



# UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

## FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES

**“EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LA LUZ ARTIFICIAL SOBRE LOS  
PARÁMETROS PRODUCTIVOS DEL CRISANTEMO (*Chrysanthemum sp.*) EN  
CHAVEZPAMBA, PICHINCHA”**

**Trabajo de grado previa a la obtención del Título de Ingeniero Agropecuario**

**AUTOR:**

**MARIO ESTEBAN MEZA ECHEVERRIA**

**DIRECTOR:**

**Ing. MIGUEL ALEJANDRO GÓMEZ CABEZAS MSc.**

**Ibarra, 2021**



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y**  
**AMBIENTALES**  
UNIVERSIDAD ACREDITADA RESOLUCIÓN Nro. 001-073-CEAACES-2013-13  
Ibarra-Ecuador

---

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y**  
**AMBIENTALES**

Ibarra, 05 de octubre del 2021

Dr. Bolívar Batallas, PhD.  
**DECANO FICAYA**

Ab. Clever Torres T. Mgs.  
**SECRETARIO JURÍDICO**

Para los fines consiguientes, el tribunal tutor quienes firman a continuación, **CERTIFICAMOS** haber recibido de manera digital el Trabajo de Titulación: "EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LA LUZ ARTIFICIAL SOBRE LOS PARÁMETROS PRODUCTIVOS DEL CRISANTEMO (*Chrysanthemum sp.*) EN CHAVEZPAMBA, PICHINCHA" de autoría del señor/ita: Meza Echeverría Mario Esteban, estudiante de la Carrera de Ingeniería Agropecuaria

Atentamente,

**TRIBUNAL TUTOR**

Ing. Miguel Alejandro Gómez Cabezas, MSc  
**DIRECTOR TRABAJO TITULACIÓN**

FIRMA  
  


Ing. Telmo Fernando Basantes Vizcaíno, MSc.  
**MIEMBRO TRIBUNAL TUTOR TRABAJO DE TITULACIÓN**

Ing. Julia Karina Prado Beltrán Ph D.  
**MIEMBRO TRIBUNAL TUTOR TRABAJO DE TITULACIÓN**



---

**Misión Institucional:**

Contribuir al desarrollo educativo, científico, tecnológico, socioeconómico y cultural de la región norte del país. Formar profesionales críticos, humanistas y éticos comprometidos con el cambio social.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE  
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y  
AMBIENTALES  
UNIVERSIDAD ACREDITADA RESOLUCIÓN Nro. 001-073-CEAACES-2013-13  
Ibarra-Ecuador

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y  
AMBIENTALES

CERTIFICACIÓN TRIBUNAL TUTOR TRABAJO DE  
TITULACIÓN

Ibarra, 05 octubre del 2021

Para los fines consiguientes, una vez revisado el documento en formato digital el trabajo de titulación: "EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LA LUZ ARTIFICIAL SOBRE LOS PARÁMETROS PRODUCTIVOS DEL CRISANTEMO (*Chrysanthemum sp.*) EN CHAVEZPAMBA, PICHINCHA", de autoría del señor /ita Meza Echeverría Mario Esteban estudiante de la Carrera de Ingeniería Agropecuaria, el tribunal tutor **CERTIFICAMOS** que el/la autor/a o autores ha procedido a incorporar en su trabajo de titulación las observaciones y sugerencia realizadas por este tribunal.

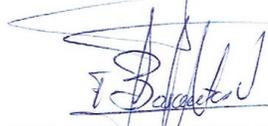
Atentamente,

**TRIBUNAL TUTOR**

Ing. Miguel Alejandro Gómez Cabezas, MSc  
**DIRECTOR TRABAJO TITULACIÓN**

Ing. Telmo Fernando Basantes Vizcaíno, MSc.  
**MIEMBRO TRIBUNAL TUTOR TRABAJO DE TITULACIÓN**

Ing. Julia Karina Prado Beltrán Ph D.  
**MIEMBRO TRIBUNAL TUTOR TRABAJO DE TRITULACIÓN**

FIRMA  
  
  


**Misión Institucional:**

Contribuir al desarrollo educativo, científico, tecnológico, socioeconómico y cultural de la región norte del país. Formar profesionales críticos, humanistas y éticos comprometidos con el cambio social.

# UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN

CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES

ESCUELA DE INGENIERIA AGROPECUARIA

## “EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LA LUZ ARTIFICIAL SOBRE LOS PARÁMETROS PRODUCTIVOS DEL CRISANTEMO (*Chrysanthemum sp.*) EN CHAVEZPAMBA, PICHINCHA”

Trabajo de grado revisado por el Comité Asesor, por lo cual se autoriza su presentación  
como requisito parcial para obtener Título de:

**INGENIERO AGROPECUARIO**

APROBADO:

Ing. Miguel Alejandro Gómez Cabezas MSc

**DIRECTOR**



---

FIRMA

Ing. Julia Karina Prado Beltrán PhD

**MIEMBRO TRIBUNAL**



---

FIRMA

Ing. Telmo Fernando Basantes Vizcaino MSc

**MIEMBRO TRIBUNAL**



---

FIRMA



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
**BIBLIOTECA UNIVERSITARIA**

**AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN**  
**A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

**1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA**

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	100401511-9		
APELLIDOS Y NOMBRES:	Mario Esteban Meza Echeverria		
DIRECCIÓN:	Cotacachi, calle 10 de agosto y tarqui		
EMAIL:	memezae@utn.edu.ec		
TELÉFONO FIJO:	062915250	TELÉFONO MÓVIL:	0983575661
DATOS DE LA OBRA			
TÍTULO:	“EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LA LUZ ARTIFICIAL SOBRE LOS PARÁMETROS PRODUCTIVOS DEL CRISANTEMO ( <i>Chrysanthemum</i> sp.) EN CHAVEZPAMBA, PICHINCHA”		
AUTOR:	Mario Esteban Meza Echeverria		
FECHA:	05 de Octubre de 2021		
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO			
PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO		
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniería Agropecuaria		
ASESOR /DIRECTOR:	Ing. Miguel Alejandro Gómez Cabezas MSc.		

## 2. CONSTANCIAS

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrollo, sin los derechos de autores terceros, por lo tanto, la obra es original y es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 05 días del mes de octubre del 2021

EL AUTOR



.....  
Mario Esteban Meza Echeverria

C.I.: 100401511-9

## REGISTRO BIBLIOGRÁFICO

**Guía:** FICAYA-UTN

**Fecha:** Ibarra, a los 05 días del mes de octubre del 2021

**Nombres y Apellidos:** Mario Esteban Meza Echeverría / “EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LA LUZ ARTIFICIAL SOBRE LOS PARÁMETROS PRODUCTIVOS DEL CRISANTEMO (*Chrysanthemum sp.*) EN CHAVEZPAMBA, PICHINCHA”.

Universidad Técnica del Norte. Carrera de Ingeniería Agropecuaria. Ibarra, a los 05 días del mes de octubre del 2021. 73 páginas.

**DIRECTOR:**

El objetivo principal de la presente investigación fue: Evaluar el efecto de la luz artificial sobre los parámetros productivos de crisantemo en Chavezpamba-Pichincha

Entre los objetivos específicos se encuentran:

1. Determinar el efecto de la luz artificial sobre el tipo de esqueje en la morfología del crisantemo
2. Analizar el efecto de la luz artificial sobre el tipo de esqueje en la calidad del crisantemo.
3. Comparar la relación beneficio costo de los tratamientos en estudio, respecto al tipo de luz artificial.



**Ing. Miguel Alejandro Gómez Cabezas MSc.**

**Director de Trabajo de Grado**



**Mario Esteban Meza Echeverría**

**Autor**

## **AGRADECIMIENTO**

*En primera instancia agradezco al Ing Miguel Gómez por haberme brindado la oportunidad de participar en este proyecto y guiarme durante toda la etapa investigativa en conjunto con la colaboración de la empresa Florisol S.A. y mis asesoras Ing Fernando Basantes y Dra. Julia Prado; los cuales me incentivaron en mi la superación constante y generar soluciones ante las adversidades.*

*A mis amigos y familiares que me apoyaron en todo momento para llegar a cumplir este sueño tan anhelado.*

## CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS .....	XI
ÍNDICE DE FIGURAS .....	XII
ÍNDICE DE ANEXOS .....	XIII
RESUMEN .....	XIV
ABSTRACT .....	XV
CAPITULO I .....	1
1. INTRODUCCIÓN .....	1
1.1 Antecedentes .....	1
1.2 Problema.....	2
1.3 Justificación.....	2
1.4 Objetivos .....	3
1.4.1 Objetivo general .....	3
1.4.2 Objetivos específicos .....	4
1.5 Hipótesis .....	4
CAPITULO II.....	1
2. MARCO TEÓRICO .....	1
2.1 Generalidades del cultivo de crisantemo .....	1
2.2 Taxonomía.....	1
2.3 Descripción botánica .....	1
2.4 Requerimientos Agroclimáticos .....	1
2.5 Estados fenológicos en Crisantemo.....	2
2.6 Efecto de la luz en las plantas.....	3
2.7 Efecto de la luz en Crisantemo .....	3
2.8 Fotoperiodismo.....	3
2.9 Fitocromo .....	5
2.10 Lámparas de sodio de alta presión .....	5
2.10.1 Características .....	5
2.10.2 Ventajas .....	5
2.10.3 Ambiente.....	6
2.11 Lámparas LED .....	6
2.11.1 Las principales ventajas de los LED .....	6
CAPÍTULO III .....	10
3. MARCO METODOLÓGICO.....	10
3.1 Caracterización del área de estudio .....	10
3.2 Materiales y métodos.....	10
3.3 Métodos .....	10
3.3.1 Factores en estudio.....	10
3.3.2 Tratamientos.....	11
3.3.3 Diseño experimental.....	11
3.3.4 Características del experimento .....	11

3.3.5	Análisis estadístico.....	12
3.4	Variables en estudios.....	12
3.4.1	Largo del tallo (cm).....	12
3.4.2	Calibre del tallo (mm).....	12
3.4.3	Área foliar (cm <sup>2</sup> ).....	12
3.4.4	Altura del botón floral (cm).....	13
3.4.5	Diámetro del botón floral (cm).....	13
3.4.6	Número de nudos.....	13
3.4.7	Materia seca.....	13
3.4.8	Porcentaje de formación compuesta.....	14
3.4.9	Fenología.....	14
3.4.10	Análisis costo-beneficio.....	15
3.5	Manejo específico del experimento.....	15
3.5.1	Selección de esquejes.....	15
3.5.2	Preparación del terreno.....	16
3.5.3	Antes del trasplante.....	16
3.5.4	Luz.....	16
3.5.5	Siembra.....	17
3.5.6	Riego.....	17
3.5.7	Fertilización.....	17
3.5.8	Monitoreo de plagas y enfermedades.....	17
3.5.9	Labores culturales.....	18
3.5.10	Cosecha.....	18
	CAPITULO IV.....	20
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	20
4.1	Longitud del tallo.....	20
4.2	Calibre del tallo.....	22
4.3	Área foliar.....	24
4.4	Número de nudos.....	26
4.5	Peso seco de la raíz.....	27
4.6	Peso seco del tallo.....	28
4.7	Peso seco de la hoja.....	29
4.8	Peso seco del botón.....	30
4.9	Peso seco total.....	31
4.10	Longitud del botón floral.....	32
4.11	Diámetro del botón floral.....	33
4.12	Botón arroz.....	35
4.13	Botón arveja.....	35
4.14	Botón garbanzo.....	36
4.15	Pintando color.....	37
4.16	Cosecha.....	38

4.17 Porcentaje de flor corona.....	40
4.18 Análisis económico .....	41
CAPÍTULO V .....	42
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	42
5.1 Conclusiones .....	42
5.2 Recomendaciones .....	42
BIBLIOGRAFÍA .....	43
ANEXOS .....	47

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tabla comparativa de diferentes fuentes luminosas.....	8
Tabla 2. Materiales de investigación .....	10
Tabla 3. Descripción y codificación de los tratamientos en estudio .....	11
Tabla 4. Características del experimento.....	11
Tabla 5. Características de la unidad experimental .....	12
Tabla 6. Análisis del ADEVA .....	12
Tabla 7. Días a los que presenta el estado fenológico después del trasplante .....	15
Tabla 8. ADEVA del efecto de dos tipos de luces artificiales sobre la longitud del tallo de los esquejes basales y aéreos en el crisantemo.....	20
Tabla 9. ADEVA del efecto de dos tipos de luces artificiales y material vegetativo sobre el calibre del tallo de los esquejes basales y aéreos del crisantemo. ....	22
Tabla 10. ADEVA del efecto de dos tipos de luces artificiales sobre el área foliar de los esquejes basales y aéreos del crisantemo. ....	24
Tabla 11. ADEVA del efecto de dos tipos de luces artificiales sobre el número de nudos de los esquejes basales y aéreos del crisantemo.....	26
Tabla 12. ADEVA del efecto de dos tipos de luces artificiales sobre el peso de la raíz de los esquejes basales y aéreos del crisantemo. ....	27
Tabla 13. ADEVA del efecto de dos tipos de luces artificiales sobre el peso seco del tallo de los esquejes basales y aéreos del crisantemo.....	28
Tabla 14. ADEVA del efecto de dos tipos de luces artificiales sobre el peso seco de las hojas de los esquejes basales y aéreos del crisantemo.....	29
Tabla 15. Medias y error estándar del peso seco de las hojas de crisantemo.....	30
Tabla 16. ADEVA del efecto de dos tipos de luces artificiales sobre el peso seco del botón de los esquejes basales y aéreos del crisantemo.....	30
Tabla 17. Medias y error estándar sobre el peso seco del botón floral.....	31
Tabla 18. ADEVA del efecto de dos tipos de luces artificiales sobre el peso seco total de los esquejes basales y aéreos del crisantemo. ....	31
Tabla 19. Medias y error estándar del peso seco total del crisantemo .....	32

Tabla 20. ADEVA del efecto dos tipos de luces artificiales sobre la altura del botón floral de los esquejes basales y aéreos del crisantemo.....	32
Tabla 21. ADEVA del efecto de dos tipos de luces artificiales sobre el diámetro del botón floral en plantas crisantemo.....	34
Tabla 22. Medias y error estándar del diámetro del botón del crisantemo.....	34
Tabla 23. ADEVA del efecto de dos tipos de luces artificiales sobre el porcentaje de flor corona de los esquejes basales y aéreos del crisantemo.....	40
Tabla 24. Análisis económico del suministro de dos tipos de luces artificiales en el cultivo de crisantemo var. White albatros .....	41

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Clasificación de las plantas según su respuesta periódica .....	4
Figura 2. Espectro luminoso de lámpara de sodio de alta presión .....	6
Figura 3. Espectro luminoso de lámparas LED.....	7
Figura 4. Mapa de ubicación del área de estudio .....	10
Figura 5. Medición del área foliar de los folíolos del crisantemo .....	13
Figura 6. Secado de muestras en la estufa a 70°C.....	14
Figura 7. Anomalía presente en las flores de crisantemo. A) Formación compuesta, B) Flor normal.....	14
Figura 8. Fenología del crisantemo propuesta por la Finca Florisol. (A) Vegetativo con luz, (B) Vegetativo sin luz, (C) Botón arroz, (D) Botón arveja, (E) Botón garbanzo, (F) Pintando color, (G) Cosecha.....	15
Figura 9. Selección de esquejes de crisantemo de plantas madre. A) Esqueje parte baja; B) Esqueje parte alta.....	16
Figura 10. Intensidades de luz. A) Lámpara LED 3x3 m; B) Lámpara LED 3.5 x 3.5 m; C) Lámpara de sodio.....	17
Figura 11. Siembra de esquejes de la parte alta y baja. A) Esqueje aéreo; B) Esqueje basal .....	17
Figura 12. Ubicación de mallas en los botones flores de crisantemo.....	18
Figura 13. Cosecha de crisantemos de la parte basal y aérea para la medición de las variables .....	19
Figura 14. Efecto de dos tipos de luz artificial sobre la longitud del tallo de los esquejes basales y aéreos .....	20
Figura 15. Efecto de los diferentes tipos de luz artificial sobre los esquejes basales y aéreos del crisantemo.....	23
Figura 16. Efecto de dos tipos de luz sobre el área foliar por planta de esquejes basales y aéreos de crisantemo.....	25

Figura 17. Efecto de los dos tipos de luz artificial sobre el número de entrenudos en el crisantemo.....	26
Figura 18. Efectos de dos tipos de luz artificial sobre el peso seco de la raíz de crisantemo .....	28
Figura 19. Efecto de dos tipos de luz sobre el peso seco del tallo de crisantemo .....	29
Figura 20. Efecto de dos tipos de luz sobre la longitud del botón floral .....	33
Figura 21. Efecto de dos tipos de luz sobre el botón en estado arroz del crisantemo .....	35
Figura 22. Efectos de dos tipos de luz sobre el botón en estado arveja del crisantemo .....	36
Figura 23. Efecto de dos tipos de luz sobre el botón en estado garbanzo del crisantemo....	37
Figura 24. Efecto de dos tipos de luz sobre la etapa pintando color en el crisantemo .....	38
Figura 25. Efecto de los tipos de luz sobre los días a la cosecha del crisantemo .....	39
Figura 26. Efecto de los tipos de esqueje sobre el porcentaje de flor corona.....	40

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Medias y rangos de la variable longitud del tallo .....	47
Anexo 2. Medias y rangos de la variable calibre del tallo en el crisantemo .....	47
Anexo 3. Medias y rangos de la variable área foliar en el crisantemo .....	47
Anexo 4. Medias y rangos de la variable número de nudos en el crisantemo.....	47
Anexo 5. Medias y rangos de la variable peso seco de la raíz en el crisantemo .....	48
Anexo 6. Medias y rangos de la variable peso seco del tallo en el crisantemo.....	48
Anexo 7. Medias y rangos de la variable peso seco de las hojas en el crisantemo .....	48
Anexo 8. Medias y rangos de la variable peso seco del botón floral en el crisantemo .....	48
Anexo 9. Medias y rangos de la variable longitud del botón floral en el crisantemo .....	49
Anexo 10. Medias y rangos de la variable diámetro del botón floral en el crisantemo .....	49
Anexo 11. Medias y rangos de la variable porcentaje de flor corona en el crisantemo .....	49
Anexo 12. Detalles del costo kilovatios hora para cada tratamiento.....	49

## RESUMEN

En la floricultura del Ecuador, el cultivo de crisantemo (*Chrysanthemum* sp) requiere de luz artificial para controlar el desarrollo vegetativo, la floración y evitar la anomalía “formación compuesta” (producción de esquejes en lugar de botones florales). En la Finca Florisol S.A la producción de crisantemo se realiza sembrando esquejes basales y aéreos, y usa lámparas de sodio de alta presión que tiene desventajas como: alto costo de energía y una vida útil corta; por lo que una alternativa es el suministro de luces rojas LED. Esta investigación se basó en evaluar el efecto de la luz artificial sobre los parámetros productivos del crisantemo. Se evaluaron seis tratamientos: Esqueje parte aérea + lámpara de sodio (E1L1), Esqueje parte aérea + lámpara LED (3 x 3 m) (E1L2), Esqueje parte aérea + lámpara LED (3.5 x 3.5 m) (E1L3), Esquejes parte basal + lámpara de sodio (E2L1), Esqueje parte basal + lámpara LED (3 x 3 m) (E2L2), Esqueje parte basal + lámpara LED (3.5 x 3.5 m<sup>2</sup>) (E2L3). Las variables evaluadas fueron: largo y calibre del tallo, área foliar, altura y diámetro del botón floral, número de nudos, materia seca, porcentaje de formación compuesta y relación B/C. Los resultados indican que la luz artificial si influyó sobre las características morfológicas del crisantemo; sin embargo, el 2 % de flor corona se presentó en el crisantemo proveniente de los esquejes basales. La interacción de luz artificial y el material vegetativo incidió en el ciclo fenológico del cultivo de 80 hasta 88 días, presentando cosechas tempranas. La relación B/C mostró rentabilidad para los tratamientos con luces LEDs con una rentabilidad de 1.26 (con una utilidad de 0.26 centavos por cada dólar invertido).

**Palabras clave:** Luz LED, lámparas de sodio, esquejes, flor corona

## ABSTRACT

In the floriculture of Ecuador, the cultivation of chrysanthemum (*Chrysanthemum* sp) requires artificial light to control vegetative development, flowering and avoid the anomaly "compound formation" (production of cuttings instead of flower buds). At Finca Florisol SA, chrysanthemum production is carried out by sowing basal and aerial cuttings, and uses high-pressure sodium lamps that have disadvantages such as: high cost of energy and a short useful life; so an alternative is the supply of red LED lights. This research was based on evaluating the effect of artificial light on the productive parameters of chrysanthemum. Six treatments were evaluated: aerial part cutting + sodium lamp (E1L1), aerial part cutting + LED lamp (3 x 3 m) (E1L2), aerial part cutting + LED lamp (3.5 x 3.5 m) (E1L3), Basal part cuttings + sodium lamp (E2L1), Basal part cuttings + LED lamp (3 x 3 m) (E2L2), Basal part cuttings + LED lamp (3.5 x 3.5 m) (E2L3). The variables evaluated were: stem length and caliber, leaf area, height and diameter of the flower bud, number of nodes, dry matter, percentage of compound formation and B / C ratio. The results indicate that artificial light did influence the morphological characteristics of the chrysanthemum; however, 2% of the crown flower was present in the chrysanthemum from the basal cuttings. The interaction of artificial light and vegetative material affected the phenological cycle of the crop from 80 to 88 days, presenting early harvests. The B / C ratio showed a profitability in the treatments under the interaction of LED lights with 1.26 dollars, that is; for every dollar invested 0.26 cents is the utility

**Key words:** LED light, sodium lamps, cuttings, crown flower

# CAPÍTULO I

## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1 Antecedentes

A partir de la década de los 70 inician las primeras actividades florícolas en el Ecuador, pero en los años 90 es cuando empieza a convertirse en un sector económico de importancia para el país, debido a que en los últimos años se ha creado un importante espacio entre los principales productos de exportación de nuestro país. Los primeros importadores son Rusia, España, Canadá, Italia, Holanda y Francia (Del Castillo, 2015).

En el año 2020 se registraron más de 1 700 fincas productoras de flores, más de 600 empresas exportadas con un total de 4 900 hectáreas cultivadas, mismas que se concentran en las provincias de Pichincha y Cotopaxi; en exportaciones el 71 % de la producción nacional corresponde a rosas, 13 % a flores de verano, 7 % a Gypsophila, 1 % a claveles y 1 % a crisantemos (Expoflores,2020).

Dentro de la floricultura existen plantas que pueden ser clasificadas por su respuesta fotoperiódica, esto generalmente se lo hace de acuerdo con la floración. Existen plantas que florecen en días cortos (noches largas) y plantas que florecen en días largos (noches cortas) (Taíz y Zeiger, 2006). Fides (1990) clasificó al crisantemo como una planta de día corto, ya que su floración inicia cuando el fotoperiodo es inferior a 14.5 horas (o a su vez, 9.5 horas de oscuridad); es decir que, para mantener en estado vegetativo a la planta, se requiere de un fotoperiodo mayor a 14.5 horas.

En el Ecuador las horas de luminosidad (12 horas) y oscuridad (12 horas) son iguales y constantes a lo largo de todo el año, esto se da por estar ubicado en latitud 0 °, a medida que uno se mueve a los polos, los días se hacen más largos en verano y más cortos en invierno (Taíz y Zeiger, 2006). Esta condición geográfica favorece la floración natural de este cultivo, ya que la duración de la noche excede la duración crítica de oscuridad. Esto se refiere a que, si la planta pasa muchas horas sin luz esta florece ya que el fitocromo rojo lejano se degrada, lo que hace que la planta empiece a florecer de forma temprana (Taíz y Zeiger, 2006). Sin embargo, para poder cumplir con los parámetros comerciales, los tallos deben alcanzar una altura de 80 a 90 cm, para luego ser procesados y enviados según los requerimientos de los clientes (Florisol, comunicación personal, 12 de noviembre de 2018).

Para lograr este objetivo, las empresas florícolas usan lámparas de sodio de alta presión, sin embargo, estas lámparas tienen dos desventajas: la primera es que no se puede variar el espectro lumínico, es decir, la calidad de luz; y, la segunda, es que estas lámparas tienen un gran consumo energético, gran parte de la energía eléctrica es usada para generar calor en vez de luz) (Heredia, 2009).

El primer aspecto es de gran importancia porque incide en las fases de desarrollo de un cultivo, en este caso la floración. Para extender el fotoperiodo y evitar que el cultivo de crisantemo florezca es necesario suministrar luz roja o luz con una alta proporción de luz

roja/luz roja lejana (Taíz y Zeiger, 2006). Adicionalmente, de acuerdo a Barrera et al., (2007), otro factor que también se debe tomar en cuenta es la obtención de esquejes de las plantas madres de crisantemo, ya que al no existir una iluminación adecuada en la plantas madres, estas podrían florecer de manera prematura.

Además, la cantidad y calidad de luz suministrada para extender los fotoperiodos en plantas madre o plantas en producción puede incidir en alteraciones morfológicas de las plantas de crisantemo como, por ejemplo: formación compuesta, aumentando la cantidad de flor de rechazo. Pues Abou (1967) menciona que las flores tratadas con iluminación adicional incrementan su producción, acelerando la floración con fotoperiodos superiores a las 16 horas.

## **1.2 Problema**

El cultivo de crisantemos ha presentado anomalías durante su desarrollo vegetativo, siendo la más común una anomalía denominada “flor corona” o “formación compuesta”, la cual se diferencia cuando los brotes laterales sobre pasan los apicales y producen esquejes en lugar de botones flores (J. Morales, comunicación personal, 12 de noviembre de 2018). Esta malformación puede estar influenciada por varios elementos externos, tales como: altas temperatura, iluminación, contaminantes así también como plagas y enfermedades (Gómez, 1992).

En la Finca Florisol S.A esta anomalía puede desarrollarse por la cantidad de luz que se suministra a las plantas madre y a las plantas en producción, pues la luz proporciona va desde 2 hasta 9 micromoles de fotones de luz por metro cuadrado (10 a 12 footcandels). Para Barrera et al (2007) la obtención de esquejes de las plantas madre de crisantemo es otro factor que considerar, pues el tipo de esqueje (proveniente de la planta madre, de la parte basal y aérea) influye en la producción de yemas florales prematuras. Por lo mencionado anteriormente, se deduce que bajas cantidades de luz ocasiona alteraciones a nivel de la floración o la producción de una floración temprana en el cultivo de crisantemo.

El tipo de iluminación que proporciona la Finca Florisol S.A es mediante el uso de lámparas de sodio de alta presión, las cuales para Malagamba (2015) ocasiona inconvenientes como: 1) El costo de energía depende mucho del equipo a utilizar, pero el consumo es del 40 al 70 %; 2) su vida útil es de 4 000 a 12 000 horas luz y 3) el espectro luminoso no puede variar; estas desventajas ocasionan que no exista una adecuada luz artificial para el cultivo de crisantemos y se produzca las alteraciones antes mencionadas.

## **1.3 Justificación**

El cultivo de crisantemo presenta la anomalía “Flor corona” o “formación compuesta” a nivel de floración debido al tipo y cantidad de luz que se proporciona en las fincas productoras de flores. Taíz y Zeiger (2006) señalan que una baja cantidad o mala calidad de luz hacen que las plantas acumulen una baja proporción de fitocromo rojo y fitocromo rojo lejano, lo cual

induce que exista una floración temprana en el crisantemo y para Barrera et al (2007) la aparición de “formación compuesta”.

Por lo que, para evitar este tipo de malformaciones se debe realizar una distribución homogénea de luces artificiales y sembrar esquejes de buena calidad durante el manejo del cultivo (German,2015). Según Healy, Heins y Wilkins (1980) menciona que el control del suministro de luz artificial en crisantemo variedad White Albatros (plantas de día corto) promueve el desarrollo vegetativo del tallo y alcanza el tamaño del botón floral requerido para la exportación de flores de crisantemo.

La utilización de luces LEDs como fuente de radiación suplementaria o fuente única de luz para las plantas, ha despertado gran interés en los últimos años, debido principalmente al gran potencial comercial que tienen en la producción intensiva en invernaderos, promover el crecimiento vegetativo y regular la floración de muchas especies de plantas, además del alto poder de emisión de longitudes y espectros de onda específicos para realizar diferentes procesos en las plantas (Tan Nhut, Takamura, Watanabe y Tanaka, 2005).

Según menciona Malagamba (2015) gracias a que las luces LED no generan temperatura, pueden ser ubicadas en posiciones cercanas a las plantas, logrando una mayor recepción de la luz incidente y consiguiendo así notables diferencias en la productividad del cultivo, cualquiera que este sea. Estas luces pueden ser manipuladas para responder a demandas específicas de las plantas, emitiendo composiciones y espectros de luz específicos que actúen sobre el crecimiento, germinación, floración o formación de frutos, además de causar efectos notables en la anatomía y morfología de las plantas, absorción de nutrientes y en la variación de su composición nutritiva. Dependiendo de la etapa en la que sea implementada, puede ser una mejor alternativa ambiental a la aplicación de reguladores de crecimiento.

Diferentes estudios realizados en el país se han enfocado en el control de plagas y enfermedades y manejo poscosecha en el cultivo de rosas, más no en la influencia de las luces artificiales sobre producción y calidad de poscosecha del cultivo. Es por lo que si existe una menor cantidad de formación compuesta es posible que la información generada en la presente investigación sea tomada como base por varias fincas productoras de crisantemos, lo cual podría mejorar sus sistemas de producción con este tipo de tecnología.

El suministro de luces LED en las fincas productoras de crisantemo es una alternativa que permite reemplazar el uso de lámpara de sodio de alta presión, las ventajas que presentan son: 1) menor consumo de energía; 2) mayor vida útil. Por lo que la presente investigación se basa en suministrar luces artificiales para alargar el fotoperiodo en el cultivo y conocer su efecto sobre los parámetros productivos del crisantemo.

## **1.4 Objetivos**

### ***1.4.1 Objetivo general***

Evaluar el efecto de la luz artificial sobre los parámetros productivos de crisantemo en Chavezpamba-Pichincha

#### **1.4.2 *Objetivos específicos***

- Determinar el efecto de la luz artificial sobre el tipo de esqueje en la morfología del crisantemo
- Analizar el efecto de la luz artificial sobre el tipo de esqueje en la calidad del crisantemo.
- Comparar la relación beneficio costo de los tratamientos en estudio, respecto al tipo de luz artificial.

#### **1.5 Hipótesis**

**Ha:** Al menos uno de los tratamientos mejorará la calidad flor en crisantemos y reducirá la incidencia de flor compuesta.

**Ho:** Ninguno de los tratamientos mejorará la calidad flor en crisantemos y la incidencia de flor compuesta.

## CAPÍTULO II

### 2. MARCO TEÓRICO

#### 2.1 Generalidades del cultivo de crisantemo

Los primeros registros del crisantemo provienen de la China, cerca del año 500 a.C., dicho cultivo fue introducido a Japón entre los años 730 a 750 d.C. los cuales pasaron por un proceso de cruce con especies nativas silvestres (Bautista, 2002).

La hibridación de estas variedades para alcanzar una buena calidad de flor continúa actualmente en América, Asia y Europa; para selección materiales adecuados se toma en cuenta la forma, color, adaptabilidad, tiempo de florecimiento y calidad después de la cosecha (Hernández, 2008).

#### 2.2 Taxonomía

De acuerdo a Taylor's (1958) el crisantemo se clasifica en :

Reino: Vegetal

División: Anthophita

Clase: Dicotiledónea

Orden: Asterales

Familia: Compositae

Género: *Chrysanthemum*

Especie: *C. morifolium*

#### 2.3 Descripción botánica

El crisantemo es una planta herbácea perenne que puede llegar a medir 1.5 m de altura, aunque puede variar dependiendo de la variedad o cultivar. Tienen tallos leñosos que surgen de una masa de rizomas rastreros y hojas lobuladas, dentadas o rugosos de hasta 8 cm de largo de color verde en diferentes gamas y con enveses afieltrados grises. La inflorescencia es un capítulo formado de flores femeninas (ubicadas en la zona radical) y hermafroditas (localizadas en la zona central). El receptáculo tiene forma convexa o plana y está envuelto por brácteas (Barrera, et. al, 2007).

#### 2.4 Requerimientos Agroclimáticos

##### a) Fotoperiodo

El crisantemo es una planta de día corto. Es decir, que la duración del día influye en la iniciación y desarrollo floral. Por tal razón se distinguen dos periodos: vegetativo y reproductivo. El vegetativo demanda días largos en los que se requieren un mínimo de 16 horas de luz natural o artificial. En el reproductivo de haber al menos 13 horas de oscuridad (días cortos), en países ecuatoriales deben ser al menos 12 horas por noche (Fides,1990).

## **b) Temperatura**

La temperatura es un factor muy importante sobre todo en la floración. En el crisantemo la temperatura nocturna determina la velocidad de formación del brote (Fides, 1990), señala la importancia de emplear esquejes obtenidos de las plantas madre que crecen a temperatura entre 17 y 18 °C.

## **c) Humedad relativa**

Un nivel de humedad relativa entre 70 y 90 % se considera más adecuado para crisantemos. Los niveles altos y bajos de humedad tienen un efecto inhibitor sobre el crecimiento del cultivo. Los altos niveles de humedad por encima de 90-95 % aumentan los ataques de hongos y bacterias.

## **2.5 Estados fenológicos en Crisantemo**

Según Florisol (2017), el crisantemo presenta siete etapas fenológicas desde el trasplante hasta la madurez comercial. El crisantemo durante su ciclo de vida presenta una fase vegetativa y una reproductiva. Dentro del periodo vegetativo se destacan dos estados fenológicos que se originan de la demanda de esta especie. En la fase reproductiva se visualizan cinco estados de los cuales se forma su inflorescencia.

### **a) Vegetativa I**

En la fase vegetativa se distinguen dos estados fenológicos que están relacionados con los requerimientos de luz artificial. El estado vegetativo I comprende el periodo entre el trasplante y corte de luz artificial. el grupo de anastasias la luz es suministrada por 21 días y el grupo de estándares recibe luz por 32 días (Florisol, 2017).

### **b) Vegetativa II**

Según Florisol (2017), la etapa vegetativa II inicia desde el día en que se elimina la luz artificial hasta el apareamiento del botón. En anastasias dura 22 días y en estándares 24 días. En esta etapa se elimina el suplemento de luz artificial.

### **c) Botón arroz**

La iniciación floral se evidencia con el apareamiento del botón arroz lo que explica que ha iniciado la etapa reproductiva del crisantemo. Esta fase se caracteriza porque en la zona apical de la planta se observa un pequeño botón floral que se asemeja al tamaño de un grano de arroz, de ahí su nombre. Según Florisol (2017), esta característica se observa a los 42 días del trasplante en anastasias y 56 días en estándares.

### **d) Botón arveja**

En este estadio fenológico el botón se muestra más ensanchado y adquiere una forma más redondeada, su tamaño se parece a una arveja con coloración verdosa y se observa la presencia de algunos botones florales por planta. Este acontecimiento se registra a los 50 y 65 días después de la siembra en anastasias y estándares, respectivamente (Florisol,2017).

#### **e) Botón garbanzo**

El estado de botón garbanzo se desarrolla a partir de los 55 días después del trasplante en anastacias y 70 días en estándares (Florisol,2017). Este se caracteriza por ser un botón bastante ensanchado, con una coloración verde oscura en la periferia y amarilla verdosa mientras más se acerca al centro. A medida que avanza este estadio el botón aumenta de diámetro y la coloración amarilla tiende a crecer hacia los extremos.

#### **f) Pintando color**

A partir de los 60 y 75 días después de la siembra, tanto anastacias y estándares (Florisol,2017), se observa los primeros pétalos que indican el color característico de la variedad. Conforme avance esta etapa, aumenta la longitud de las lígulas florales y crece el diámetro de la inflorescencia. También se intensifica la coloración.

#### **g) Cosecha**

En esta fase la inflorescencia llega a su máximo desarrollo, conllevando a la cosecha comercial. Se realiza a los 80 días después de la siembra en anastacias y 91 días después de la siembra en estándares.

### **2.6 Efecto de la luz en las plantas**

Las plantas necesitan luz para vivir y crecer. La luz es la energía empleada por las plantas para procesos de vital importancia como la fotosíntesis y la respiración. Si existe suficiente luz los cultivos crecen e incrementan su calidad lo contrario sucede al no existir luz. Según Salisbury y Ross (2000), de la totalidad de radiación que atraviesa la atmósfera casi la mitad es infrarroja, el 5 % es ultravioleta y el resto está comprendido por ondas entre 400 a 700 nm. Esta longitud de onda es capaz de inducir la fotosíntesis en las plantas.

### **2.7 Efecto de la luz en Crisantemo**

Según Fides (1990) el crisantemo es una planta de día corto, lo que significa que la iniciación y el desarrollo de la flor son controladas por la duración del día. La etapa vegetativa ocurre en condiciones de día largo, en esta fase el meristemo apical es dominante e induce a la formación de nuevas hojas y por ende hay incremento en el tamaño de la planta. La etapa reproductiva sucede bajo condiciones de día corto que influyen en la iniciación y el desarrollo de la floración dependen además del fotoperiodo de la intensidad de luz y la temperatura. En países ecuatoriales la floración puede desarrollarse en condiciones de 12 horas de oscuridad, esto puede ocasionar una respuesta lenta que influye en el tamaño de los peciolos.

### **2.8 Fotoperiodismo**

Es la capacidad de un organismo para detectar la duración del día, hace posible que un determinado acontecimiento molecular o biológico tenga lugar en una época concreta del año, permitiendo una respuesta estacional.

Evidentemente las especies vegetales han ido evolucionando para lograr detectar estos cambios los cuales hacen variar la duración del día. A medida que uno se mueve más hacia los polos los días se hacen más largo en verano y más cortos en invierno (Taíz y Zeiger, 2006).

El periodo de oscuridad nocturna puede ser interrumpida con iluminación artificial ya que está asemeja a las ondas de luz que envía el sol; se debe de tomar en cuenta que si el número de horas de oscuridad excede al número de horas luz que necesita la planta esta se induce a una floración temprana, lo cual afecta a la producción; ya que, estas flores no alcanzaron tamaños adecuados para su exportación (Barrera, et. al, 2007).

Como se observa en la Figura 1, las plantas pueden ser clasificadas en plantas de día corto y plantas de día largo. La diferencia entre estas plantas es el número de horas luz que requieren para evitar floración (Taíz y Zeiger, 2006).

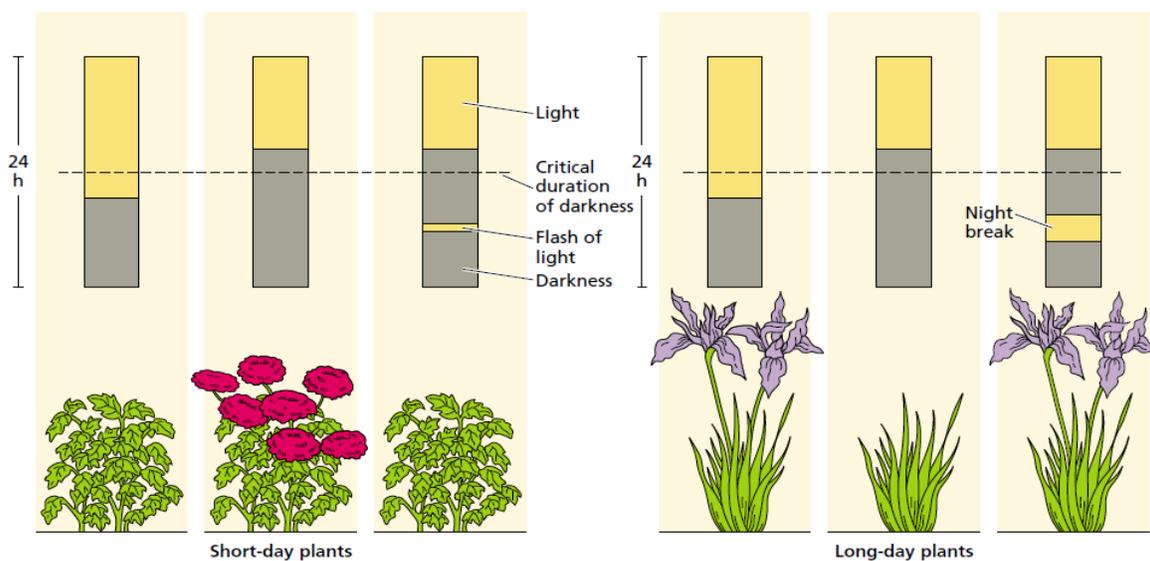


Figura 1. Clasificación de las plantas según su respuesta periódica

El crisantemo al ser una planta de día corto requiere un mayor número de horas luz para evitar floración, esto se lo hace interrumpiendo la noche con ciertos ritmos circadiano o extendiendo el número de horas (Fides, 1990).

No todas las plantas son de día largo o de día corto, algunas son de día neutro, es decir florecen independientemente de la longitud del día; esto quiere decir que las plantas son insensibles a la duración del día ya que su desarrollo está controlado de forma interna. Estas plantas han evolucionado para germinar, crecer y florecer de forma rápida cuando existen las condiciones adecuadas (Academy, 2015).

La mayoría de las especies de plantas responden de manera diferente a la calidad de la radiación (color o longitud de onda) y a la cantidad de ella (densidad del flujo fotónico-DDF o irradiancia), así como las combinaciones de ambas, lo cual representa un factor fundamental en la interferencia entre cultivos (Blanco, Afifi y Swanton, 2015). Las hojas

absorben fotones en el azul y rojo del espectro de la radiación fotosintéticamente activa (RFA), mientras que la absorción en el verde y especialmente en la región del rojo lejano es más débil y gran parte de estos fotones se refleja como radiación difusa (radiancia). Los precursores en demostrar la importancia de la proporción entre el rojo y el rojo lejano (R/RL) (Blanco, Afifi y Swanton, 2015).

## **2.9 Fitocromo**

Es el principal fotoreceptor en el fotoperiodismo, además los fitocromos tienen sus picos de sensibilidad en la región roja (660 nm) e infrarroja (730 nm). Estas ondas de luz juegan un papel muy importante entre las respuestas fisiológicas donde se involucran algunos aspectos como la expansión de la hoja, elongación del tallo, germinación de la semilla y la inducción de la floración (Paniagua et al., 2015).

## **2.10 Lámparas de sodio de alta presión**

Las lámparas de sodio a alta presión de alta calidad son fabricadas con tecnología SLP (Son Light Power) adecuadas para la floritura (Sonlight, 2013); en la Figura 2 se observa el espectro luminoso que estas lámparas brindan y a continuación se describe las características y ventajas:

### **2.10.1 Características**

- Presentan un tubo de descarga de aluminio policristalino, contenido en un bulbo externo, de cristal tubular.
- El tubo de descarga contiene una amalgama de sodio y mercurio con xenón como gas de ignición.
- El bulbo tubular externo es de cristal claro.

### **2.10.2 Ventajas**

- Alta Eficiencia: 400W [más 150 lm/W = 60000 lúmenes] ; 600 W [más 167 lm/W = 100000 lumens]
- Alta emisión de radiaciones PAR (Photosynthetically Active Radiation entre 400 y 700 nm).
- Luz más rica y nutritiva con respecto a las comunes lámparas HPS.
- La tecnología SLP aumenta la fiabilidad y reduce el índice de averías precoces, con encendido fiable en todo el tiempo que duren las lámparas.
- Mejoran el rendimiento y la rentabilidad de la producción en los invernaderos.
- Considerada su alta emisión en el espectro del rojo, estas lámparas estimulan la ramificación y favorecen el desarrollo y la calidad de las plantas y de las flores.
- El getter, captador de impurezas, de ZrCo asegura un alto mantenimiento del flujo luminoso y pocos fallos prematuros.
- Construcción robusta resistente a choques y vibraciones.

### 2.10.3 Ambiente

- Excelente elección medioambiental debido a la alta eficiencia energética y larga vida.
- Este producto cumple con las normativas RoHS.
- Este producto respeta la normativa CE.

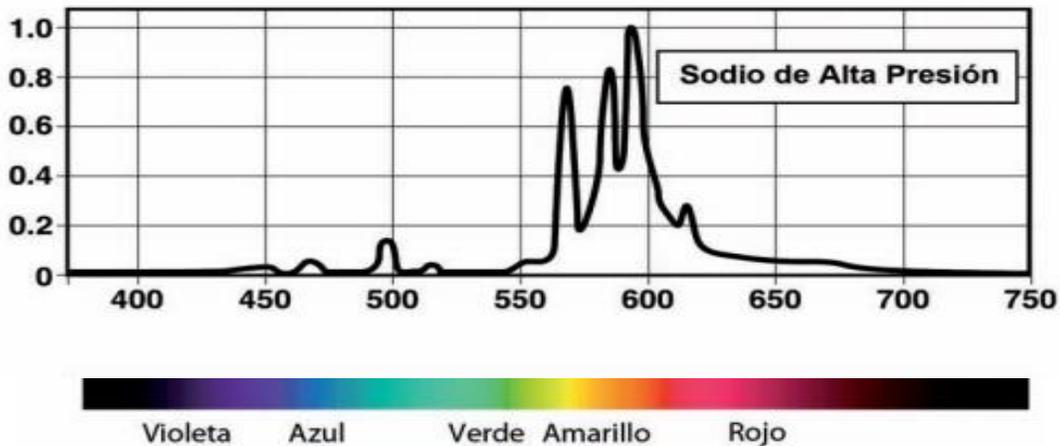


Figura 2. Espectro luminoso de lámpara de sodio de alta presión  
Fuente: Dorremocha, Ollé, y Jáuregui (2011)

## 2.11 Lámparas LED

Un diodo emisor de luz (LED), se puede decir que es una pequeña lámpara de estado sólido; la luz LED funciona con corriente directa por lo que es necesario disponer de una fuente especial para su funcionamiento, además producen un haz estrecho y direccional lo que los hace ideales para iluminación de emergencia, decorativa y señales de tránsito. Sin embargo con el aumento de la eficacia y el desarrollo de luminarios han hecho que la aplicación de este tipo de luces sea posible en otras áreas ya que hoy en día existen diversos tipos de lámparas hechas a base de LED (Singh, Basu, Wollweber y Roth, 2014).

### 2.11.1 Las principales ventajas de los LED

En la Figura 3 se puede observar el espectro luminoso que estas lámparas nos dan. Singh et al., (2014) nos da a conocer las principales ventajas de las luces LED.

- Reducción del consumo de energía hasta un 70 % en comparación con las fuentes de luz tradicionales.
- Cambio rápido y operación en estado estable.
- Simple función de regulación electrónica.
- Reducción del calibre del cable (y por lo tanto el costo y el peso).

- Eficiencia cuántica relativa alta (RQE): la luz roja tiene el RQE más alto, lo que significa que es el más eficiente en la fotosíntesis. La luz azul es de aproximadamente 70 a 75 % tan eficiente como la luz roja.
- Temperatura estable dentro de la cámara de crecimiento e invernadero.
- Capacidad para controlar la composición espectral de longitudes de onda azul, verde, roja y roja lejana.
- Reducción del estrés por calor en las plantas.
- Reducción en el mantenimiento de riego y ventilación.
- Vida útil, confiabilidad y tamaño compacto como las principales ventajas técnicas sobre las tradicionales fuentes de luz.

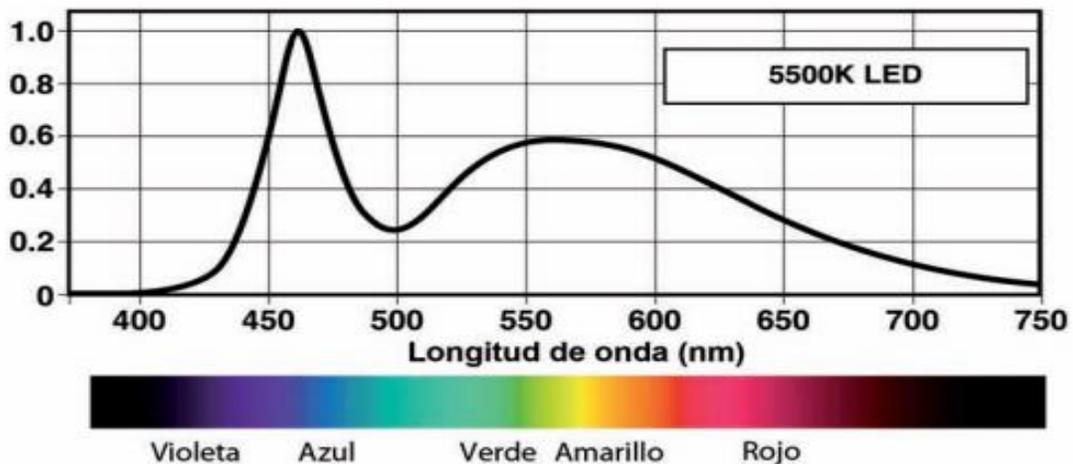


Figura 3. Espectro luminoso de lámparas LED  
Fuente: Dorremochea, Ollé y Jáuregui (2011)

En la Tabla 1 podemos observar los diferentes tipos de luces que se utilizan para iluminación.

**Tabla 1.**

*Tabla comparativa de diferentes fuentes luminosas*

Tipo de lámpara	Eficacia luminosa (lm/W)	Temperatura de color (K)	IRC	Vida útil (h)	Mantenimiento de flujo luminoso (%)	Efectos de la temperatura ambiente	Equipo auxiliar	Tiempo de encendido (min)	Re-encendido inmediato	Regulable	Precio (US\$)
Mercurio	20-40	4000-6000	15-50	16000-24000	60-70	Ningún efecto	Balasto	3 a 5	No	No	\$ 80-85
Vapor de sodio de alta presión	80-120	1900-2200	22-70	15000-40000	75-90	Ningún efecto	Balasto +arrancador o balasto electrónico	2 a 4	Sí, o con un dispositivo especial	Sí	\$ 90-100
Vapor de sodio de baja presión	130-170	1700-1800	0	16000-18000	70-85	Ningún efecto	Balasto +arrancador o sistema híbrido	15	Sí con un dispositivo especial lámpara a dos casquillos	No	N/A
Aditivos metálicos	40-110	3000-4200	60-94	10000-20000	55-80	Ningún efecto	Balasto +arrancador o balasto electrónico	5 a 7	No, excepto con dispositivo especial	No	\$ 80-100
Fluorescente	80-85	2700-5000	80-85	6000-20000	95	Bajas temperaturas aumentan el tiempo de encendido	Balasto +arrancador o balasto electrónico	Casi instantáneo	Sí	Sí	N/A

Inducción	50-85	3500-5000	80-85	100000	65-70	Bajas temperaturas disminuyen el flujo luminoso	Generador de alta frecuencia (balasto electrónico)	Instantáneo	Sí	Sí, algunos casos	en N/A
LED	Hasta 145	2700-7000	42-97	70000+	70-95	Altas y bajas temperaturas disminuyen el tiempo de vida y aumentan la depreciación de flujo luminoso	Driver	Instantáneo	Sí	Sí	\$300-500

---

Fuente: Econoler (2018).

# CAPÍTULO III

## 3. MARCO METODOLÓGICO

### 3.1 Caracterización del área de estudio

La presente investigación se la realizó en la provincia de Pichincha, cantón Quito, parroquia Chavezpamba, en la Finca Florisol S.A ubicada a una altitud de 1 925 m.s.n.m., latitud  $00^{\circ} 07'56''$  Norte y longitud  $78^{\circ} 24'51''$  Oeste, como se observa en la Figura 4.

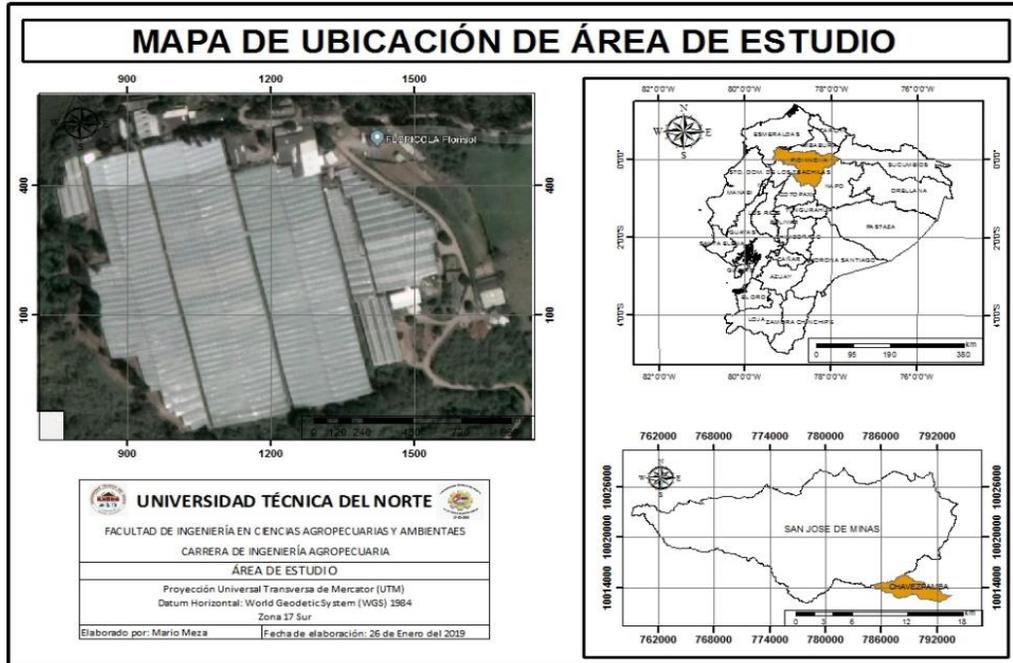


Figura 4. Mapa de ubicación del área de estudio

### 3.2 Materiales y métodos

Los materiales y equipos usados durante el ensayo de investigación se detallan en la Tabla 2.

Tabla 2.

*Materiales de investigación*

Materiales de campo	Material de oficina	Material experimental	Equipos
Palas	Hojas	Esquejes de crisantemo	Balanza
Azadón	Carpetas		Lámparas de sodio de alta presión
Rastrillo	Esferos		Lámparas LED
Letreros	Impresora		Medidor de área foliar LI-3100
Libreta de campo	Computadora		Estufa

### 3.3 Métodos

#### 3.3.1 Factores en estudio

Los factores en estudio son el material vegetativo y la luz artificial y se presentan a continuación:

**Factor A:** Material vegetativo

- E1: Esqueje de la parte aérea
- E2: Esqueje de la parte basal

**Factor B:** Luz artificial

- L1: Lámparas de sodio de alta presión
- L2: Lámparas LED (3 x 3 m<sup>2</sup>)
- L3: Lámparas LED (3.5 x 3.5 m<sup>2</sup>)

**3.3.2 Tratamientos**

**Tabla 3.**

*Descripción y codificación de los tratamientos en estudio*

Tratamientos	Código	Descripción
T1	E1L1	Esqueje parte aérea+ lámpara de sodio
T2	E1L2	Esqueje parte aérea+ lámpara LED (3 x 3 m <sup>2</sup> )
T3	E1L3	Esqueje parte aérea+ lámpara LED (3.5 x 3.5 m <sup>2</sup> )
T4	E2L1	Esqueje parte basal+ lámpara de sodio
T5	E2L2	Esqueje parte basal+ lámpara LED (3 x 3 m <sup>2</sup> )
T6	E2L3	Esqueje parte basal+ lámpara LED (3.5 x 3.5 m <sup>2</sup> )

**3.3.3 Diseño experimental**

Para la presente investigación, se implementó un Diseño de Bloques Completamente al Azar con Parcelas Divididas con tres bloques, donde el factor A corresponde al material vegetativo como parcela principal y el factor B constituye a los diferentes tipos de luz artificial empleados como subparcela.

**3.3.4 Características del experimento**

Las mediciones y el área total del experimento y de las unidades experimentales se presentan a continuación en la Tabla 4 y Tabla 5.

**Tabla 4.**

*Características del experimento*

Características del experimento	
Bloques	3
Tratamientos	6
Total, de unidades experimentales	18
Área por unidad experimental	6 m <sup>2</sup> (1.20 m x 5 m)

**Tabla 5.***Características de la unidad experimental*

<b>Características de la unidad experimental</b>	
Área de la parcela neta	4 m <sup>2</sup> (0.80 m x 5 m)
Área total	18 m <sup>2</sup>
Distancia entre plantas	0.08 m
Densidad de siembra	90 por m
Número de plantas por unidad experimental	540
Número de plantas por parcela neta	360

### 3.3.5 *Análisis estadístico*

Se presenta un análisis de varianza (ADEVA) del diseño de bloques completos al azar con parcelas divididas en la Tabla 6.

**Tabla 6.***Análisis del ADEVA*

<b>Fuentes de Variación</b>	<b>Grados de Libertad</b>
Bloque	3-1 = 2
Luz artificial	3-1 =2
Error: B x L	4
Material vegetativo	2-1=1
Interacción: B x E	2
Interacción: L x E	2
Error experimental	4
Total	17

### 3.4 Variables en estudios

La evaluación de las variables del cultivo de crisantemo se realizó una vez cosechados (80 hasta 88 días) los tallos de crisantemo de cada unidad experimental:

#### 3.4.1 *Largo del tallo (cm)*

Para evaluar esta variable se procedió a elegir 10 plantas de crisantemo al azar de la parcela neta, y se colocó un flexómetro desde el cuello de la raíz hasta el ápice del botón floral. La medida se registró en centímetros

#### 3.4.2 *Calibre del tallo (mm)*

Para la medición de esta variable se tomó las 10 plantas de las cuales se midió largo del tallo y se colocó el calibrador pie de rey en la base del tallo. La medida se registró en milímetros.

#### 3.4.3 *Área foliar (cm<sup>2</sup>)*

De las 10 plantas anteriores se procedió a extraer los foliolos de cada crisantemo, los cuales fueron colocados en el medidor del área foliar LI-3100 y arrojó la medición total individual de cada planta. La medida fue registrada en centímetros cuadrados, ver Figura 5.



Figura 5. Medición del área foliar de los foliolos del crisantemo

#### **3.4.4 *Altura del botón floral (cm)***

En las mismas 10 plantas de las mediciones anteriores se procedió a medir la altura del botón floral, para ello se procedió a colocar el pie de rey en el inicio del pedúnculo hasta el fin del botón. Esta medida se registró en centímetros.

#### **3.4.5 *Diámetro del botón floral (cm)***

De las 10 plantas anteriores se procedió a realizar la medición de esta variable, para ello se retiró la malla que funciona como protección del botón floral y una vez que se expandió la flor se colocó el pie de rey sobre el ancho del botón y se obtuvo la medida en centímetros.

#### **3.4.6 *Número de nudos***

En cada uno de los 10 tallos se procedió a realizar el conteo de los nudos presentes por tallo floral.

#### **3.4.7 *Materia seca***

Una vez tomadas las medidas en las 10 plantas de crisantemo, se procedió a realizar el pesaje de cada estructura vegetativa de la planta. Se procedió a pesar por separado la raíz, las hojas y el tallo en una balanza electrónica, y así se registró el peso en fresco de cada estructura vegetativa en gramos. A continuación, se colocó cada parte de la planta en fundas de papel, las cuales fueron etiquetadas e introducidas a la estufa a una temperatura de 70°C durante 24 horas, hasta obtener un peso constante. Una vez secas, se retiró las muestras de la estufa y se realizó el pesaje de cada muestra en una balanza electrónica y se registró el peso en gramos.



Figura 6. Secado de muestras en la estufa a 70 °C

### 3.4.8 Porcentaje de formación compuesta

Se evaluó el porcentaje de formación compuesta en cada una de las unidades experimentales. En la Figura 7 se diferencia la principal anomalía que se evaluó en la investigación, la cual es la formación de esquejes a nivel de floración, ya que una flor sin este tipo de anomalías solo produce botones florales más nos esquejes o tallos.

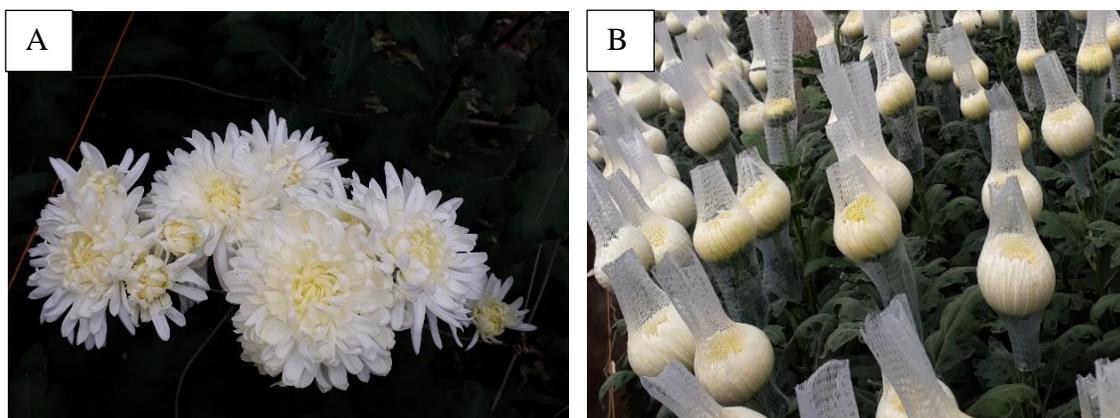


Figura 7. Anomalía presente en las flores de crisantemo. A) Formación compuesta, B) Flor normal

### 3.4.9 Fenología

Para esta variable se usó los estados fenológicos propuestos por la Finca Florisol S.A los cuales son fase vegetativa y fase reproductiva como se puede observar en la Figura 8. El cambio de estado fenológico fue interpretado cuando el 50 % de la unidad experimental modificó su etapa morfológica (fase vegetativa con luz, fase vegetativa sin luz, botón arroz,

botón arveja, botón garbanzo, mostrando color, cosecha). Los cambios fenológicos fueron tomados dos veces por semana en etapa vegetativa y tres veces por semana en fase reproductiva.

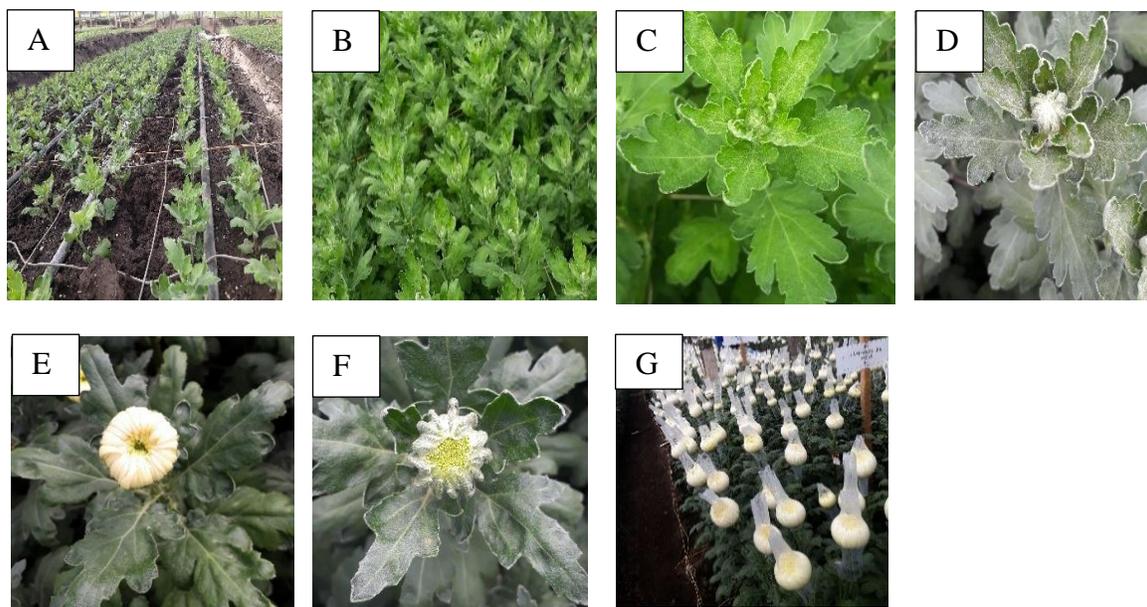


Figura 8. Fenología del crisantemo propuesta por la Finca Florisol. (A) Vegetativo con luz, (B) Vegetativo sin luz, (C) Botón arroz, (D) Botón arveja, (E) Botón garbanzo, (F) Pintando color, (G) Cosecha

En la Tabla 7 se muestra los días a los que se presenta cada estado vegetativo después del trasplante en el cultivo de crisantemo variedad White Albatros en la Finca Florisol S.A.

**Tabla 7.**

*Días a los que presenta el estado fenológico después del trasplante*

<b>Fase Vegetativa</b>	<b>Botón arroz</b>	<b>Botón arveja</b>	<b>Botón garbanzo</b>	<b>Pintando color</b>	<b>Cosecha</b>
Días después del trasplante	56	65	70	75	91

### **3.4.10 Análisis costo-beneficio**

Para esta variable se tomó en cuenta el costo de energía de las lámparas de sodio de alta presión y las lámparas LED. Una vez obtenidos estos datos se realizó el análisis costo beneficio para ver cuál de los dos sistemas de iluminación tiene mejor beneficio para la empresa.

## **3.5 Manejo específico del experimento**

### **3.5.1 Selección de esquejes**

La selección de esquejes de crisantemo se realizó en el área de las plantas madre, de las camas que representaron tallos basales y aéreos se, como se observa en la Figura 9. La primera

medición se realizó al obtener esquejes de las plantas madre (4 106 esquejes parte baja y 3 920 esquejes parte alta) los cuales cumplieron con los estándares de calidad manejados por la empresa, estos fueron tener un tamaño de 4 cm de altura y una madurez de hojas de 2.5 a 3.5 hojas verdaderas. Para esta medición se utilizó un pie de rey y se seleccionaron esquejes al azar.

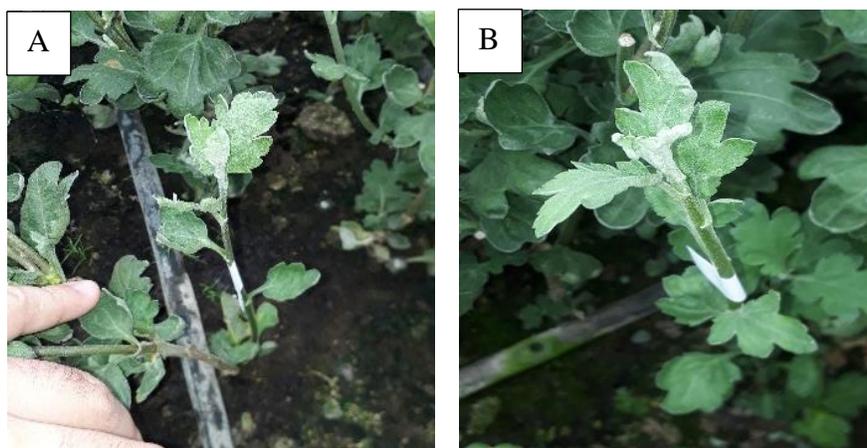


Figura 9. Selección de esquejes de crisantemo de plantas madre. A) Esqueje parte baja; B) Esqueje parte alta

### **3.5.2 Preparación del terreno**

La preparación del terreno se inició con la quema de todos los restos de la cosecha anterior, cuyo fin fue eliminar las pupas y larvas del minador de la hoja. Procedente a ello se procedió a preparar el suelo con la ayuda de un tractor y un subsolador para suavizar el terreno. Luego se incorporó fibra de coco con el arador y al final con un azadón mecánico se terminó el proceso de preparación del suelo.

### **3.5.3 Antes del trasplante**

Se realizó el levantamiento de camas y una previa fertilización con 2 kg de fertilizante químico (N = 10 %, H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> = 40 %, CaO = 8 %, Mg = 1 %, S = 3 %, polisacáridos = 12 %), 1 kg de yeso y 2 kg de cal, los cuales fueron incorporados con un rastrillo en 36 metros cuadrados de terreno. Al final se realizó la instalación del sistema de riego por goteo junto con la malla guía para siembra.

### **3.5.4 Luz**

Los arreglos de luz fueron suministrados durante 29 días desde la siembra hasta que la planta alcanzó una altura media de 27 centímetros. Las horas luz fueron a partir de las 21:00 pm a 22:00 pm, de 00:00 am a 01:00 am, de 03:00 am a 04:00 am. En este proceso intervinieron los tres arreglos de luz, según lo planteado en los tratamientos de la investigación, como se observa a continuación en la Figura 10.

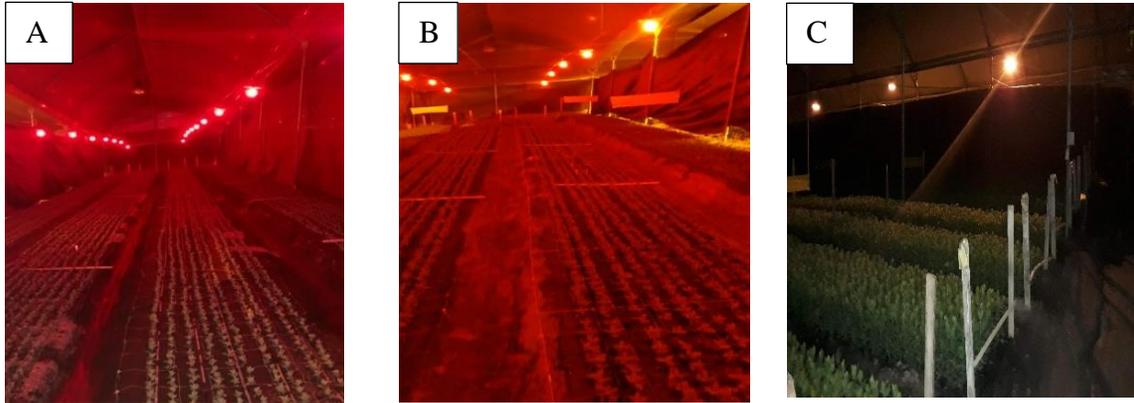


Figura 10. Intensidades de luz. A) Lámpara LED 3x3 m; B) Lámpara LED 3.5 x 3.5 m; C) Lámpara de sodio

### 3.5.5 Siembra

Se tomó en cuenta el uso de dos tipos de esquejes, uno de la parte alta de las plantas madre y otro de la parte baja de las mismas plantas, con una densidad de 90 plantas por metro cuadrado, como se detalla en la Figura 11

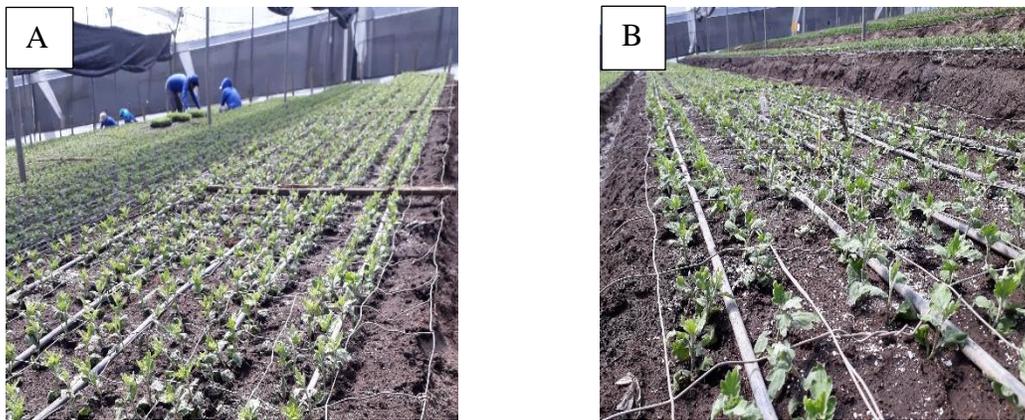


Figura 11. Siembra de esquejes de la parte alta y baja. A) Esqueje aéreo; B) Esqueje basal

### 3.5.6 Riego

El riego se lo realizó mediante el sistema por goteo, las unidades experimentales contaron con 6 mangueras a lo largo de la cama para lograr un riego homogéneo. Los riegos se realizaron a diario con una lámina de 2 a 4 mm.

### 3.5.7 Fertilización

La fertilización se fue mediante fertirrigación tomando en cuenta las etapas fenológicas de la planta, este manejo se lo realizó con la fórmula que maneja la finca. No se detalla la fórmula de fertilización por políticas de la empresa.

### 3.5.8 Monitoreo de plagas y enfermedades.

Inicio a la tercera semana después de la siembra, en la cual se revisó la presencia de plagas como: orugas, áfidos, postura, galerías y enfermedades. Para el monitoreo se utilizó un programa estadístico, el cual facilita diferencia el lote con mayor incidencia. Una vez realizado el primer monitoreo, ingresaron los erradicadores en las semanas tres, seis y nueve.

### 3.5.9 *Labores culturales*

- Se utilizó enraizadores en la primera semana de siembra para promover el crecimiento radicular del cultivo. En la segunda semana se realizó las prácticas de escarificación y posteo.
- En la cuarta semana se ejecutó un peinado, el cual consiste en el levantamiento de malla guía que se colocó al inicio de la siembra, la cual cumple la función de tutoreo en el crisantemo. Este proceso se lo cumplió hasta el desbotone. Además, se procedió a colocar cintas adhesivas para el control y monitoreo de plagas.
- El deshierbe de malezas se lo realizaba cada semana.
- El desbotone se lo efectuó una sola vez cuando las plantas alcanzaron un estado de madurez a las 8 semanas, esta actividad consiste en retirar todos los botones florales secundarios de la planta para que el botón principal se desarrolle de mejor manera.
- Se colocaron mallas a las 9 y 10 semanas para evitar la apertura del botón principal y el maltrato de la flor (Figura 12). Se colocaron ventiladores, los cuales ayudaron a prevenir problemas de botritis.



Figura 12. Ubicación de mallas en los botones flores de crisantemo

### 3.5.10 *Cosecha*

La cosecha se realizó en cada unidad experimental cuando los tallos de crisantemo presentaron una longitud de 70 u 80 cm, lo cual ocurrió a las 13 semanas en la variedad White Albatros. Una vez realizada la cosecha se procedió a seleccionar al azar 10 tallos por unidad experimental, y en los mismos se realizó las mediciones de las variables antes mencionadas.



*Figura 13.* Cosecha de crisantemos de la parte basal y aérea para la medición de las variables

# CAPÍTULO IV

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación, se presenta los resultados obtenidos de la investigación pertinente al uso de luz artificial para mejorar los parámetros productivos del crisantemo, una vez medidas y analizadas las variables del estudio:

### 4.1 Longitud del tallo

Una vez realizado el análisis estadístico se determinó que existe interacción entre los factores luz artificial y material vegetativo, con respecto a la variable longitud del tallo medida en la cosecha de crisantemo ( $F=17.18$ ;  $gl=2, 208$ ;  $p<0.0001$ ) (Tabla 8).

**Tabla 8.**

*ADEVA del efecto de dos tipos de luces artificiales sobre la longitud del tallo de los esquejes basales y aéreos en el crisantemo.*

Fuentes de variación	Grados de libertad FV	Grados de libertad Error	Valor F	Valor P
Luz artificial	2	208	16.35	<0.0001
Material vegetativo	1	208	2.88	0.0909
Luz artificial: material vegetativo	2	208	17.18	<0.0001

En la Figura 14 se muestra que la variable longitud de tallo, para el arreglo de luces LED 3 x 3, obtuvo esquejes basales con mayor longitud, mostrando un incremento de 3.95 %, en relación con los esquejes de la parte aérea. De igual manera sucedió con el arreglo de luces LED 3.5 x 3.5, en donde, los esquejes basales tuvieron mayor longitud, presentando un incremento de 2.3 % con respecto a los esquejes de la parte aérea. En cuanto al arreglo de luces de sodio, se observó que los esquejes de la parte aérea obtuvieron una mayor longitud con un incremento de 3.6 % en relación con los esquejes basales.

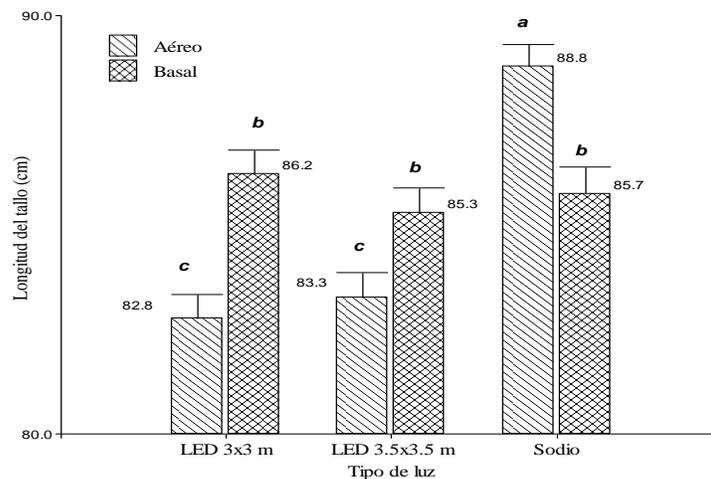


Figura 14. Efecto de dos tipos de luz artificial sobre la longitud del tallo de los esquejes basales y aéreos

A pesar de mostrar diferencias significativas entre los esquejes basales y aéreos en cada arreglo de luces, se puede observar que la longitud de tallo de los esquejes basales no fue alterada por los diferentes arreglos de luces, pues estadísticamente son similares, mostrando un promedio de 85.7 cm. Por otro lado, para los esquejes tomados de la parte aérea de las plantas si se observó un efecto de los arreglos de luces en la longitud del tallo. Se puede observar que la longitud del tallo fue superior en las plantas tratadas con luz proveniente de las lámparas de sodio con un 6.5 % en relación con las plantas tratadas con luz LED, cuyos promedios de longitud de tallo son similares entre sí, alcanzando un promedio de 83 cm.

Este comportamiento de mayor longitud de tallos que presentó el cultivo de crisantemo se debe según menciona Cárdenas (2001) a que se extendió el número de horas luz en el fotoperiodo del cultivo, pues en su investigación en crisantemo de macetas con 12 horas luz al día no presentó la altura mínima recomendada (30 cm), por lo que afirma que se requiere de 14.5 horas luz para una mayor tasa fotosintética y así obtener un mayor crecimiento vegetativo en el cultivo; y a la vez evitar el desarrollo de los botones florales antes de los previsto. En la presente investigación, en cada tratamiento se suministró tres horas de luz en el periodo nocturno, lo cual ha producido que los tallos sobre pase la longitud comercial (70 cm), puesto que se encuentran produciendo un promedio de 15.73 cm (esquejes basales) y 14.96 cm (esquejes aéreos) de más, que luego serán desechados, por lo que este comportamiento puede ser un ahorro energético para la Finca Florisol S.A.

La diferencia de color de la luz en los tratamientos también afectará el crecimiento del crisantemo, según menciona Kamelia, Chaidir, Ainas, Nurdianawati y Fauzi (2018) cada color de luz tiene una longitud de onda particular que puede ser absorbida por la planta y afectar el proceso de fotosíntesis. En un estudio realizado por estos mismos autores, al comprar tres tipos de luces: blanco, amarillo y rojo obtuvieron diferencias significativas en la longitud del tallo, con valores de 76.11 cm, 72.77 cm y 72.88 cm, respectivamente.

Lo mencionada anteriormente ocurrió en la presente investigación, las flores de crisantemo con iluminación de lámparas de sodio (color amarillo) con una longitud de onda de 590 nm, ocasionó que las plantas provenientes de los esquejes aéreos obtuvieran una mayor elongación de tallo; mientras que, la longitud de los tallos de las luces LED roja con una longitud de onda de 620 - 630 nm fue menor, sin embargo cabe mencionar que la diferencia para esquejes basales fue del 6.47 % y no presentó diferencias significativas para esquejes aéreos. Esto permite sugerir que independiente del color de luz que reciba el crisantemo, ya sea para esquejes aéreos o basales, la longitud del tallo alcanzará el estándar de exportación (70 cm).

Resultados similares obtuvo Vásquez (2018), quien evaluó la iluminación e intensidad de luz sobre la longitud de vara del crisantemo y obtuvo en la variedad “White polaris” (pompo blanco) una mayor altura en los tratamientos de mayor intensidad (1 200 lm) en todas las tecnologías de iluminación con 86.13 cm en el sistema incandescente (100 watts); 85.08 en el sistema LED (12 watts) y 82.05 cm en el fluorescente (20 watts), respectivamente; en

cambio los tratamientos que han recibido la intensidad de iluminación de 600 lm bajo las tecnologías incandescentes y fluorescentes, no han superado el estándar de la longitud de vara floral del mercado, que es de 70 cm. Por lo que afirman que, las tecnologías de iluminación incandescentes y fluorescentes cuando son aplicadas con baja intensidad tienen poca eficiencia luminosa frente al cultivo de crisantemo.

Lo dicho anteriormente permite corroborar que, la mayor longitud de tallo que presentó el crisantemo con las lámparas de sodio en los esquejes aéreos es debido a que las lámparas de sodio usados en esta investigación tienen una mayor potencia de 400 Watts (55 000 lm), en comparación con las luces LED roja que tienen 9 Watts (600-1050 lm) siendo de menor intensidad. A pesar de esto, cada intensidad de luz permitió obtener la medida estándar de exportación (70 cm), pero se puede observar que los esquejes basales tienden a obtener una mayor elongación frente a la intensidad de la luz LED, en cuanto que los esquejes aéreos presentan un menor crecimiento.

Los resultados obtenidos en este estudio manifiestan que la inducción de iluminación artificial para la obtención de días largos al crisantemo causa un mayor crecimiento vegetativo tanto en esquejes basales y aéreos, y por ende una mayor altura de plantas; Palacios (2006) señala que la iluminación artificial es necesaria para producir el crecimiento vegetativo en los crisantemos, con la finalidad de inducir la floración en plantas que tengan varas florales de al menos 70 cm.

#### 4.2 Calibre del tallo

Los resultados de análisis de varianza muestran que no existe interacción entre luz artificial y material vegetativo con respecto a la variable calibre del tallo ( $F=1.06$ ;  $gl=2$ , 208;  $p=0.3471$ ) sin embargo, presenta diferencias significativas para el factor material vegetativo ( $F=5.33$ ;  $gl=2$ , 208;  $p=0.0219$ ) independientemente de la luz artificial (Tabla 9).

#### Tabla 9.

*ADEVA del efecto de dos tipos de luces artificiales y material vegetativo sobre el calibre del tallo de los esquejes basales y aéreos del crisantemo.*

Fuentes de variación	Grados de libertad FV	Grados de libertad (Error)	Valor F	Valor P
Luz artificial	2	208	0.03	0.9697
Material vegetativo	1	208	5.33	0.0219
Luz artificial: material vegetativo	2	208	1.06	0.3471

En la Figura 15 se puede observar las diferencias significativas que presentó el factor material vegetativo, en donde indica que para los esquejes basales se obtuvo una mayor longitud de tallos con 5.3 mm, superando a los esquejes de la parte aérea con el 4 % con 5.1 mm para el calibre del tallo.

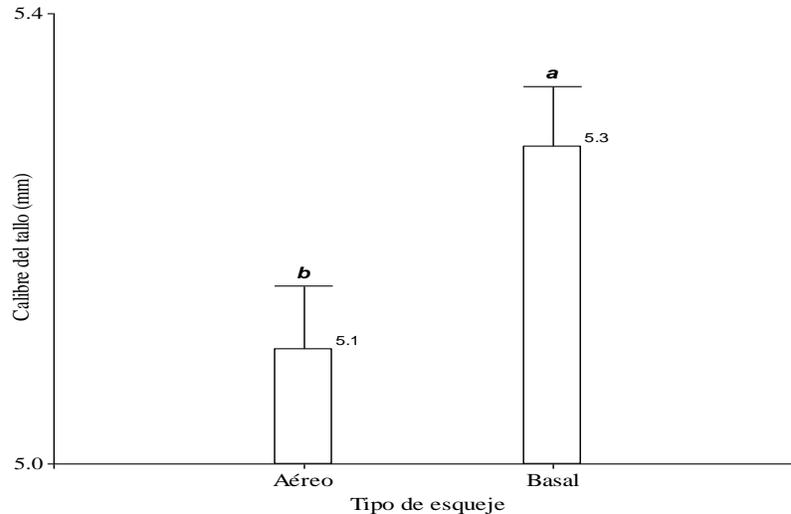


Figura 15. Efecto de los diferentes tipos de luz artificial sobre los esquejes basales y aéreos del crisantemo

Los resultados muestran que el calibre del tallo de los esquejes basales obtuvo un valor mayor con relación a los esquejes aéreos, independientemente del tipo de luz artificial aplicado; esto se debe a que los esquejes basales brotan desde la parte baja de la planta y tienen un mayor grosor desde la etapa inicial, por ende, al alcanzar la etapa de cosecha el calibre del tallo es ligeramente más grueso; lo cual explicaría dicho comportamiento.

El diámetro del tallo en el crisantemo es para el productor una variable indicativa directa del vigor del tallo alcanzado por la planta durante su desarrollo (Hernández, 2008). En la finca Florisol S.A la medida estándar mínima para el mercado de exportación es 4.5 mm de grosor en la vara floral, dicha medida fue superior en este estudio, con valores de 0.6 mm (esquejes aéreos) y 0.8 mm (esquejes basales) de más; lo cual según Santiago (2001) indica que, las varas de crisantemos con tallos más gruesos son de mayor calidad y resistencia en su manejo principalmente en la cosecha. Este comportamiento confirma la necesidad de la influencia artificial en el cultivo de crisantemo para la obtención de varas flores con diámetro comercial.

Un estudio realizado por Cárdenas (2001) sobre la extensión del fotoperiodo en el cultivo de crisantemo, el cual se basó en añadir una, dos, tres y cuatro horas de luz durante la noche y por medio de los resultados obtenidos señala que, a mayor cantidad de horas luz, mayor grosor presenta la vara floral. En el presente estudio, el fotoperiodo se extensión por tres horas luz en el periodo nocturno y se obtuvo un mayor grosor de tallo tanto en esquejes basales como aéreos, sin embargo, no se mostró diferencias significativas en el factor tipo de luz artificial para esta variable.

De igual forma Vásquez (2018) al extender el fotoperiodo con dos horas de luz y comparar la iluminación incandescente, fluorescente y LED con tres intensidades (1 200, 800 y 600 lúmenes) obtuvo que las tecnologías de iluminación son estadísticamente iguales para el diámetro de la vara floral, con valores de 7.74 mm para incandescente, 7.65 mm en LED y 7.57 mm para fluorescente; lo cual corrobora lo obtenido en esta investigación y confirma que independientemente de luz artificial que reciba el crisantemo, la extensión de fotoperiodo

permitirá obtener tallos más gruesos y con el requerimiento de mercado. En cuanto a la intensidad de luz, el autor menciona que dio mejores resultados los tratamientos de 1 200 lm (8.21 mm), siendo estadísticamente diferentes de las intensidades 800 lm (7.41 mm) y 600 lm (7.33 mm); por lo que se sugiere que las altas intensidades que uso este estudio tanto en las lámparas de sodio de 400 watts (55 000 lm) como en las luces LED de 9 watts (600-1050 lm) permitió obtener esquejes basales y aéreos con el grosor adecuado para el mercado de exportación.

Lo descrito anteriormente confirma el enunciado de Palacios (2006) al mencionar la importancia de la iluminación en el vigor del tallo; al indicar que las bajas intensidades luminosas producen tallos débiles, además menciona que las flores de calidad deben tener tallos suficientemente fuertes para soportar las inflorescencias.

### 4.3 Área foliar

Una vez realizado el análisis estadístico, la variable área foliar, medida en la cosecha, muestra que existe interacción entre el arreglo de luz artificial y el material vegetativo ( $F=3.53$ ;  $gl=2, 207$ ;  $p=0.0311$ ) (Tabla 10).

**Tabla 10.**

*ADEVA del efecto de dos tipos de luces artificiales sobre el área foliar de los esquejes basales y aéreos del crisantemo.*

Fuentes de variación	Grados de libertad FV	Grados de libertad Error	Valor F	Valor P
Luz artificial	2	207	0.40	0.6724
Material vegetativo	1	207	0.04	0.9078
Luz artificial: material vegetativo	2	207	3.53	0.0311

En la Figura 16 se puede observar el comportamiento de la variable área foliar de las plantas de crisantemo, en donde, el arreglo de luces LED 3 x 3 obtuvo esquejes basales con una mayor área foliar mostrando un incremento del 8.5 % en relación con los esquejes de la parte aérea. En cuanto que, para el arreglo de luces LED 3.5 x 3.5, no hubo diferencias significativas entre los esquejes basales y aéreos pues estadísticamente son similares con un promedio de 604 cm<sup>2</sup>. Para el arreglo de las lámparas de sodio, los esquejes de la parte aérea muestran una mayor área foliar con incremento de. 6.2 % en relación con los esquejes basales.

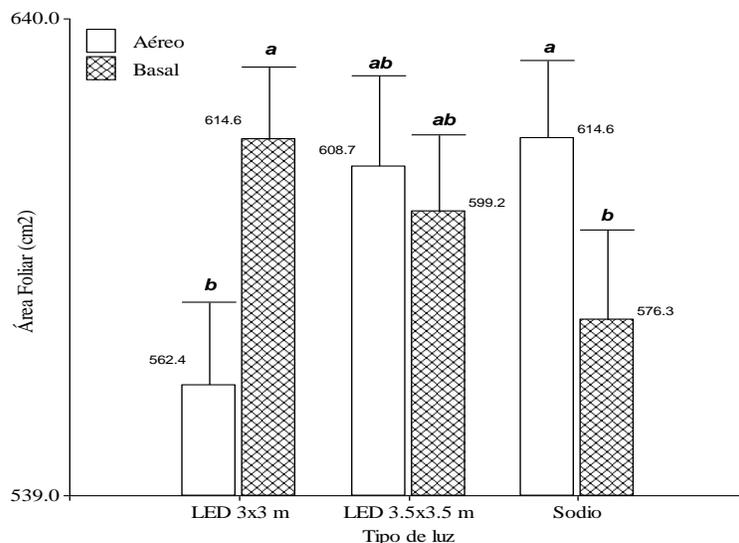


Figura 16. Efecto de dos tipos de luz sobre el área foliar por planta de esquejes basales y aéreos de crisantemo.

En cuanto al material vegetativo, se puede observar que el área foliar de las hojas de los esquejes basales y aéreos si fue alterada por los arreglos de luces, pues estadísticamente son diferentes. Los esquejes tomados de la parte basal de la planta provenientes de las luces LED 3 x 3 y los esquejes aéreos de las lámparas de sodio presentaron una mayor área foliar con un valor de 614.6 cm<sup>2</sup>, seguido por los esquejes basales y aéreos de las luces LED de 3.5 x 3.5 que muestran un valor de 603.95 cm<sup>2</sup> y la menor área foliar presentaron los esquejes basales de las luces LED 3 x 3 y las lámparas de sodio con una superficie de 569.32 cm<sup>2</sup>.

Los resultados muestran que el área foliar de las plantas de crisantemo aumenta al extender el fotoperiodo del cultivo. Las plantas provenientes de los esquejes aéreos bajo las lámparas de sodio presentaron una mayor superficie foliar; lo cual es afirmado por Kumar y Singh (2016) quienes en las flores de crisantemo al extender el fotoperiodo ha 15 horas/días en cámaras crecimiento bajo lámparas de sodio de alta presión por 6, 9, 12 y 15 días obtuvo que, a mayor número de días expuesto el cultivo a las lámparas de sodio, mayor será la superficie foliar, pues obtuvieron el máximo registro a los 15 días con un área de 234.24 cm<sup>2</sup> y mencionan que esto es debido a la expansión celular inducida, tal como ocurrió en la presente investigación, pues el fotoperiodo se extendió con un total de 15 horas durante 29 noches, dando lugar así a una mayor área foliar.

De igual manera, se obtuvo una mayor área foliar en los esquejes basales provenientes de las luces rojas LED de 3 x 3. Lo cual coincide con Kim et al (2014) en las flores de macetas de Kalonche estudio el efecto de la prolongación de 2 h y 4 h al fotoperiodo bajo luces LED roja, azul y la combinación de roja más azul y no presentó diferencias significativas para el área foliar de las hojas; sin embargo, los plantas que obtuvieron una mayor superficie fueron durante el periodo de 2 horas bajo la combinación LED roja+azul durante, seguido por la luz LED roja y presentando una menor área foliar la luz LED azul, por ello sugieren que la luz roja es más eficiente que la azul en el crecimiento foliar, en periodos cortos.

La eficiencia que presenta la luz LED roja frente a las plantas de crisantemo según Chica y Correa (2005) es debido a que al interrumpir el periodo oscuro se mantiene altos los niveles de fitocromo Pfr y, por tanto, un aumento en la actividad de crecimiento vegetativo, el cual está reflejado en la mayor área foliar. Por consiguiente, se asume que estas son las razones por la cual los esquejes basales de la luz LED roja de 3 x 3 presentaron una mayor superficie foliar.

#### 4.4 Número de nudos

Al realizar el análisis estadístico, la variable número de nudos medida en la cosecha, muestra que existe interacción entre luz artificial y material vegetativo ( $F=7.08$ ;  $gl=2, 208$ ;  $p=0.0011$ ) (Tabla 11).

**Tabla 11.**

*ADEVA del efecto de dos tipos de luces artificiales sobre el número de nudos de los esquejes basales y aéreos del crisantemo.*

Fuentes de variación	Grados de libertad FV	Grados de libertad Error	Valor F	Valor P
Luz artificial	2	208	119.14	<0.0001
Material vegetativo	1	208	5.35	0.0217
Luz artificial: material vegetativo	2	208	7.08	0.0011

En la Figura 17 se puede observar que el arreglo de luces LED 3 x 3 obtuvo esquejes basales con un mayor número de nudos, mostrando un incremento del 8 % en relación con los esquejes de la parte superior. En cambio, el arreglo de luces LED 3.5 x 3.5 no muestra diferencias significativas entre esquejes basales y superiores pues estadísticamente son similares con un promedio de 34.5 entrenudos. De igual manera sucedió con el arreglo de luces de sodio, no muestra diferencias significativas entre esquejes basales y superiores, pues estadísticamente son similares con un promedio de 41.5 nudos.

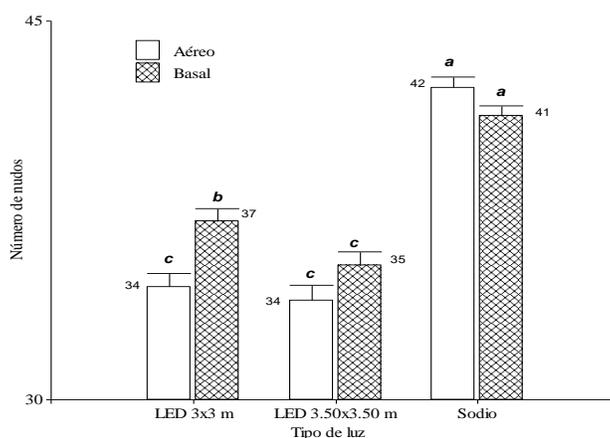


Figura 17. Efecto de los dos tipos de luz artificial sobre el número de entrenudos en el crisantemo

Los resultados muestran el efecto positivo de las luces artificiales sobre el número de nudos en los tallos de crisantemo, en donde, las lámparas de sodio produjeron el mayor número de

nudos en los esquejes basales y aéreos con un incremento del 14.46 % con respecto al arreglo de luces LED 3 x 3 m y un 16.86 % en comparación con las luces LED 3.5 x 3.5 m.

De acuerdo con Cárdenas (2001), a mayor cantidad de nudos que tenga la planta de crisantemo, más delgada es la vara floral. En el presente estudio, las lámparas de sodio y las luces LED generaron un similar diámetro de tallo, por lo cual se afirma que la cantidad de nudos no influyó en el grosor de la vara floral en crisantemos, pues el mayor número de nudos presentó la iluminación con lámparas de sodio; mientras que, luz LED roja, la menor cantidad de nudos.

Estos resultados son corroborados por Blacquière (2002), quien al extender el fotoperiodo con lámparas incandescentes (7 horas) y lámparas de sodio de alta presión (8 min+16 seg) en cultivo de crisantemo variedad Classic White y obtuvo un mayor número de nudos con tratamientos de lámparas de sodio con un valor de 46.4 nudos, mientras que las lámparas incandescentes presentaron plantas con 42.6 nudos.

#### 4.5 Peso seco de la raíz

El análisis estadístico, con respecto a la variable peso seco de la raíz, indica que existen diferencias significativas para el factor luz artificial ( $F=5.69$ ;  $gl=2$ , 208;  $p=0.0039$ ) (Tabla 12).

**Tabla 12.**

*ADEVA del efecto de dos tipos de luces artificiales sobre el peso de la raíz de los esquejes basales y aéreos del crisantemo.*

Fuentes de variación	Grados de libertad FV	Grados de libertad (Error)	Valor F	Valor P
Luz artificial	2	208	5.69	0.0039
Material vegetativo	1	208	2.81	0.0952
Luz artificial: material vegetativo	2	208	0.31	0.7352

En la Figura 18, se puede observar que independiente de los esquejes basales y aéreos, los diferentes tipos de luces artificiales muestran diferencias significativas; en donde, el arreglo de luz LED 3.5 x 3.5 y las lámparas de sodio ocupan el primer rango con un peso de 1.02 gramos, superando a los Luces LED 3 x 3 con un 17 %.

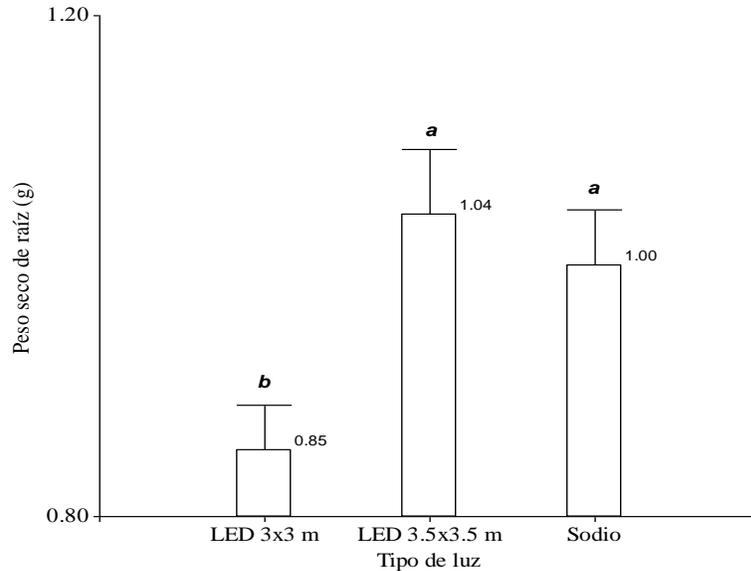


Figura 18. Efectos de dos tipos de luz artificial sobre el peso seco de la raíz de crisantemo

Los resultados obtenidos en esta investigación muestran las luces LED 3.5 x 3.5 m y las lámparas de sodio generaron un mayor peso seco de la raíz. Un estudio realizado por Kim et al. (2014) en flores de macetas de Kalonche al extender el fotoperiodo por 2 h y 4 h bajo luces LED roja, azul y la combinación roja más azul, presentó un mayor peso seco en la raíz en las plantas que estuvieron bajo la luz LED roja por 2 h, y menciona que esto es debido a que la luz roja promueve la fotosíntesis y ocasiona la acumulación de los carbohidratos en las plantas, dando lugar a un mayor peso seco en las raíces, tal como ocurrió en la presente investigación bajo el sistema de iluminación LED rojo 3.5 x 3.5 m.

#### 4.6 Peso seco del tallo

Los resultados estadísticos indican que existe una interacción entre los factores luz artificial y material vegetativo con respecto a la variable peso seco del tallo ( $F=3.34$ ;  $gl=2$ , 208;  $p=0.0373$ ) (Tabla 13).

**Tabla 13.**

*ADEVA del efecto de dos tipos de luces artificiales sobre el peso seco del tallo de los esquejes basales y aéreos del crisantemo*

Fuentes de variación	Grados de libertad FV	Grados de libertad (Error)	Valor F	Valor P
Luz artificial	2	208	0.61	0.5424
Material vegetativo	1	208	0.81	0.3690
Luz artificial: material vegetativo	2	208	3.34	0.0373

En la Figura 19 se puede observar el comportamiento de la variable peso seco del tallo de crisantemo, en donde, el arreglo de luces LED 3 x 3 obtuvo que los esquejes basales tienen un mayor peso con un incremento de 10 % en relación con los esquejes de la parte aérea. En cuanto que, para el arreglo de luces LED 3.5 x 3.5 y las lámparas de sodio no muestran

diferencias significativas entre los esquejes basales y aéreos, pues estadísticamente son similares con un promedio de 4.9 g.

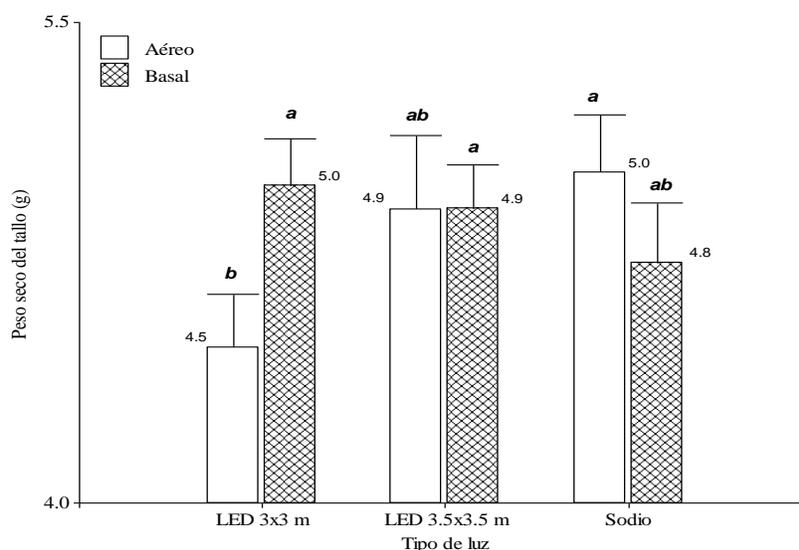


Figura 19. Efecto de dos tipos de luz sobre el peso seco del tallo de crisantemo

Estudios realizados por Mills-Ibibofori, Dunn, Maness, y Payton (2019) en el cultivo de dalia, con distintos arreglos lumínicos, dieron como resultado que las lámparas de halógeno presentaron un mayor peso con respecto a las lámparas LED, presentando una diferencia de 4.8 g.

#### 4.7 Peso seco de la hoja

Los resultados estadísticos muestran que no existe una interacción entre los factores luz artificial y material vegetativo, con respecto a la variable peso seco de la hoja ( $F=1.52$ ;  $gl=2$ ,  $208$ ;  $p=0.2203$ ). También nos muestra que no existen diferencias significativas con respecto al tipo de luz y esqueje (Tabla 14).

**Tabla 14.**

*ADEVA del efecto de dos tipos de luces artificiales sobre el peso seco de las hojas de los esquejes basales y aéreos del crisantemo.*

Fuentes de variación	Grados de libertad FV	Grados de libertad (Error)	Valor F	Valor P
Luz artificial	2	208	1.93	0.1474
Material vegetativo	1	208	1.67	0.1979
Luz artificial: material vegetativo	2	208	1.52	0.2203

Las pruebas medias de Fisher al 5 % (Tabla 15) indica que, las plantas de crisantemo tanto con el arreglo de luces LED y lámparas de sodio permiten generar un similar peso seco de las hojas. Sin embargo, numéricamente el arreglo luces lámparas de sodio presentaron un

mayor peso seco de las hojas (2.72 g) seguido por el arreglo de luces LED 3 x 3 y 3.5 x 3.5 que presentan valores de 2.55 g y 2.52 g, respectivamente.

**Tabla 15.**

*Medias y error estándar del peso seco de las hojas de crisantemo*

Tipo de luz	Media	E. E	Rango
Sodio	2.72	0.07	A
LED (3 x 3)	2.55	0.07	A
LED (3.5 x 3.5)	2.52	0.07	A

Los resultados muestran que, a pesar de ser diferentes tipos de iluminación, el desarrollo vegetativo en las plantas de crisantemo no varió pues cada tratamiento muestra un peso seco de las hojas promedio de 2 gramos. Un estudio realizado Li et al (2016) en cultivo de pimiento bajo diferentes horas de iluminación LED manifiestan que no existe diferencias significativas en el peso seco de las hojas pues la variación entre tratamientos es de 0.07 gramos.

#### 4.8 Peso seco del botón

Los resultados estadísticos indican que no existe una interacción entre los factores tipo de luz y tipo de esqueje con ( $F=2.69$ ;  $gl=2, 208$ ;  $p=0.0704$ ) relacionados al peso seco del botón floral. También nos muestra que no existen diferencias significativas con respecto al tipo de luz y esqueje como se muestra en la Tabla 16.

**Tabla 16.**

*ADEVA del efecto de dos tipos de luces artificiales sobre el peso seco del botón de los esquejes basales y aéreos del crisantemo*

Fuentes de variación	Grados de libertad FV	Grados de libertad Error	Valor F	Valor P
Luz artificial	2	208	0.92	0.4011
Material vegetativo	1	208	2.60	0.1085
Luz artificial: material vegetativo	2	208	2.69	0.0704

Las pruebas de medias de Fisher al 5 % (Tabla 16) indica que las plantas de crisantemo, tanto con el arreglo de luces LED y lámparas de sodio, permiten generar un similar peso seco del botón floral. Sin embargo, numéricamente el arreglo de luces lámparas de sodio que presentó un mayor peso seco de las hojas (2.18 g), seguido por el arreglo de luces LED 3 x 3 y 3.5 x 3.5, que presentan valores de 2.13 g y 2.10 g, respectivamente.

**Tabla 17.***Medias y error estándar sobre el peso seco del botón floral*

Tipo de luz	Medias	E. E	Rango
Sodio	2.18	0.04	A
LED (3 x 3)	2.13	0.04	A
LED (3.5 x 3.5)	2.10	0.04	A

Los resultados en esta investigación muestran que la aplicación de diferentes luces artificiales (LED y lámparas de sodio) no permiten que las plantas de crisantemo obtengan mayor masa vegetativa en el botón floral. Sin embargo, cabe mencionar que la no aplicación de luces a este cultivo ocasiona menor peso, pues como menciona Dierck (2017) mientras a mayor cantidad de horas luz, las plantas incrementan el tamaño de sus células y la síntesis de fotoasimilados lo cual generar mayor crecimiento vegetativo y con ellos se incrementa el peso seco de las estructuras florales.

#### 4.9 Peso seco total

Los resultados estadísticos indican que no existe una interacción entre los factores luz artificial y material vegetativo ( $F=2.34$ ;  $gl=2$ , 208;  $p=0.0986$ ) con respecto a la variable peso seco total de la planta (Tabla 18).

**Tabla 18.***ADEVA del efecto de dos tipos de luces artificiales sobre el peso seco total de los esquejes basales y aéreos del crisantemo.*

Fuentes de variación	Grados de libertad FV	Grados de libertad Error	Valor F	Valor P
Luz artificial	2	208	1.40	0.2491
Material vegetativo	1	208	0.01	0.9069
Luz artificial: material vegetativo	2	208	2.34	0.0986

Las pruebas medias de Fisher al 5 % (Tabla 19) indica que, las plantas de crisantemo tanto con el arreglo de luces LED y lámparas de sodio permiten generar un similar peso seco total de las plantas de crisantemo. Sin embargo, numéricamente el arreglo luces lámparas de sodio presentaron un mayor peso seco (10.79 g) seguido por el arreglo de luces LED 3.5 x 3.5 y LED 3 x 3 que presentan valores de 10.25 g y 10.61 g, respectivamente.

**Tabla 19.***Medias y error estándar del peso seco total del crisantemo*

Tipo de luz	Medias	E. E	Rango
Sodio	10.79	0.24	A
LED (3 x 3)	10.25	0.24	A
LED (3.5 x 3.5)	10.61	0.24	A

El presente estudio a pesar de no presentar diferencias estadísticas significativas muestra diferencias numéricas el peso seco de las plantas de crisantemo. Un resultado similar obtuvo Chica y Correa (2005) en donde evaluó en dos variedades comerciales de crisantemo tipo Super White y Super Yellow la adición lumínica nocturna en dos niveles y obtuvo que no existe diferencias significativas entre los tratamientos para la variable peso seco, por lo cual afirma que la disminución en el suministro lumínico hasta en un 30 % nocturno no afecta la masa vegetativa de las plantas de crisantemo.

Por otro lado, de forma contraria Sabzalian et al (2014) en plantas medicinales como la menta indican que el tipo de luz influye en el peso total de la planta, las plantas que estaban iluminadas con luces LED blancas fueron las que mayor peso presentaron con relación a las luces LED rojas presentado una diferencia de 2.21 g.

#### 4.10 Longitud del botón floral

El análisis de varianza (Tabla 20) con respecto a la variable altura del botón floral indican que no existe interacción entre los arreglos de luz artificial y material vegetativo ( $F=1.90$ ;  $gl=2, 208$ ;  $p=0.1516$ ) sin embargo, presenta diferencias significativas para el factor arreglos de luz artificial ( $F=5.96$ ;  $gl=2, 208$ ;  $p=0.0030$ ), independientemente del material vegetativo.

**Tabla 20.***ADEVA del efecto dos tipos de luces artificiales sobre la altura del botón floral de los esquejes basales y aéreos del crisantemo*

Fuentes de variación	Grados de libertad FV	Grados de libertad (Error)	Valor F	Valor P
Luz artificial	2	208	5.96	0.0030
Material vegetativo	1	208	0.30	0.5831
Luz artificial: material vegetativo	2	208	1.90	0.1516

Al existir diferencias estadísticas significativas para el arreglo de luz artificial se procedió a realizar la prueba de media de Fisher 5 % (Figura 20), la cual indica que, los arreglos de luces LED (3 x 3 y 3.5 x 3.5) obtuvieron una mayor longitud de botón floral con un valor promedio de 5 cm, superando al arreglo de lámparas de sodio con el 3 % con una altura de 4.9 cm.

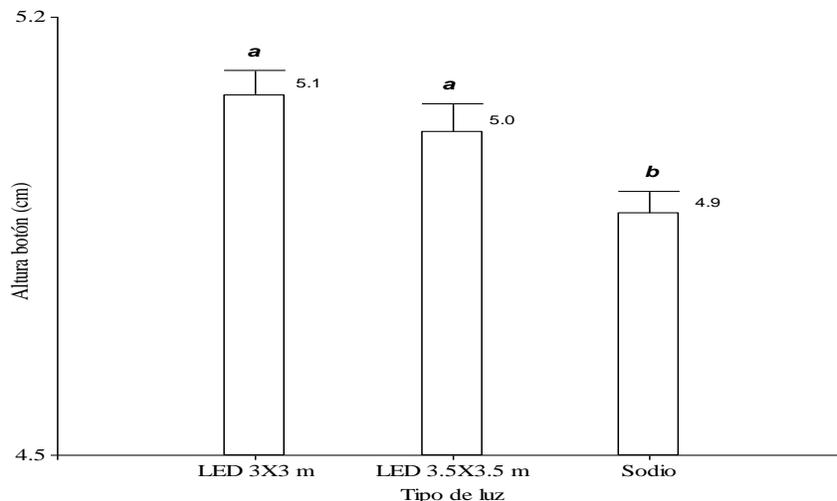


Figura 20. Efecto de dos tipos de luz sobre la longitud del botón floral

Los resultados muestran que independiente del material vegetativo del cual provengan las plantas de crisantemo el arreglo de luces LED de 3 x 3 y 3.5 x 3.5 influyen positivamente sobre la altura del botón floral con un valor promedio de 5 cm. La longitud de diámetro que presentó esta investigación es la requerida por la Finca Florisol S.A para realizar la exportación de crisantemo, por lo que se sugiere la aplicación de arreglo de luces rojas LED en invernaderos de crisantemo.

Un estudio realizado por Biran y Halevy (1974) en el cultivo de rosas bajo invernadero y mediante el suministro de luces rojas LED obtuvieron una altura del botón floral entre 23.8 mm a 26.9 mm, cuyas medidas estuvieron dentro del estándar de la calidad para exportación de flores. Sin embargo, menciona que dicha característica en las rosas es influenciada por la temperatura dentro del invernadero

#### 4.11 Diámetro del botón floral

El análisis de varianza con respecto a la variable diámetro del botón floral indican que no existe interacción entre luz artificial y material vegetativo ( $F=1.76$ ;  $gl=2$ , 208;  $p=0.1748$ ). También muestra que no existe diferencias significativas con respecto al tipo luz y esquejes (Tabla 21).

**Tabla 21.**

*ADEVA del efecto de dos tipos de luces artificiales sobre el diámetro del botón floral en plantas crisantemo*

<b>Fuentes de variación</b>	<b>Grados de libertad FV</b>	<b>Grados de libertad (Error)</b>	<b>Valor F</b>	<b>Valor P</b>
Luz artificial	2	208	2.41	0.0928
Material vegetativo	1	208	1.60	0.2070
Luz artificial: material vegetativo	2	208	1.76	0.1748

Los valores de medias del diámetro del botón floral del crisantemo indican que los tratamientos con arreglos de luces LED y las lámparas de sodio generan estadísticamente un diámetro similar. Sin embargo, numéricamente el arreglo de luces LED 3 x 3 presentaron un mayor diámetro (11.68 cm) seguidos por los tratamientos de lámparas de sodio que presentan un valor de (11.58 cm) respectivamente, a diferencia de las plantas de crisantemo con luces LED 3.5 x 3.5 que muestran el menor diámetro con (11.36 cm).

**Tabla 22.**

*Medias y error estándar del diámetro del botón del crisantemo*

<b>Tipo de luz</b>	<b>Medias</b>	<b>E. E</b>	<b>Rango</b>
LED (3 x 3)	11.68	0.11	A
Sodio	11.58	0.11	A
LED (3.5 x 3.5)	11.36	0.11	A

El diámetro del botón floral promedio fue de 11.54 cm, cuyo valor es superior al registrado en la Finca Forisol S.A., pues ellos para realizar la exportación del crisantemo mantienen un diámetro del botón floral de 9 cm. Mediante este registro se puede mencionar que las luces artificiales tanto rojas LED como las lámparas de sodio de alta presión causan un efecto positivo sobre el desarrollo vegetativo de las plantas.

Un estudio realizado por Koksal, Incesu y Teke (2015) en el cultivo de Pansy (*Viola cornuta*) mediante el suministro de luces LED rojo-naranja presentó un diámetro floral similar al tratamiento testigo (sin luz) con un valor promedio de 5.28 cm, siendo este un comportamiento similar al que presentó esta investigación. Mediante estos resultados recalcan el beneficio de las luces LED sobre el crecimiento vegetativo de las plantas, además mencionan que este beneficio va a depender de las características de la especie vegetal y de la fuente y longitud de la luz que se proporciona al cultivo.

#### 4.12 Botón arroz

El inicio de la fase reproductiva se caracteriza por la presencia del botón floral en el ápice de la planta. En el crisantemo, el estado de botón arroz es el primer estado fenológico reproductivo. Este cambio se evidenció con la presencia de un pequeño botón en el ápice de la planta rodeado y cubierto por pequeñas hojas. El efecto de las luces artificiales sobre los días de para cambiar a botón arroz en los esquejes basales y aéreos, se observan en la Figura 21.

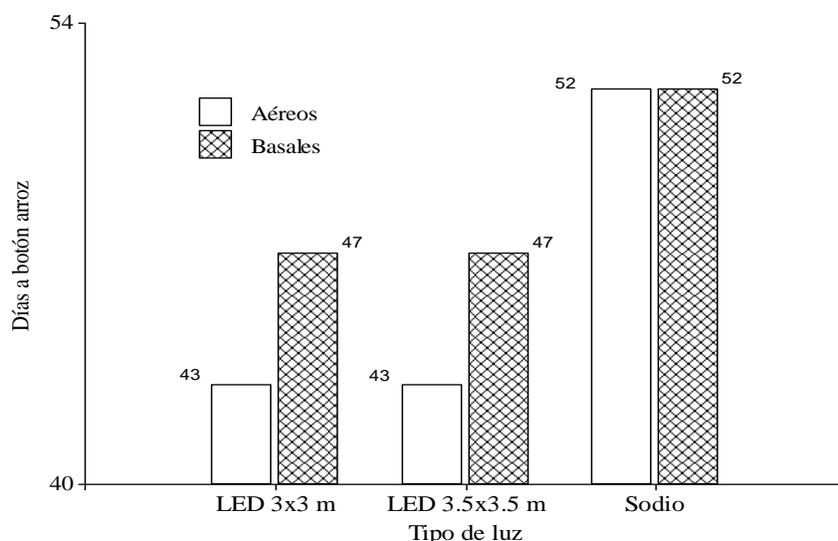


Figura 21. Efecto de dos tipos de luz sobre el botón en estado arroz del crisantemo

Los días requeridos para cambiar a botón arroz en el arreglo de luces LED 3 x 3 m y LED 3.5 x 3.5 m fueron iguales, 43 días para esquejes aéreos y 47 días para esquejes basales, mientras que para las lámparas de sodio fue de 52 días para esquejes basales y aéreos. Por lo cual, las luces LED permitieron que el estado fenológico se presente cinco días antes en esquejes basales y nueve días antes en esquejes aéreos, en comparación al testigo de lámparas de sodio que usa la Finca Florisol S.A

#### 4.13 Botón arveja

En el estado de botón arveja se puede observar un grupo de brotes florales en el ápice de las plantas. El botón apical corresponde a arveja, éste es redondo y verdoso, asemejado al tamaño de un guisante. Los días que se requirió para cambiar a esta fase con la aplicación de luces artificiales en los esquejes basales y aéreos, se muestra en la Figura 22.

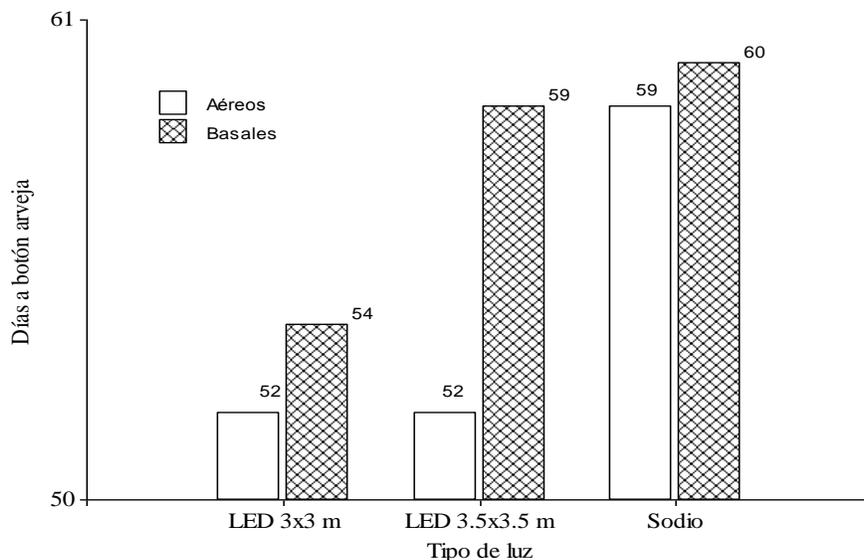


Figura 22. Efectos de dos tipos de luz sobre el botón en estado arveja del crisantemo

Los resultados obtenidos en este estudio muestran el efecto que tiene los dos tipos de luces artificiales sobre los esquejes basales y aéreos al analizar los estados fenológicos del crisantemo. El número de días requeridos para llegar al estado botón arveja en esquejes aéreos fue de 52 días para el arreglo de luces LED 3 x 3 m y LED 3.5 x 3.5 m, mientras que para las lámparas de sodio fue de 59 días, es decir que existe una diferencia de siete días antes para luces LED en comparación al testigo de lámparas de sodio. De la misma manera, en los esquejes basales se presentó a los 54 días en las luces LED 3 x 3 m, a los 59 días en las luces LED 3.5 x 3.5 m y 60 días en las lámparas de sodio, por lo que las luces LED muestran este estado fenológico cinco y un día antes, con respecto al testigo de lámparas de sodio.

En la Finca Florisol S.A el estado de botón arveja se registra a los 65 después de la siembra, para la variedad White albatros. En este estudio, las luces LED permitieron que este estado fenológico se presente en los esquejes aéreos 13 días antes y en los esquejes basales 11 y 13 días antes, de lo registrado en la finca; sin embargo, las lámparas de sodio también muestran un registro de 6 días antes en esquejes aéreos y 5 días antes en esquejes basales.

#### 4.14 Botón garbanzo

En crisantemo, el botón garbanzo es un capullo floral bastante ensanchado, de coloración verde oscuro en las periferia y amarillo en el centro. Esta característica se debe a la separación de los sépalos. Los días requeridos para cambio a este estado fenológico bajo el efecto de luces artificiales en los esquejes basales y aéreos se muestra en la Figura 23.

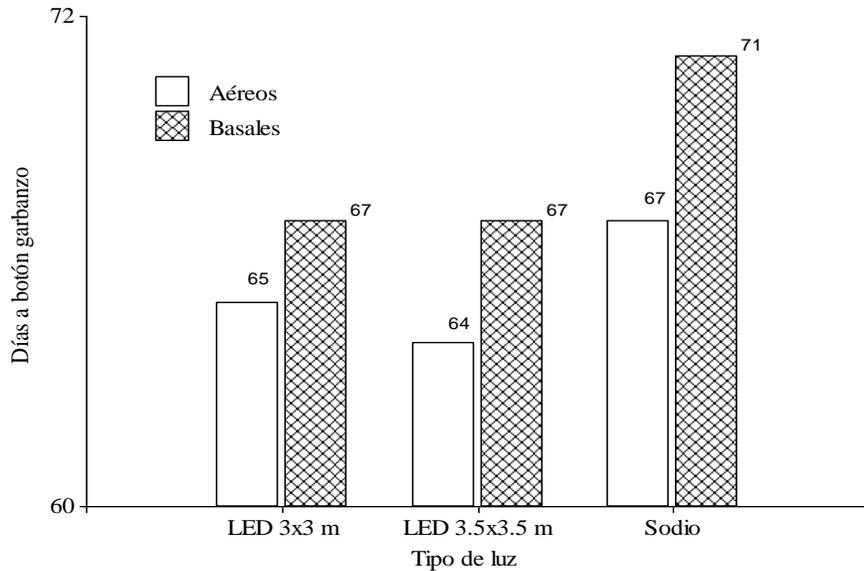


Figura 23. Efecto de dos tipos de luz sobre el botón en estado garbanzo del crisantemo

Los resultados obtenidos en este estudio muestran el efecto que tiene los dos tipos de luces artificiales sobre los esquejes basales y aéreos al analizar los estados fenológicos del crisantemo. El número de días requeridos para llegar al estado botón garbanzo en esquejes aéreos fue de 65 días para el arreglo de luces LED 3 x 3 m y de 64 días para arreglo de luces LED 3.5 x 3.5 m, mientras que para las lámparas de sodio fue de 67 días, es decir que existe una diferencia de dos y tres antes, para las luces LED con respecto al testigo de lámparas de sodio. De igual forma, en los esquejes basales se presentó a los 67 días para el arreglo de luces LED 3 x 3 m y LED 3.5 x 3.5 m, y en las lámparas de sodio fue a los 71 días, por lo que las luces LED muestran este estado fenológico cuatro días antes, con respecto al testigo de lámparas de sodio.

En la Finca Florisol S.A el estado de botón arveja se registra a los 70 después de la siembra, para la variedad White Albatros. En esta investigación, la luces LED permitieron que este estado fenológico se presente en los esquejes aéreos cinco y cuatro días antes, y en esquejes basales, tres días antes de lo registrado en la finca; sin embargo, las lámparas de sodio muestran un registro de 4 días antes en esquejes aéreos, pero de un día después para esquejes basales.

#### 4.15 Pintando color

En el estadio mostrando color, el receptáculo se ha ensanchado hasta su máxima capacidad, los sépalos se separan totalmente y se observa los primeros pétalos con el color característico de la variedad. Los días requeridos hasta esta etapa bajo los efectos de los arreglos de luces artificiales sobre los esquejes basales y aéreos se expone en la Figura 24.

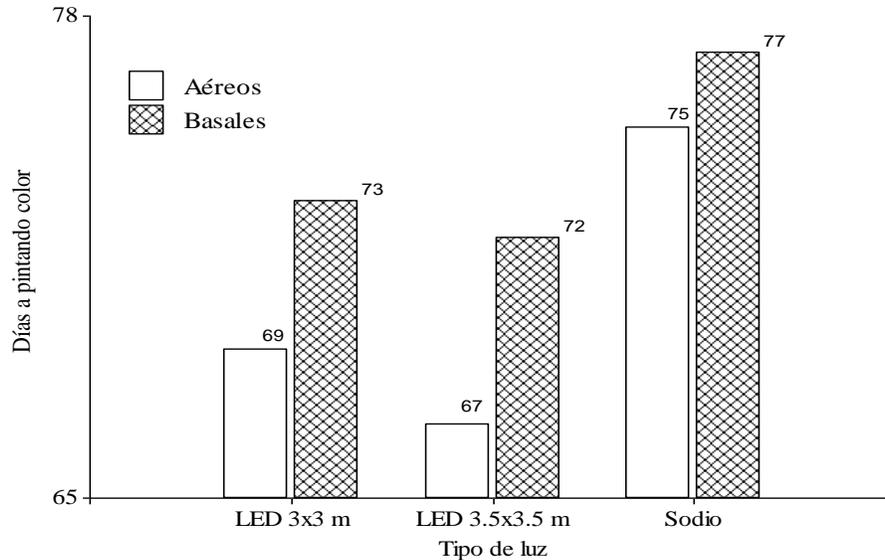


Figura 24. Efecto de dos tipos de luz sobre la etapa pintando color en el crisantemo

Los resultados en esta investigación muestran que el efecto de dos tipos de luces artificiales sobre los esquejes basales y aéreos al analizar los estados fenológicos del crisantemo. El número de días requeridos para llegar al estado pintado color en esquejes aéreos fue de 69 días en el arreglo de luces LED 3 x 3 m y de 67 días para las luces LED 3.5 x 3.5 m; mientras que, en las lámparas de sodio se mostró a los 75 días, por lo que existe una diferencia de seis y ocho días antes para las luces LED con respecto al testigo de lámparas de sodio. Así mismo, en los esquejes basales se presentó a los 73 días en las luces LED 3 x 3 m y 72 días para luces LED de 3.5 x 3.5 m, mientras que, en las lámparas de sodio se presentó a los 77 días, es decir que existe una diferencia de cuatro y cinco días para luces LED, con respecto a las lámparas de sodio.

En la Finca Florisol S.A, el estado fenológico pintado color se registra a los 75 días después de la siembra para la variedad White Albatros. En este ensayo, las luces LED permitieron que este estado fenológico se presente en los esquejes aéreos seis y ocho días antes, y en esquejes basales, dos días antes de lo registrado en la finca; sin embargo, las lámparas de sodio muestran un registro igual en los esquejes aéreos y dos días después, para esquejes basales.

#### 4.16 Cosecha

Para realizar la cosecha de los tallos florales se debe observar que exista la abertura total de la inflorescencia. De la misma manera, las lígulas florales periféricas (flores femeninas) deben presentar el mayor tamaño y acortarse hacia el centro. Los días para alcanzar la cosecha bajo arreglos de luces artificiales se especifica en la Figura 25.

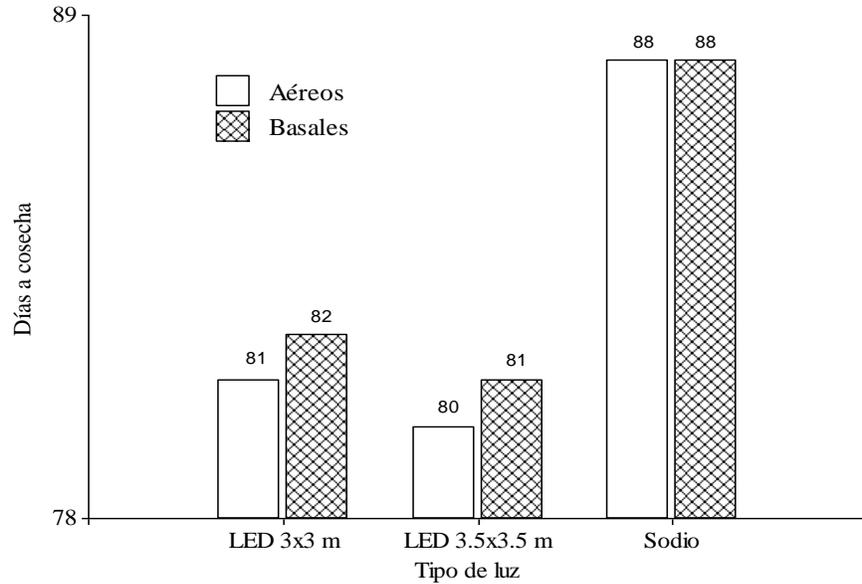


Figura 25. Efecto de los tipos de luz sobre los días a la cosecha del crisantemo

La presente investigación muestra el efecto de dos tipos de luces artificiales sobre los esquejes basales y aéreos, al momento de realizar la cosecha de los tallos florales del crisantemo. El número de días requeridos para cosechar los tallos en esquejes aéreos fue de 81 días para el arreglo de luces LED 3 x 3 m y de 80 días para luces LED 3.5 x 3.5 m, mientras que, los tallos de las lámparas de sodio fueron cosechados a los 88 días, por lo que existe una diferencia de siete y ochos antes para las luces LED, en comparación con las lámparas de sodio. Al igual que, en los esquejes basales la cosecha fue a los 82 días para el arreglo de luces LED 3 x 3 m y 81 días para las luces LED 3.5 x 3.5 m, en cambio, los tallos de las lámparas de sodio fueron cosechados a los 88 días; es decir que muestra una diferencia seis y siete días antes, en las luces LED en comparación con las lámparas de sodio.

En la Finca Florisol S.A la cosecha del cultivo de crisantemo en variedad White albatros se realiza a los 91 después de la siembra cuando los tallos alcanzan una longitud de 70 cm. En esta investigación, las luces LED permitieron que la cosecha de tallos provenientes de los esquejes aéreos se realice 10 y 11 días antes y en esquejes basales, seis y siete antes de lo registrado en la finca; sin embargo, en las lámparas de sodio también se realizó la cosecha tres días antes, tanto en esquejes basales como aéreos.

Palacios (2006) señala que la iluminación artificial es necesaria para producir crecimiento vegetativo en los crisantemos, con la finalidad de inducir la floración en las plantas que tengan varas florales de al menos 70 cm. Tal como ocurrió en la presente investigación, la cosecha de los tallos provenientes de esquejes basales y aéreos bajo la exposición de luces LED fue a los 81 días promedios y alcanzaron una longitud de vara floral de 84.4 cm, lo cual supera a la medida de exportación. Así mismo, la cosecha de las varas de florales provenientes de los esquejes basales y aéreos de las lámparas de sodio se realizó a los 88 días promedio, con una longitud del tallo de 87.25 cm.

Amaki y Kunii,(2015) indica que el crisantemo es una planta de día corto que inicia la floración cuando el fotoperiodo es inferior a 14.5 horas; que es su periodo fotoperiodo crítico inductivo. Esto significa que para mantener su condición vegetativa requiere un fotoperiodo igual o mayor a 14.5 horas, en este ensayo el fotoperiodo fue de 15 horas, razón por la cual se puede deducir que se mantuvo la condición vegetativa y se logró cosechar tallos con una mayor longitud al estándar de exportación, tanto en los esquejes basales y aéreos de las luces LED y de las lámparas de sodio.

#### 4.17 Porcentaje de flor corona

Los resultados estadísticos indican que no existe una interacción entre los factores luz artificial y material vegetativo ( $F=2.69$ ;  $gl=2, 208$ ;  $p=0.0704$ ) con respecto a la variable porcentaje de flor de corona, sin embargo, el factor material vegetativo muestra diferencias significativas ( $F= 5.45$ ;  $gl= 1, 37$ ;  $p=0.0251$ ) independientemente de la luz artificial (Tabla 23).

**Tabla 23.**

*ADEVA del efecto de dos tipos de luces artificiales sobre el porcentaje de flor corona de los esquejes basales y aéreos del crisantemo*

Fuentes de variación	Grados de libertad FV	Grados de libertad (Error)	Valor F	Valor P
Luz artificial	2	37	0.70	0.5007
Material vegetativo	1	37	5.45	0.0251
Luz artificial: material vegetativo	2	37	0.18	0.8391

En la Figura 26 se aprecia directamente que el tipo de esqueje influyó directamente en la formación de flor corona en el crisantemo, presentando un porcentaje de 0 flores con malformaciones en esquejes aéreos y un 2.29 % en esquejes basales.

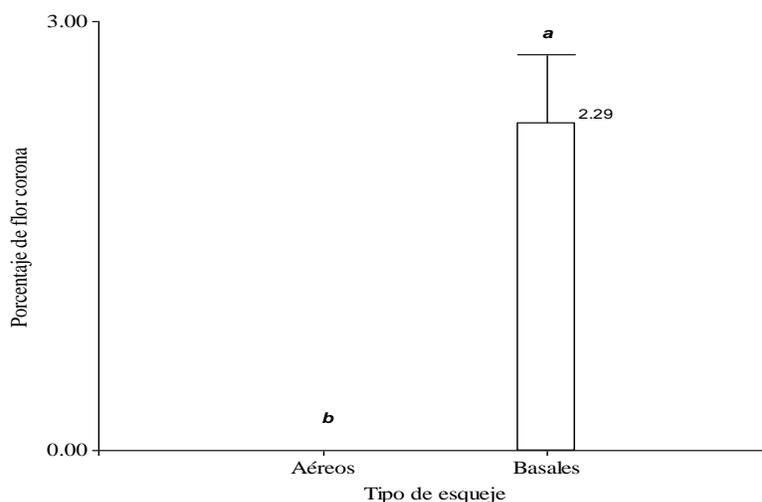


Figura 26. Efecto de los tipos de esqueje sobre el porcentaje de flor corona

Los resultados que muestran la presente investigación dan a conocer que el tipo de luz artificial no influye sobre la anomalía “floración compuesta” en crisantemo, sin embargo, se puede afirmar que dicha anomalía se puede ver influenciada por el tipo de esqueje procedente, pues la siembra de esquejes aéreos no presentó “floración compuesta” en el cultivo de crisantemo.

#### 4.18 Análisis económico

Una vez efectuado el análisis de presupuesto parcial propuesto por Perrín et al. (1976) se obtuvo los beneficios netos de cada tratamiento expresado en dólares americano (Tabla 24)

**Tabla 24.**

*Análisis económico del suministro de dos tipos de luces artificiales en el cultivo de crisantemo var. White albatros*

Tratm	Total, de tallos cosechados	Beneficio bruto (USD)	Costo total de la finca (USD)	Costo total energía (USD)	Beneficio Neto (USD)	Beneficio costo
E1L1	541	146.07	113.61	10.96	21.50	1.17
E1L2	539	145.53	113.19	2.47	29.87	1.26
E1L3	532	143.64	111.72	2.22	29.70	1.26
E2L1	534	144.18	112.14	10.96	21.08	1.17
E2L2	531	143.37	111.51	2.47	29.39	1.26
E2L3	528	142.56	110.88	2.22	29.46	1.26

El costo variable por tratamiento se obtuvo de la multiplicación del costo de watts consumidos por el costo kilovatios/hora (Anexo 12). El costo fijo es el costo de producción que requiere la empresa para producir un tallo de crisantemo que es de 0.21 centavos. El beneficio fruto se obtuvo de la multiplicación de los tallos vendidos por el precio de un tallo de crisantemo que es de 0.27 centavos, conservando el precio según su categoría. Finalmente, el beneficio neto se obtuvo de la resta del beneficio bruto menos el costo variable y una vez determinados los beneficios netos de cada tratamiento se procedió a calcular la relación beneficio-costo.

De acuerdo con el análisis económico detallado en la Tabla 23, todos los tratamientos muestran rentabilidad en lo que concierne a la relación beneficio/costo, destacando los tratamientos con luces LEDs (E1L2, E1L3, E2L2 y E2L3) con un beneficio/ costo de 1.26 dólares (por cada dólar invertido 26 centavos de utilidad). En cuanto que, los tratamientos de lámparas de sodio de alta presión (E1L1 y E2L1) presentaron una menor utilidad con 1.17 dólares (por cada dólar invertido se obtiene una ganancia de 17 centavos). Lo mencionada anteriormente se sugiere el reemplazo de lámparas de sodio de alta presión por el uso de Luces LEDs para extender el fotoperiodo del cultivo de crisantemo, pues permite obtener una mayor rentabilidad.

## CAPÍTULO V

### 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1 Conclusiones

- La luz artificial influyó sobre los parámetros (altura y diámetro) del tallo y botón floral de las plantas de crisantemo y alcanzó la medida estándar para la exportación del cultivo.
- El factor luz no tuvo efecto positivo en el porcentaje de “flor corona”, sin embargo, para el factor material vegetativo el 2 % de flor corona presentaron los crisantemos provenientes de los esquejes basales.
- El factor luz y material vegetativo influyeron en los estados fenológicos del cultivo de crisantemo, variando el ciclo de 80 a 88 días. Lo que conlleva a concluir que el suministro de luz artificial permite realizar cosechas tempranas de tallos que presentan la medida de exportación (70 cm).
- Los tratamientos con luces LEDs presentaron una mayor rentabilidad con una relación beneficio/costo de 1.26 dólares que generó una ganancia de 0.26 centavos, valor que supera con un 7.15 % al testigo de lámparas de sodio de alta presión.

#### 5.2 Recomendaciones

- Desarrollar estudios, con diversos arreglos lumínicos donde la intensidad sea de 1 a 2 micromoles por fotones de luz y determinar sus efectos sobre la calidad de las plantas de crisantemo.
- Ejecutar investigaciones complementarias o comparativas con nuevas variedades crisantemo empleando nuevas fuentes de iluminación o diferentes colores de luz y así determinar su mejor producción en tallos.
- Realizar estudios de periodos de iluminación que permita evaluar la influencia del espectro de luz sobre las alteraciones morfológicas (flor corona o formación compuesta) en el cultivo de crisantemo.

## BIBLIOGRAFÍA

- Abou, M. (1967). *Effects of light and temperatura on growth and flowering og Carnation (Dianthus caryophyllus)*. Nederland: H. Veenman y Zonen N.V. Recuperado de <http://www.actahort.org>.
- Academy, K. (2015). Fototropismo, direccionalidad del crecimiento de las plantas por luz y fotoperiodicidad, regulación de la floración y otras transiciones del desarrollo por la longitud del día y la noche. Recuperado de <https://es.khanacademy.org/science/biology/plant-biology/plant-responses-to-light-cues/a/phototropism-photoperiodism>
- Amaki, W., y Kunii, M. (2015). Effects of light quality on the flowering responses in *Kalanchoe blossfeldiana*. *Acta Horticulturae*, (1107), 279-284.
- Barrera, A., Cabrera, J., García, F., Alcántara, J., Sánchez, E., Cruz, J., y Granada, L. (2007). Producción de Crisantemo (*Dendranthema* spp) en Morelos, 20. Recuperado de <http://biblioteca.inifap.gob.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/2908/PRODUCCCRISANTEMO.pdf?sequence=1>
- Bautista, G. (2002). *Respuesta del crisantemo (Chrysanthemum morifolium) a la aplicación de ácidos húmicos y fulvicos, en suelos no aptos agronómicamente*. Universidad Autonoma Agraria “Antonio Narro.”
- Biran, I., y Halevy, A. H. (1974). Effects of varying light intensities and temperature treatments applied to whole plants, or locally to leaves or flower buds, on growth and pigmentation of «baccara» roses. *Physiologia Plantarum*, 31(3), 175-179.
- Blacquièrre, T. (2002). How much light is needed for the prevention of flowering of cut chrysanthemums when using high intensity hps lighting as a night break. *Acta Horticulturae*, (580), 69-75.
- Blanco, Y., Afifi, M., y Swanton, C. (2015). The effect of light quality on maize : a tool for weed plants management, 36(2), 62–71.
- Cárdenas, P. (2001). Evaluación de diferentes periodos de iluminación nocturna en el control de floración de cuatro cultivares de crisantemo (*Dendranthema grandiflora*). Universidad Nacional Agraria La molina.
- Chica, F., y Correa, G. (2005). Evaluación de dos tratamientos fotoperiódicos en crisantemo (*Dendranthema grandiflorum* (Ramat.) Kitam.), bajo condiciones del intertrópico andino alto. *Scielo*, 58(2), 2859–2881.
- Del Castillo, L. (2015). *Proyecto Factibilidad para la creación de una empresa comercializadora de rosas ecuatorianas hacia el mercado norteamericano y europeo ubocado en el distrito metropolitano de Quito*. Quito. Recuperado de

[http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/9068/Tesis Fernando del Castillo.pdf;sequence=1](http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/9068/Tesis_Fernando_del_Castillo.pdf;sequence=1)

- Dierck, R., Dhooghe, E., Van Huylenbroeck, J., Van Der Straeten, D., y De Keyser, E. (2017). Light quality regulates plant architecture in different genotypes of *Chrysanthemum morifolium* Ramat. *Scientia Horticulturae*, 218, 177-186.
- Dorremocha, C., Ollé, J., y Jáuregui, F. (2011). *La iluminación con LED y el problemas de la contaminación lumínica*.
- Econoler. (2018). *Estudios de casos de modelos de negocios innovadores y exitosos que permitan a ciudades de américa latina y el caribe adoptar tecnologías eficientes en alumbrado público*. Recuperado de [http://fundacionbariloche.org.ar/wp-content/uploads/2018/09/Resumen-ejecutivo\\_final-Español.pdf](http://fundacionbariloche.org.ar/wp-content/uploads/2018/09/Resumen-ejecutivo_final-Español.pdf)
- Expoflores (2020). Información económica. *Exportaciones y Reportes del Ecuador*. Recuperado de <http://www.expoflores.com.ec/eyJrIjoiMTg5YjM5MmEtZmE0MC00YzliLTg4NjgtNWU0MjcyN2Y2YzAzIiwidCI6IjNmMmE4MmYxLTY4NWQtNDVhZi1hMDBmLWJjN2U4Y2Y4ZGIwZSIsImMiOjR9>
- Fides, H. (1990). For all year round chrysanthemum. In *Fides mum manual* (p. 101). The Netherlands.
- Florisol. (2017). Fenología del Crisantemo. (D. Villares, Entrevistador).
- German, E. (2015). *Control químico de trips (Frankliniella occidentalis) y ácaros (Tetranychus urticae) en rosas (Rosa sp.) y crisantemos (Chrysanthemum sp.) en poscosecha. Yaruquí, Pichincha. Quito*. Recuperado <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/4549/1/T-UCE-0004-15.pdf>
- Gómez, A. (1992). *Revisión bibliográfica sobre el cultivo de trece especies reelevantes en la horticultura ornamental* (tesis de pre grado). Universidad de Guadalajara, Guadalajara, México.
- Healy, W. E., Heins, R. D., y Wilkins, H. F. (1980). Influence of Photoperiod and Light Quality on Lateral Branching and Flowering of Selected Vegetatively-propagated Plants 1, *105*(November), 812–816.
- Heredia, A. (2009). *Análisis Didáctico de los Diferentes Tipos de Lámparas Incandescentes y Descarga*. Recuperado de [https://archivos.csif.es/archivos/andalucia/ensenanza/revistas/csicsif/revista/pdf/Numero\\_21/ANTONIO JOSE\\_ HEREDIA SOTO\\_1.pdf](https://archivos.csif.es/archivos/andalucia/ensenanza/revistas/csicsif/revista/pdf/Numero_21/ANTONIO JOSE_ HEREDIA SOTO_1.pdf)
- Hernández, E. (2008). *Respuesta del crisantemo (Chrysanthemum morifolium RAM.) al uso de fertilizantes inorgánicos mineral, Organomineral y desalinizadores*. Universidad Autonoma Agraria “Antonio Narro.” Recuperado de

[http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/4992/T16919  
HERNANDEZ GARCIA EDILBERTO ARIOSTO, TESIS.pdf?sequence=1](http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/4992/T16919_HERNANDEZ_GARCIA_EDILBERTO_ARIOSTO_TESIS.pdf?sequence=1)

- Kamelia, L., Chaidir, L., Ainas, A., Nurdianawati, S., y Fauzi, I. F. (2018). Effect of various lighting colours treatment at growth and flowering of *Chrysanthemum Morifolium*. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 434, 012100.
- Kim, S.-H., Heo, Y., Hwang, R.-H., Park, Y.-H., Choi, Y.-W., Suh, J.-M., y Kang, J.-S. (2014). Effect of led light quality on growth and flowering of kalanchoe. *Journal of Environmental Science International*, 23(9), 1573-1581.
- Koksal, N., Incesu, M., y Teke, A. (2015). Supplemental LED lighting increases pansy growth. *Horticultura Brasileira*, 33(4), 428-433.
- Kumar, S., y Singh, M. C. (2016). Effect of photoperiod on growth characteristics in *Chrysanthemum morifolium* Ramat. Cv. Zembla using high pressure sodium light. *Research on Crops*, 18(1), 110.
- Li, X., Lu, W., Hu, G., Wang, X. C., Zhang, Y., Sun, G. X., y Fang, Z. (2016). Effects of light-emitting diode supplementary lighting on the winter growth of greenhouse plants in the Yangtze River Delta of China. *Botanical Studies*, 57(1), 2.
- Malagamba, P. (2015). Luces LED, una alternativa eficiente para optimizar la producción en invernaderos. Recuperado de <http://agriculturers.com/luces-led-una-alternativa-eficiente-para-optimizar-la-produccion-en-invernaderos/>
- Mills-Ibibofori, T., Dunn, B. L., Maness, N., y Payton, M. (2019). Effect of led lighting and gibberellic acid supplementation on potted ornamentals. *Horticulturae*, 5(3), 51.
- Palacios, J. (2006). *Manual de Floricultura General*. Departamento de Horticultura- Universidad Nacional Agraria La Molina. Segunda edición.
- Paniagua, G., Hernández, C., Rico, F., Domínguez, F., Martínez, E., y Martínez, C. (2015). Efecto de la luz led de alta intensidad sobre la germinación y el crecimiento de plántulas de brócoli , 199–212.
- Perrin, R., Winkelman, D., Moscardi, E., y Anderson, J. (1976). *Formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos: Una manual metodológico de evaluación económica*. Recuperado de <http://libcatalog.cimmyt.org/Download/cim/9031.pdf>.
- Sabzalian, M. R., Heydarizadeh, P., Zahedi, M., Boroomand, A., Agharokh, M., Sahba, M. R., y Schoefs, B. (2014). High performance of vegetables, flowers, and medicinal plants in a red-blue LED incubator for indoor plant production. *Agronomy for Sustainable Development*, 34(4), 879-886.
- Salisbury, F., y Ross, C. (2000). *Fisiología de las plantas*. Madrid, España: Paraninfo.

- Santiago, V. (2001). Evaluación de ácidos húmicos y fúlvicos a diferentes dosis y frecuencias en el cultivo de crisantemo, en suelos con buenas características agronómicas. México.
- Singh, D., Basu, C., Wollweber, M., y Roth, B. (2014). LEDs for energy efficient greenhouse lighting. *Cornell University*, 1–22.
- Sonlight. (2013). Sonlight HPS-TS. Recuperado de [http://www.sonlight.biz/es/hps-ts\\_250.html](http://www.sonlight.biz/es/hps-ts_250.html)
- Taíz, L., y Zeiger, E. (2006). *Fisiología Vegetal*. (S. A. Inc., Ed.) (Tercera).
- Tan Nhut, D., Takamura, T., Watanabe, H., y Tanaka, M. (2005). Artificial Light Source Using Light-emitting Diodes (LEDs) in the Efficient Micropropagation of *Spathiphyllum* Plantlets. *Biotech of Trop and subtrop. Species*, 137-142.
- Taylor's. (1958). The american garden in C and Houghton Mifflin Company. In *Enciclopedia of gardening* (Second Edi, pp. 199–201). Boston.
- Vásquez, 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*. (Tesis de pre grado). Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Lima - Perú

## ANEXOS

Anexo 1. Medias y rangos de la variable longitud del tallo

<b>Tipo de luz</b>	<b>Tipo de esquejes</b>	<b>Medias</b>	<b>E.E</b>	<b>Rango</b>	
Lámparas de sodio	Aéreos	88.78	0.58	A	
Led 3 x 3 m	Basales	86.21	0.58		B
Lámparas de sodio	Basales	85.74	0.58		B
Led 3.5 x 3.5 m	Basales	85.29	0.58		B
Led 3.5 x 3.5 m	Aéreos	83.27	0.58		C
Led 3 x 3	Aéreos	82.77	0.58		C

Anexo 2. Medias y rangos de la variable calibre del tallo en el crisantemo

<b>Tipo de luz</b>	<b>Tipo de esquejes</b>	<b>Medias</b>	<b>E.E</b>	<b>Rango</b>	
Led 3 x 3	Basales	5.33	0.10	A	
Led 3.5 x 3.5 m	Basales	5.33	0.10	A	
Lámparas de sodio	Basales	5.19	0.10	A	B
Lámparas de sodio	Aéreos	5.17	0.10	A	B
Led 3.5 x 3.5	Aéreos	5.08	0.10	A	B
Led 3 x 3	Aéreos	5.06	0.10		B

Anexo 3. Medias y rangos de la variable área foliar en el crisantemo

<b>Tipo de luz</b>	<b>Tipo de esquejes</b>	<b>Medias</b>	<b>E.E</b>	<b>Rango</b>	
Lámparas de sodio	Aéreos	614.64	17.63	A	
Led 3 x 3 m	Basales	614.61	17.38	A	
Led 3.5 x 3.5 m	Aéreos	608.68	17.38	A	B
Led 3.5 x 3.5 m	Basales	599.20	17.38	A	B
Lámparas de sodio	Basales	576.25	17.38		B
Led 3 x 3 m	Aéreos	562.36	17.38		B

Anexo 4. Medias y rangos de la variable número de nudos en el crisantemo

<b>Tipo de luz</b>	<b>Tipo de esquejes</b>	<b>Medias</b>	<b>E.E</b>	<b>Rango</b>	
Lámparas de sodio	Aéreos	42.36	0.56	A	
Lámparas de sodio	Basales	41.25	0.56	A	
Led 3 x 3 m	Basales	37.06	0.56		B
Led 3.5 x 3.5 m	Basales	35.31	0.56		C
Led 3 x 3 m	Aéreos	34.47	0.56		C
Led 3.5 x 3.5 m	Aéreos	33.94	0.56		C

Anexo 5. Medias y rangos de la variable peso seco de la raíz en el crisantemo

<b>Tipo de luz</b>	<b>Tipo de esquejes</b>	<b>Medias</b>	<b>E.E</b>	<b>Rango</b>	
Led 3.5 x 3.5 m	Basales	1.06	0.07	A	
Lámparas de sodio	Basales	1.03	0.06	A	
Led 3.5 x 3.5 m	Aéreos	1.03	0.07	A	
Lámparas de sodio	Aéreos	0.97	0.06	A	
Led 3 x 3 m	Basales	0.91	0.05	A	B
Led 3 x 3 m	Aéreos	0.79	0.05		B

Anexo 6. Medias y rangos de la variable peso seco del tallo en el crisantemo

<b>Tipo de luz</b>	<b>Tipo de esquejes</b>	<b>Medias</b>	<b>E.E</b>	<b>Rango</b>	
Lámparas de sodio	Aéreos	0.69	0.01	A	
Led 3 x 3 m	Basales	0.69	0.01	A	
Led 3.5 x 3.5 m	Basales	0.69	0.01	A	
Led 3.5 x 3.5 m	Aéreos	0.68	0.01	A	B
Lámparas de sodio	Basales	0.67	0.01	A	B
Led 3 x 3 m	Aéreos	0.64	0.01		B

Anexo 7. Medias y rangos de la variable peso seco de las hojas en el crisantemo

<b>Tipo de luz</b>	<b>Tipo de esquejes</b>	<b>Medias</b>	<b>E.E</b>	<b>Rango</b>	
Lámparas de sodio	Aéreos	2.86	0.10	A	
Led 3.5 x 3.5 m	Aéreos	2.59	0.10		B
Lámparas de sodio	Basales	2.58	0.08		B
Led 3 x 3 m	Basales	2.55	0.08		B
Led 3.5 x 3.5 m	Basales	2.52	0.08		B
Led 3 x 3 m	Aéreos	2.50	0.10		B

Anexo 8. Medias y rangos de la variable peso seco del botón floral en el crisantemo

<b>Tipo de luz</b>	<b>Tipo de esquejes</b>	<b>Medias</b>	<b>E.E</b>	<b>Rango</b>	
Lámparas de sodio	Aéreos	2.27	0.07	A	
Led 3.5 x 3.5 m	Aéreos	2.18	0.07	A	B
Led 3 x 3 m	Basales	2.17	0.05	A	B
Lámparas de sodio	Basales	2.20	0.05	A	B
Led 3 x 3 m	Aéreos	2.09	0.07	A	B
Led 3.5 x 3.5 m	Basales	2.03	0.05		B

Anexo 9. Medias y rangos de la variable longitud del botón floral en el crisantemo

Tipo de luz	Tipo de esquejes	Medias	E.E	Rango	
Led 3 x 3 m	Basales	5.12	0.06	A	
Led 3.5 x 3.5 m	Aéreos	5.03	0.06	A	B
Led 3 x 3 m	Aéreos	5.03	0.06	A	B
Led 3.5 x 3.5 m	Basales	5.00	0.06	A	B
Lámparas de sodio	Aéreos	4.95	0.06		B C
Lámparas de sodio	Basales	5.82	0.06		C

Anexo 10. Medias y rangos de la variable diámetro del botón floral en el crisantemo

Tipo de luz	Tipo de esquejes	Medias	E.E	Rango	
Lámparas de sodio	Aéreos	11.82	0.15	A	
Led 3 x 3 m	Basales	11.73	0.15	A	B
Led 3 x 3 m	Aéreos	11.63	0.15	A	B
Led 3.5 x 3.5 m	Aéreos	11.41	0.15	A	B
Lámparas de sodio	Basales	11.35	0.15		B
Led 3.5 x 3.5 m	Basales	11.31	0.15		B

Anexo 11. Medias y rangos de la variable porcentaje de flor corona en el crisantemo

Tipo de luz	Tipo de esquejes	Medias	E.E	Rango	
Led 3.5 x 3.5 m	Basales	3.10	0.76	A	
Lámparas de sodio	Basales	2.01	0.76	A	
Led 3 x 3 m	Basales	1.76	0.76	A	
Lámparas de sodio	Aéreos	0.00	1.52	A	
Led 3.5 x 3.5 m	Aéreos	0.00	1.52	A	
Led 3 x 3 m	Aéreos	0.00	1.52	A	

Anexo 12. Detalles del costo kilovatios hora para cada tratamiento

Tratam	Descripción	N° focos	Whats/ foco	N° Hors encend.	N° Días encend.	Watts total consumidos	Kilovatios hora	Costo kilovatios hora
E1L1	Lámparas de sodio	3	400	3	29	104 400	104.40	10.96
E1L2	Luces LED 3x3	30	9	3	29	23 490	23.49	2.47
E1L3	Luces LED 3.5x3.5	27	9	3	29	21 141	21.14	2.22
E2L1	Lámparas de sodio	3	400	3	29	104 400	104.40	10.96
E2L2	Luces LED 3x3	30	9	3	29	23 490	23.49	2.47
E2L3	Luces LED 3.5x3.5	27	9	3	29	21 141	21.14	2.22