegos y Fertilización.** Ángel Pardo (2009), define que el *Chrysanthemum spp* es una planta que requiere condiciones de fertilización antes de las siembras, adicionado programa de fertilización por sistema de goteo: basados siempre por las condiciones agroquímicas y fisiológicas de la planta.

Infoagro (2022), confirma que el *Chrysanthemum spp* es una variedad exigente en cuanto a nutrición, se debe garantizar la enmienda acorde al análisis de suelo; para obtener un buen intercambio catiónico, suministrando así nutrientes como calcio, nitrógeno, fósforo y potasio. El calcio, es uno de los nutrientes fundamentales para su desarrollo fisiológico y productivo. Dicha nutrición; se debe proporcionar mediante análisis de suelo y foliar, el cual tiene como objetivo mantener las necesidades de sus estados fenológicos. La dosis de aplicación para el *Chrysanthemum spp*, se debe suministrar de la siguiente manera: En suelo, el calcio debe ser equivalente a 15-18 cmol kg, el potasio debe ser 0.75 cmol kg y fósforo 100-200 ppm, y a nivel foliar, mantener las plantas en un porcentaje de calcio de 1.5-2.0 %, en el potasio 4.0-6.5 % y en el fósforo de 0.3-0.6 % (Pulgarín Navarro, 2021).

### **El Fotoperiodo**

Basados en la investigación hecha por Meza Echeverría, en la cual ratifica que las plantas y especies vegetales; tienen la capacidad de detectar la duración del día, dando así respuestas y reacciones a acontecimientos moleculares o biológicos dentro de la planta, o especies para detectar y dar respuestas los días más largos en verano y más cortos en invierno (Meza Echeverria, 2021).

En la investigación realizada por Chica Toro & Correa Londoño (2005), infiere que las plantas de días cortos son sensibles al fotoperíodo para el fenómeno de la inducción floral.

Por otra parte, Meza Echeverría; afirma que el *Chrysanthemum spp* son plantas de días cortos; siendo el punto más crítico para inducir a floración según la variedad de 13 a 14 horas. De ser menos horas de luz; la planta se induce a floración; generando así problemas técnicos y de calidad. Es por esto que es necesario, dar horas adicionales en las horas de la noche, con el fin de inhibir la floración temprana (Meza Echeverria, 2021).

### **Luz Artificial**

Henao Camacho (2019), define que la luz artificial, desempeña un papel muy importante para el desarrollo y el crecimiento de las plantas del crisantemo; debido a que éstas asemejan las ondas de la luz del día, influyendo directamente en la fotosíntesis y en procesos de desarrollo vegetal (fototropismo, fotoperiodismo y fotomorgénesis).

### **La Luz Solar**

Martínez-García, Monte & Ruiz Cantón (s.f.), define que la energía solar está compuesta por diferentes colores, los cuales son resultado de las diferentes longitudes de onda, mostradas en nanómetros. El ojo humano, visiblemente cubre y percibe entre 400 y 700 nm, los receptores detectan la luz uv-B a los 280-320nm, criptocromos que absorben generalmente la luz uv- A están entre 302 a 390 nm; el azul a 400 a 500 nm; el verde y el azul actúan en la clorofila, la cual absorbe la luz azul y roja entre 400 y 600 nm.

### **Luz Artificial LED**

Nájera Vázquez (2020), define que el bombillo LED, contiene diodos emisores de luz, los cuales tienen un espectro específico, de bajo consumo energético, que genera menos calor y la durabilidad es más extendida y sobre todo más amigable con el medio ambiente. Es de estado sólido y funciona con corriente directa.

**Fitocromo**

El fitocromo es el principal fotoreceptor en el fotoperiodismo, teniendo su sensibilidad en la región roja (600 nm) e infrarroja (730 nm), siendo las ondas de luz más importantes para las respuestas fisiológicas, donde se estimula aspectos como la expansión de hojas; germinación de semillas, elongación de tallos y la inducción floral (Meza Echeverria, 2021).

## Materiales y Métodos

### Área de Estudio

El proyecto de investigación experimental, se desarrolló en la finca Danziger Colombia S.A.S, (hibridadora de *Chrysanthemum spp*), ubicada en la vereda Pontezuela del municipio de Rionegro Antioquia, con coordenadas 6.086114, -75.426379; con un área productiva y de investigación de 0.8 hectáreas, con unas condiciones agroclimáticas presentes en el sitio: Temperatura promedio de 20°C, humedad relativa promedio 76%, altitud de 2300 m.s.n.m. y precipitación promedio anual de 1600-2000 mm. Esta finca, está dedicada a la hibridación de variedades de *Chrysanthemum spp* y otras especies de diversificación. Adicionalmente, cuenta con unas condiciones bastante altas en el tema de tecnificación, lo cual garantiza que, en su hectárea productiva, se obtenga material de esqueje de altos estándares de calidad para los productores de flores de exportación de *Chrysanthemum spp*. Para el desarrollo de esta investigación, se utilizaron cinco variedades propias del breeding, las cuales son utilizadas por los productores agrícolas del sector floricultor de Colombia. Las variedades evaluadas y sometidas a estos ensayos fueron: Atlantis White (C1), Georgia (C2), Atlantis Yellow (C3), Rosalinda (C4) y Multisol (C5).

El municipio de Rionegro Antioquia, se encuentra localizado en el valle de San Nicolás subregión del oriente en el departamento de Antioquia en Colombia, su nombre es Ciudad Santiago de Arma de Rionegro, se encuentra aproximadamente a una distancia de 45 kilómetros de la capital antioqueña, Medellín. Limita por el norte con los municipios de Guarne y San Vicente, al este con Marinilla y El Carmen, al sur con La Ceja y al oeste con El Retiro, Envigado y Medellín. Tiene una extensión de 195,7 kilómetros. Su altura máxima es de 2740 m.s.n.m. y la mínima de 2065 m.s.n.m. (rionegro.gov.co, 2021). La temperatura media del municipio es de

18.5 °C y la humedad relativa anual es del 75%, y alcanza un máximo de 90% en épocas de lluvias y un mínimo de 59% en épocas de baja pluviosidad. En promedio se evaporan 1.219 mm/año, es decir el 67% de la precipitación anual y el 23% restante se convierte en agua de infiltración y escorrentía. Hay dos estaciones secas en el año, la más prolongada es de diciembre a marzo y otra corta en junio y julio (rionegro.gov.co, 2014).

## Figura 1

### *Ubicación Finca Danziger Colombia*



Fuente: Google Maps, s.f.

## **Ensayos Lumínicos en las Plantas Madres para Determinar el Cambio de Bombillo y la Producción de Esquejes**

Debido a la necesidad lumínica que tiene la planta madre de *Chrysanthemum spp.*, posteriormente se realizó un ensayo, en el cual se garantizó la luz en las noches para poder cumplir con el desarrollo fisiológico y también de calidad; es imprescindible garantizarles a las plantas los criterios ineludibles en el tema de espectrometría y tipo de bombillo, ya que por normatividad referente a la protección ambiental y la salud humana, es necesario cambiar la luz

fluorescente e incandescente a tecnología LED con la cual, también se pretende mejorar la efectividad en el sistema de iluminación de las plantas. Teniendo en cuenta estas variables, se tomó la decisión de realizar este proyecto de investigación, el cual determinó el criterio técnico para cambiar este parámetro productivo.

Para este proyecto; se utilizaron diversos criterios, los cuales fueron tomados de diferentes tipos de bombillos que presentan características de variabilidad en el tema de la espectrometría. El bombillo tradicional fluorescente de espiral Philips de 27 watts a 220v; se tomó como testigo, fue comparado con el bombillo LED rojo Philips de 13 watts a 220v y LED blanco de la marca Philips de 14.5 watts a 220v, los cuales cumplen las especificaciones de los fluorescentes, y, sobre todo, con la normatividad exigida por las entidades gubernamentales y ambientales.

Estas entidades, basadas en diversos estudios experimentales, ratifican el cumplimiento y exigencia para este tipo de iluminación; cuyo objetivo es siempre contribuir a la protección de la vida, la salud humana, la protección de la vida animal y vegetal, la prevención de prácticas que puedan inducir a error al usuario y la protección del Medio Ambiente (República de Colombia - Ministerio de Minas y Energía, 2010).

### ***Proceso de Enraizamiento***

Para llevar a cabo este proceso, se llenaron cubetas de 128 alvéolos con sustrato compuesto (70% aserrín, 30% suelo con micorrizas, llamado sustrato 7-3 de enraizamiento, de la planta de sustratos llamada Micorrizas y Sustratos Campo Verde, del municipio de Rionegro Antioquia). Posteriormente, se seleccionó el esqueje producido por las plantas madres del área de núcleos, los cuales se encontraban almacenados en cuarto frío. Se realizó aplicación de hormona en el tallo; la cual está compuesta por (ácido indolbutírico enraizante con una concentración

de 1000 ppm, llamada “rizastore” del laboratorio biológico Natural Control del municipio de La Cebra Antioquia. Posterior a la aplicación de la hormona, se enterró un centímetro de tallo; y luego, se procedió a marcar y rotular cada cubeta. Después de realizar este proceso, se colocó el sistema de nebulización con una frecuencia de riego de 10 minutos, el cual garantiza una intensidad de cinco segundos, este proceso se realizó los ocho primeros días de estabilización, después de los 8 hasta el día 12, se colocó una frecuencia de cada 20-30 minutos, garantizando una intensidad de cinco segundos, y del día 13 al 16, se colocó una frecuencia de cada 45 minutos con una intensidad de cinco segundos. Los nebulizadores fueron de 40L/h anti goteo y auto compensados. Referente a las luces, se instaló un sistema de alumbramiento con bombillos ahorradores de 25wat, durante los 16 días que duró el proceso de enraizamiento, tiempo estipulado para estas variedades. La frecuencia y tiempo de encendido de las luces, fue de 15 minutos prendidos y 15 apagados desde las 7:00 pm hasta las 5:30 am, garantizando así un tiempo de seis horas luz en la noche de forma cíclica.

### ***Procedimiento de Siembra***

Luego de haber pasado los 16 días de enraizamiento; se procede a preparar las camas o eras, las cuales tienen una longitud de 18 metros de largo x 1,20 metros de ancho, dando un total de 21.6 metros cuadrados. Estas eras, se prepararon con la ayuda de la máquina “motocultor”, garantizando una profundidad de 30 centímetros, luego se aplicaron las enmiendas correspondientes y utilizadas en la finca mediante criterio de análisis de fertilización y basadas en la necesidad de la planta de *Chrysanthemum spp*, posteriormente, se niveló el terreno, se instaló el sistema de riego por goteo, se realizó aplicación pre emergente; para el control de malezas. Una vez finalizada esta fase, se procedió a realizar la siembra de las cinco variedades, Atlantis White, Georgia, Atlantis Yellow, Rosalinda y Multisol, a una densidad de siembra de 72

plantas por metro cuadrado, que es lo estipulado por la finca para la producción de planta madre de *Chrysanthemum spp.* A dichas plantas; se les garantizó seis horas más de luz en la noche de forma cíclica durante 20 semanas. Las luces fueron encendidas desde las 7:00 pm hasta las 5:30 am, con el fin de garantizar las horas correspondientes para la producción de esquejes, y así mantenerlas en una forma vegetativa, para realizar el procedimiento correcto y eficaz en la producción de las plantas.

## Figura 2

*Era sembrada en la producción de esquejes en planta madre de Chrysanthemum spp*



Fuente: autoría propia

**Figura 3**

*Procedimiento realizado con el fin de probar los bombillos, y garantizar el cerramiento referente al tema de reflejos para la planta madre de Chrysanthemum spp*



Fuente: autoría propia

El proceso se repitió en las tres eras, utilizando los diferentes tipos de bombillos: (era 1; bombillo LED rojo de 13 watts Philips, era 2; bombillo LED blanco Philips de 14.5 watts y era 3; Testigo con bombillo ESPIRAL Fluorescente Philips de 25 watts). A las variedades de cada era, se les realizó un pinchs (despunte), al tercer par de hojas, tiempo dado a los ocho días después de siembra, con el fin de estimular la brotación de axilares que son los esquejes producidos por las plantas. Después de cuatro semanas de haber realizado este pinchs, la planta empezó a producir esqueje semanal, con el cual se realizó la investigación. A cada era, se le realizó un seguimiento exhaustivo mediante la utilización de una planilla recolectora de datos, la cual reunió una reseña del proceso desde su inicio hasta su final.

### **Toma de Datos Durante el Tiempo de Cosecha de los Esquejes Producidos por las Plantas Durante las 20 Semanas de Producción**

Después de haberse realizado la siembra correspondiente por era, se realizó una tabla recopiladora de datos para las tres eras, las cuales recogieron información para sacar los resultados correspondientes. Los datos de las tres eras, fueron recopilados con las mismas informaciones durante las 20 semanas que duró la investigación. En el caso de las plantas madres productoras de esquejes, la recolección de información se basó en la compilación de esquejes de un metro cuadrado, repitiendo la recolección de datos durante las 20 semanas de investigación. Dichas tablas, recopilaron la siguiente información: número de eras, número de plantas por metro cuadrado, tipo de bombillo, semana de siembra, semana de pinchs, semanas de cosecha de la semana uno a la semana 20, total de esquejes cosechados, número de esquejes por semana, esquejes por metro cuadrado, planta semanal, semana de inicio de inducción floral.

#### ***La Era de la Cama 1***

Esta era fue iluminada con el bombillo LED Blanco Philips de 14.5 Watts durante las 20 semanas de seguimiento, arrojó los siguientes datos:

La variedad Atlantis White produjo 2.331 esquejes durante las 20 semanas productivas, produciendo así 116.6 esquejes por metro cuadrado / planta semanal, arrojando como dato final 1.6 esquejes por planta semana.

La variedad Georgia produjo 2.394 esquejes durante las 20 semanas productivas, produciendo así 119.7 esquejes por metro cuadrado / planta semanal, arrojando como dato final 1.7 esquejes por planta semana, con características de inducción floral a la semana 18.

La variedad Atlantis Yellow; produjo 2.460 esquejes durante las 20 semanas productivas, produciendo así 123 esquejes por metro cuadrado / planta semanal, arrojando como dato final, 1.7 esquejes por planta semana, con características de inducción floral a la semana 20.

La variedad Rosalinda; produjo 2.364 esquejes durante las 20 semanas productivas, produciendo así 118.2 esquejes por metro cuadrado / planta semanal, arrojando como dato final 1.6 esquejes por planta semana.

La variedad Multisol; produjo 2.473 esquejes durante las 20 semanas productivas, produciendo así 123.7 esquejes por metro cuadrado / planta semanal, arrojando como dato final 1.7 esquejes por planta semana.

#### ***La Era de la Cama 4***

Esta era, fué iluminada con el bombillo espiral ahorrador Fluorescente Philips de 25 watts durante las 20 semanas de seguimiento, la cual arrojó los siguientes datos:

La variedad Atlantis White; produjo 2.128 esquejes durante las 20 semanas productivas, produciendo así 106.4 esquejes por metro cuadrado / planta semanal, arrojando como dato final 1.5 esquejes por planta semana.

La variedad Georgia; produjo 2.426 esquejes durante las 20 semanas productivas, produciendo así 115.7 esquejes por metro cuadrado / planta semanal, arrojando como dato final 1.6 esquejes por planta semana, con características de inducción floral a la semana 17.

La variedad Atlantis Yellow; produjo 2511 esquejes durante las 20 semanas productivas, produciendo así 125.3 esquejes por metro cuadrado / planta semanal, arrojando como dato final 1.6 esquejes por planta semana, con características de inducción floral a la semana 20.

La variedad Rosalinda; produjo 2.365 esquejes durante las 20 semanas productivas, produciendo así 118.3 metro cuadrado / esquejes por planta semanal, arrojando como dato final, 1.6 esquejes por planta semana.

La variedad Multisol; produjo 2.427 esquejes durante las 20 semanas productivas, produciendo así 118.1 esquejes por metro cuadrado / planta semanal, arrojando como dato final, 1.6 esquejes por planta semana.

### ***La Era de la Cama 60***

Esta era, fué iluminada con el bombillo LED rojo de 13 watts Philips durante las 20 semanas de seguimiento, la cual arrojó los siguientes datos:

La variedad Atlantis White; produjo 1688 esquejes durante las 20 semanas productivas, produciendo así 84.4 esquejes por metro cuadrado / planta semanal, arrojando como dato final, 1.2 esquejes por planta semana, con la característica de inducción floral desde la semana 15.

La variedad Georgia; produjo 2.056 esquejes durante las 20 semanas productivas, produciendo así 102.8 esquejes por metro cuadrado / planta semanal, arrojando como dato final, 1.4 esquejes por planta semana, con características de inducción floral a la semana 13.

La variedad Atlantis Yellow; produjo 1.940 esquejes durante las 20 semanas productivas, produciendo así 97.0 esquejes por metro cuadrado / planta semanal, arrojando como dato final, 1.3 esquejes por planta semana, con características de inducción floral a la semana 15.

La variedad Rosalinda; produjo 2218 esquejes durante las 20 semanas productivas, produciendo así 110.9 esquejes por metro cuadrado / planta semanal, arrojando como dato final 1.5 esquejes por planta semana, con características de inducción floral a la semana 12.

La variedad Multisol; produjo 1.592 esquejes durante las 20 semanas productivas, produciendo así 79.6 esquejes por metro cuadrado / planta semanal, arrojando como dato final 1.1 esquejes por planta semana, con características de inducción floral a la semana 11.

### **Proceso de Enraizamiento de Esquejes para la investigación en las Flores de Corte**

El proceso de enraizamiento para floración, se realizó de la siguiente manera: Se utilizó un sustrato compuesto (70% aserrín, 30% suelo con micorrizas, llamado sustrato 7/3 de enraizamiento, de la planta de sustratos llamada Micorrizas y Sustratos Campo Verde, del municipio de Rionegro Antioquia). Se utilizaron cubetas o bandejas de 128 alvéolos, hormona de enraizamiento, ácido indolbutírico enraizante con una concentración de 1000 ppm, llamada “rizastore” del laboratorio biológico Natural Control del municipio de La Ceja Antioquia. También se utilizaron cortinas plásticas separadoras, bombillos especificados, sistema de nebulización anti goteo, programador de luces con temporizador, etiquetas y paletas de marcación.

### ***Esquejes Cosechados y Empacados en Planta Madre de Chrysanthemum spp***

Estos esquejes, fueron almacenados dos semanas en cuarto frío, y posteriormente, puestos a enraizar durante 16 días, en una temperatura de 4°C.

**Figura 4***Imagen del esqueje rotulado listo para enraizar*

Fuente: autoría propia

**Bancos de Enraizamiento****Proceso**

Se llenaron las cubetas con sustrato compuesto (70% aserrín, 30% suelo con micorrizas, llamado sustrato 7-3 de enraizamiento, de la planta de sustratos llamada Micorrizas y Sustratos Campo Verde; del municipio de Rionegro Antioquia), luego se seleccionó el esqueje correspondiente a cada uno de los tratamientos. Posteriormente, al esqueje se le proporcionó hormona (ácido indolbutírico enraizante con una concentración de 1000 ppm, llamada “rizastore” del laboratorio biológico Natural Control del municipio de la Ceja Antioquia). Dicha hormona, se le colocó en la base del tallo el cual se incrustó en cada alvéolo de la cubeta, con un centímetro de profundidad, posteriormente, se procedió a marcar y rotular cada cubeta.

***Enraizamientos que se Realizaron para Ensayar los Diferentes Tratamientos con los Cuales se Experimentaron las Pruebas Lumínicas***

**Figura 5**

*Imágenes de los esquejes enraizados y marcados*



Fuente: autoría propia

Después de realizar este proceso, se colocó el sistema de nebulización con una frecuencia de riego de 10 minutos, el cual garantiza una intensidad de cinco segundos. Este proceso se realizó los ocho primeros días de estabilización, después de los 8 hasta el día 12, se colocó una frecuencia de cada 20 minutos, garantizando una intensidad de cinco segundos, y del día 13 al 16, se colocó una frecuencia de cada 4-5 minutos con una intensidad de cinco segundos. Los nebulizadores fueron de 40L/h anti goteo y auto compensados. Referente a las luces, se instaló un sistema de alumbramiento durante los 16 días que duró enraizando, tiempo estipulado para estas variedades. La frecuencia y tiempo de encendido de las luces, fue de 15 minutos prendidos y 15 apagados desde las 7:00 pm hasta las 5:30 am, garantizando así un tiempo de seis horas luz en la noche de forma cíclica.

El procedimiento para los diferentes tratamientos; se realizó con el fin de conservar la procedencia de los esquejes producidos en las plantas madres y así poder realizar el juego de luces y sometimiento entre ellos y analizarlos en el tratamiento hecho en el campo, para flores de corte.

En el primer grupo, se utilizó el del bombillo LED rojo, donde se enraizaron los esquejes procedentes de la planta madre iluminados con bombillo LED rojo para llevarlo a campo y someterlo a la iluminación de LED roja.

El segundo grupo, utilizó el bombillo LED blanco, donde se enraizaron esquejes de procedencia de planta madre LED blanca y esqueje de procedencia de planta madre LED roja, para llevarlos a campo y someterlos a luz LED blanca.

El tercer grupo, utilizó el bombillo espiral Philips de 27 watts a 220v (testigo), donde se enraizaron los esquejes procedentes de la planta madre de bombillo LED rojo Philips de 13 watts a 220v, los esquejes procedentes de la planta madre de LED blanco de la marca Philips de 14.5 watts a 220v y los esquejes procedentes de la planta madre de bombillo espiral Philips de 27 watts a 220v, los cuales fueron llevados a campo para someterlos a la luz del bombillo espiral Philips de 27 watts a 220v.

Figura 6

Resumen de los tratamientos hechos para el juego de luces

| TABLA DE ENRAIZAMIENTOS |                    |              |                                 |                               |
|-------------------------|--------------------|--------------|---------------------------------|-------------------------------|
| GRUPO DE BOMBILLO       | TIPO D EMOMBILLO   | TRATAMIENTOS | JUEGO DE LUCES                  | ESQUEJES PROCEDENTES DE       |
| 1                       | LED ROJO           | T1           | Rojo, Rojo, Rojo                | Planta madre LED rojo         |
| 2                       | LED BLANCO PHILIPS | T2           | Rojo, Philips B, Philips B      | Planta madre LED rojo         |
| 2                       | LED BLANCO PHILIPS | T3           | Philips B, Philips B, Philips B | planta madre LED blanco       |
| 3                       | AHORRADOR ESPIRAL  | T4           | Rojo, Espiral, Espiral          | Planta madre LED rojo         |
| 3                       | AHORRADOR ESPIRAL  | T5           | Philips B,Espiral, Espiral      | planta madre LED blanco       |
| 3                       | AHORRADOR ESPIRAL  | T6           | Espiral, Espiral, Espiral       | planta madre AHORADOR ESPIRAL |

Fuente: autoría propia

Se evidencia el tipo de bombillo y la infraestructura utilizada para ejecutar el proceso de enraizamiento de los tratamientos.

Figura 7

Diferentes tratamientos con bombillos, cortinas y sistemas de riego



Fuente: autoría propia

**Figura 8**

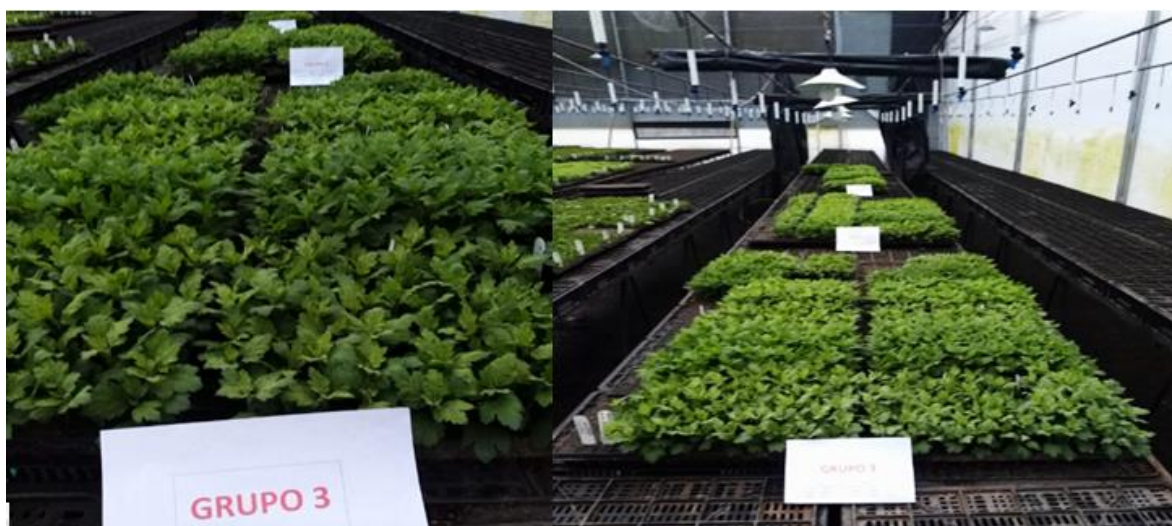
*Tratamientos iluminados y encerrados en las cortinas para evitar reflejos entre ellos*



Fuente: autoría propia

**Figura 9**

*Esquejes listos con 16 días de enraizados para llevarlos a campo*



Fuente: autoría propia

El proceso de la investigación, se llevó a cabo colocando a enraizar los esquejes de cada grupo y tratamiento, los cuales se sometieron a 16 días de la puesta de la luz. Dichos tratamientos se organizaron de la siguiente manera:

El grupo 1: con las 5 variedades Atlantis White, Georgia, Atlantis Yellow, Rosalinda, Multisol, enraizados con bombillo LED rojo Philips de 13 watts a 220v; con esquejes de la planta madre de bombillo LED rojo Philips de 13 watts a 220v.

El grupo 2: con las 5 variedades Atlantis White, Georgia, Atlantis Yellow, Rosalinda, Multisol, enraizados con bombillo LED blanco de la marca Philips de 14.5 watts a 220v; con esquejes de la planta madre de bombillo LED rojo Philips de 13 watts a 220v y esquejes de la planta madre de bombillos LED blanco de la marca Philips de 14.5 watts a 220v.

El grupo 3: con las 5 variedades Atlantis White, Georgia, Atlantis Yellow, Rosalinda, Multisol, enraizados con bombillo espiral Philips de 27 watts a 220v con esquejes de la planta madre de bombillo LED rojo Philips de 13 watts a 220v y esquejes de la planta madre de bombillos LED blanco de la marca Philips de 14.5 watts a 220v, con esquejes de la planta madre de bombillo espiral Philips de 27 watts a 220v. Terminado este proceso de enraizamiento, se procedió a realizar el procedimiento de siembra en el campo donde se analizaron los diferentes tratamientos.

**Ensayos de Respuesta Lumínica en Flores de Corte Sometidos a un Juego de Luces para el Análisis Correspondiente y Criterios de Calidad y Producción. Donde se compararon los Diferentes Tipos de Bombillos para la Producción de *Chrysanthemum spp***

Se realizó la investigación para la producción de flores de corte, en el cual, se sometió durante un tiempo necesario a días largos y luego a días cortos, con el fin de ayudarles a la estimulación de la inducción floral, que es lo que se busca durante 11 semanas de ciclo.

Este proceso, inició con la recolección de esquejes procedentes de la planta madre, los cuales, desde el momento de la cosecha, fueron almacenados en cuarto frío durante dos semanas, tiempo estipulado por la finca, lo cual se utiliza para dar rotación a los esquejes cosechados. Estos esquejes fueron cosechados, empacados, rotulados y luego guardados en bolsas plásticas con perforación durante dos semanas a una temperatura de 2°C, lo cual permitió la rotación y conservación de estos.

Se sometieron los mismos esquejes clones de la planta madre, como lo muestra la Figura 7 y 8; se enraizaron y se sembraron en el campo, acondicionados a este mismo sistema de iluminación, con el fin de analizar los criterios productivos y de calidad (diámetro de flor en Spray, diámetro de flor en disbud, puntos florales, tamaño de espiga, altura de tallo y diámetro de tallo). En la producción de flores de corte, se utilizaron tres grupos, en los cuales fueron ubicados los seis tratamientos para un juego de luces, donde se pudo observar el comportamiento, sobre el tipo de bombillo que se necesita para la producción de flores de corte de exportación del *Chrysanthemum spp* en Colombia y el mundo.

Los tres grupos compuestos por los seis tratamientos, fueron sometidos a iluminación durante 14 días contados desde la siembra, garantizándoles así seis horas totales en la noche de forma cíclica, tiempo determinado por la finca a las variedades objeto de estudio. Las variedades que se sometieron al análisis fueron las siguientes: Atlantis White (C1), Georgia (C2), Atlantis Yellow (C3), Rosalinda (C4) y Multisol (C5).

Para este ensayo lumínico, se realizó el siguiente proceso, en el cual se sembraron las variedades a analizar: Se acondicionó la cama o era con motocultor, posteriormente, se realizó la aplicación de enmiendas; basados en los requerimientos nutricionales de la finca y del *Chrysanthemum spp*, luego se niveló el terreno, se instaló el sistema de riego y se aplicó el pre

emergente para el control de malezas, producto químico Prowl a 10cc/L de agua en un volumen de cuatro litros de agua por cama de 36 metros cuadrados.

### **Figura 10**

*Preparación de la cama con su sistema de riego en la cual se sembró el esqueje*



Fuente: autoría propia

La cama o era, se dividió en tres grupos, en los cuales se ubicaron los seis tratamientos, donde se pudo analizar los tratamientos desde planta madre, enraizamiento y floración. A cada grupo se le proporcionó el bombillo correspondiente, guardando la trazabilidad desde planta madre y enraizamiento.

**Figura 11**

*Imagen de la era sembrada en campo, con sus respectivos grupos con los esquejes procedentes de planta madre*



Fuente: autoría propia

**Figura 12**

*Era sembrada y dividida con cortina en la cual se separaron los grupos*



Fuente: autoría propia

**Figura 13**

*Iluminación en las horas de la noche, donde se evidenció la división de los grupos de bombillos para los tratamientos*



Fuente: autoría propia

### ***Tratamientos Realizados***

**Grupo No. 1 (bombillo LED rojo Philips de 13 watts a 220v).** Este tratamiento, consistió en analizar el comportamiento de algunas de las variables productivas más importantes, por tanto, fueron sometidos a la iluminación durante 14 días con bombillo LED rojo Philips de 13 watts a 220v, en el cual se sembraron los esquejes de procedencia de planta madre de bombillo LED rojo Philips de 13 watts a 220v, y enraizadas con bombillo LED rojo Philips de 13 watts a 220v. Las cinco variedades que se sometieron al tratamiento fueron: Atlantis White (C1), Georgia (C2), Atlantis Yellow (C3), Rosalinda (C4) y Multisol (C5).

**Grupo No. 2 (bombillos LED blanco de la marca Philips de 14.5 watts a 220v).** El tratamiento 2, estuvo sometido a bombillo LED blanco Philips de 14.5 watts a 220v, sembrando así los esquejes de procedencia de planta madre, (las 5 variedades: Atlantis White (C1), Georgia (C2), Atlantis Yellow (C3), Rosalinda (C4) y Multisol (C5), las cuales fueron enraizados y sometidos a la iluminación con el bombillo LED blanco de la marca Philips de 14.5 watts a 220v.

El tratamiento 3, consistió en sembrar esquejes de planta madre que estaban sometidos a la iluminación de bombillo LED rojo Philips de 13 watts a 220v, para colocarlos a enraizar y sembrarlos bajo la iluminación del LED blanco de la marca Philips de 14.5 watts a 220v, con el fin de analizar los comportamientos productivos en el proceso de producción de flor de corte. En total fueron 10 variedades, las cuales se colocaron en este grupo.

**Grupo No. 3 (bombillo espiral Philips de 27 watts a 220v).** El tratamiento 4, en el cual se instaló el bombillo espiral Philips de 27 watts a 220v, el cual es el testigo. Los esquejes sembrados fueron de procedencia de planta madre, Atlantis White (C1), Georgia (C2), Atlantis Yellow (C3), Rosalinda (C4) y Multisol (C5), los cuales estuvieron sometidos a este tipo de bombillo, y donde fueron sembrados los esquejes de procedencia de planta madre de bombillo LED rojo Philips de 13 watts a 220v. También fueron sometidos los esquejes de la planta madre de bombillo LED blanco de la marca Philips de 14.5 watts a 220v. Estos esquejes y variedades, fueron enraizados con el mismo bombillo ahorrador en espiral (testigo), con el fin de comparar las variables comportamentales presentadas en cada tipo de iluminación. En total fueron 15 variedades puestas en este grupo.

En general, a los tres grupos y los seis tratamientos, se les suministró unas horas de iluminación en la noche, 30 minutos alumbrando y 15 minutos de descanso (oscuridad),

garantizando así desde las 8:00 pm hasta la 5:00 am, para un total de 6.75 horas de luz adicional a la del día, durante 14 días continuos, esto con el fin de analizar seis variables productivas, las cuales son indispensables para la producción de flores de corte. Dichas variables fueron: altura del tallo, diámetro del tallo, diámetro de pétalo a pétalos (Spray), diámetro de pétalo a pétalo Disbud, cantidad de puntos florales, tamaño de espiga.

### **Procedimiento de la Toma de Datos y las Variables Establecidas por Tratamiento en los Tres Grupos**

Pasado las 11 semanas después de la siembra, cuando la flor ya estuvo en su punto de corte, se analizaron los tres grupos y los seis tratamientos, tomando datos y cosechando cinco tallos de cada variedad, con el fin de analizar las diferentes variables productivas escogidas. En cada tratamiento, se repitió el proceso con cada variedad, recopilando información de cada una cinco veces, para un total de 25 tomas por tratamiento. Las variables analizadas fueron: Altura del tallo, diámetro del tallo, diámetro de pétalo a pétalos (Spray), diámetro de pétalo a pétalo (disbud), cantidad de puntos florales, tamaño de espiga. Se tomaron fotos y se llenó la planilla correspondiente de los tratamientos, para poder llevarlos a los datos estadísticos esperados.

### **Medición de los Bombillos y su Espectrometría**

Se realizó una medición con un espectrómetro, a los tres tipos de bombillos, para analizar la espectrometría de cada uno de ellos. La medición se realizó tanto en la planta madre como en las flores de corte. Se realizó la medición aproximadamente a las 9:00 pm, colocando el espectrómetro a 15 centímetros de la apical de las plantas, garantizando el cubrimiento y los perímetros y traslapes dados entre bombillo y bombillo y guirnalda con guirnalda. La medición arrojó datos de la siguiente manera: Plantas madres y flores de corte: bombillo LED rojo Philips de 13 watts a 220v. Una espectrometría de 662 nm de espectro rojo y 380 nm de espectro azul.

Comparado con bombillos LED blanco de la marca Philips de 14.5 watts a 220v, que dio 595 nm de espectro rojo, 550 nm de espectro amarillo, 500 nm de espectro verde y 450 nm de espectro azul y el bombillo ahorrador espiral Philips de 27 watts a 220v, que dio 612 nm de espectro rojo, 600 nm de espectro amarillo, 540 de espectro verde y 500 nm de espectro azul.

**Figura 14**

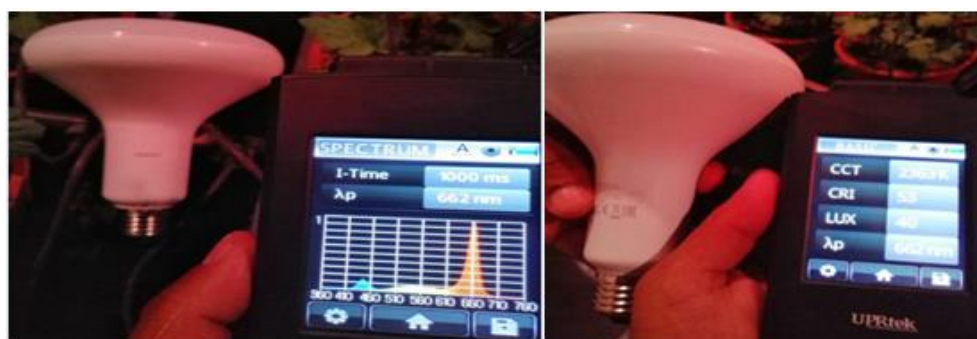
*Espectrometría del bombillo ahorrador fluorescente de espiral*



Fuente: autoría propia

**Figura 15**

*Espectrometría del bombillo LED rojo*



Fuente: autoría propia

**Figura 16**

*Imagen de la espectrometría del bombillo LED blanco philips*



Fuente: autoría propia

Dicha medición, se realizó con un espectrómetro, el cual muestra la composición del espectro de los bombillos utilizados durante la investigación. Siendo la espectrometría un factor indicativo para poder tomar dediciones de carácter analítico basados en los rangos de espectro de los bombillos utilizados.

De acuerdo a la investigación realizada por la empresa mexicana Espectrometría (2020), se deduce que la espectrometría es una técnica analítica que se utiliza en el ensayo cualitativo y cuantitativo, cuyo objetivo es, estudiar la cantidad de luz que absorbe, despide o dispersa (refleja) un objeto. La espectroscopia, descompone la luz y mide diferentes longitudes de onda de luz visible y no visible.

### **Análisis Estadístico**

Para interpretar el comportamiento en la producción de esquejes y flores de corte de las variables en las variedades Atlantis White (C1), Georgia (C2), Atlantis Yellow (C3), Rosalinda (C4) y Multisol (C5), durante el tiempo que tardó el experimento, utilizando los tratamientos lumínicos empleados, se realizó una regresión cuadrática, la cual permitió comparar los momentos en el tiempo donde hay mayor producción de esquejes en cada método utilizado. Para validar el ajuste del modelo a los datos, se tuvo en cuenta el criterio de información de Akaike y los intervalos de confianza. Los supuestos de normalidad, fueron corroborados a través de la prueba de Levene y la prueba de Shapiro Wilk. Se realizaron gráficos de cajas y bigotes para la comparación de la producción de esquejes, la longitud de las espigas, el diámetro de las flores en sistema Disbud, diámetro de las flores en Spray, número de botones florales, altura del tallo y diámetro del tallo. En cada tratamiento, se realizaron análisis de varianza, y en caso de haber diferencias estadísticas, se hicieron comparaciones de medidas pareadas usando el test de Tukey (Tukey, 1949). Los análisis estadísticos fueron realizados mediante la implementación del software (Hammer, Harper, & Ryan, 2001).

## Resultados y Discusión

### Resultados en Producción de Esquejes en las Plantas Madres de *Chrysanthemum spp*

Los resultados muestran que la producción de esquejes fueron muy similares entre los tratamientos T2 y T3, donde se presentaron diferencias significativas con el T1 bombillo LED rojo Philips de 13 watts a 220v, el cual mostró una media de ( $P < 0.05$ ). Con  $94.94 \pm 67.24b$  comparado con el T2 LED blanco de la marca Philips de 14.5 watts a 220v, que dio  $117.9 \pm 69.774a$  y el tratamiento T3 bombillo ahorrador espiral Philips de 27 watts a 220v el cual dio  $120.32 \pm 69.58a$ , siendo el T2 LED blanco de la marca Philips de 14.5 watts a 220v y T3 bombillo ahorrador espiral Philips de 27 watts a 220v los de mejor respuesta para la producción de esquejes (véase Tabla 1). Se concluyó que la producción de esqueje por  $m^2$  de los 3 tratamientos, tuvo un comportamiento representativo, ya que el T1 bombillo LED rojo Philips de 13 watts a 220v, concentró la producción de esquejes por  $m^2$  en las primeras 12 semanas en un promedio de 20-150 esquejes por semanas, comparado con los T2 LED blanco de la marca Philips de 14.5 watts a 220v y T3 bombillo ahorrador espiral Philips de 27 watts a 220v, los cuáles muestran una acumulación de 50-200 esquejes por  $m^2$  hasta la semana 20., evidenciando que, el bombillo LED blanco de la marca Philips de 14.5 watts a 220v basados en los resultados, puede sustituir el bombillo ahorrador espiral Philips de 27 watts a 220v para la planta madre de esquejes (véase Figura 17, 18 y 19). Adicionalmente, se determinó que es muy importante la acumulación de esquejes del tratamiento T1 bombillo LED rojo Philips de 13 watts a 220v. Hasta la semana 12, los esquejes fueron productivamente viables, sin embargo, desde la semana 13 hasta la 20, los esquejes se comportaron de una forma inductiva, presentando botoneamiento, para lo cual productivamente, no son viables. Por otro lado, comparado los tratamientos T2 LED

blanco de la marca Philips de 14.5 watts a 220v y T3 bombillo ahorrador espiral Philips de 27 watts a 220v fueron viables hasta el final (véase Figura 20).

Los anteriores experimentos, corroboran que con los resultados estadísticos, a una planta madre de crisantemo, se le debe suministrar luz blanca adicional en la noche, de lo contrario se manifiesta de una forma inductiva, lo cual es negativo para la producción de esquejes, este resultado, es afirmado mediante investigación de Neff, Fankhauser & Chory (2022), el cual descubre que la luz roja mueve el reloj circadiano creando en la planta comportamientos especiales en los fitocromos de las plantas, generando problemas productivos y de calidad.

Xue, et al (2016) , comparte que es necesario suministrar la iluminación a las plantas, ya que esto suplementaría directamente el fotoperíodo, determinando así la fotosíntesis en las plantas. Esta afirmación es corroborada con los resultados mostrados mediante la investigación realizada, puesto que el crisantemo es una planta de días cortos que necesita iluminación para cumplir con las funciones metabólicas y fotosintéticas para producir esquejes y cumplir así con los criterios de calidad esperados.

Nissim-Levia, Kitronb, Nishric, Ovadiaa & Forera (2018) expresa que la adición de luz blanca inhibe la floración de Crisantemo, respuesta confirmada mediante los resultados de esta investigación, los cuáles mostraron mediante los tratamientos T2 y T3, que al suministrarle luz blanca genera resultados positivos para la producción de esquejes y criterios de calidad esperados para las plantas madres de *Chrysanthemum spp.*

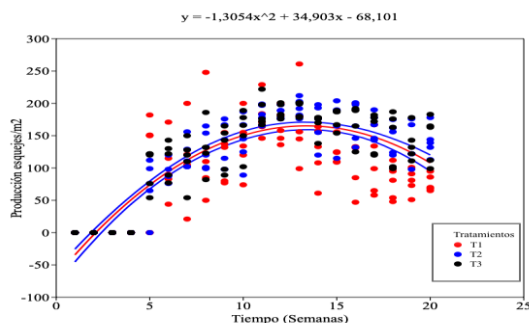
En otra investigación, Meza Echeverria (2021), difunde que “la tecnología de iluminación LED produce una mayor cantidad de iluminación en relación con el calor (85% de iluminación y 20% de calor) la fluorescente e incandescente”, entonces, este parámetro analizado mediante los resultados arrojados por los tratamientos T1, T2 y T3 de esta investigación, siendo

el T1 y T2 de iluminación LED comparados con el ahorrador fluorescente e incandescente, muestran positivamente que la falta de calor no perjudica a las plantas de *Chrysanthemum spp* para la producción de esquejes.

Teniendo en cuenta que el *Chrysanthemum spp* es una planta de día corto, que inicia la floración cuando el fotoperiodo es inferior a 14,5 horas, siendo éste su fotoperiodo crítico inductivo (FCI) descrito por Silva Vasquez (2018), significa que para mantener la condición vegetativa, requiere un fotoperiodo mayor de 14,5 horas, es decir que, según los resultados estadísticos de esta investigación, se afirma, que a una planta madre de crisantemo, se le debe suministrar luz adicional en la noche, de lo contrario, se manifiesta de una forma inductiva, lo cual es negativo para la producción de esquejes. Dicho resultado fue establecido con la investigación realizada y mostrada por los tratamientos T1, T2 y T3, a los cuales se les suministró un fotoperiodo adicional de 6 horas, pasando así los límites de los 14.5 horas de fotoperiodo necesaria para evitar la inducción floral.

### Figura 17

*Producción de esquejes a través del tiempo en cada uno de los tratamientos*



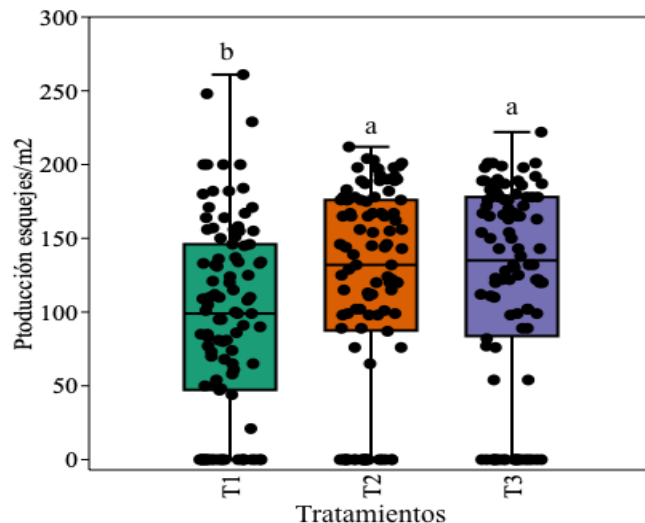
Fuente: autoría propia

*Nota.* Las líneas azules indican intervalos de confianza

De acuerdo con los resultados estadísticos, se presentaron algunas diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) entre la producción de esquejes en T1 con respecto a los T2 y T3 (véase Figura 17 y 18). Siendo estos últimos los de mejor respuesta, con una producción media de esquejes de 117.9 y 120.32 respectivamente, mientras que T1 alcanzó una media de 94.94 (véase Tabla 1). Lo cual es un criterio productivo que marca la diferencia en el momento de tener plantas madres de *Chrysanthemum spp* productivas de esquejes.

### Figura 18

*Producción de esquejes por tratamiento*



Fuente: autoría propia

*Nota.* Las letras diferentes, indican significancia estadística.  $P = 0.05$

**Tabla 1**

*Resumen estadístico de la producción de esquejes por tratamiento*

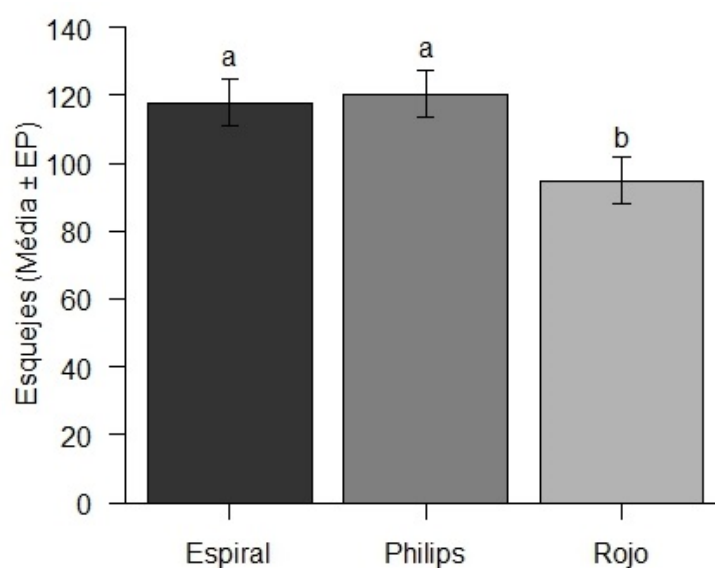
| <b>Tratamiento</b> | <b>Media <math>\pm</math> sd</b> | <b>CV</b> | <b>Mínimo</b> | <b>Máximo</b> |
|--------------------|----------------------------------|-----------|---------------|---------------|
| Tratamiento 1      | 94.94 $\pm$ 67.24b               | 70.82     | 0             | 261           |
| Tratamiento 2      | 117.90 $\pm$ 69.77a              | 59.17     | 0             | 212           |
| Tratamiento 3      | 120.32 $\pm$ 69.58a              | 57.83     | 0             | 222           |

Fuente: autoría propia

*Nota.* Sd = desviación estándar; CV = coeficiente de variación. Las letras diferentes indican significancia estadística.  $P = 0.05$ .

**Figura 19**

*Comparativo de los tratamientos por bombillos*



Fuente: autoría propia

Como se puede observar en la figura 20, el botoneamiento o inducción floral en las plantas madres de *Chrysanthemum spp*, se presenta por la falta de horas luz día, o por la implementación de bombillos o infraestructuras no adecuadas o espectrometría no adecuada, lo cual implica problemas de calidad a nivel productivo como lo muestra el T1 bombillo LED rojo Philips de 13 watts a 220v, ya que las plantas se botonean o se florecen pequeñas. Dicho parámetro es ratificado por de Neff, Fankhauser & Chory (2022), el cual determina en una investigación que la luz roja mueve el reloj circadiano, creando en la planta comportamientos especiales en los fitocromos de las plantas, generando problemas productivos y de calidad.

#### **Figura 20**

*Esquejes botonados (botón corona o formación compuesta), los cuales no son aptos para un proceso productivo*



Fuente: autoría propia

## Resultados y discusión a nivel Producción de Flores para Corte

En la evaluación de los parámetros de calidad seleccionados para este trabajo, se encontraron diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) entre los tratamientos T1, T2 y T4 con respecto a los tratamientos T3, T5 y T6. Siendo estos últimos los tratamientos en los que las plantas evaluadas presentaron mayor número de botones florales (9.04, 8.44 y 8.88 cm), un diámetro mayor de las flores en sistema Disbud (12.07, 12.8 y 13.04 cm), Spray (9.82, 10.43 y 10.59 cm) y una longitud mayor de las espigas florales (42.6, 39.56 y 40.44 cm), un diámetro de tallo (0.71, 0.75 y 0.78 cm) y una longitud del tallo de (109.68, 109.48 y 110.04 cm). (Véase Figura 21 y Tabla 2). Nissim-Levia, y otros (2019), describe que la luz roja en la producción de flor de corte, inhibe el nivel de crecimiento de los brotes florales, dando problemas de calidad y producción para el cultivador. Estos parámetros se evidenciaron en los tratamientos realizados en la finca, los cuales se presentaron en esta investigación como tratamientos T1, T2. Véase tabla 2.

Por otro lado, el T4 donde fueron sometidos a bombillo LED rojo Philips de 13 watts a 220V mostraron diferencia significativa respecto al número de botones florales. Comparados con los tratamientos de luz blanca de los tratamientos T3, T5, T6. Véase en tabla 2., una investigación realizada por Wollaeger & Runkle (2013), infiere que la longitud de onda mayor a 660 nanómetros, arroja problemas de desarrollo a las plantas, ya que se reduce la tasa fotosintética, lo cual es visible en los tratamientos efectuados en la finca, obteniendo resultados del T1, T2 y T4; los cuales muestran diferencia significativa en el tratamiento T3, T5 y T6. Siendo los tratamientos T1, T2 y T4 los que se iluminaron con LED rojos, los cuales arrojaron datos más bajos de todas las variables analizadas, que las iluminadas con LED Blanco. Véase en Tabla 2.

Se pudo observar en las mediciones realizadas a los bombillos utilizados con un espectrómetro, marca UPRtek Mk350N el cual mostró que el LED rojo dio una medición de 662 nanómetros. Véase figura 15. Dando así positivo a factores de calidad que fueron menores significativamente en todas las variables de los T1, T2 y T4, que los de los tratamientos T3, T5 y T6, Vasquez Silva (2018) muestra en su investigación el efecto de tecnologías de iluminación e intensidades de luz sobre el crecimiento vegetativo de cuatro cultivares de crisantemo (*Chrysanthemum spp* morifolium Ramat) para la obtención de varas florales de longitud comercial en la región Lambayeque, donde se especifica que “la tecnología LED es superior significativamente a la incandescente y fluorescente, inclusive, es esta incurre en menos costo, convirtiéndose así en una alternativa de producción viable para los productores de *Chrysanthemum spp*”. Se concluye de esta manera para esta investigación con los tratamientos T3, T5 con bombillo de LED blanco de la marca Philips de 14.5 watts a 220v, la cual demostró que la luz LED blanca puede sustituir los ahorradores y fluorescentes, sin generar problemas de producción y calidad para los productores. Así mismo, una afirmación hecha por Diercka, Dhooghea, Huylenbroeck, Der Straetenb & De Keysera (2017) en su investigación, explica que “El uso de diferentes calidades de luz con luz LED ofrece resultados prometedores para controlar la arquitectura de la planta en crisantemo”, dicha versión es ratificada mediante los tratamientos realizados en los cuales se analizaron las variables productivas como número de botones florales, diámetro de las flores en sistema Disbud y Spray, longitud de las espigas florales, diámetro de tallo y longitud del tallo, criterios esenciales para la producción de flores de corte y de exportación. Otro estudio importante encontrado en la literatura, suministra información donde determina que la luz roja intermitente genera en el crisantemo tallos algo más cortos y ramas de menor calidad, en comparación con la luz constante, Kitronb, Nishric, Ovadiaa & Forera (2018).

Afirmación que para esta investigación se compara con el resultado del T1 bombillo LED rojo Philips de 13 watts a 220v, el cual muestra las variables tamaño de espiga con una diferencia significativa comparado con la del T3 LED blanco de la marca Philips de 14.5 watts a 220v. Véase en Tabla 2.

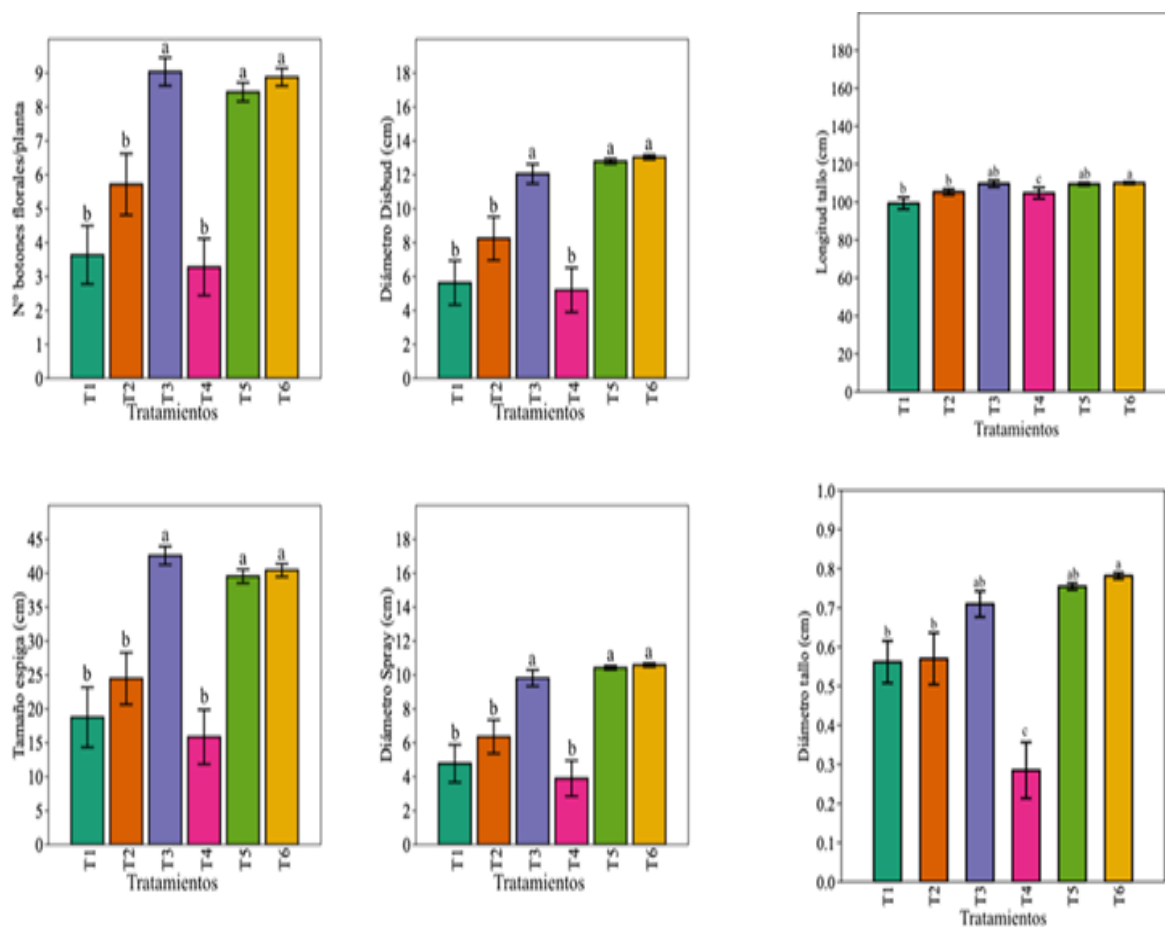
### **Análisis de las Variables por Variedades Sometidas en el Diferente Tratamiento**

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos, también se observó la incidencia que tienen los tratamientos sobre las variables en las variedades evaluadas en el presente estudio: Atlantis White (C1), Georgia (C2), Atlantis Yellow (C3), Rosalinda (C4) y Multisol (C5), sugiriendo que la respuesta del crisantemo a diversos tipos de bombillos, puede ser específica para cada variedad. Véase en los anexos A, B, C, D, E, F. los cuales muestran el comportamiento de las variables mencionadas.

## Figuras Estadísticas

**Figura 21**

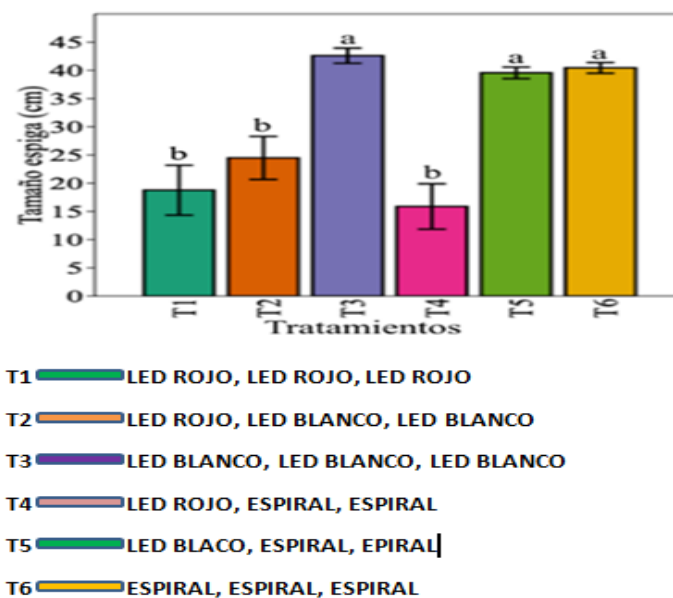
*Resultados de los seis tratamientos y variables analizadas estadísticamente*



Fuente: autoría propia

**Figura 22**

*Tamaño de espiga y el comportamiento de las variables*



Fuente: autoría propia

### Resultados del Análisis Estadístico

La Tabla 2, muestra estadísticamente el comportamiento de las variables, las cuales tienen diferencia y variabilidad significativas en los diferentes tratamientos, siendo el T3 el de mayor diferencia con 42.48 cm del tamaño de espiga, seguido por el T5 con 39.56 cm del tamaño de espiga y comparado con el T6 testigo que tiene 40.44 cm de tamaño de espiga.

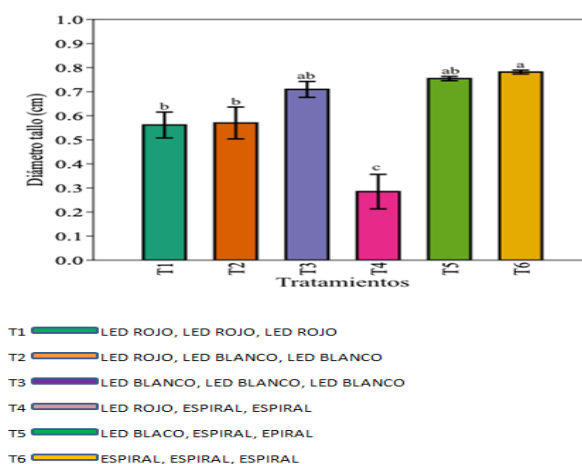
Como lo muestran la Figura 22, donde evidencia los tratamientos T4 con 15.88 cm, seguido del T1 con 18.76 cm y por último el T5 con 39.56 cm, mostrando así estadísticamente que el bombillo LED blanco de la marca Philips de 14.5 watts a 220v, puede sustituir el bombillo ahorrador espiral Philips de 27 watts a 220v, ya que los tamaños de espiga no varían significativamente, comparado con los resultados del bombillo LED rojo Philips de 13 watts a

220v, afirmación concluida por Según Huang & Dai (2015), el cual determinó que mediante investigación en el crisantemo, se pudo inferir que el LED de color rojo y rojo lejano inhiben la emisión de flores, y por consiguiente, la inflorescencia no se da en la condición productiva. Respecto al resultado mostrado en el T1, T2 y T4 el cual dio una diferencia significativa frente a los demás tratamientos que fueron sometidos a LED blanco. Ver figura 22, tabla 2.

Dicha afirmación, fue concluida por Mills-Ibibofori, Dunn, Maness, & Payton (2019) que muestra y ratifica que la luz LED roja es una causante de la inhibición de los botones y el Spray foliar en las plantas de días cortos como el *Chrysanthemum spp*, se demostró mediante el tratamiento T1, T2, T4 que la luz roja influye en estos parámetros o variables de calidad para la producción de flores de corte.

**Figura 23**

*Diámetro de tallos comparados con los demás tratamientos*



Fuente: autoría propia

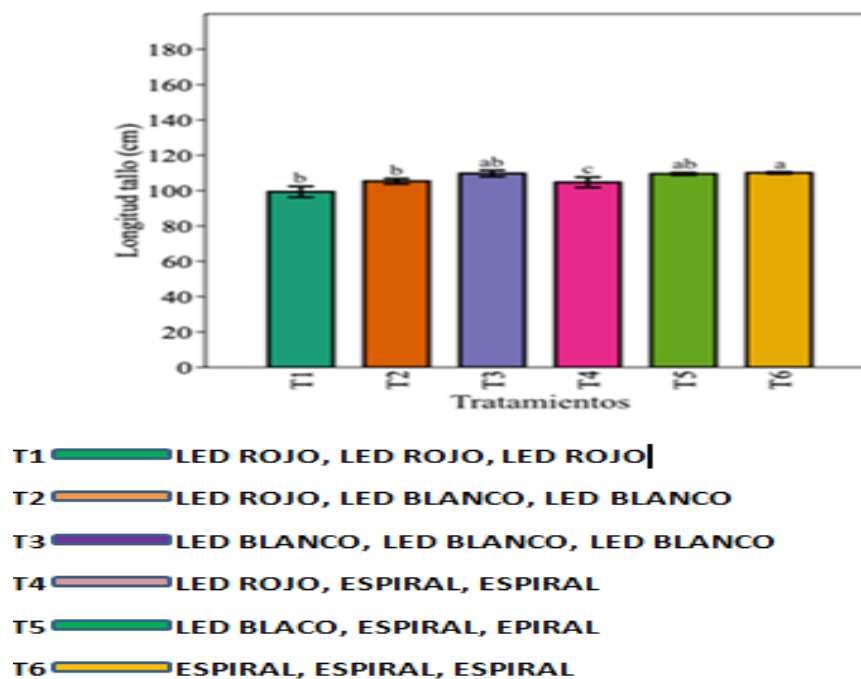
Se puede observar que los tratamientos T3, T5 y T6 (testigo) tuvieron un mayor diámetro de tallo (véase Figura 23). Presentando el mayor diámetro de tallo el tratamiento T6 (testigo), con un valor 0,78 cm, seguido del tratamiento T5 con 0,75 cm y finalmente el tratamiento T3 con un diámetro de 0,71 cm, donde cabe anotar que no presentó una diferencia significativa estadística entre estos tres tratamientos, como se puede observar en los tratamientos T1, T2 y T4, estos presentaron los valores más bajos en diámetro de tallo, donde el tratamiento T1 obtuvo un valor de 0,56 cm, seguido por el tratamiento T2: 0,57 cm, y por último el tratamiento T4, siendo el tratamiento que presentó el valor más bajo con 0,28 cm.

De esta forma, se concluye que el bombillo LED rojo Philips de 13 watts a 220v, genera problemas para esta variable analizada en el *Chrysanthemum spp*, resultados que se afirmaron mediante la opinión de Kamelia, Chaidir, Ainas, Nurdianawati, & Fauzi (2018), el cual compartió que la luz blanca influye en los diámetros del tallo, comparado con los otros colores evaluados, como lo mostró el resultado en esta investigación, el cual evidenció que los tratamientos T3, T5 y T6 de luz blanca dieron resultados significativos comparados con los T1, T2 y T4 de luz roja, y que fueron más bajos estadísticamente. Para esta investigación, los resultados de los T3 y T5, muestran que la luz LED blanca dio resultados significativos en las variables analizadas para la producción de flores de corte, así mismo Chica, Lao & Almansa (2016), en su investigación tienen resultados iguales donde la mejor luz y de mejor resultados es para las plantas expuestas a LED blanco.

Según Neff, Fankhauser & Chory (2000), concluye que la calidad de la luz induce al alargamiento de los tallos, tal y como lo muestra el resultado estadístico. Ver figura 23, tabla 2.

**Figura 24**

*Longitud de tallos en y los diferentes tratamientos*



Fuente: autoría propia

Es evidente que el parámetro analizado (longitud del tallo) muestra una variación significativa de los tratamientos T3, T5, T 6 (testigo), mostrados en la Tabla 2 y figura 24, comparados con los tratamientos T1 con 99.32 cm, seguido del T2 con 105.32 cm y finalmente T4 con 104.68 cm, respecto a los tratamientos T3 que tuvo una longitud de 109.68 cm, seguido del tratamiento T5 con una longitud de tallo de 109.48 cm, y siendo el tratamiento T3 con el bombillo LED blanco de la marca Philips de 14.5 watts a 220v el de más significancia con 109.68 cm respecto a T6 testigo que tuvo 110.04 cm.

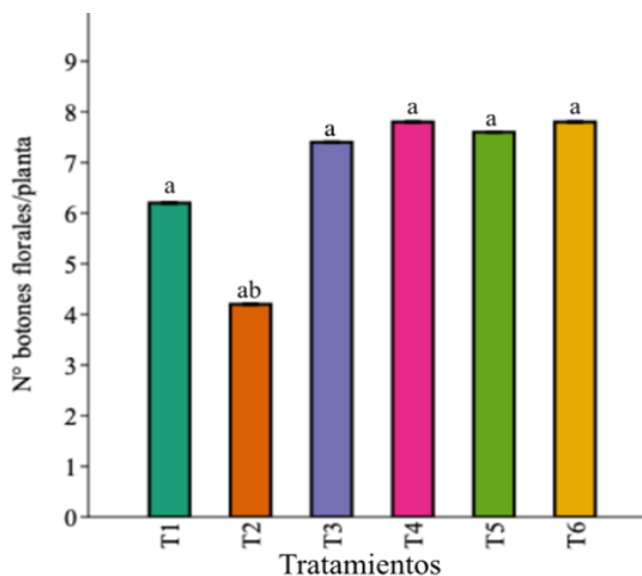
Según estos resultados, se puede obtener una alternativa para garantizar el crecimiento y longitud de los tallos del *Chrysanthemum spp* para la producción de flores de corte. Flores-Pérez,

Aguilar & García (2021), Morales Becerril (2021), demuestra que el LED Azul con rojo lejano en el *Chrysanthemum spp* decrece la tasa fotosintética, incrementa el número de estomas, pero su tamaño disminuye, como en esta investigación donde se presentó en el resultado arrojado por el T1, T2 y T4 iluminado con LED rojo, los cuales estuvieron por debajo de los datos de los T3, T5 iluminados con el bombillo LED blanco. Según Meza Echeverria (2021), mediante tesis de investigación de esta universidad, también muestra que iluminación LED es la mejor, obteniéndose una longitud de planta floral y superior a las tecnologías fluorescentes, lo cual en temas de calidad para la exportación es importante. Dicha opinión es demostrable en este trabajo, ya que el T6 de bombillo fluorescente, comparado con el T3 y T5, generan datos muy similares, los cuales técnicamente no perjudicarían en el momento de ser sustituidos por los bombillos LED blancos. Ver figura 24, tabla 2. Donde se observó que el T3, T5. Pueden sustituir el bombillo ahorrado y fluorescente ya que su tamaño fue muy similar al T6. (T3 con 109cm y T5 con 1.4, comparado con el T6 que dio 110cm).

Un análisis final en este apartado es que, Ada Nissim-Levia, M. K. (2018), también define que la iluminación en color blanco adicional para el *Chrysanthemum spp*, tiene mayor influencia en el alargamiento de tallos comparado con la luz roja, para el tema de producción de flores de corte, en este sentido, este trabajo con los tratamientos T3, T5 y T6, que fueron sometidos a la iluminación con bombillo LED blanco, mostraron resultados positivos de calidad y producción frente a los T1, T2 y T4 que quedaron con resultados por debajo de los iluminados con LED blanco. Véase en figura 24.

**Figura 25**

*Número de botones florales comparados con los diferentes tratamientos*



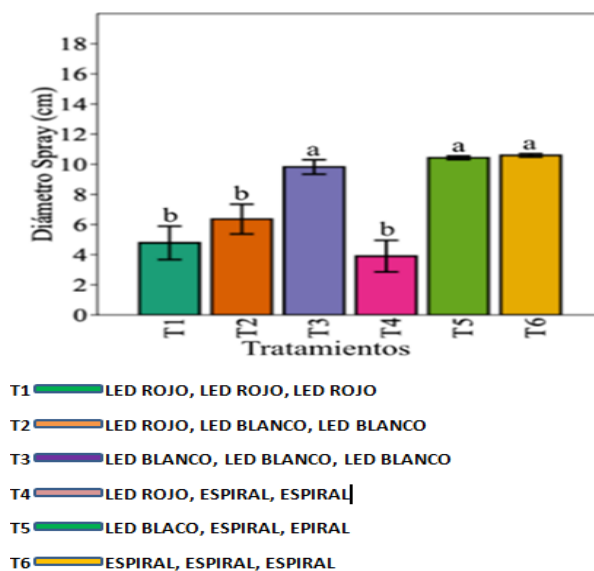
Fuente: autoría propia

Para el tratamiento de cantidad de número de botones florales, se pudo analizar, como lo muestra la Figura 25 y la Tabla 2, unas diferencias bastante significativas comparadas con el tratamiento T6, en el cual los números de botones florales son de 8.88 botones florales por planta. Estadísticamente, se demuestra que el tratamiento T3 y T5 con el tratamiento de bombillos muestran una significancia muy asimilable en el número de botones florales, mostrados así: el T3 con 9.04 botones florales por planta, seguido por el T5 con 8.44 botones florales por planta. Dichos tratamientos comparados con los tratamientos T1, T2 y T4, donde T1 mostró 3.64 botones, seguido de T4 con 3.28 botones y por último T2 con 5.72 botones florales. Esto demuestra que el número de botones florales por planta no son los óptimos para una producción de *Chrysanthemum spp*, por su baja cantidad de botones florales por planta y que el sometimiento del bombillo rojo muestra variabilidad significativa para los parámetros analizados

en estos tres tratamientos. Schroeter-Zakrzewska & Pradita (2021), indica que mediante artículo de investigación que la luz LED blanca interfiere positivamente en la emisión de botones y diámetros de estos durante el sistema productivo de flores de corte, parámetro analizado y concluido mediante dato estadístico. Ver figura25 y tabla2. El cual muestra que la luz LED blanca tiene diferencia significativa para la cantidad de botones floral, comparado con el de los iluminados con LED rojo. Una variable importante para la producción de *Chrysanthemum spp.* Adicionalmente, Ochiai y otros (2014), demuestran en un estudio que la luz LED roja, pasadas de 660-690 nanómetros inhibe la emisión de botones florales, generando problemas de inflorescencia en el cultivo de flores de corte del crisantemo, lo cual se evidencio también en este trabajo con los tratamientos T1, T2 y T4, los cuales muestran estadísticamente datos más bajos que los iluminados con LED blanca.

**Figura 26**

*Diámetros de pétalos Spray*



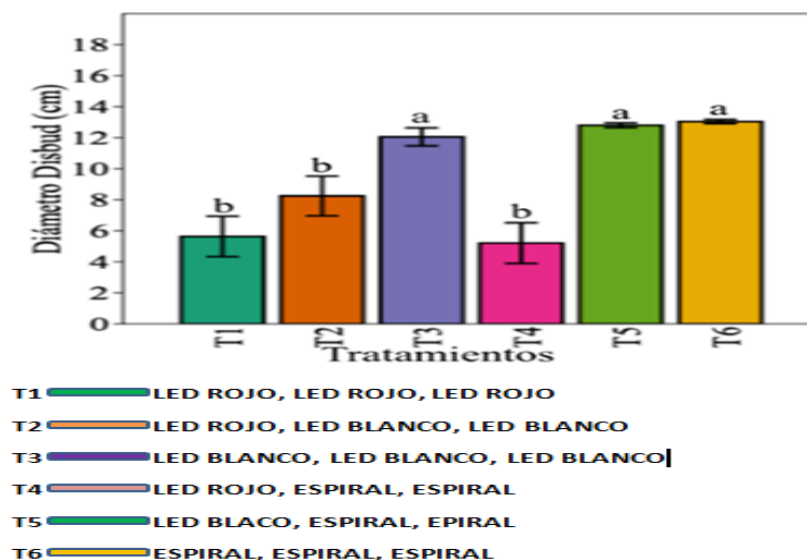
Fuente: autoría propia

El diámetro de flor en Spray y los datos estadísticos de las diferentes variables analizadas, demuestran que los tratamientos T3, T5, T6 (testigo), los cuales tienen, y muestran, diferencias significativas contra los tratamientos T1 con 4.78 cm, T2 con 6.39 cm y T4 con 3.90 cm. Los cuales están por debajo estadísticamente de los tratamientos mencionados, así como se muestra en la Figura 26 y Tabla 2. Estadísticamente, el tratamiento T3 tiene una variabilidad de 9.82 cm, seguido por el T5 que muestra un valor de 10.43 cm respecto a T6 que presentó un diámetro de Spray de 10.59 cm, diferencia significativa en relación con los otros dos testigos, a su vez, los tratamientos T1, T2, T4 presentaron variaciones significativas menores que T3 y T6. En este sentido, Prado Garde (2013), mediante un análisis de iluminación LED en el crisantemo menciona que las plantas que son de días cortos se quedan en estado vegetativo y no llega a florecer como lo es esperado en la producción de flores de corte, por lo cual se demuestra mediante resultados estadísticos que es necesario aumentar el fotoperíodo y darle los 16 días y 6 horas más de luz y no dejar que la planta siga en días cortos como lo es normalmente para el *Chrysanthemum spp.* Por otra parte, Hong y Huang (2015), demuestra que la luz roja inhibe la formación de biomasa foliar, reduciendo así la actividad fotosintética de la planta y generando en ella problemas de formación, lo cual no es bueno y como se evidencio con los resultados de los tratamientos T1, T2 y T4 iluminados con LED rojo y que estadísticamente muestra números menores que los tratamientos T3 y T5 que fueron iluminados con LED blanco. Para este caso, Neff, Fankhauser & Chory (2022), descubre que la luz roja mueve el reloj circadiano creando en la planta comportamiento especiales en los fitocromos de las plantas, generando problemas productivos y de calidad, problemas que son evidentes en los resultados de los tratamientos T1,

T2 y T4, los cuales fueron iluminados con LED rojo y que presentaron en todas la variables estudiadas datos estadísticos menores que los iluminados con LED blanco y el T6 testigo.

**Figura 27**

*Diámetro de pétalos en disbud*



Fuente: autoría propia

Los datos estadísticos mostraron que el tratamiento T3 tiene un comportamiento muy similar a los tratamientos T5 y T6 testigo, donde muestra una medida del T3 de 12.07 cm, seguido por el tratamiento T5 de 12.80 cm, que comparado con el T6, el cual muestra 13.04 cm, son factores positivos para la producción de flor de corte. Afirmando así también estadísticamente que los tratamientos T1, T2 y T4, no son viables para la producción de flores de corte, ya que mostraron un resultado significativo; el T1 con 5.64cm seguido de T2 con 8.25cm y finalmente T4 con 5.21cm. Mostrando así que Entre más grande sea el diámetro de la flor es viable producir. (Véase Figura 27 y Tabla 2). Por último, Vasquez Silva (2018), menciona en sus

investigaciones que la luz LED aporta diferencia significativa en el diámetro de flor comparado con la iluminación fluorescente o incandescente; y adicionalmente Prado Garde (2013), mediante su investigación de iluminación LED, menciona que el crisantemo necesita días largos para poder darle tamaño y llevarla a punto de floración, ya que de lo contrario la planta queda en estado vegetativo y que por ende se logró corroborar también en esta investigación.

**Tabla 2**

*Media y desviación estándar de los diferentes parámetros evaluados por cada tratamiento*

|                                    | Nº botones      | Diámetro del tallo | Diámetro pétalos en Spray | Diámetro de pétalos en Disbud | Tamaño espiga   | Longitud del tallo |
|------------------------------------|-----------------|--------------------|---------------------------|-------------------------------|-----------------|--------------------|
| Tratamiento                        | florales/planta | (cm)               | (cm)                      | (cm)                          | (cm)            | (cm)               |
| <b>Media ± desviación estándar</b> |                 |                    |                           |                               |                 |                    |
| Tratamiento                        |                 |                    |                           |                               |                 |                    |
| 1                                  | 3.64 ± 4.29 b   | 0.56±0b            | 4.78 ± 5.55 b             | 5.64 ± 6.51 b                 | 18.76 ± 22.09 b | 99.32±15.24b       |
| Tratamiento                        |                 |                    |                           |                               |                 |                    |
| 2                                  | 5.72 ± 4.52 b   | 0.57±0b            | 6.36 ± 4.95 b             | 8.25 ± 6.38 b                 | 24.48 ± 19.08 b | 105.32±7.69b       |
| Tratamiento                        |                 |                    |                           |                               |                 |                    |
| 3                                  | 9.04 ± 2.07 a   | 0.71±0ab           | 9.82 ± 2.38 a             | 12.07 ± 2.90 a                | 42.60 ± 6.76 a  | 109.68±8.89ab      |
| Tratamiento                        |                 |                    |                           |                               |                 |                    |
| 4                                  | 3.28 ± 4.18 b   | 0.28±0c            | 3.90 ± 5.25 b             | 5.21 ± 6.55 b                 | 15.88 ± 20.08 b | 104.68±14.55c      |
| Tratamiento                        |                 |                    |                           |                               |                 |                    |
| 5                                  | 8.44 ± 1.38 a   | 0.75±0ab           | 10.43 ± 0.59 a            | 12.80 ± 0.75 a                | 39.56 ± 5.09 a  | 109.48±3.58ab      |
| Tratamiento                        |                 |                    |                           |                               |                 |                    |
| 6                                  | 8.88 ± 1.30 a   | 0.78±0a            | 10.59 ± 0.57 a            | 13.04 ± 0.66 a                | 40.44 ± 4.77 b  | 110.04±2.95a       |

Fuente: autoría propia

*Nota.* Las letras diferentes, indican significancia estadística. P = 0.05.

## Conclusiones

Basados en la investigación y los resultados estadísticos, se concluyó, que la alternativa para cambiar el bombillo espiral ahorrador fluorescente, es el LED blanco Philips.

Se evidenció que el bombillo LED blanco tiene la misma eficacia que el bombillo convencional ahorrador fluorescente en los parámetros de producción analizados en el *Chrysanthemum spp.*

El bombillo rojo LED de 13 watts con respecto a producción en planta madre, presenta problemas productivos para la producción de esquejes.

Se demostró estadísticamente, que la luz blanca del bombillo LED, presenta buen resultado, y que fisiológicamente muestra resultados en las plantas tanto de planta madre como de flores de corte, por lo cual representa una buena alternativa en la producción del *Chrysanthemum spp*, y constituye una alternativa para cambiar el bombillo ahorrador y fluorescente por bombillo LED blanco.

El efecto del bombillo LED rojo en la planta madre de *Chrysanthemum spp*, produjo un alto nivel de botón corona comparado con el bombillo LED blanco, determinado así un factor negativo para la producción de esquejes, ya que las semanas productivas se ven afectadas.

Para producción de flores de corte se recomienda utilizar el bombillo LED blanco, siendo éste el de mejor resultado a nivel productivo y técnico.

El LED blanco es el bombillo más recomendado como alternativa económica, ambiental y salud humana.

### **Recomendaciones**

Siendo el *Chrysanthemum spp* una planta exigente en luz para la producción de esquejes y flores de corte, se recomienda utilizar el tipo de bombillos LED blanco Philips, en el cual se corrobora que no presenta problemas productivos, y que puede sustituir el bombillo ahorrador, el cual no cumple con las características de protección ambiental y para la salud humana.

Se recomienda el uso del bombillo LED blanco, el cual presenta la misma eficacia que el bombillo ahorrador en espiral sobre el desarrollo fisiológico y productivo de las plantas de crisantemo, además de cumplir con las características protección ambiental y para la salud humana.

La iluminación LED, es una de las alternativas para la producción en planta madre y para la producción de flores de corte, conllevando así a tener una eficiencia productiva, que en general es lo que espera el productor como resultado.

### Referencias Bibliográficas

- Ada Nissim-Levia, M. K. (2018). Effects of blue and red LED lights on growth and flowering of. *ELSEVIER*, 1-7.
- Ángel Pardo, L. (2009). *Diagnóstico de la producción y comercialización del crisantemo (Chrysanthemum morifolium) en Colombia*. Obtenido de <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/76224a24-e932-488c-99dd-1b910a2f44d9/content>
- Arbeláez, G. (s.f.). *La floricultura colombiana de exportación*. Obtenido de <https://revistas.unal.edu.co/index.php/agrocol/article/view/21224/22205>
- Bautista Paque, G. J. (mayo de 2002). *Respuestaas del chrysanthemum morifolium a la aplicación de acidos humicos y fulvicos, en suelos no aptos agronomicamente*. Obtenido de Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro": <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/3494/T13064%20B%20AUTISTA%20PAQUE,%20GUADALUPE%20JULIANA%20%20TESIS.pdf?sequence=1>
- Chica Toro, F. y. (2005). *EVALUACIÓN DE DOS TRATAMIENTOS FOTOPERIÓDICOS EN CRISANTEMO (Dendranthema grandiflorum (Ramat.) Kitam.), BAJO CONDICIONES DEL INTERTRÓPICO ANDINO ALTO*. Obtenido de Revista Facultad Nacional de Agronomía, Medellín : <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=179914237014>
- Chica, R., Lao, M. T., & Almansa, E. (2016). E valuación de L E Ds para uso agronómico. *II Simposio Nacional de Ingeniería Hortícola*, 1-4.

- Cockshull, K. E., & Hughes, A. P. (1972). *Flower formation in Chrysanthemum morifolium : the influence of light level* . *Journal of Horticultural Science*, 47(1), 113–127. Obtenido de <https://doi.org/10.1080/00221589.1972.11514446>
- Cockshull, K. E., & Hughes, A. P. (2015). *Flower formation in Chrysanthemum morifolium : the influence of light level*. Obtenido de *Journal of Horticultural Science*, 47(1), 113–127: <https://doi.org/10.1080/00221589.1972.11514446>
- colombia.inaturalist.org. (1992). *Crisantemos género Chrysanthemum*. Obtenido de Naturalista.co: <https://colombia.inaturalist.org/taxa/53808-Chrysanthemum>
- Comité Científico de los Riesgos Sanitarios y Medioambientales. (s.f.). *El mercurio en las bombillas de bajo consumo*. Obtenido de [https://ec.europa.eu/health/scientific\\_committees/opinions\\_layman/mercury-in-cfl/es/mercurio-lamparas-bajo-consumo/acerca-mercurio-lamparas-bajo-consumo.htm#24](https://ec.europa.eu/health/scientific_committees/opinions_layman/mercury-in-cfl/es/mercurio-lamparas-bajo-consumo/acerca-mercurio-lamparas-bajo-consumo.htm#24)
- Diercka, R., Dhooghea, E., Huylenbroeck, J. V., Der Straetenb, D. V., & De Keysera, E. (2017). La calidad de la luz regula la arquitectura vegetal en diferentes genotipos de *Chrysanthemum morifolium* Ramat. *Science Direct*, 10.10.
- Echeverría Meza, M. E. (2021). “*Evaluación del efecto de la luz artificial sobre los*. Obtenido de <http://repositorio.utn.edu.ec/>
- ECHEVERRÍA, M. E. (2021). “EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LA LUZ ARTIFICIAL SOBRE LOS. <http://repositorio.utn.edu.ec/>, 1-68.
- Espectrometría. (11 de junio de 2020). *Mecanismos, tipos y usos*. Obtenido de <https://espectrometria.com.mx/espectrometria-mecanismo-tipos-y-usos/>

- Flores-Pérez, S. (2021). Uso de diferentes proporciones de led rojos y azules para mejorar el crecimiento de Liliun spp. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 1-13.
- Flores-Pérez, S. G., Aguilar, L. A., & García, E. A. (2021). Uso de diferentes proporciones de led rojos y azules para mejorar el crecimiento de Liliun spp. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 1-13.
- García, D. (2016). *Curvas de extracción de nutrientes en crisantemo (Dendranthema grandiflorum) en la variedad Atlantis White bajo condiciones de producción en sistemas aeropónicos*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.
- Google Maps. (s.f.). *Danziger Colombia*. Obtenido de <https://www.google.com/maps/place/DANZIGER+COLOMBIA/@6.0858944,-75.4263176,260m/data=!3m1!1e3!4m12!1m6!3m5!1s0x8e46993d9cebb1d3:0x143d733c6323eb88!2sDANZIGER+COLOMBIA!8m2!3d6.0859003!4d-75.4263687!3m4!1s0x8e46993d9cebb1d3:0x143d733c6323eb88!8m2!3d6.085900>
- Hammer, Ø., Harper, D. A., & Ryan, P. D. (2001). *Past: paleontological statistics software package for education and data analysis*. Obtenido de Palaeontologia Electronica: [https://palaeo-electronica.org/2001\\_1/past/past.pdf](https://palaeo-electronica.org/2001_1/past/past.pdf)
- Henao Camacho, T. V. (2019). *Evaluación de Chrysanthemum sp variedad meraki en cuatro tipos de sustrato*. Obtenido de Universidad de Cundinamarca: <https://repositorio.ucundinamarca.edu.co/bitstream/handle/20.500.12558/1700/Evaluaci%C3%B3n%20de%20Chrysanthemum%20sp%20Variedad%20Meraki.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Hong, Y., Tang, X., Huang, H., Zhang, Y., & Dai, S. (2015). *Transcriptomic analyses reveal species-specific light-induced anthocyanin biosynthesis in chrysanthemum*. *BMC Genomics*, 16(1), 1–18. Obtenido de <https://doi.org/10.1186/s12864-015-1428-1>
- Huang, H., & Dai, S. (enero de 2015). *Estudio in vivo de los mejores sistemas de diodos emisores de luz (LED) para crisantemos cortados*. Obtenido de [https://www.researchgate.net/publication/281161568\\_An\\_in\\_vivo\\_study\\_of\\_the\\_best\\_light\\_emitting\\_diode\\_LED\\_systems\\_for\\_cut\\_chrysanthemums](https://www.researchgate.net/publication/281161568_An_in_vivo_study_of_the_best_light_emitting_diode_LED_systems_for_cut_chrysanthemums)
- Industria y Comercio Superintendencia. (Junio de 2014). *Tecnologías Relacionadas con Invernaderos para Flores*. Obtenido de Banco de patentes SIC: [https://www.sic.gov.co/recursos\\_user/boletines\\_tecno/boletin\\_invernaderos\\_19jun.pdf](https://www.sic.gov.co/recursos_user/boletines_tecno/boletin_invernaderos_19jun.pdf)
- Infoagro. (2022). *El cultivo del Crisantemo*. Obtenido de [https://www.infoagro.com/documentos/el\\_cultivo\\_del\\_crisantemo.asp](https://www.infoagro.com/documentos/el_cultivo_del_crisantemo.asp)
- Institut National de Santé Publique du Québec-Canadá. (Abril de 2010). *EXPOSICIÓN AL MERCURIO POR LA ROTURA DE LÁMPARAS COMPACTAS FLUORESCENTES*. Obtenido de <https://prevencion.umh.es/files/2011/10/exposicion-al-mercurio-por-la-rotura-de-lamparas-compactas.pdf>
- Jaime F. Martínez-García, E. M. (s.f.). Fitocromos y desarrollo vegetal. *exa.unne.edu.ar*, 1-11.
- Kamelia, L., Chaidir, L., Ainas, A., Nurdianawati, S., & Fauzi, F. (2018). *Effect of various lighting colours treatment at growth and flowering of Chrysanthemum Morifolium*. Obtenido de IOP Conference Series: Materials Science and Engineering: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/434/1/012100/pdf>

- Li, X., Wei, L., Guyue, H., Xiao Chan, W., Yu, Z., Guo Xiang, S., & Zhichao, F. (2016). Effects of light-emitting diode supplementary lighting on the winter growth of greenhouse plants in the Yangtze River Delta of China. *botanicalstudie*, 1,8.
- Martínez-García, J. F., Monte, E., & Ruiz Cantón, F. J. (s.f.). *Fitocromos y desarrollo vegetal*.  
Obtenido de  
<https://www.exa.unne.edu.ar/biologia/fisiologia.vegetal/Fitocromos%20y%20desarrollo%20vegetal.pdf>
- Martínez-García, J. F., Montes, E., & Ruiz Cantó, F. J. (s.f.). *Fitocromos y desarrollo vegetal*.  
*exa.unne.edu.ar*, 1-11.
- Mendivelso Rodríguez, D. (18 de agosto de 2014). *Bombillas Ahorradoras, una Amenaza para el Ambiente*. Obtenido de Revista Catorce6: <https://www.catorce6.com/350-publicaciones/13615-bombillas-ahorradoras-una-amenaza-para-el-ambiente>
- Meza Echeverria, M. E. (2021). “*Evaluación del Efecto de la Luz Artificial sobre los Parámetros Productivos del Crisantemo (Chrysanthemum Sp.) En Chavezpamba, Pichincha*”.  
Obtenido de Universidad Técnica del Norte:  
<http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/11593/2/03%20AGP%20300%20TRA%20BAJO%20DE%20GRADO.pdf>
- Michael M. Neff, 1. C. (2000). La luz: un indicador de tiempo y lugar. *deepl*, 1-31.
- Mills-Ibibofori, T., Dunn, B. L., Maness, N., & Payton, M. (julio de 2019). *Effect of LED Lighting and Gibberellic Acid*. Obtenido de Horticulturae:  
<file:///C:/Users/usuario/Downloads/horticulturae-05-00051.pdf>
- Morales Becerril, C. D. (diciembre de 2021). *La calidad de la luz y su relación con el crecimiento y metabolismo secundario en Thymus Vulgaris*. Obtenido de Universidad

Autónoma Chapingo:

[https://repositorio.chapingo.edu.mx/bitstream/handle/20.500.12098/1095/mch\\_mbcj-21.pdf?sequence=2&isAllowed=y](https://repositorio.chapingo.edu.mx/bitstream/handle/20.500.12098/1095/mch_mbcj-21.pdf?sequence=2&isAllowed=y)

Morales Becerril, C. d. (2021). La calidad de la luz y su relación con el crecimiento y metabolismo secundario en *Thymus Vulgaris*. *chapingo.edu.mx*, 1,79.

Nájera Vázquez, C. (2020). *Evaluación de algunos factores de calidad y cantidad de los espectros de radiación en las plantas*. Obtenido de Universidad de Almería:  
<http://repositorio.ual.es/bitstream/handle/10835/10821/NAJERA%20VAZQUEZ%20CINTHIA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Neff, M. M., Fankhauser, C., & Chory, J. (2000). Light: an indicator of time and place.  
<http://genesdev.cshlp.org/content/14/3/257.full.pdf>, 1,16.

Neff, M. M., Fankhauser, C., & Chory, J. (18 de mayo de 2022). *Light: an indicator of time and place*. Obtenido de <http://genesdev.cshlp.org/content/14/3/257.full.pdf>

Neff, M. M., Fankhauser, C., & Chory, J. (2000). La luz: un indicador de tiempo y lugar.  
*Development*, 1-31.

Nissim-Levia, A., Kitron, M., Nishri, Y., Ovadia, R., Forer, I., & Oren-Shamira, M. (agosto de 2019). *Efectos de las luces LED azules y rojas en el crecimiento y floración de Chrysanthemum morifolium*. Obtenido de Scientia Horticulturae:  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0304423819303322>

Nissim-Levia, A., Kitron, M., Nishri, Y., Ovadia, R., & Forer, I. (2018). Effects of blue and red LED lights on growth and flowering of. *Elsevier*, 1-7.

Ochiai, M., Liao, Y., Shimazu, T., Takai, Y., Suzuki, K., Yano, S., & Fukui, H. (agosto de 2014). *Varietal Differences in Flowering and Plant Growth Under Night-Break Treatment with*

- LEDs in 12 Chrysanthemum Cultivars*. Obtenido de [https://www.jstage.jst.go.jp/article/ecb/53/1/53\\_17/\\_pdf/-char/ja](https://www.jstage.jst.go.jp/article/ecb/53/1/53_17/_pdf/-char/ja)
- ONU. (2019). *Convenio de Minamata sobre El Mercurio - Textos y Anexos*. Obtenido de <https://www.mercuryconvention.org/sites/default/files/2021-06/Minamata-Convention-booklet-Sep2019-SP.pdf>
- Pérez Pérez, J. L., Blanco Tirado, T. d., García Rodríguez, L., Veitía Rodríguez, N., Bermúdez Caraballos, I., Collado, R., . . . Romero, C. (diciembre de 2012). *Influencia del tipo e intensidad de luz en la formación y multiplicación de embriones somáticos de soya*. Obtenido de Rev. Colomb. Biotecnol: <https://revistas.unal.edu.co/index.php/biotecnologia/article/view/37413/39784>
- Pérez, S. F., González, A. M., Aguilar, L. A., & García, E. A. (2021). Uso de diferentes proporciones de led rojos y azules para mejorar el crecimiento de *Lilium spp*. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 12(5), 835-847.
- Pradita, A. S.-Z. (2021). Effect of Colour of Light on Rooting Cuttings and Subsequent Growth of *Chrysanthemum* (*Chrysanthemum* × *grandiflorum* Ramat./Kitam.). *mdpi AGRICULTURE*, 1-14.
- Prado Garde, G. (2013). *Suplementação de luz intermitente emitida por led sobre as características fitotécnicas e anatômicas do crisântemo (*dendranthema grandifloratzelev*)*. Obtenido de <https://www.locus.ufv.br/bitstream/123456789/4601/1/texto%20completo.pdf>
- Pulgarín Navarro, J. M. (2021). *Manual de Producción de Crisantemo*. Obtenido de Volver a Ceniflores: <https://academia.ceniflores.org/CentroDocumental/manual-del-crisantemo/>

Québec-Canadá, I. N. (Abril de 2010). *Exposición al Mercurio por la Rotura de Lámparas*

*Compactas Fluorescentes*. Obtenido de

<https://prevencion.umh.es/files/2011/10/exposicion-al-mercurio-por-la-rotura-de-lamparas-compactas.pdf>

R. Chica 1, M. L. (2016). E valuación de L E Ds para uso agronómico. *sociedad españolas de ciencias hortícolas*, 1-4.

Rajapakse, N. C., McMahon, M. J., & Kelly, J. W. (febrero de 1993). *La luz roja lejana al final del día invierte la reducción de la altura del crisantemo inducida por los filtros*

*espectrales de CuSO*. Obtenido de El Sevier:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/030442389390073Y>

República de Colombia - Ministerio de Minas y Energía. (2010). *RESOLUCIÓN 18-0540 DE*

*2010*. Obtenido de [https://www.suin-](https://www.suin-juriscol.gov.co/viewDocument.asp?ruta=Resolucion/4030577#:~:text=RESOLUCION%2018%2D0540%20DE%202010&text=por%20la%20cual%20se%20modifica,y%20se%20dictan%20otras%20disposiciones)

[juriscol.gov.co/viewDocument.asp?ruta=Resolucion/4030577#:~:text=RESOLUCION%2018%2D0540%20DE%202010&text=por%20la%20cual%20se%20modifica,y%20se%20dictan%20otras%20disposiciones](https://www.suin-juriscol.gov.co/viewDocument.asp?ruta=Resolucion/4030577#:~:text=RESOLUCION%2018%2D0540%20DE%202010&text=por%20la%20cual%20se%20modifica,y%20se%20dictan%20otras%20disposiciones).

República de Colombia. Ministerio de Minas y Energía. (08 de febrero de 2016). *Resolución*

*40122* . Obtenido de Por la cual se adiciona y modifica el Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público - RETILAP:

<https://www.minenergia.gov.co/documents/10180/23517/36906-Resolucion-40122-8Feb2016.pdf>

Reyes, A., Nazila Ali, B., Pérez Ybarra, L., Rodríguez, M., Pacheco, F., De Cian, A., &

Goncálvez, A. (2018). Descarte de lámparas ahorradoras de energía y su relación con la

- exposición a mercurio. Caso: Bella Vista, Estado Aragua, Venezuela. *Saber, Universidad de Oriente, Venezuela*, 1-11.
- rionegro.gov.co. (2014). *Rionegro*. Obtenido de <https://rionegro.gov.co>
- rionegro.gov.co. (2021). nuestra historia. *rionegro junto avanzamos*, principal.
- Robrecht Diercka, b. E. (2017). Light quality regulates plant architecture in different genotypes of *Chrysanthemum morifolium* Ramat. *sciencedirect*, 10.10.
- Ryan Major, C. (2015). “*How to Grow Organic Plants Indoors with LED Lights - For Beginners and Advanced Gardeners - Advice from a Professional Grower*.”
- Schroeter-Zakrzewska, A., & Pradita, F. A. (2021). Effect of Colour of Light on Rooting Cuttings and Subsequent Growth of *Chrysanthemum* (*Chrysanthemum* × *grandiflorum* Ramat./Kitam.). *MDPI Agriculture*, 1-14.
- Silva Vasquez, P. (2018). “Efecto de tecnologías de iluminación e intensidades de luz sobre el crecimiento vegetativo de cuatro cultivares de crisantemo (*Chrysanthemum morifolium* Ramat) para la obtención de varas florales de longitud comercial en la región Lambayeque”. *unprg.edu.pe*, 1,157.
- Sipos, L., Boros, I. F., Csambalik, L., Székely, G., Jung, A., & Balázsf, L. (17 de noviembre de 2020). *Horticultural lighting system optimalization: A review*. Obtenido de Science Direct: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0304423820304593>
- Vasquez Silva, P. (2018). *Efecto de tecnologías de iluminación e intensidades de luz sobre el crecimiento vegetativo de cuatro cultivares de crisantemo (Chrysanthemum morifolium Ramat) para la obtención de varas florales de longitud comercial en la región Lambayeque*. Obtenido de <https://repositorio.unprg.edu.pe/handle/20.500.12893/2691>

- Wollaeger, H. M., & Runkle, E. S. (diciembre de 2013). *Respuestas de crecimiento de plántulas anuales ornamentales bajo diferentes longitudes de onda de luz roja proporcionada por diodos emisores de luz*. Obtenido de HortScience:  
<https://journals.ashs.org/hortsci/view/journals/hortsci/48/12/article-p1478.xml#container-4382-item-4377>
- Xue Li, ,. G. (2016). Effects of light-emitting diode supplementary lighting on the winter growth of greenhouse plants in the Yangtze River Delta of China. *botanicalstudie*, 1,8.
- Zheng, L., & Van Labeke, M. C. (2017). *Chrysanthemum morphology, photosynthetic efficiency and antioxidant capacity are differentially modified by light quality*. *Journal of Plant Physiology*, 213, 66–74.

## Bibliografía

- Chica, R., Lao, M. T., & Almansa, E. (2016). E valuación de L E Ds para uso agronómico. *II Simposio Nacional de Ingeniería Hortícola*, 1-4.
- Comité Científico de los Riesgos Sanitarios y Medioambientales. (s.f.). *El mercurio en las bombillas de bajo consumo*. Obtenido de [https://ec.europa.eu/health/scientific\\_committees/opinions\\_layman/mercury-in-cfl/es/mercurio-lamparas-bajo-consumo/acerca-mercurio-lamparas-bajo-consumo.htm#24](https://ec.europa.eu/health/scientific_committees/opinions_layman/mercury-in-cfl/es/mercurio-lamparas-bajo-consumo/acerca-mercurio-lamparas-bajo-consumo.htm#24)
- Cockshull, K. E., & Hughes, A. P. (1972). *Flower formation in Chrysanthemum morifolium : the influence of light level* . *Journal of Horticultural Science*, 47(1), 113–127. Obtenido de <https://doi.org/10.1080/00221589.1972.11514446>
- Cockshull, K. E., & Hughes, A. P. (2015). *Flower formation in Chrysanthemum morifolium : the influence of light level*. Obtenido de *Journal of Horticultural Science*, 47(1), 113–127: <https://doi.org/10.1080/00221589.1972.11514446>
- Diercka, R., Dhooghea, E., Huylenbroecka, J. V., Der Straetenb, D. V., & De Keysera, E. (2017). La calidad de la luz regula la arquitectura vegetal en diferentes genotipos de *Chrysanthemum morifolium* Ramat. *Science Direct*, 10.10.
- García, D. (2016). *Curvas de extracción de nutrientes en crisantemo (Dendranthema grandiflorum) en la variedad Atlantis White bajo condiciones de producción en sistemas aeropónicos*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.
- Jaime F. Martínez-García, E. M. (s.f.). Fitocromos y desarrollo vegetal. *exa.unne.edu.ar*, 1-11.
- Michael M. Neff, 1. C. (2000). La luz: un indicador de tiempo y lugar. *deepl*, 1-31.
- Neffy, M. M., Fankhauser, C., & Chory, J. (2000). La luz: un indicador de tiempo y lugar. *Development*, 1-31.

- Pérez Pérez, J. L., Blanco Tirado, T. d., García Rodríguez, L., Veitía Rodríguez, N., Bermúdez Caraballos, I., Collado, R., . . . Romero, C. (diciembre de 2012). *Influencia del tipo e intensidad de luz en la formación y multiplicación de embriones somáticos de soya*. Obtenido de Rev. Colomb. Biotecnol:  
<https://revistas.unal.edu.co/index.php/biotecnologia/article/view/37413/39784>
- Pérez, S. F., González, A. M., Aguilar, L. A., & García, E. A. (2021). Uso de diferentes proporciones de led rojos y azules para mejorar el crecimiento de *Lilium spp.* *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 12(5), 835-847.
- República de Colombia. Ministerio de Minas y Energía. (08 de febrero de 2016). *Resolución 40122* . Obtenido de Por la cual se adiciona y modifica el Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público - RETILAP:  
<https://www.minenergia.gov.co/documents/10180/23517/36906-Resolucion-40122-8Feb2016.pdf>
- Schroeter-Zakrzewska, A., & Pradita, F. A. (2021). Effect of Colour of Light on Rooting Cuttings and Subsequent Growth of Chrysanthemum (*Chrysanthemum × grandiflorum* Ramat./Kitam.). *MDPI Agriculture*, 1-14.
- Zheng, L., & Van Labeke, M. C. (2017). *Chrysanthemum morphology, photosynthetic efficiency and antioxidant capacity are differentially modified by light quality*. *Journal of Plant Physiology*, 213, 66–74.

## Apéndice

### Apéndice A

#### *Diámetro de pétalos en Spray*

| Diámetro de pétalos S |                |                |                |               |                |
|-----------------------|----------------|----------------|----------------|---------------|----------------|
|                       | C1             | C2             | C3             | C4            | C5             |
| Tratamiento 1         | 6.46 ± 2.31 a  | 5.70 ± 2.03 a  | 11.76 ± 0.13 b | 0 c           | 0 c            |
| Tratamiento 2         | 6.38 ± 2.28 a  | 1.52 ± 1.08 b  | 8.98 ± 1.60 ac | 5.28 ± 1.88 a | 9.64 ± 0.11 c  |
| Tratamiento 3         | 8.90 ± 1.59 a  | 9.82 ± 0.06 a  | 12.16 ± 0.04 b | 9.04 ± 0.05 a | 9.18 ± 0.10 a  |
| Tratamiento 4         | 11.14 ± 0.03 a | 10.10 ± 0.03 b | 11.08 ± 0.04 a | 9.78 ± 0.10 b | 10.06 ± 0.04 b |
| Tratamiento 5         | 11.28 ± 0.13 a | 0 b            | 4.30 ± 2.30 c  | 3.74 ± 2.00 c | 0.12 ± 0.18 b  |
| Tratamiento 6         | 11.14 ± 0.03 a | 10.10 ± 0.03 b | 11.08 ± 0.04 a | 9.78 ± 0.10 b | 10.06 ± 0.04 b |

Fuente: autoría propia

*Nota.* Las letras diferentes, indican significancia estadística. P = 0.05.

## Apéndice B

### *Diámetro de pétalos en Disbud*

| Diámetro de pétalos D |                |                |                 |                |                |
|-----------------------|----------------|----------------|-----------------|----------------|----------------|
|                       | C1             | C2             | C3              | C4             | C5             |
| Tratamiento 1         | 8.00 ± 2.86 a  | 6.82 ± 2.43 a  | 13.36 ± 0.07 a  | 0 c            | 0 c            |
| Tratamiento 2         | 8.20 ± 2.93 ab | 2.30 ± 1.16 d  | 11.38 ± 2.03 ab | 6.62 ± 2.36 c  | 12.74 ± 0.06 a |
| Tratamiento 3         | 11.62 ± 2.07 a | 12.26 ± 0.05 a | 14.18 ± 0.03 b  | 10.78 ± 0.06 a | 11.52 ± 0.06 a |
| Tratamiento 4         | 14.10 ± 0.01 a | 12.16 ± 0.04 b | 13.04 ± 0.05 c  | 12.50 ± 0.10 b | 12.20 ± 0.09 b |
| Tratamiento 5         | 14.06 ± 0.03 a | 0 b            | 5.16 ± 2.76 c   | 4.58 ± 2.45 c  | 2.24 ± 1.60 c  |
| Tratamiento 6         | 14.01 ± 0.02 a | 12.16 ± 0.04 b | 13.04 ± 0.05 b  | 12.50 ± 0.10 b | 12.22 ± 0.09 b |

Fuente: autoría propia

*Nota.* Las letras diferentes, indican significancia estadística. P = 0.05.

## Apéndice C

### *Cantidad de puntos florales*

| <b>Cantidad de puntos florales</b> |                |               |               |                |                |
|------------------------------------|----------------|---------------|---------------|----------------|----------------|
|                                    | C1             | C2            | C3            | C4             | C5             |
| Tratamiento 1                      | 6.20 ± 2.21 ab | 4.20 ± 1.50 b | 7.80 ± 0.14 a | 0 b            | 0 b            |
| Tratamiento 2                      | 4.20 ± 1.50 a  | 2.40 ± 1.71 b | 6.60 ± 1.18 a | 6.20 ± 2.21 a  | 9.92 ± 0.14 c  |
| Tratamiento 3                      | 7.40 ± 1.32 a  | 9.40 ± 0.21 a | 8.80 ± 0.14 a | 10.80 ± 0.14 b | 8.80 ± 0.32 a  |
| Tratamiento 4                      | 7.80 ± 0.14 a  | 6.80 ± 0.14 a | 7.80 ± 0.14 a | 9.60 ± 0.21 b  | 10.20 ± 0.28 b |
| Tratamiento 5                      | 7.60 ± 0.21 a  | 0 b           | 2.80 ± 1.50 c | 4.20 ± 2.25 c  | 1.80 ± 1.28 b  |
| Tratamiento 6                      | 7.80 ± 0.14 a  | 6.80 ± 0.14 a | 7.80 ± 0.14 a | 9.60 ± 0.21 b  | 20.20 ± 0.68 b |

Fuente: autoría propia

*Nota.* Las letras diferentes, indican significancia estadística. P = 0.05.

## Apéndice D

### *Tamaño de Espiga*

| <b>Tamaño de espiga</b> |                |                 |                 |                |                |
|-------------------------|----------------|-----------------|-----------------|----------------|----------------|
|                         | <b>C1</b>      | <b>C2</b>       | <b>C3</b>       | <b>C4</b>      | <b>C5</b>      |
| Tratamiento 1           | 25.60 ± 9.15 a | 31.60 ± 11.30 a | 36.60 ± 0.32 a  | 0 b            | 0 b            |
| Tratamiento 2           | 22.20 ± 7.94 b | 10.02 ± 7.29 c  | 32.80 ± 5.86 ab | 19.40 ± 6.94 b | 37.80 ± 0.32 a |
| Tratamiento 3           | 45.40 ± 0.21 a | 48.60 ± 0.32 a  | 49.40 ± 0.21 a  | 36.40 ± 0.39 b | 33.20 ± 0.69 b |
| Tratamiento 4           | 39.40 ± 0.32 a | 39.80 ± 0.14 a  | 48.40 ± 0.32 b  | 35.40 ± 0.67 a | 34.80 ± 0.46 a |
| Tratamiento 5           | 37.60 ± 0.21 a | 0 b             | 19.60 ± 10.51 c | 15.20 ± 8.15 c | 7.00 ± 5.00 c  |
| Tratamiento 6           | 39.40 ± 0.32 a | 39.80 ± 0.14 a  | 48.40 ± 0.32 b  | 35.40 ± 0.68 a | 34.80 ± 0.46 a |

Fuente: autoría propia

*Nota.* Las letras diferentes, indican significancia estadística. P = 0.05.

## Apéndice E

### *Altura de tallo*

| <b>Altura de tallo</b> |                 |                 |                 |                 |                 |
|------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
|                        | <b>C1</b>       | <b>C2</b>       | <b>C3</b>       | <b>C4</b>       | <b>C5</b>       |
| Tratamiento 1          | 114.8 ± 0.28 a  | 107.2 ± 1.28 b  | 111.4 ± 0.39 b  | 83.8 ± 1.35 c   | 79.4 ± 0.72 c   |
| Tratamiento 2          | 112.8 ± 0.28 a  | 95.40 ± 0.10 b  | 115.20 ± 0.28 a | 101.08 ± 0.46 c | 101.04 ± 0.39 c |
| Tratamiento 3          | 119.8 ± 0.14 a  | 105.4 ± 0.21 b  | 120.2 ± 0.32 a  | 103.6 ± 0.57 b  | 99.4 ± 1.28 b   |
| Tratamiento 4          | 106.2 ± 0.28 a  | 110.6 ± 0.21 b  | 115.0 ± 0.17 c  | 110.2 ± 0.28 b  | 105.4 ± 0.21 a  |
| Tratamiento 5          | 116.0 ± 0.35 a  | 90.6 ± 2.89 d   | 111.4 ± 8.30 ab | 105.4 ± 1.93 b  | 100.0 ± 1.07 c  |
| Tratamiento 6          | 106.28 ± 0.28 a | 110.60 ± 0.21 a | 115.00 ± 0.17 b | 110.20 ± 0.28 a | 105.40 ± 0.21 a |

Fuente: autoría propia

*Nota.* Las letras diferentes, indican significancia estadística. P = 0.05.

## Apéndice F

### *Diámetro de tallo*

| <b>Diámetro de tallo</b> |               |               |               |               |               |
|--------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
|                          | <b>C1</b>     | <b>C2</b>     | <b>C3</b>     | <b>C4</b>     | <b>C5</b>     |
| Tratamiento 1            | 0.45 ± 0.16 b | 0.37 ± 0.13 b | 0.76 ± 0.01 a | 0.61 ± 0.01 a | 0.60 ± 0.07 a |
| Tratamiento 2            | 0.44 ± 0.16 a | 0.14 ± 0.10 b | 0.78 ± 0.01 c | 0.68 ± 0.01 c | 0.79 ± 0.01 c |
| Tratamiento 3            | 0.62 ± 0.11 a | 0.76 ± 0.01 a | 0.80 ± 0.01 a | 0.62 ± 0.02 a | 0.74 ± 0.02 a |
| Tratamiento 4            | 0.71 ± 0.01 a | 0.72 ± 0.01 a | 0.79 ± 0.01 a | 0.73 ± 0.01 a | 0.81 ± 0.01 a |
| Tratamiento 5            | 0.73 ± 0.01 a | 0 b           | 0.28 ± 0.15 c | 0.25 ± 0.13 c | 0.16 ± 0.11 c |
| Tratamiento 6            | 0.71 ± 0.01 a | 0.72 ± 0.01 a | 0.79 ± 0.01 a | 0.73 ± 0.01 a | 0.81 ± 0.01 a |

Fuente: autoría propia

*Nota.* Las letras diferentes, indican significancia estadística. P = 0.05.