

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ

Colegio de Ciencias e Ingenierías

Efecto de la luz artificial en los índices de crecimiento y parámetros productivos en el cultivo de rosa (*rosa* sp.) bajo invernadero en Pujilí, Cotopaxi

Irma Lisbeth Caisa Tipantuña

Ingeniería en Agronomía

Trabajo de fin de carrera presentado como requisito
para la obtención del título de
Ingeniero Agrónomo

Quito, 20 de enero 2022

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ

Colegio de Ciencias e Ingenierías

HOJA DE CALIFICACIÓN DE TRABAJO DE FIN DE CARRERA

**Efecto de la luz artificial en los índices de crecimiento y parámetros
productivos en el cultivo de rosa (*rosa* so.) bajo invernadero en
Pujilí, Cotopaxi**

Irma Lisbeth Caisa Tipantuña

Nombre del profesor, Título académico

Antonio León, PhD

Quito, 20 de enero de 2022

© DERECHOS DE AUTOR

Por medio del presente documento certifico que he leído todas las Políticas y Manuales de la Universidad San Francisco de Quito USFQ, incluyendo la Política de Propiedad Intelectual USFQ, y estoy de acuerdo con su contenido, por lo que los derechos de propiedad intelectual del presente trabajo quedan sujetos a lo dispuesto en esas Políticas.

Asimismo, autorizo a la USFQ para que realice la digitalización y publicación de este trabajo en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en la Ley Orgánica de Educación Superior del Ecuador.

Nombres y apellidos: Irma Lisbeth Caisa Tipantuña

Código: 00110822

Cédula de identidad: 0550014021

Lugar y fecha: Quito, 20 de enero 2022

ACLARACIÓN PARA PUBLICACIÓN

Nota: El presente trabajo, en su totalidad o cualquiera de sus partes, no debe ser considerado como una publicación, incluso a pesar de estar disponible sin restricciones a través de un repositorio institucional. Esta declaración se alinea con las prácticas y recomendaciones presentadas por el Committee on Publication Ethics COPE descritas por Barbour et al. (2017) Discussion document on best practice for issues around theses publishing, disponible en <http://bit.ly/COPETheses>.

UNPUBLISHED DOCUMENT

Note: The following capstone project is available through Universidad San Francisco de Quito USFQ institutional repository. Nonetheless, this project – in whole or in part – should not be considered a publication. This statement follows the recommendations presented by the Committee on Publication Ethics COPE described by Barbour et al. (2017) Discussion document on best practice for issues around theses publishing available on <http://bit.ly/COPETheses>

AGRADECIMIENTO

Primeramente, a Dios que bajo su bendición y protección me ha permitido finalizar esta meta. A mis padres Olmedo y Elvia, quienes me han brindado su amor, comprensión y apoyo durante toda mi carrera universitaria. A mi hermana Anita, por estar siempre junto a mí en mis años de estudio. A mis profesores, especialmente a Mario Caviedes y Antonio León por impartir sus grandes conocimientos en cada clase y por su gran guía durante la elaboración de este proyecto. Finalmente, a David Romo y Belén Campaña, por su apoyo emocional y sus grandes consejos.

RESUMEN

El cultivo de rosa es uno de los más importantes en el Ecuador. Uno de los factores que más influyen en la calidad y el desarrollo vegetativo en la producción de rosas es la luz. La iluminación suplementaria a niveles de irradiación similares a la luz solar puede contribuir en el desarrollo vegetativo de las rosas. El propósito del presente estudio fue el de evaluar el efecto de luz artificial en el desarrollo vegetativo y parámetros de producción del cultivo de rosa, variedad “Explorer”. El experimento se realizó en la comunidad de Cachi Alto, cantón Pujilí, provincia de Cotopaxi a 2950 msnm, en una superficie de 184,45 m². Se utilizó dos tratamientos: día corto (DC) y día largo (DL). En el tratamiento de DC las rosas fueron expuestas a la luz natural diaria, mientras que para el tratamiento de DL se incrementó el número de horas luz a 20 en base a la instalación a lámparas de sodio de 400W que emitieron un rango de 1950 a 1300 $\mu\text{mol s}^{-1} \text{m}^2$ de luz PAR. Las variables evaluadas fueron: número de tallos cosechados, productividad, días de floración, ciclo vegetativo, porcentaje de brotación, clasificación de largo de tallo, diámetro de tallo, longitud de botón y diámetro de botón. El número total de tallos cosechados para DC fue de 4392 tallos y para DL fue de 4895 tallos, donde no existió diferencia significativa. La productividad del tratamiento DL se mantuvo en un rango de 0.5 a 0.8 tallo/planta/mes y para el tratamiento DC fue de 0.2 a 0.5 tallo/planta mes. El ciclo vegetativo del tratamiento de DC fue de 151 (grupo1) y 137 (grupo2) días, mientras que el tratamiento de DL fue de 133 (grupo 1) y 125 (grupo 2) días. Los días de floración difirieron de aproximadamente en un porcentaje de 3,5% entre tratamientos. Los porcentajes de brotación apical fueron superiores al 80% para ambos tratamientos, mientras que la brotación media y basal fue menor al 30%. Existió diferencias significativas en longitud de tallo, longitud de botón y diámetro de botón siendo evaluados al tratamiento con DL.

Palabras clave: día corto, día largo, lámparas de sodio, luz, productividad, rosa

ABSTRACT

Rose cultivation is one of the most important in Ecuador. One of the factors that most influence the quality and vegetative development in rose production is light. Supplemental lighting at irradiation levels like sunlight can contribute to the vegetative development of roses. The purpose of the present study was to evaluate the effect of artificial light on the vegetative development and production parameters of the rose crop, variety "Explorer". The experiment was carried out in the community of Cachi Alto, Pujilí canton, Cotopaxi province at 2950 meters above sea level, in an area of 184.45 m². Two treatments were used: short day (DC) and long day (DL). In the DC treatment the roses were exposed to daily natural light, while for the DL treatment the number of light hours was increased to 20 based on the installation of 400W sodium lamps that emitted a range from 1950 to 1300. $\mu\text{mol s}^{-1} \text{m}^2$ of PAR light. The variables evaluated were number of stems harvested, productivity, flowering days, vegetative cycle, sprouting percentage, stem length classification, stem diameter, button length and button diameter. The total number of stems harvested for DC was 4392 stems and for DL it was 4895 stems, where there was no significant difference. The productivity of the DL treatment was maintained in a range from 0.5 to 0.8 stem/plant/month and for the DC treatment it was from 0.2 to 0.5 stem/plant/month. The vegetative cycle of the DC treatment was 151 (group 1) and 137 (group 2) days, while the DL treatment was 133 (group 1) and 125 (group 2) days. Flowering days differed by approximately 3.5% between treatments. The percentages of apical sprouting were higher than 80% for both treatments, while the average and basal sprouting was less than 30%. There were significant differences in stem length, button length and button diameter being evaluated at treatment with DL.

Keywords: short day, long day, sodium lamps, light, productivity, pink

TABLA DE CONTENIDO

I. Introducción.....	13
1.1. Planteamiento del problema.....	13
1.2. Justificación.....	15
II. Marco teórico.....	17
2.1. Botánica y Fisiología.....	17
2.2.1. Fisiología de la rosa.....	17
2.2.2. Clasificación botánica.....	18
2.2.3. Descripción botánica.....	18
2.2.4. Características botánicas.....	19
2.2. Manejo agronómico.....	19
2.2.1. Densidad de siembra.....	20
2.2.2. Fertilización.....	20
2.2.3. Podas.....	20
2.3. Efecto de la luz sobre el crecimiento de las plantas.....	22
2.4. Cosecha.....	22
2.4. Poscosecha.....	23
2.4. Variedades e híbridos.....	23
2.5. Precios nacionales e internacionales.....	25
III. Objetivo e Hipótesis.....	25
3.1. General.....	25
3.2. Específicos.....	25
3.3. Hipótesis.....	26
IV. Materiales y Métodos.....	26
4.1. Material biológico.....	26
4.2. Método de manejo del experimento.....	26
4.3. Sistema de iluminación.....	29
4.4. Características de la luz.....	30
4.5. Métodos estadísticos.....	30

4.6. Variables a evaluar.....	30
4.7. Relación beneficio/costo	31
V. Resultados.....	31
5.1. Número de tallos cosechados	31
5.2. Productividad	32
5.3. Días de floración	33
5.4. Ciclo vegetativo.....	34
5.5. Porcentaje de brotación	35
5.6. Clasificación de largo de tallo.....	36
5.7. Diámetro de tallo.....	37
5.8. Diámetro de botón.....	38
5.9. Longitud de botón	39
5.10. Relación beneficio/costo	39
VI. Discusión	40
VII. Conclusiones.....	42
VIII.Recomendaciones	43
IX. Referencias Bibliográficas	44
X. Anexos.....	53
10.1. Anexo A: Número de tallos cosechados.....	53
10.2. Anexo B: Productividad	53
10.3. Anexo C: Diámetro de tallo.....	54
10.4. Anexo D: Diámetro de botón.....	55
10.5. Anexo E: Longitud de botón	56
10.7. Anexo F: Tabla resumen del efecto de luz sobre la calidad de las rosas.....	57
10.8. Anexo G: Relación beneficio/costo.....	57

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gáfico 1: Número de tallos cosechados.....	29
Gráfico 2: Productividad.....	30
Gráfico 3: Días de floración.....	31
Gráfico 4: Ciclo vegetativo.....	32
Gráfico 5: Porcentaje de brotación	33
Gráfico 6: clasificación de largo de tallo.....	34
Gráfico 7: Diámetro de tallo	35
Gráfico 8: Diámetro de botón.....	36
Gráfico 9: Longitud de botón.....	37

I. Introducción

1.1. Planteamiento del Problema

La rosa (*Rosa* sp.) desde la antigüedad ha sido considerada como un símbolo de belleza, especialmente para los egipcios, romanos y griegos. Las primeras rosas cultivadas mantenían una floración estival, es decir, estas florecían en una época del año donde las temperaturas suben y el clima es más cálido. Pero a lo largo del tiempo, se han realizado investigaciones de selección y mejora, especialmente en *Rosa gigantea* y *Rosa chinensis*, que dan origen a la rosa de té, con carácter reflorescente. Estas a su vez se las han usado como base para híbridos de nuevas especies. Hoy en día existe una amplia gama variedades de rosa con distintivos colores y combinaciones (Infoagro, 2021).

Durante el desarrollo vegetativo de la rosa se requiere de varias condiciones agroclimáticas entre las más importantes tenemos: temperatura, en un rango de 17 a 25°C, con una mínima de 15°C durante la noche. Si la temperatura es menor a 15°C puede retrasar el crecimiento de la planta y producir flores con numerosos pétalos, y si se presentan elevadas temperaturas puede afectar la producción (Espinosa, 2011).

La iluminación es otro de los factores importantes en el desarrollo de la planta, dado que es necesaria para la fotosíntesis. La radiación solar ideal oscila entre 5 y 6 horas para una óptima producción, si existe mayor luminosidad, incrementa el número de brotaciones y el crecimiento del tallo y a una baja luminosidad se puede presentar tallos ciegos (sin flor) (Intagri, 2021).

Una humedad relativa óptima para el cultivo debe estar alrededor del 60 a 70%. Sin embargo, se recomienda humedades relativas altas (80.90%) durante el período de brotación yemas y crecimiento de brotes (SINAVIMO, 2021). A su vez, la humedad relativa al ser menor al 60% y a

temperaturas altas, los tallos se vuelven delgados, los botones son más pequeños y existe una mayor presencia de plagas como pulgones y ácaros (Flores, 2015). Este mismo autor, indica que los niveles de CO₂ deben ser de 1200 ppm, dado que esto influye en la producción y calidad de la rosa.

En el cantón Pujilí, provincia de Cotopaxi, en sectores donde la altitud es mayor a los 2950 msnm, muchas veces no se tiene el rango de temperatura requerida para el cultivo de rosas, en especial en las madrugadas donde las temperaturas pueden reducirse hasta los 0°C. Otro factor para tomar en consideración es la intensidad lumínica en estos sectores, dado que, por lo general, en la mañana y en la tarde tiende a nublarse, impidiendo que se mantenga una radiación de 5 a 6 horas requeridas por el cultivo y que afectan directamente en el desarrollo vegetativo y producción de la rosa. Hasta el momento, no existe suficiente información sobre si al incrementar la intensidad lumínica durante la noche influye positivamente en el largo de tallo, tamaño de botón, follaje y vida en florero.

A más de las condiciones climáticas existen otros factores que inciden en la producción de las rosas que son las plagas y enfermedades. Entre las plagas más importantes tenemos: la araña roja (*Tetranychus urticae*), que provoca el apareamiento de manchas finas amarillentas en las hojas. Pulgones (*Macrosiphum rosae*), que atacan a los vástagos jóvenes o las yemas florales, provocando manchas descoloridas en los pétalos posteriores. Y finalmente, trips (*Frankliniella occidentalis*), que provocan la deformación de las flores (Reyes, 2016).

Por otro lado, las enfermedades de mayor importancia son: Oidio (*Sphaerotheca pannosa*), que provoca manchas blancas y polvosas sobre los tejidos tiernos. Botrytis (*Botrytis cinerea*), este hongo ataca a plantas heridas y envejecidas, se manifiesta como manchas pardas en hojas y botones (Herrera, 2015). Finalmente, se debe tomar en consideración que en los lugares con poca

iluminación y humedad se puede presentar Roya (*Phragmidium mucronatum*) la cual se alimenta de los minerales de la planta y la debilita.

En el mercado internacional la demanda de una rosa de calidad es sumamente alta, por lo que se exige que estas no presenten ningún tipo de plaga o enfermedad. La presencia de enfermedades en las rosas puede limitar su exportación, puesto que existe la posibilidad de rechazo de las rosas a la finca, lo que ocasionaría una pérdida económica importante. Otro factor que afecta las flores infectadas son el precio del producto, lo que ocasionaría pérdidas significativas en los precios de venta (Herrera, 2015).

1.2. Justificación

El sector florícola representa una de las agroindustrias más importantes del país, dado que aporta significativamente en la economía por sus altos niveles de exportación a los diferentes mercados internacionales. El Ecuador se caracteriza por la producción de diferentes tipos de flores como rosas, flores de verano, flores tropicales, entre otras. Dentro del sector florícola, las rosas representan el 74% del total exportado, seguido de las flores de verano con un 12%, Gypsophila con el 8%, claveles con el 2%, crisantemos y lirios con el 1% y las demás flores con el 2% (Expoflores, 2019).

En el mercado internacional, los principales destinos de exportación son los Estados Unidos, Rusia y la Unión Europea (Yépez et al, 2019). Características como la calidad y disponibilidad de diferentes variedades es apreciada principalmente en el mercado ruso, donde también atributos como el color, tamaño de botón, largo de tallo, punto de corte, larga vida en florero y libre de plagas y enfermedades presenta una mayor demanda (Paredes, 2019). Uno de los factores importantes dentro del mercado ruso, es que existe una demanda creciente para una mayor

oportunidad comercial, dado que la rosa ecuatoriana abarca aproximadamente el 40% del mercado total, superando significativamente a sus competidores como Colombia y Holanda (Espinosa, 2017).

El Ecuador posee una gran ventaja ante sus competidores, dado que se encuentra en una excelente ubicación geográfica (mitad del mundo) con una exposición solar de 10 a 12 horas durante el día que le permiten un mejor crecimiento a la flor (POLIGRUP, 2021). Por ello, las rosas ecuatorianas son muy diferentes en cuanto a calidad de la competencia, por características como: el grosor del botón, sus largos y gruesos tallos, su larga vida en florero (20 días después de ser cortadas y 4 semanas después de ser cosechadas) y su amplia variedad de colores (Ecoroses, 2019).

Un factor importante en el cultivo de rosa es la intensidad lumínica, dado que los índices de crecimiento de la rosa dependen directamente de esta, por ello, es importante mantener una luminosidad adecuada dentro del invernadero. (Vargas, 2010). En el verano la producción floral es buena por las altas intensidades y duración de luz del día. Sin embargo, en el invierno la producción decae por las bajas intensidades de luz y hora luz al día. Por ello, la luz debe ser lo suficiente para que los nuevos brotes sintetizen los azúcares necesarios (Lanchimba, 2013).

Según Yong (2004), la luz influye en varios aspectos de desarrollo y producción, pero esta depende de la composición, intensidad o duración del período de luz. Hasta el momento, se conoce que una alta irradiación influye en una alta producción del cultivo. No obstante, no existe una suficiente información de la regulación de la floración y sus mecanismos, por lo que son objeto de un estudio continuo. En varios estudios se ha demostrado, que la alta intensidad lumínica, ya sea natural o artificial, aumentan el rendimiento y la calidad de la flor (Melgarejo et al, 2002), (Zieslin y Mor,

1990). Además, una alta irradiación influye directamente en el desarrollo vegetativo y la floración, independientemente de su efecto en la fotosíntesis (Chen, 2021).

II. Marco Teórico

2.1. Botánica y Fisiología

Según Heussler (2006), existe un solo género de rosas con 200 especies. En la actualidad, las variedades comerciales de rosa para flor cortada son híbridos provenientes de la especie de té híbrida dado que esta presenta características significativas como largos tallos y flores dispuestas individualmente o con capullos laterales de tamaño medio o grande y abundantes pétalos en forma de un cono central visible (Fundación Produce, 2016).

2.1.1. Fisiología de la rosa

El largo de rosal se divide en dos partes: una subterránea, la raíz y otra aérea, el tallo, hojas y flores. Dado que es una planta angiosperma, su fase de crecimiento comprende dos fases: vegetativa y reproductiva. En este cultivo la diferenciación de estas dos fases no se puede diferenciar. El crecimiento de la rosa es ilimitado a causa de la genética misma de la planta (Cárdenas, 2011).

La rosa presenta varios estadios fenológicos durante el período reproductivo, este se diferencia por el diámetro del botón floral. Inicia con el estadio “palmiche”, que es la inducción del primordio floral. El siguiente estadio se denomina “arroz”, posee un diámetro menor a 4 mm. Sucesivo del punto “arveja” que comprende de 5 a 7 mm. “Garbanzo”, de 8 a 12 mm. “Raya color”, donde se observa el color de los pétalos y posee un diámetro aproximado de 18 a 29 mm. Y finalmente, “corte”, que es el último estadio con un diámetro mayor a 30 mm y la flor llega a su punto comercial (Flórez et al, 2006).

2.1.2. Clasificación Botánica

Reino	Plantae
División	Espermatofitos
Subdivisión	Angiospermas
Clase	Dicotiledóneas
Orden	Rosales
Familia	Rosáceas
Tribu	Roseas
Género	Rosa
Especie	sp

Yong, 2004

2.1.3. Descripción botánica

Las rosas son plantas arbustivas y leñosas. Su tallo es circular, verde y generalmente con abundantes espinas cuando son jóvenes. Está constituida con hojas compuestas por un número impar de folíolos anchos y dentados. En un inicio su brote presenta coloraciones rojizas que poco a poco se van tornando verdes. Los botones de manifiestan en las copas del arbusto, son fragancias singulares y distintivas a su variedad, mantienen una infrutescencia compuesta con varios frutos secos. En cuanto a la altura se puede encontrar desde plantas enanas hasta plantas gigantescas de 2 a 5 m de altura (Cañar, 2016).

2.1.4. Características botánicas

Según Prieto (2009), la rosa posee las siguientes características:

- **Raíz:** Pueden alcanzar una profundidad de 1 a 2 m, se encarga del sostén y el anclaje de la planta.
- **Tallo:** Sus tallos son semileñosos, generalmente erectos, de textura rugosa y/o escamosa. Sus tallos siempre terminan en flor, en caso de que no ocurra un aborto. Además, de este brotan yemas laterales, que da oportunidad a la salida botones florales.
- **Hojas:** Son opuestas y alternas de 3 a 5 foliolos por el tallo. Generalmente presentan glándulas anexas sobre los márgenes que pueden ser odoríferas o no.
- **Flor:** Debido al gran avance genético se pueden presentar en una gran cantidad de colores, formas y características distintivas. Por lo general, son hermafroditas con simetría radial, perianto bien desarrollado.
- **Fruto:** Denominado como cinorrodon, refiriéndose al óvulo fertilizado de las rosas (fruto), de color rojo o amarillo al madurar.
- **Semilla:** Haploide de $n = 7$.
- **Fragancia:** Una de las características más apreciada, presenta matices como: limón, afrutado y rosas.

2.2. Manejo Agronómico

El manejo agronómico (formación, poda, riego, control de malezas y fitosanitarios) en la producción florícola es de suma importancia dado que influye en la calidad de flor. Es decir, tallos largos, gruesos y verticales, botones grandes, colores vivos y una larga vida en florero (Rodríguez, 2013).

2.2.1. Densidad de siembra

La siembra se realiza con las plantas dispuestas sobre líneas pareadas con una distancia de 35 a 40 cm entre sí y con una separación de 15 cm. El camino entre camas debe ser de 100 a 120 cm. Y la densidad de siembra es de 7 plantas/m². El rendimiento promedio debe ser de 16 a 18 tallos/año/planta (ICADEMEX, 2021).

2.2.2. Fertilización

Hoy en día, la fertilización se lo realiza a través del riego, denominado fertiirrigación. La fertilización depende de la variedad de la rosa, bajo períodos establecidos, evitando excesos y tomando en cuenta las manifestaciones de las hojas maduras del botón floral (Acosta, Caizapanta y Cevallos 2014). También, es importante considerar que para realizar un programa de fertilización no basta con conocer los requerimientos de las plantas, dado que la absorción de los elementos esenciales depende de factores como: las propiedades físicas, biológicas y químicas de los suelos (Cárdenas, 2011).

2.2.3. Podas

Las podas representan un factor determinante en el desarrollo vegetativo de la planta, dado que de este dependerá el vigor de la planta, influenciada con la edad, variedad y condiciones del cultivo. El armazón de ramas fuertes y un sistema radicular potente se definirá en las primeras podas. Es recomendable que no exista una floración durante el primer año e incluso el segundo año dado que es el período donde la planta encontrará una estructuración adecuada para comenzar la producción sobre la estructura base. Las podas se deben realizar un centímetro por encima de la yema (Marín, 2011).

Existen varios tipos de podas que se realizan a lo largo del desarrollo vegetativo. Yong (2004) cita las siguientes:

- **Poda de formación:** Se ejecuta con el fin de darle una estructura adecuada a la planta y se lo realiza en las plantas jóvenes que están en proceso de formación. En la etapa de formación inicial es importante generar un balanceado aparato vegetativo para el desarrollo de tres a cuatro ramas vigorosas.
- **Poda de producción:** Se realiza con el fin de obtener una gran cantidad de flores en una fecha determinada. Por ello, esta labor se lo ejecuta en fechas precisas (San Valentín, días de las madres, navidad) y conociendo previamente la duración del ciclo de producción. La poda de producción se divide en dos tipos: Producción continua, donde se realiza una poda selectiva (poda tallos de ciegos, tallos delgados, enfermos, secos o reprogramación de tallos tiernos) y una Poda para fiestas, donde la mayoría o la totalidad de los tallos de podan para destinar la máxima producción a días festivos como San Valentín o día de las Madres, dado que en estas fechas la demanda de las rosas en estas fechas es mayor (Ortiz, 2018).
- **Poda de renovación:** Se realiza una poda total, con el fin de fortalecer la planta reemplazando tallos en mal estado en tallos productivos.
- **Poda fitosanitaria:** Se ejecuta cuando los tallos presentan daños severos por alguna plaga o enfermedad. Esta poda puede ser total o parcial, dependiendo de la intensidad del daño.
- **Poda de floración:** Se efectúa con el objeto de determinar la calidad y abundancia del producto final. Esta poda se determina por el movimiento vegetativo de la planta, características biológicas de la especie y la sensibilidad a las condiciones climáticas.

2.3. Efecto de la luz sobre el crecimiento de las rosas

La luz desempeña un papel muy importante en el crecimiento y desarrollo de las plantas, por lo que probablemente la luz sea el factor ambiental más complejo y variable que actúa sobre ellas (Rodríguez y Lazo, 2008). En su mayoría las plantas responden de manera distinta al color o a la longitud de onda (radiación) y a la cantidad de la luz (densidad de flujos fotosintéticos) (Lazo y Ascencio, 2010).

La calidad, intensidad y efecto de la luz han sido factores de diversos estudios, para determinar longitudes de onda ideales para maximizar el efecto morfogenético. Una longitud de onda entre 300 y 900 nm influye en el crecimiento y desarrollo de las plantas (Lazo y Ascencio, 2010). Además, existen diferentes espectros de luz visible que afectan metabólicamente a las plantas: luz azul (450 a 495nm), luz roja (620 a 750 nm), luz roja lejana (750 a 850 nm) y luz verde (495 a 570 nm) (Golovatska y Karnachuk, 2015)

2.4.Cosecha

La cosecha se realiza a mano con la ayuda de unas tijeras o un cuchillo afilado. Las rosas cortadas no se deben colocar sobre el suelo dado que corre el riesgo de contaminación (Romero, 2019). Un factor importante durante la cosecha es la hora del corte, generalmente se recomienda que el corte se lo realice por la tarde dado que los carbohidratos producidos en las hojas durante el día son más abundantes en ese momento. A su vez, se recomienda el corte muy temprano por la mañana, puesto que estas resisten muy bien durante la clasificación y empaque sin tener un déficit hídrico importante (Fischer y Roncancio, 2014).

Otro factor de gran importancia durante la cosecha es el punto de corte. El punto de corte es muy importante dado que se realiza un acuerdo con el consumidor final del producto, todo depende

viaje del producto, por lo general si el viaje es largo el punto de corte debe ser ajustado para que la duración de la flor sea mayor (Donado, 2017).

2.5. Poscosecha

Durante la poscosecha el objetivo más importante es retrasar el fenómeno de senescencia y marchitez, para satisfacer y cumplir con la necesidad del cliente que es tener flores frescas, de buena calidad y con una larga vida en florero.

Además, en la poscosecha se consideran varios componentes, primeramente, que cada variedad cuenta con un punto de corte y un nivel de madurez del botón distinto. Cuando las flores ya estén cortadas existen factores que influyen en la marchitez como: la dificultad de absorción y desplazamiento del agua por los vasos conductores, la incapacidad de retención de agua y la variación de la concentración osmótica intracelular (Fundación Produce, 2016).

Por ello, los tallos cortados se deben colocar en bandejas con una solución nutritiva para evitar el marchitamiento por la transpiración de las hojas. Seguidamente, se procede al deshoje de la parte inferior del tallo y a su clasificación. La clasificación se da en base a la longitud del tallo y desechando tallos deformados y flores dañadas (Infoagro, 2021).

Finalmente, se realiza la formación de ramos florales que son envueltas por un film plástico y se las almacena en un almacén frío de aproximadamente 4 a 5 °C antes de su empaquetamiento, debido a que la rosa necesita horas de frío antes de ser comercializada (Donado, 2017).

2.6. Variedades e híbridos

Las variedades comerciales actuales de rosa son híbridos de rosa extintas. Para la flor cortada se utilizan los tipos de té híbrida y rara vez del tipo floribundas. El tipo de té híbridas presenta tallos

largos y flores atractivas. Mientras que del tipo floribundas es el resultado de una hibridación de Té y Polianta que son flores que terminan en inflorescencia. Su tallo y flor son de tamaños medianos o pequeños (Flores, 2015).

Entre las variedades de rosas que se exportan tenemos:

- **Black Magic**

Rosa de color rojo carmesí, atractiva por su color, tamaño y durabilidad. Su largo de tallo oscila entre 50 y 70 cm y el tamaño de botón entre 5.5 y 6 cm. El número de pétalos es de 38 y su vida en florero es de 12 a 15 días (Yáñez, 2021).

- **Explorer**

Posee un color rojo oscuro y un tamaño de cabeza grande. El tamaño del botón puede ser de 6.2 a 7.2 cm, la longitud del tallo oscila entre 60 y 90 cm y posee un número de 33 pétalos. Su durabilidad en florero es de 12 a 14 días (Naranja Roses, 2021).

- **Freedom**

Es la rosa más utilizada en el mundo. Tiene un color rojo brillante, con un botón de 5.5 a 6.5 cm, un largo de tallo de 50 a 120 cm y un total de 44 pétalos. La vida en florero dura de 13 a 15 días (Ecoroses, 2021).

- **Mondial**

Rosa de color blanco, con un tamaño de botón de 6.5 a 7.0 cm. El largo del tallo puede ser de 50 a 90 cm, posee un total de 32 pétalos y su vida en florero va de 12 a 14 días (Ecoroses, 2021).

2.7.Precios nacionales e internacionales

El costo de producción de cada rosa oscila entre 0,15 a 0,18 ctvs, cada tallo es vendido entre 0,25 y 0,30 ctvs. En temporadas especiales como san Valentín o el día de las madres puede hasta triplicar su precio original. Es importante mencionar que la economía sufre desajustes a causa de la sobreproducción, por ello es importante conocer el ciclo fenológico de la rosa para evadir estos inconvenientes (Cañar, 2016).

Por otro lado, el precio de las rosas que se dan en base al largo del tallo se maneja de distinta manera. Por ejemplo, en el mercado ruso un tallo de 60 cm costará 40 centavos, dado que los precios en ese mercado esta alrededor de un centavo el centímetro menos 20 centavos. Generalmente los precios en el mercado ruso se manejan con un precio de un centavo el centímetro menos 10 centavos y un centavo el centímetro menos 20 centavos. En cuanto, Europa maneja sus precios entre un centavo el centímetro menos 25 centavos y un centavo el centímetro menos 35 centavos. Estos precios se definen para el período de temporada regular, es decir, no aplica para los días de temporada de san Valentín o día de las madres (Wray, 2015).

III. Objetivos e Hipótesis

3.1.General

Evaluar el efecto de luz artificial en el desarrollo vegetativo y parámetros de producción del cultivo de rosa, variedad Explorer.

3.2.Específicos

- Determinar el comportamiento vegetativo de la rosa y cuantificar diferentes parámetros productivos a mayor altitud (2950 msnm).

- Evaluar el ciclo vegetativo de la rosa con un nivel adicional de luz (400W) vs un grupo control sin luz.
- Seleccionar el tratamiento que tenga la mejor respuesta en base a diferentes parámetros productivos.
- Estimar la relación beneficio costo del tratamiento de día largo.

3.3.Hipótesis

La aplicación de niveles adicionales de luz artificial mejora el desarrollo vegetativo e incrementa los parámetros productivos de la rosa.

IV. Materiales y Métodos

4.1. Material biológico

El experimento de llevo a cabo en el cantón Pujilí, provincia de Cotopaxi. Se utilizó Rosa *sp.* variedad Explorer La variedad Explorer se caracteriza por representar una rosa romántica, sofisticada y sensual. Sus características principales son su larga vida en florero (10 -12 días), posee un número de pétalos de 43, su longitud de tallo se mantiene entre 60 y 90 cm (Rosa Nova, 2021). Cabe mencionar que estas características de producción pueden variar de acuerdo con la ubicación geográfica.

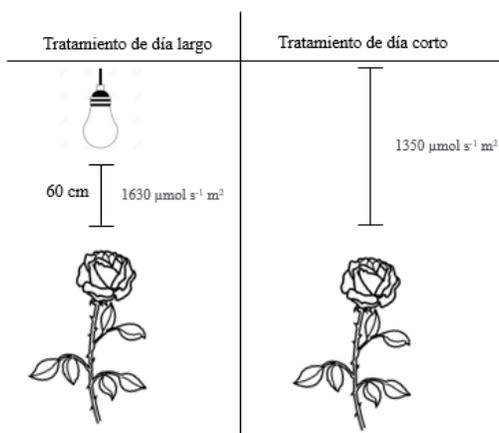
4.2. Método de manejo del experimento

El experimento se desarrolló en una pequeña comunidad de Pujilí con latitud de 0°57'27" S, longitud de 78°41'46" O y altitud de aproximada de 2950 msnm (Date and time, 2022). La temperatura varía entre los 6°C y los 28°C, mantiene una humedad relativa entre el 88 a 96% y sus niveles de precipitación están entre 958 y 2781 mm anuales (De Izazaga y Valdivieso, 2021).

Se realizó un experimento con dos tratamientos: día corto y día largo y dos grupos de cada tratamiento en distintas fechas. El experimento se llevó a cabo en el período de mayo-octubre (grupo 1) y julio-noviembre (grupo 2) del 2021. El tratamiento de día corto se manejó convencionalmente, es decir, bajo exposición solar diaria. Las radiaciones naturales medidas durante este período fue una media de $1350 \mu\text{mol s}^{-1} \text{m}^2$. Al tratamiento de día largo se le suministró luz con lámparas de sodio de 400 W, se utilizó 4 lámparas a 6 m de distancia una de otra.

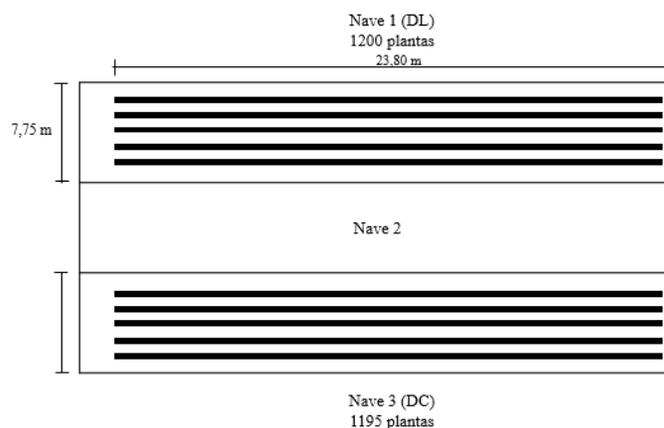
Las lámparas proporcionaron 8 horas adicionales de luz (6 pm a 2 am), es decir, el tratamiento de día largo tuvo un total de 20 horas luz. Los focos emitían en promedio una radiación fotosintéticamente activa de $1630 \mu\text{mol s}^{-1} \text{m}^2$ (Fig. 1). La irradiación se midió al nivel del botón de la rosa para los dos tratamientos. La distancia de los focos respecto al botón de la rosa fue en promedio 60 cm. La temperatura promedio del primer grupo fue de $15,2 \text{ }^\circ\text{C}$ y del segundo grupo fue de $16,3 \text{ }^\circ\text{C}$. Los tallos se seleccionaron aleatoriamente desde la poda, 200 tallos por tratamiento (50 tallos por cama) (Fig. 2).

Figura 1. Esquema de iluminación para tratamientos de día corto y largo.



Se colocaron lámparas de sodio de 400W para el tratamiento de día largo sobre el botón de las rosas. Las distancias entre las rosas y las lámparas fueron de 50 a 70 cm. Los focos de sodio de 400 W emitieron un rango de 1950 a $1300 \mu\text{mol s}^{-1} \text{m}^2$ de luz PAR. Para el tratamiento de día corto se tomó los valores de la radiación fotosintéticamente activa (PAR) al medio día y su rango fue de 1121 a $1570 \mu\text{mol s}^{-1} \text{m}^2$.

Figura 2: Esquema las naves y número de plantas por nave y por tratamiento de día corto y largo



El tratamiento de día largo cuenta con 5 camas y un total de 1200 plantas. El tratamiento de día corto cuenta con 5 camas y un total de 1195 plantas.

4.3.Sistema de iluminación

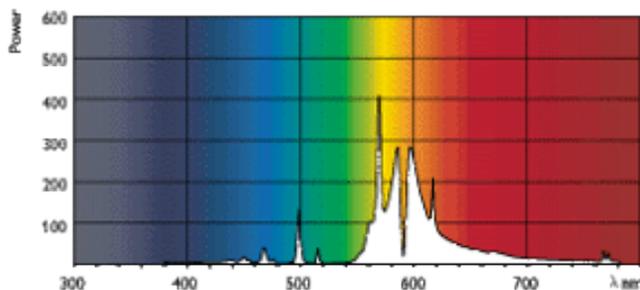
El sistema de iluminación consistió en una fila de lámparas de sodio 400W (Philips) bajo invernadero en un espacio aproximado 184,45 m² (23,80 x 7,75 m). Las lámparas se colocaron en el centro de la nave para que este abarque la iluminación a las 4 camas del tratamiento. El espacio entre lámparas fue de aproximadamente 6 metros.

4.4.Características de la luz

Las lámparas de sodio de alta presión (400W) presentan un tubo de descarga de aluminio policristalino, contenido en un bulbo externo de cristal tubular. Este tipo de lámparas ofrecen una alta eficiencia de más de 100 lúmenes/vatio y una alta emisión de radiaciones PAR (Radiación fotosintéticamente activa aproximadamente de 400 a 700 nm). Característica por generar una alta emisión del espectro del rojo (Fig. 3). Este tipo de iluminación generalmente se lo aplica bajo invernaderos.

El sistema de iluminación consistió en una fila de lámparas con un espaciado aproximado de 6 m entre lámparas. Las lámparas se colocaron en el medio de la nave para que estas abarquen a las 4 camas del tratamiento de día largo.

Figura 3: Diagrama espectral



Fuente: Songlight, 2013

4.5.Métodos estadísticos

Para los dos tratamientos se utilizó una prueba de t de varianzas iguales ($p < 0.05$). La prueba de t de Student es un tipo de estadística deductiva. Generalmente se utiliza para determinar si existe una diferencia significativa entre las medias de dos grupos. Se asume que las variables dependientes tienen una distribución normal y se especifica el nivel de probabilidad (p) que estamos dispuestos a aceptar, comúnmente se utiliza un $p < 0.05$ (Federación Europea de Osteópatas, 2014).

4.6.Variables a evaluar

4.6.1. Días de la floración

Se realizó un conteo a las rosas señaladas desde el punto arroz hasta el punto 3 de cosecha, se midió en días.

4.6.2. Diámetro del tallo

Esta variable se midió con un calibrado o pie de rey en centímetros [cm].

4.6.3. Diámetro de botón

Variable medida en centímetros [cm] con un calibrador al punto 3 del botón.

4.6.4. Longitud de botón

Variable medida en centímetros [cm] con un calibrador, al punto 3 del botón.

4.6.5. Clasificación de largo de tallo

Las rosas cosechadas clasificaron de cuerdo a su longitud, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100, 110, 120 y 130 [cm]. Se midió en centímetros [cm].

4.7. Relación Beneficio Costo

Los costos de electricidad y lámparas para producir un período largo de iluminación de 8h en un invernadero de 184, 45 m² (23,80 x 7,75 m) con 4 lámparas de sodio de 400 W. El sistema de iluminación consistió en una fila de lámparas con un espaciado aproximado de 6 m entre lámparas. Las lámparas se colocaron en el medio de la nave para que estas abarquen a las 4 camas del tratamiento de día largo.

V. Resultados

5.1. Número de tallos cosechados

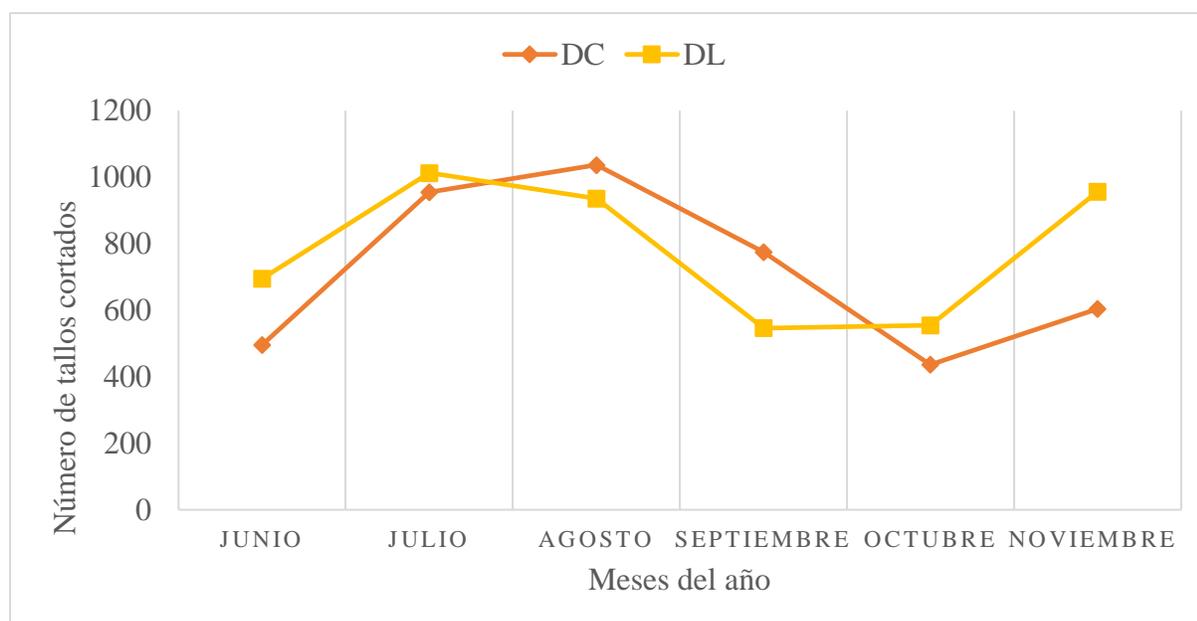


Gráfico 1: Efecto del tratamiento de día corto (DC) y tratamiento de día largo (DL) sobre el número tallos cosechados mensualmente. Los tallos fueron cosechados durante 6 meses junio-septiembre del año 2021. Adicional se realizó una prueba de *t* (Anexo A) del total de número de tallos cosechados para determinar si existe una diferencia significativa entre tratamientos.

En el gráfico 1 se puede observar que el tratamiento de día corto (DC) presenta picos de cosecha los meses de agosto y septiembre, mientras que en el tratamiento de día largo los picos de cosecha se presentan los meses de junio, julio, octubre y noviembre. Durante los 6 meses de cosecha en el tratamiento de día corto se cosechó un total de 4392 tallos y en el tratamiento de día largo se cosechó un total de 4895 tallos. Al comparar estos datos y realizar una prueba de t ($p < 0.05$) se ha determinado que no existe una diferencia significativa entre los tratamientos.

5.2. Productividad

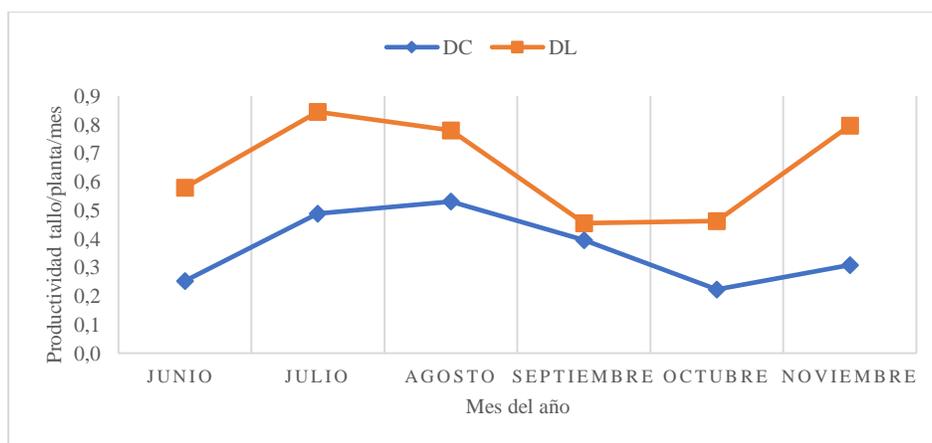


Gráfico 2: Efecto del tratamiento de día corto (DC) y tratamiento de día largo (DL) sobre el rendimiento de las rosas cortadas. Los valores indican la productividad mensual del tallo/planta/mes para ambos tratamientos. Se realizó una prueba de t (Anexo B) de la productividad tallo/planta/mes entre tratamientos, para determinar si existe una diferencia significativa.

En la gráfica 2 se puede observar la productividad de tallo/planta/mes. Para el tratamiento de día corto la productividad mensual se mantiene en un rango de 0.2 a 0.5 tallo/planta/mes y para el tratamiento de día largo la productividad varía entre 0.5 a 0.8 tallo/planta/mes.

5.3. Días de floración

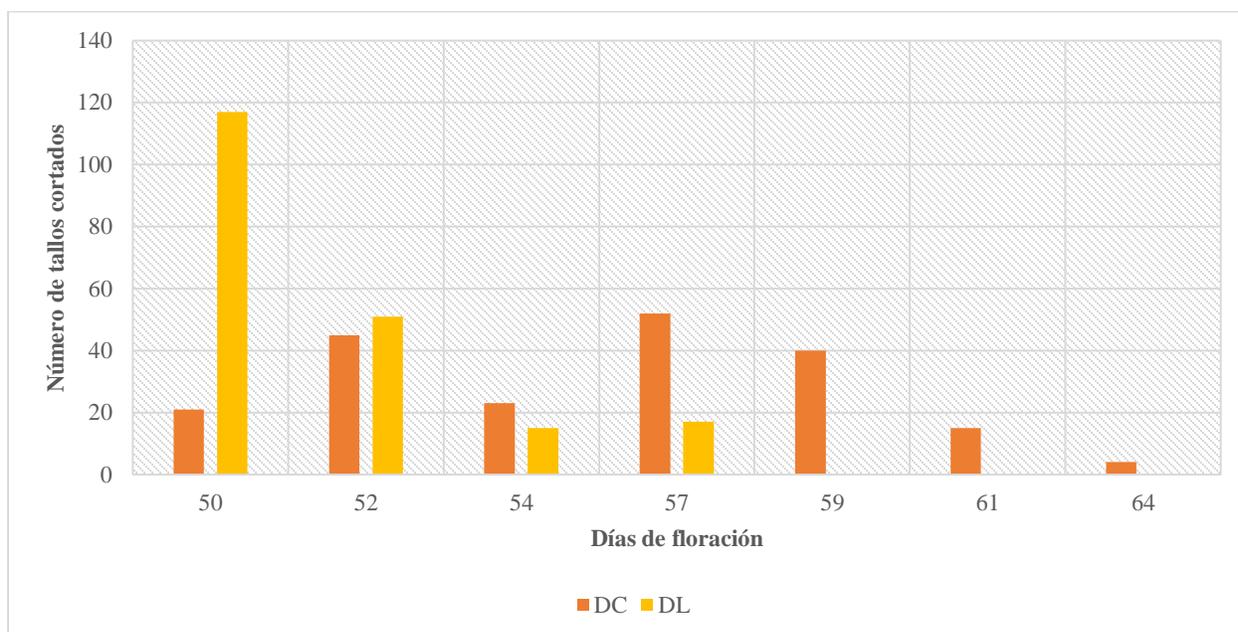


Gráfico 3: Efecto en el tratamiento de día corto (DC) y el tratamiento de día largo (DL) en los días de floración a partir del punto arroz del botón floral hasta el punto 3 de corte. Se señaló 200 tallos florales por tratamiento el 24 de mayo 2021 y se cosechó a partir del 12 de julio hasta el 25 de julio 2021.

En el gráfico 3 se puede observar que el tratamiento de día corto (DC) el período de floración a partir del punto arroz del botón al punto de corte 3 duró entre 50 a 64 días. Y para el tratamiento de día largo (DL) los días de floración duraron de 50 a 57 días. Los 200 tallos señalados en el tratamiento de DC se cosecharon en un total de 7 días, y para el tratamiento DL la cosecha duró 4 días.

5.4.Ciclo vegetativo

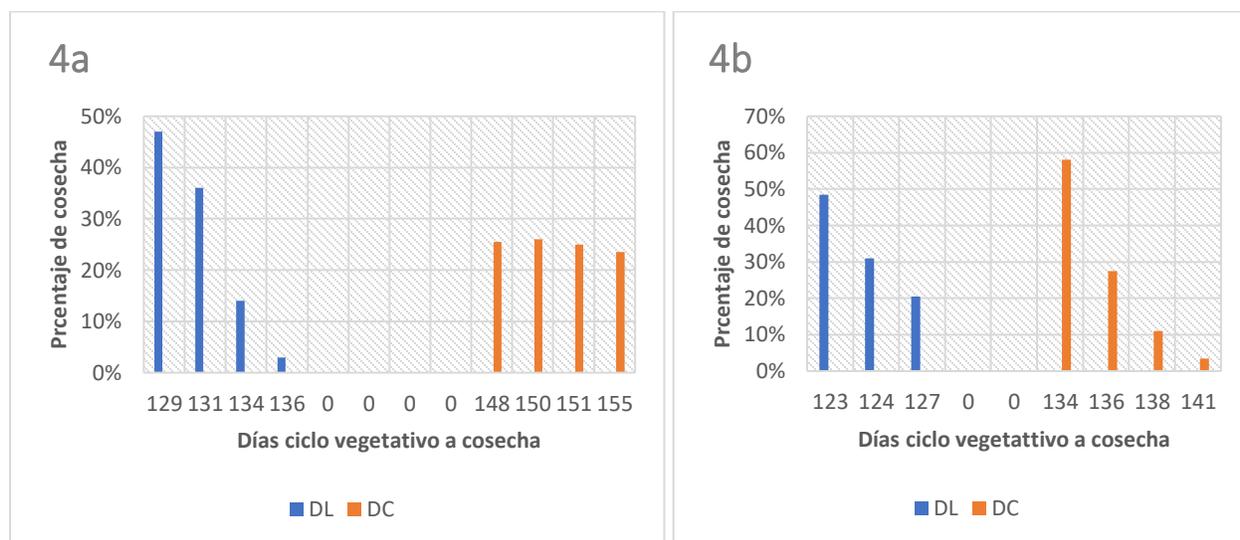


Gráfico 4: Efectos en la duración del ciclo vegetativo hasta la cosecha bajo los tratamientos de día corto (DC) y día largo (DL) desde el pinch para grupos 1 (4a) y 2 (4b). En el grupo 1 (4a) se realizó el pinch el 24 de mayo 2021 y se cosechó a partir del 29 de septiembre hasta el 6 de octubre para el tratamiento DL y desde el 18 de octubre hasta el 25 de octubre 2021 para el tratamiento DC. El pinch del grupo 2 (4b) se realizó el 12 de julio 2021 y la cosecha para el tratamiento DL se realizó a partir del 11 de noviembre al 15 de noviembre 2021 y para el tratamiento DC se cosechó a partir del 22 de noviembre hasta el 29 de noviembre 2021.

En el gráfico 4 se puede observar el número de días del ciclo vegetativo hasta la cosecha. En el grupo 1 bajo el tratamiento DC los días del ciclo vegetativo a cosecha fue de 148 a 155 días y para el tratamiento DL fue 129 a 136 días. En el grupo 2 los tallos bajo el tratamiento DC los días del ciclo vegetativo a cosecha duró de 134 a 141 días, mientras que para el tratamiento DL fue de 123 a 127 días. En promedio en el grupo 1 y 2 bajo el tratamiento de DC fue de 151 y 137 días ciclo respectivamente. Y en promedio para el tratamiento de DL para el grupo 1 y 2 fue de 133 y 125 cada uno.

5.5. Porcentaje de brotación

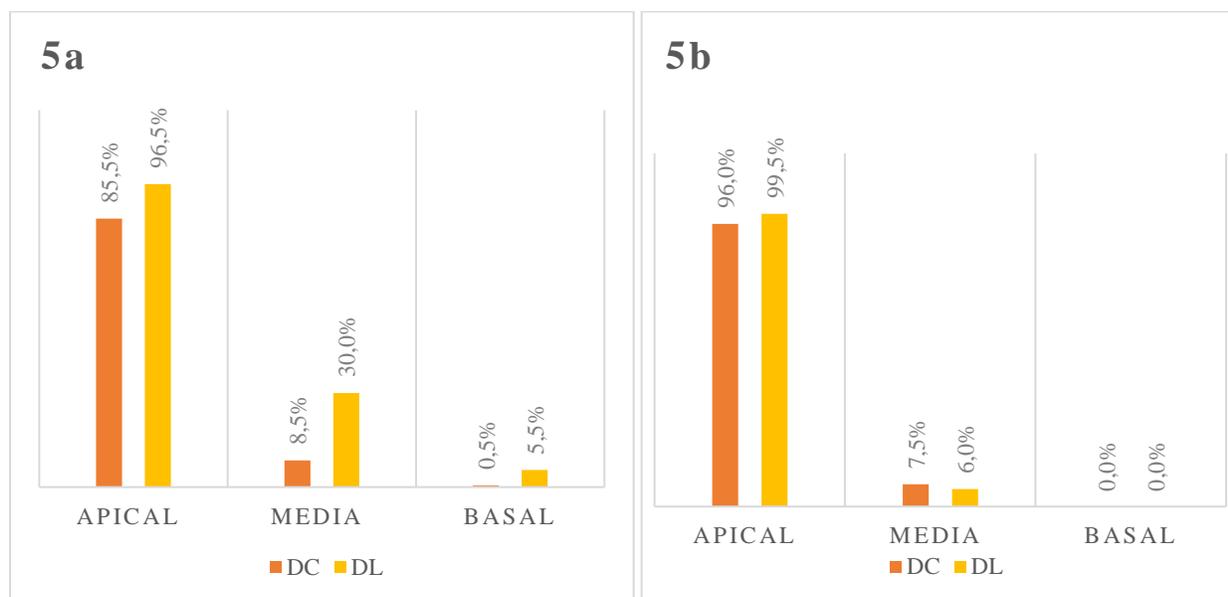


Gráfico 5: Efectos del porcentaje de brotación a lo largo del eje apical, medio y basal bajo los tratamientos de día corto (DC) y día largo (DL) en los grupos 1 (5a) y 2 (5b). Los datos se tomaron al día 100 del pinch, el 31 de agosto 2021 para el grupo 1 y el 19 de octubre 2021 para el grupo 2.

En el gráfico 5 se puede observar el porcentaje de brotación de los tallos por tratamiento y por grupo. Dicho porcentaje se contabilizó al día 100 del pinch para ambos tratamientos. En el grupo 1 (5a) bajo el tratamiento de DC el porcentaje de brotación apical, media y basal fue de 85,5%, 8,5% y 0,5% respectivamente. Y para el grupo 2 (5b) fue de 96% y 7,5% para apical y media. Para el tratamiento DL del grupo 1 (5a) el porcentaje de brotación fue de 96,5%, 30% y 5,5% para apical, media y basal respectivamente. Y para el grupo 2 (5b) fue de 99,5% y 6% para apical y media. Además, en el grupo 2 no hubo un porcentaje de brotación basal para ambos tratamientos.

5.6. Clasificación de largo de tallo

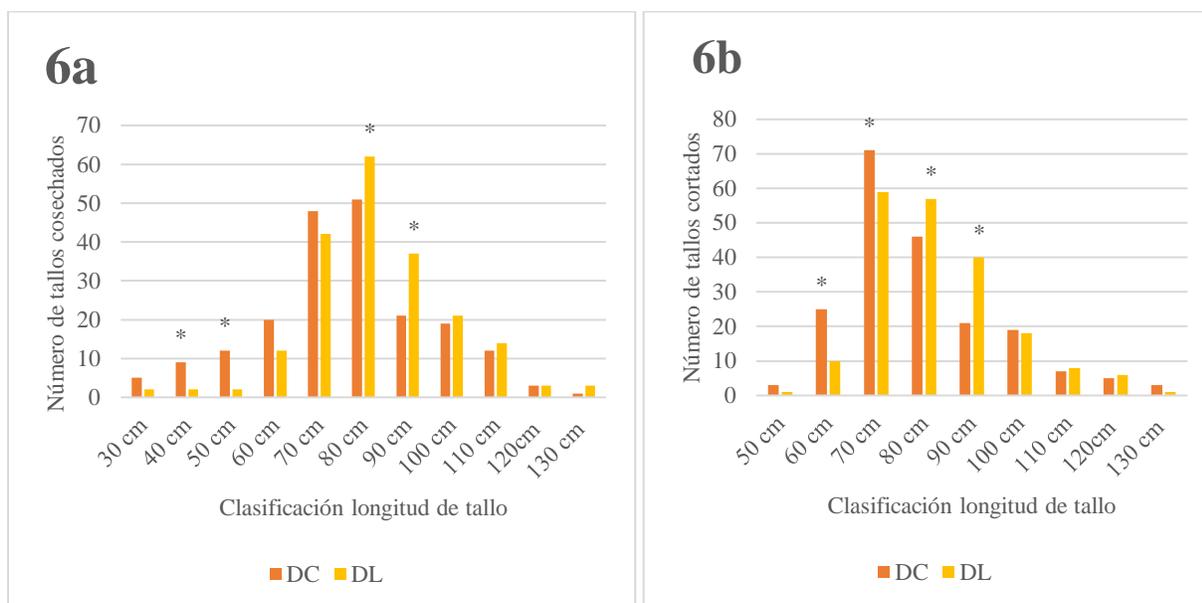


Gráfico 6: efectos en la clasificación de longitud de tallo bajo los tratamientos de día corto (DC) y día largo (DL) en los grupos 1 (6a) y 2 (6b). El ciclo del grupo 1 fue del 24 de mayo al 25 de octubre 2021 y el ciclo del grupo 2 fue 12 de julio hasta el 29 de noviembre del 2021. El ‘*’ denota si existe diferencias significativas entre tratamientos en base a una prueba de t ($p < 0.05$).

En la gráfica 6 se puede observar la clasificación de longitud de tallo para ambos tratamientos. En el grupo 1 (6a) se puede observar que existió tallos con longitudes de 30 cm a 130 cm y el grupo 2 la longitud fue de 50 a 130 cm. Se realizó una prueba de t para determinar si existía significancia (*) entre tratamientos, el en grupo 1 existió significancia para las longitudes de 40 y 50 cm dominadas por el tratamiento DC y las longitudes de 80 y 90 cm dominadas por el tratamiento DL. Para el grupo 2 existió significancia para las longitudes de 60 y 70 cm de DC y 80 y 90 cm para DL.

5.7. Diámetro de tallo

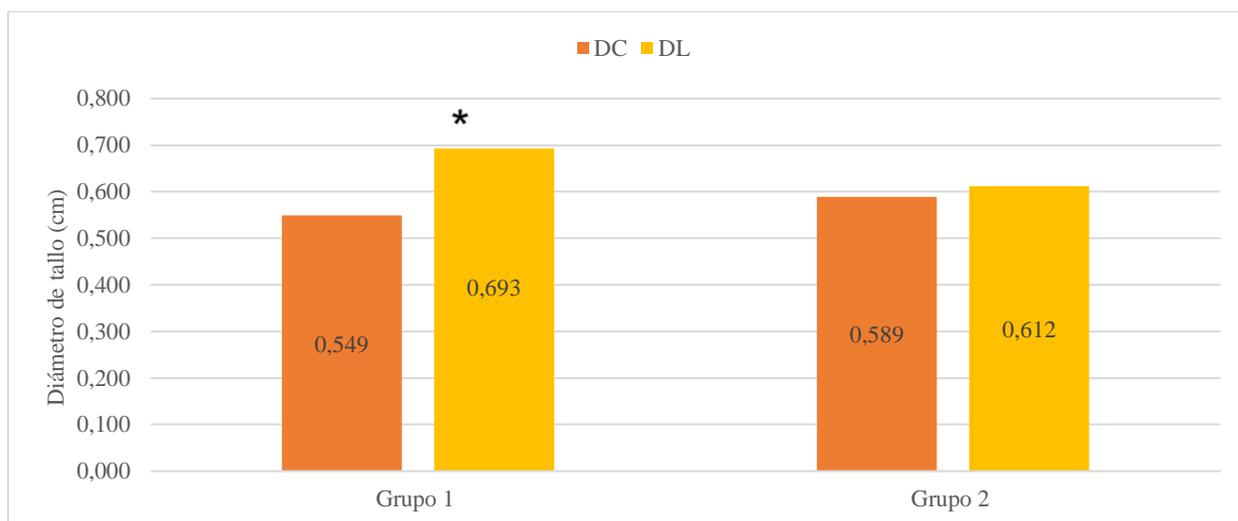


Gráfico 7: Efecto en el diámetro de tallo bajo los tratamientos de día corto (DC) y día largo (DL) en los grupos 1 y 2. El ciclo del grupo 1 fue del 24 de mayo al 25 de octubre 2021 y el ciclo del grupo 2 fue 12 de julio hasta el 29 de noviembre del 2021. Se realizó una prueba de t ($p < 0.05$) (Anexo C) para determinar si existía una diferencia significativa (*) entre tratamientos.

En el gráfico 7 se puede observar que en el grupo 1 existe una diferencia significativa en el diámetro del tallo entre tratamientos. Sin embargo, en el grupo 2 no existe una diferencia significativa entre tratamientos.

5.8. Diámetro de botón

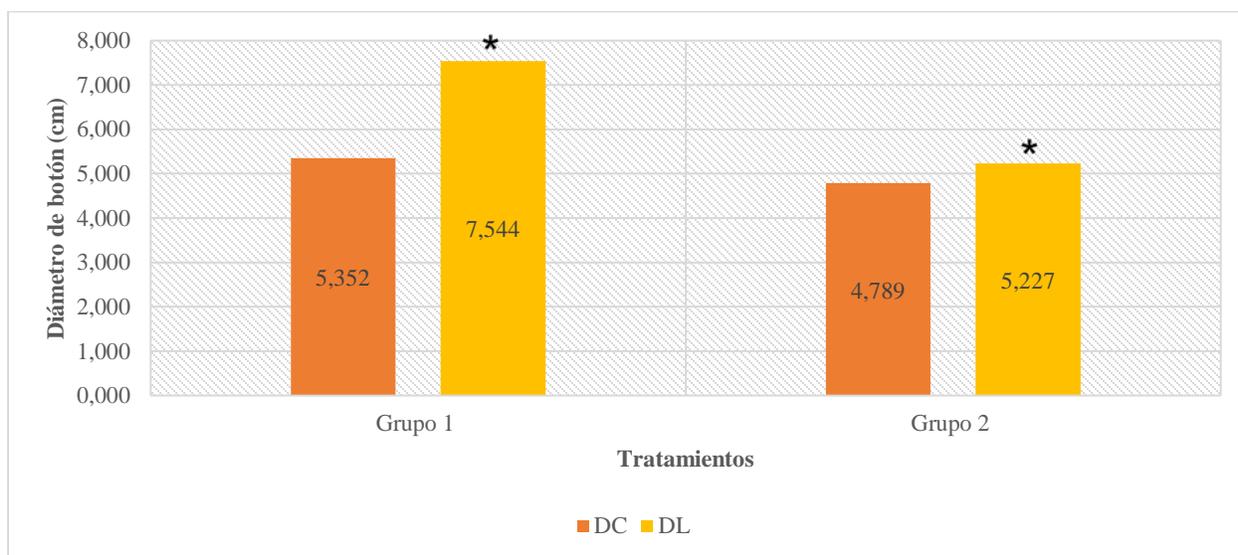


Gráfico 8: Efecto en el diámetro de botón bajo los tratamientos de día corto (DC) y día largo (DL) en los grupos 1 y 2. El ciclo del grupo 1 fue del 24 de mayo al 25 de octubre 2021 y el ciclo del grupo 2 fue 12 de julio hasta el 29 de noviembre del 2021. El ‘*’ denota si existe diferencias significativas entre tratamientos en base a una prueba de t ($p < 0.05$) (Anexo D)

En el gráfico 8 se puede observar que tanto para el grupo 1 y el grupo 2 existe una diferencia significativa entre tratamientos de DC y DL en el diámetro del botón.

5.9. Longitud de botón

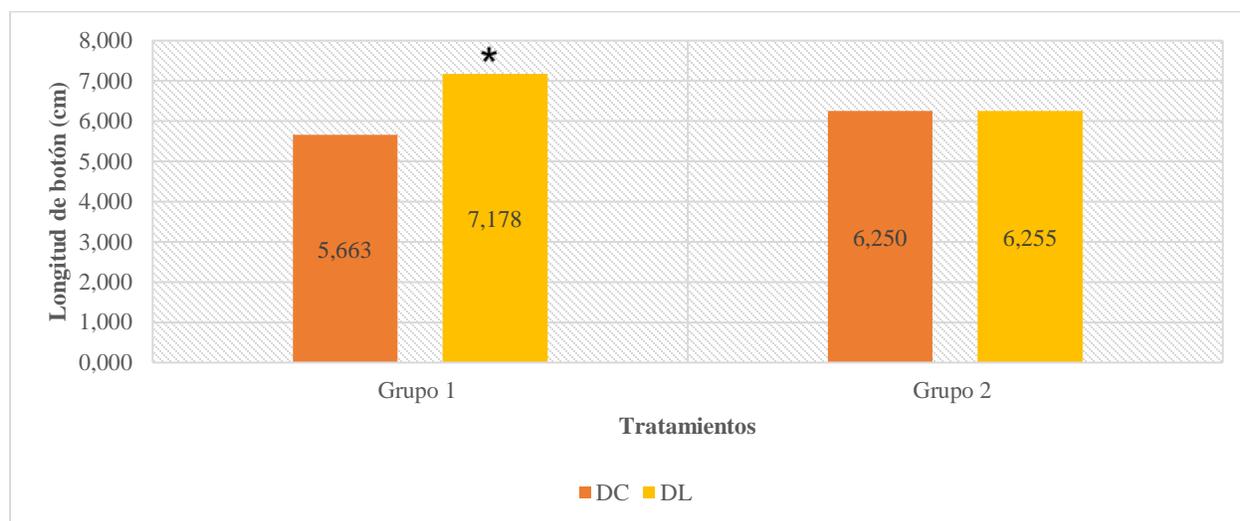


Gráfico 9: Efecto en la longitud de botón bajo los tratamientos de día corto (DC) y día largo (DL) en los grupos 1 y 2. El ciclo del grupo 1 fue del 24 de mayo al 25 de octubre 2021 y el ciclo del grupo 2 fue 12 de julio hasta el 29 de noviembre del 2021. El ‘*’ denota si existe diferencias significativas entre tratamientos en base a una prueba de t ($p < 0.05$) (Anexo E)

En el gráfico 9 se puede observar que en el grupo 1 existe una diferencia significativa entre tratamientos para la variable longitud de tallo. Sin embargo, para el grupo 2, no existe una diferencia significativa entre tratamientos.

5.10. Relación beneficio/costo

El anexo G muestra los resultados de la relación beneficio costo del tratamiento del día largo, en la cual la relación beneficio costo promedio es de 1.2, lo que representa que por cada dólar invertido se recupera el dólar invertido y se recupera 0,20 ctvs.

VI. Discusión

Los efectos de fuentes de luz artificial en las plantas varían en base al tipo de fuente de luz y la especie o variedad de las plantas (Wan, Wu, Zhang, Hong y Liu, 2020). En la primera variable días de floración, en el tratamiento de día corto (DC) el rango fue de 50 a 64 días y para el tratamiento de día largo (DL) se obtuvo un rango de 50 a 57 días, observando claramente una reducción en los días de floración (3,5%) entre los dos tratamientos. Según Kohyama, Whitman y Runkle (2014) la iluminación artificial disminuye significativamente el tiempo de floración en algunas especies de plantas. Además, en otro estudio de Runkle y Heins, (2003) citado por Wan et al, (2020), las lámparas de sodio de alta presión (HPS) aumentan notablemente la tasa de floración y la longitud del pedúnculo. Lo que coincide con los resultados obtenidos en este estudio, dado que se utilizan lámparas HPS.

Según Yorio, Mackowiak, Wheeler y Sager (1995), las lámparas HPS promueven el crecimiento de las plantas en el invernadero. En este estudio, se observa que las plantas sometidas al tratamiento de DL con lámparas HPS tienden a reducir el número total de días del ciclo vegetativo en comparación con el tratamiento de DC. La diferencia promedio entre estos dos tratamientos fue de 19 días, mostrando una diferencia significativa entre los dos. Las diferentes características de la luz como la composición espectral (longitud de onda), la intensidad, duración y la dirección, pueden influir en el crecimiento y desarrollo de las plantas (Boyat et al, 2018). Además, el crecimiento y el desarrollo de las rosas pueden ser afectados por factores ambientales previos a la cosecha como la humedad relativa y la luz (Fanourakis et al. 2013).

Probablemente el factor más importante sobre el control de la inactividad de las yemas es la luz (Bredmose, 1993). En este estudio se observa que existen porcentajes de brotación apical

superiores al 95% para el tratamiento de DL y para el tratamiento de DC el porcentaje de brotación es similar o superior al 80%. Sin embargo, se observa que para los brotes medios, el porcentaje disminuye drásticamente y más aún en el brote basal, donde incluso en el grupo 2 para ambos tratamientos no se presenta brotación. El aborto de estos brotes se puede deber a la reducción de la luz debido a la sombra, dado que la incidencia del aborto de yemas se correlaciona con la duración de la exposición de las plantas a una alta intensidad de luz durante las primeras etapas de desarrollo de las flores de 10 a 20 días después del corte (Zieslin y Mor, 1990).

Las lámparas HPS pueden promover el crecimiento de las plantas en el invernadero (Yorio, Mackowiak, Wheeler y Sager, 1995). Un tallo floral de exportación debe cumplir con las exigencias determinadas por el mercado a exportar. Generalmente, se requieren tallos rectos, longitud mayor a 40cm, grosor del tallo, y tamaño de botón adecuado (Yanchapaxi, Calvache y Lalama, 2010). Al comparar la clasificación de la longitud de tallo en los tratamientos del presente estudio, se determinó que existe una diferencia significativa tanto para el grupo 1 como para el grupo 2 con longitudes de 80 cm y 90 cm, donde el tratamiento de DL presenta una mayor cantidad de tallos de esta longitud. Según Bredmose (1993), Una iluminación adicional, no solo aumenta el flujo de fotones, sino que también puede extender el fotoperíodo. Por tanto, a fotoperíodos largos promueve el alargamiento de brotes y la aceleración del crecimiento de las rosas, presentando así longitudes mayores en los tallos. No obstante, en una investigación realizada por Hosh-Khut y George (1976), se obtuvo que la longitud de los tallos con iluminación suplementaria fue menor que la de los controles, esto probablemente se debió al mayor número de tallos en las plantas de día largo.

Al extender la iluminación en el tratamiento de DL se observa que el diámetro de botón incrementó significativamente de 0,549 a 0,693 cm en el grupo 1. En el grupo 2 a pesar de no tener una diferencia significativa existe una diferencia de 0,589 a 0,612 entre tratamientos. En cuando al diámetro del botón de igual manera existe una diferencia significativa, donde el tratamiento de DL incremento la longitud de 5,663 a 7,178 cm. Según Armitage y Tsujita (1979), no es posible determinar la intensidad óptima de luz suplementaria, para garantizar una mejor calidad de rosa, pero bajo una irradiación de 105 es probablemente el tratamiento de luz más adecuado. Una intensidad de 158 en adelante probablemente será demasiado cara de implementar para una producción comercial.

Además, recientemente se ha demostrado que en comparación con las lámparas HPS, los LED promueven el crecimiento del diámetro de la flor y la vida en florero (Dueck, et al, 2021; Martineau et al, 2012). Por ello, en el estudio realizado por (Wan et al, 2020), se determinó que las lámparas con iluminación LED son más efectivas que las lámparas HPS para el incremento de la longitud del tallo, diámetro de tallos, el período de floración y el diámetro del botón.

VII. Conclusiones

- Este estudio demuestra que al extender el período de luminosas a 8 horas luz con lámparas HPS, existe la posibilidad de mejorar la calidad de las rosas (longitud de tallo, longitud de botón y diámetro de botón).
- A pesar de que existe una mayor productividad en las rosas bajo el tratamiento de DL (4395 tallos florales), el número total de tallos cosechados durante los 6 meses de experimentación no difieren significativamente del tratamiento de DC (4392 tallos florales).

- El ciclo vegetativo de las rosas bajo el tratamiento de día largo duró en promedio 132 y 125 días (grupo 1 y grupo 2 respectivamente). Y en el tratamiento de día corto el ciclo duró 151 y 137 días (grupo 1 y 2), donde se observa claramente una reducción de días en el desarrollo de la planta.
- Las lámparas de sodio son fuentes de luz eficientes para la iluminación complementaria en rosas, especialmente por su aporte a mejorar y acelerar el desarrollo vegetativo de las rosas, reducir los días de floración e incrementar la productividad de la planta.

VIII. Recomendaciones

- Realizar nuevos estudios considerando diferentes tipos de luz como lámparas de mercurio, LED u otros para determinar el efecto de diferentes tipos de luz en el rendimiento, producción y calidad de la rosa.
- Evaluar la ubicación y el número de las lámparas a utilizar sobre el botón floral, para mejorar la recepción de la luz PAR.
- Incrementar el tamaño de la muestra en cuanto al número de plantas para cuantificar de mejor manera todas las variables evaluadas.
- Realizar estudios similares a menor altitud en los cultivos de rosas (menor a 2950 msnm) para determinar si el incremento de luz tiene un efecto similar.

IX. Referencias bibliográficas:

- Acosta, L., Caizapanta, A., y Cevallos, D. (2014). Diseño de un mecanismo de exportación para las ymes florícolas del cantón Cayambe dirigido al mercado Ruso. Quito.
- Armitage, A., Tsujita, M. (1979). Supplemental lighting and nitrogen nutrition effects on yield and quality of forever yours roses. *Canadian Journal of plant Science*. 59(2): 343-350. <https://doi.org/10.4141/cjps79-056>
- Bayat, L., Arab, M., Aliniaiefard, S., Seif, M., Lastochkina, O., & Li, T. (2018). Effects of growth under different light spectra on the subsequent high light tolerance in rose plants. *AoB Plants*, 10.
- Bredmose, N. (1993). Effects of Year-Round Supplemental Lighting on Bud Development, Flowering, and Quality of Two Greenhouse Rose Cultivars. *Scientia Hortic.*, 54: 69,85
- Cañar, Y. (2016). *Determinación del ciclo fenológico en cinco variedades de rosa (Rosa sp.) para un cultivo en producción abierta en el sector La Esperanza provincia del Carchi.* (Tesis de pregrado) Universidad Politécnica Estatal del Carchi. -recuperado de <http://repositorio.upec.edu.ec/bitstream/123456789/556/1/309%20DETERMINACION%20DEL%20CICLO%20FENOLOGICO%20DE%20CINCO%20VARIEDADES%20DE%20ROSA%20%28ROSA%20SP%29%20PARA%20UN%20CULTIVO%20EN%20PRODUCCION%20ABIERTA%20EN%20EL%20SECT~1.pdf>
- Cárdenas, A. (2011). *Utilización de productos genéricos para controlar lildiu veloso*

(*Peronospora sparsa*) y bajar el costo en el cultivo de rosas (*Rosa sp*) en la variedad vëndela en la empresa agrícola Carmen Amelia Lasso – Cotopaxi. Recuperado de <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/954/1/T-UTC-1250.pdf>

Chen, J. (2021). *La influencia de la luz en el crecimiento del cultivo*. Recuperado de <https://www.pthorticulture.com/es/centro-de-formacion/la-influencia-de-la-luz-en-el-crecimiento-del-cultivo/>

Date and time. (2022). *Coordenadas geográficas de Pujilí, Ecuador*. Recuperado de <https://dateandtime.info/es/citycoordinates.php?id=3652684>

De Izazaga, F, y Valdivieso, P. (2021). *Datos Generales*. Recuperado de http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdiagnostico/BIOFISICO_14-11-2014.pdf

Donado, A. (2017). *Diseño de un modelo de clasificación de rosa en cultivo y poscosecha en la empresa élite FLOWERS FARMERS S.A.S.* (Tesis de pregrado). Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Recuperado de <https://repositorio.uptc.edu.co/bitstream/001/1888/1/TGT-470.pdf>

Dueck, T. A., Janse, J., Eveleens-Clark, B. A., Kempkes, F. L. K., y Marcelis, L. F.

M. (2012). Growth of tomatoes under Hybrid LED and HPS lighting. In C. Kittas, N. Katsoulas, & T. Bartzanas (Eds.), *Proceedings of the International Symposium on Advanced Technologies and Management towards Sustainable Greenhouse Ecosystems*

Greensys2011 (Vol. I, pp. 335-342).

ISHS. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2012.952.42>

Ecoroses. (2019). *¿Por qué las rosas ecuatorianas son las mejores?* Recuperado de

<https://ecoroses.com.ec/es/por-qu-las-rosas-ecuatorianas-son-las-mejores>

Ecoroses. (2021). *Mondial*. Recuperado de <https://ecoroses.com.ec/rose-varieties/mondial>

Espinosa, E. (2011). *Evaluación del comportamiento productivo de dos variedades de*

rosas Rosa sp. Forever Young y kormagoro (marca carousel). Tabacundo – Ecuador 2011.

(Tesis de pregrado). Cayambe: Universidad Politécnica Salesiana. Recuperado de

<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/1829/12/UPS-YT00096.pdf>

Espinosa, J. (2017). Análisis prospectivo de la exportación de rosas en el mercado ruso.

Yura: Relaciones internacionales, (11), pp. 115-134. Recuperado de

[http://world_business.espe.edu.ec/wp-content/uploads/2017/06/11.7-An%C3%A1lisis-](http://world_business.espe.edu.ec/wp-content/uploads/2017/06/11.7-An%C3%A1lisis-prospectivo-de-la-exportaci%C3%B3n-de-rosas-en-el-mercado-ruso.pdf)

[prospectivo-de-la-exportaci%C3%B3n-de-rosas-en-el-mercado-ruso.pdf](http://world_business.espe.edu.ec/wp-content/uploads/2017/06/11.7-An%C3%A1lisis-prospectivo-de-la-exportaci%C3%B3n-de-rosas-en-el-mercado-ruso.pdf)

Expoflores. (2019). *Informe anual de Exportaciones*. Recuperado de

https://expoflores.com/wp-content/uploads/2020/04/reporte-anual_Ecuador_2019.pdf

Fanourakis, D., Pieruschka, R., Savvides, A., Macnish, A. J., Sarlikioti, V., & Woltering, E.

J. (2013). Source of vase life variation in cut roses: A review. *Postharvest Biology and*

Technology, 78, 1-15. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2012.12.001>

Fischer, G; Roncancio, V. (2014). Efecto de la cosecha sobre fisiología, calidad y longevidad

de la flor de corte. Acoflor 6:32-37.

Flores, E. (2015). *Respuesta del cultivo de rosa (Rosa sp.), a tres fuentes de fosfitos en aplicación al suelo y follaje como inductores de resistencia y calidad de flor, Ayora, Pichincha*. Quito: Universidad Central del Ecuador

Flórez et al. (2006). *Avances sobre fertirriego en la floricultura colombiana*. Universidad Nacional de Colombia. Recuperado de https://www.researchgate.net/profile/Victor-Florez-Roncancio/publication/292328365_Parametros_considerados_en_el_analisis_de_crecimiento_en_rosa_y_clavel_en_los_sistemas_de_cultivo_en_sustrato_y_en_suelo/links/56ad245408aeaa696f2cacca/Parametros-considerados-en-el-analisis-de-crecimiento-en-rosa-y-clavel-en-los-sistemas-de-cultivo-en-sustrato-y-en-suelo.pdf

Fundación Produce. (2016). *Manual de producción de la rosa*. Chiapas: México

Golovatskaya IF, Karnachuk RA. 2015. Role of green light in physiological activity of plants. *Russ J Plant Physiol.* 62(6):727-740. doi: 10.1134/S1021443715060084.

Heussler, P. (2006). Estudio de la producción de las flores para corte. Quito, Ec. Expoflor,

ICADEMEX. (2021). *Cultivo de Rosa*. Recuperado de <https://icamex.edomex.gob.mx/rosa>

Infoagro. (2021). *El cultivo de la rosa*. Recuperado de

https://www.infoagro.com/documentos/el_cultivo_rosa.asp

Intagri. (2021). *Importancia de la Radiación solar en la producción bajo invernadero*.

Recuperado de <https://www.intagri.com/articulos/horticultura-prottegida/importancia-de-la-radiacion-solar-en-la-produccion-bajo-invernadero>

Khosh-khui, M., & George, R.A. (1977). Responses of glasshouse roses to light conditions. *Scientia Horticulturae*, 6, 223-235.

Kohyama, F., Whitman, C., y Runkle, E. S. (2014). Comparing Flowering Responses of Long-day Plants under Incandescent and Two Commercial Light-emitting Diode Lamps, *HortTechnology hortte*, 24(4), 490-495. Retrieved Dec 13, 2021, from <https://journals.ashs.org/horttech/view/journals/horttech/24/4/article-p490.xml>

Lazo, J y Ascencio, J. (2010). Efecto de diferentes calidades de luz sobre el crecimiento de *Cyperus rotundus*. *Bioagro*, 22 (2): pp. 153 -158. Recuperado de [http://www.ucla.edu.ve/bioagro/Rev22\(2\)/8.%20Efecto%20de%20diferentes%20calidades%20de%20luz.pdf](http://www.ucla.edu.ve/bioagro/Rev22(2)/8.%20Efecto%20de%20diferentes%20calidades%20de%20luz.pdf)

Marín, I. (2011). *Propuesta para el mejoramiento de los procesos productivos en "plantaciones Malima cia Ltda. Cuenca*. Universidad de Cuenca. Recuperado <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/811/1/tn200.pdf>

Martineau, V., Lefsrud, M., Naznin, M. T., & Kopsell, D. A. (2012). Comparison of Light-emitting Diode and High-pressure Sodium Light Treatments for Hydroponics Growth of Boston Lettuce, *HortScience horts*, 47(4), 477-482. Retrieved Jan 16, 2022, from <https://journals.ashs.org/hortsci/view/journals/hortsci/47/4/article-p477.xml>

Melgarejo, P., Navarro, A., Legua, P., & Lidón, V. (2002). *La iluminación en los*

invernaderos. UMH: Limencop S.L.

Naranjo Roses. (2021). *Explorer*. Recuperado de

<https://naranjogroup.com.ec/producto/explorer/>

Ortiz, H. (2018). *Implementación del programa manejo excelente de tallos de rosa*

“(Metoro) para mejorar los procedimientos productivos en la empresa flores el

Cipres SAS. Universidad de Cundinamarca. Recuperado de

<https://repositorio.ucundinamarca.edu.co/bitstream/handle/20.500.12558/1371/METEORO.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Paredes, X. (2019). *Posicionamiento de los floricultores ecuatorianos, frente a los cambios*

y tendencias del mercado ruso, americano, europeo y chino en la exportación de rosas de corte, como fuente para la toma de decisiones. (Tesis de postgrado). UIDE: Quito.

Recuperado de <https://repositorio.uide.edu.ec/bitstream/37000/3834/1/T-UIDE-2210.pdf>

POLIGRUP. (2021). *Importancia de las flores ecuatorianas en el mundo*. Recuperado de

<https://www.poligrup.ec/importancia-de-las-flores-ecuatorianas-en-el-mundo/>

Prieto, H. (2009). Efecto de la aplicación foliar de fuentes de fosfitos, sobre longitud de

tallo, tamaño de cabeza y la incidencia de Milideo velloso *Peronospora sparsa* en plantas de rosa var. kiko. Bogota.

Quiroz, W. (2015). *Evaluación del comportamiento del botón de la variedad de rosa (Rosa*

- sp) *Freedom, utilizando cinco colores de capuchón en finca florícola Manuela Tabacundo 2014*. (Tesis de pregrado). Universidad Politécnica Salesiana. Recuperado de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/9827/1/UPS-YT00244.pdf>
- Reyes, R. (2016). *Evaluación de inductores externos de la activación del sistema inmunológico en el cultivo de rosa (Rosa sp.)*. (Tesis de postgrado). Ambato: Universidad Técnica de Ambato. Recuperado de <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/22666/1/tesis-007%20Producci%C3%B3n%20Agric.%20sustentable%20-CD%20400.pdf>
- Rodríguez, M. (2013). *Determinación del número de tallos basales para la producción de dos variedades de rosas (Rosa sp.) en el centro experimental de Cota – Cota*. Universidad Mayor de San Andrés. Recuperado de <https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/4195/T-1902.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Rodríguez, N., y Lazo, J. (2008). Efecto de intensidad de luz sobre el crecimiento del corocillo (*Cyperus rotundus L.*). *Revista UDO Agrícola*, 8 (1): pp. 52-60.
- Romero, L. (2019). *Efecto de la concentración de ácido salicílico y benzyl amino purina en la vida de postcosecha de la flor de rosa (rosa hybrida)*. Universidad Nacional de Cajamarca. Recuperado de <https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/UNC/3062/EFECTO%20DE%20LA%20CONCENTRACI%C3%93N%20DE%20%20C3%81CIDO%20SALIC%C3%8DLICO%20>

Y%20BENZYL%20AMINO%20PURINA%20EN%20LA%20VIDA%20DE%20POST
COSECHA%20DE.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Rosa Nova. (2021). *Explorer*. Recuperado de

<https://www.rosanovaecuador.com/producto/explorer/>

Runkle ES, Heins RD (2003) Photocontrol of flowering and extension growth in the long-day

plant pansy. *J Am Soc Hortic Sci* 128:479–485. <https://doi.org/10.1023/A:1024797132744>

S.E.F.O. (2014). *Los tests estadísticos*. Recuperado de

Los tests estadísticos - S.E.F.O. (scientific-european-federation-osteopaths.org)

SINAVIMO. (2021). *Rosa sp.* Recuperado de <https://www.sinavimo.gob.ar/cultivo/rosa-sp>

Sonlight. (2013). *Sonlight HPS -TS 400W*. Recuperado de

http://www.sonlight.biz/es/hps-ts_400.html

Wan, Y., Wu., Y., Zhang, M., Hong, A., y Liu, Y. (2020). Effects of photoperiod extensión via

red-blue light-emitting diodes and high-pressure sodium lamps on the growth and photosynthetic characteristics in *Paeonia lactiflora*. *Acta Physiol Plant*, 42, pp. 174. Doi: 10.1007/s11738-020-03157-2

Wray, R. (2015). *Estudio de prefactibilidad para la comercialización de rosas (Rosa sp.) vía*

marítima. (Tesis de pregrado). Quito: Universidad San Francisco de Quito

Yanchapaxi, J., Calvache, M., y Lalama, M. (2010). *Elaboración de un manual técnico-práctico*

- del cultivo de rosas (Rosa sp.) para exportación.* (Tesis de pregrado). Universidad Central del Ecuador. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/320387356_Cultivo_de_Rosas_para_Exportacion
- Yanez, J. (2021). *Rosa Black Magic*. Recuperado de <https://fincasderosas.com/rosas-frescas/rosa-black-magic/>
- Yépez, J., Figueroa, S., Cajas, G., Merello, K., y González, J. (2019). Análisis y beneficios de la tendencia creciente de las exportaciones de flores ecuatorianas. *Revista Observatorio de la Economía Latinoamericana*. Recuperado de <https://www.eumed.net/rev/oel/2019/06/exportaciones-flores-ecuatorianas.html>
- Yong, A. (2004). Técnicas de formación y manejo del rosal. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, 25(4), pp. 53-60. Recuperado de <https://www.redalyc.org/pdf/1932/193225911005.pdf>
- Yorio NC, Mackowiak CL, Wheeler RM, Sager JC (1995). Vegetative growth of potato under high-pressure sodium, high-pressure sodium SON-Agro, and metal halide lamps. *HortScience* 30:374–376. Recuperado de Vegetative Growth of Potato under High-pressure Sodium, High-pressure Sodium SON-Agro, and Metal Halide Lamps in: *HortScience* Volume 30 Issue 2 (1995) (ashs.org)
- Zieslin, N-. y Mor, Y. (1990). Light on roses. A review. *Scientia Horticulturae*, 43, 1-14.
doi: 10.1016/0304-4238(90)90031-9

X. Anexos

10.1. Anexo A: Número de tallos cosechados cosechados

Prueba t para dos muestras suponiendo varianzas iguales

	DL	DC
Media	783,3333333	716,8333333
Varianza	44518,26667	60661,36667
Observaciones	6	6
Varianza agrupada	52589,81667	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	10	
Estadístico t	0,502263298	
P(T<=t) una cola	0,313178439	
Valor crítico de t (una cola)	1,812461123	
P(T<=t) dos colas	0,626356878	
Valor crítico de t (dos colas)	2,228138852	

10.2. Anexo B: Productividad

Prueba t para dos muestras suponiendo varianzas iguales

	DL	DC
Media	0,652777778	0,366666667
Varianza	0,030915463	0,015871525
Observaciones	6	6
Varianza agrupada	0,023393494	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	10	
Estadístico t	3,240020842	
P(T<=t) una cola	0,004434552	
Valor crítico de t (una cola)	1,812461123	
P(T<=t) dos colas	0,008869103	
Valor crítico de t (dos colas)	2,228138852	

10.3. Anexo C: Diámetro de tallo

Grupo 1

Prueba t para dos muestras suponiendo varianzas iguales

	<i>DL</i>	<i>DC</i>
Media	0,693	0,549
Varianza	0,08215477	0,03291759
Observaciones	200	200
Varianza agrupada	0,05753618	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	398	
Estadístico t	6,00332668	
P(T<=t) una cola	2,1784E-09	
Valor crítico de t (una cola)	1,64869117	
P(T<=t) dos colas	4,3567E-09	
Valor crítico de t (dos colas)	1,96594232	

Grupo 2

Prueba t para dos muestras suponiendo varianzas iguales

	<i>DL</i>	<i>DC</i>
Media	0,6217	0,58969697
Varianza	0,023057397	0,023468943
Observaciones	200	198
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	396	
Estadístico t	2,092922079	
P(T<=t) una cola	0,01849598	
Valor crítico de t (una cola)	1,648710601	
P(T<=t) dos colas	0,036991959	
Valor crítico de t (dos colas)	1,965972608	

10.4. Anexo D: Diámetro de botón

Grupo 1

Prueba t para dos muestras suponiendo varianzas iguales

	<i>DL</i>	<i>DC</i>
Media	7,54404145	5,35247059
Varianza	970,773445	0,77137256
Observaciones	193	170
Varianza agrupada	516,672752	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	361	
Estadístico t	0,91663733	
P(T<=t) una cola	0,17997233	
Valor crítico de t (una cola)	1,64908551	
P(T<=t) dos colas	0,35994465	
Valor crítico de t (dos colas)	1,96655709	

Grupo 2

Prueba t para dos muestras suponiendo varianzas iguales

	<i>DL</i>	<i>DC</i>
Media	5,227444444	4,798367347
Varianza	0,512986634	0,42569168
Observaciones	198	196
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	389	
Estadístico t	6,217373997	
P(T<=t) una cola	6,52247E-10	
Valor crítico de t (una cola)	1,648780173	
P(T<=t) dos colas	1,30449E-09	
Valor crítico de t (dos colas)	1,966081064	

10.5. Anexo E: Longitud de botón

Grupo 1

Prueba t para dos muestras suponiendo varianzas iguales

	<i>DL</i>	<i>DC</i>
Media	7,17813472	6,663
Varianza	0,8116465	1,27703296
Observaciones	193	170
Varianza agrupada	1,0295144	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	361	
Estadístico t	4,82674558	
P(T<=t) una cola	1,0261E-06	
Valor crítico de t (una cola)	1,64908551	
P(T<=t) dos colas	2,0523E-06	
Valor crítico de t (dos colas)	1,96655709	

Grupo 2

Prueba t para dos muestras suponiendo varianzas iguales

	<i>DL</i>	<i>DC</i>
Media	6,255050505	6,250561224
Varianza	0,655925632	0,675298658
Observaciones	198	196
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	392	
Estadístico t	0,054608797	
P(T<=t) una cola	0,478238975	
Valor crítico de t (una cola)	1,648750052	
P(T<=t) dos colas	0,956477951	
Valor crítico de t (dos colas)	1,966034107	

10.6. Anexo F: Tabla resumen de del efecto de luz sobre la calidad de las rosas

Tratamiento	Diámetro de tallo (cm)		Diámetro de botón (cm)		Largo de botón (cm)	
	Grupo1	Grupo2	Grupo1	Grupo 2	Grupo 1	Grupo2
NT	0,549	0,589	5,352	4,789	5,663	6,25
DL	0,693	0,612	7,544	5,227	7,178	6,255
t-test	*	ns	*	*	*	ns

Los datos son medias entre tratamientos (n=200) y '*' y 'ns' muestran si la prueba t detectó una diferencia significativa ($p < 0.05$) o no.

10.7. Anexo G: Relación Beneficio Costo

Gastos mensuales de la instalación y consumo de electricidad.

N°	Materiales	Valor unitario	Valor total
4	Lámparas	75	300
1	Cajetín	40	40
1	Rollo de alambre	45	45
1	Cable	150	150
1	Mano de obra	100	100
1	Otros	15	15
TOTAL			650

Mes	Instalación	Electricidad	Agua	Total
Junio	650	57,11	13,50	720,61
Julio	0	65,79	15,40	81,19
Agosto	0	81,47	16,40	97,87
Septiembre	0	75,2	14,70	89,9
Octubre	0	75,15	16,40	91,55
Noviembre	0	68,23	15,60	83,83

Mes	Número de tallos cosechados	Valor unitario	Ingreso total	Gastos mensuales	B/C
Junio	685	0,16	109,6	720,61	0,15
Julio	978	0,16	156,48	81,19	1,93
Agosto	816	0,18	146,88	97,87	1,50
Septiembre	521	0,18	93,78	89,9	1,04
Octubre	532	0,16	85,12	91,55	0,93
Noviembre	865	0,18	155,7	83,83	1,86