



Efecto de la iluminación LED en la producción hidropónica de lechuga (*Lactuca sativa* L.) bajo invernadero

Javier Mulato Huamani¹

2018121018@unh.edu.pe

<https://orcid.org/0000-0002-2049-7267>

Universidad Nacional de Huancavelica
Acobamba, Huancavelica – Perú

Salomón Vivanco Aguilar

salomon.vivanco@unh.edu.pe

<https://orcid.org/0000-0001-8592-1682>

Universidad Nacional de Huancavelica
Acobamba, Huancavelica - Perú

Hebert Ernesto Ramos Acuña

hebert.ramos@unh.edu.pe

<https://orcid.org/0000-0001-8398-7389>

Universidad Nacional de Huancavelica
Acobamba, Huancavelica - Perú

Joel Mulato Sánchez

joel.mulato@unh.edu.pe

<https://orcid.org/0000-0003-0924-6990>

Universidad Nacional de Huancavelica
Huancavelica - Perú

Rodolfo Leon Gomez

rodolfo.leon@unh.edu.pe

<https://orcid.org/0000-0002-5389-6889>

Universidad Nacional de Huancavelica
Acobamba, Huancavelica - Perú

Alfredo Chate Pareja

alfredo.chate@unh.edu.pe

<https://orcid.org/0009-0005-7438-4961>

Universidad Nacional de Huancavelica
Acobamba, Huancavelica - Perú

Candelaria Flores Miranda

candelaria.flores@unh.edu.pe

<https://orcid.org/0000-0002-6228-5457>

Universidad Nacional de Huancavelica
Acobamba, Huancavelica - Perú

Oliver Taype Landeo

oliver.taipa@unh.edu.pe

<https://orcid.org/0000-0003-4197-1164>

Universidad Nacional de Huancavelica
Acobamba, Huancavelica - Perú

Peter Llimpe Perez

peter.llimpe@unh.edu.pe

<https://orcid.org/0000-0003-2422-6250>

Universidad Nacional de Huancavelica
Acobamba, Huancavelica - Perú

Leonor Neda Carbajal Cuadros

leonor.carbajal@unh.edu.pe

<https://orcid.org/0000-0001-9651-0141>

Universidad Nacional de Huancavelica
Acobamba, Huancavelica – Perú

¹ Autor principal.

Correspondencia: 2018121018@unh.edu.pe

RESUMEN

La iluminación LED, es una tecnología novedosa en la producción hortícola, ya que induce un mejor desarrollo y rendimiento en los cultivos protegidos. El objetivo de la investigación fue evaluar el efecto de la iluminación LED en la producción hidropónica de lechuga bajo invernadero. La población estuvo compuesta de 48 plantas de lechuga, la muestra fue el total de la población. Se evaluó altura de planta, número de hojas, longitud de hoja, ancho de hoja, longitud de raíz, peso fresco y peso seco. Se utilizó el diseño completamente al azar (DCA), con tres tratamientos; T1 (Luz led rojo), T2 (Luz led azul) y T3 (Testigo) con cuatro repeticiones. Los datos obtenidos se analizaron mediante el análisis de varianza, para comparar las medias se recurrió a la prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$). Los resultados muestran que el mejor tratamiento fue el T1 (Luz led rojo) para todas las variables evaluadas, con una media para altura de planta (27 cm), número de hojas (20,75 u), longitud de hoja (30,52 cm), ancho de hoja (20,83 cm), longitud de raíz (22,83 cm), peso fresco (228 g) y peso seco (22,48 g) a los 30 días después del trasplante (DDT), seguidamente el T2 (Luz led azul) y por último el T3 (Testigo). Se concluye que el T1 (Luz led rojo) es el mejor tratamiento en la producción hidropónica de lechuga bajo invernadero.

Palabras clave: LED; hidroponía; lechuga; desarrollo; rendimiento

Effect of LED lighting on the hydroponic production of lettuce (*Lactuca sativa* L.) under greenhouse

ABSTRACT

LED lighting is a novel technology in horticultural production, since it induces better development and performance in protected crops. The objective of the research was to evaluate the effect of LED lighting on the hydroponic production of lettuce under a greenhouse. The population was composed of 48 lettuce plants, the sample was the total population. Plant height, number of leaves, leaf length, leaf width, root length, fresh weight and dry weight were evaluated. The completely randomized design (DCA) was used, with three treatments; T1 (Red led light), T2 (Blue led light) and T3 (Control) with four repetitions. The data obtained were analyzed through the analysis of variance, to compare the means, the Tukey test was used ($\alpha = 0.05$). The results show that the best treatment was T1 (Red led light) for all the variables evaluated, with an average for plant height (27 cm), number of leaves (20.75 u), leaf length (30.52 cm), leaf width (20.83 cm), root length (22.83 cm), fresh weight (228 g) and dry weight (22.48 g) at 30 days after transplanting (DDT), then T2 (Blue led light) and finally T3 (Witness). It is concluded that the T1 (Red led light) is the best treatment in the hydroponic production of lettuce under greenhouse.

Keywords: *LEDs; hydroponics; lettuce; development; performance*

Artículo recibido 19 mayo 2023

Aceptado para publicación: 19 junio 2023

INTRODUCCIÓN

La iluminación artificial en horticultura es una técnica de producción novedosa en la producción vegetal, ya que mediante la fotosíntesis las plantas producen su alimento y consiguientemente una mayor corpulencia en la hoja, tallo, raíz y fruto, que es de suma importancia para la alimentación humana (Vasquez, 2019).

Ante los problemas de la producción de lechuga convencional, donde se requiere considerable aptitud agro-climatológica y mucha agua, se implementó el sistema hidropónico, con luz artificial LED para producir lechugas en la mitad de tiempo que lo hace la producción hidropónica convencional, con mínima cantidad de agua y espacio.

La iluminación LED adicionada al sistema de producción hidropónica es una nueva tecnología de producción agrícola sin limitaciones, siempre que se cuente con los ingredientes nutricionales que la planta de lechuga requiera, se podrá tener este cultivo sobre todo en las zonas rurales altiplánicas y establecimientos urbanos despreocupándose por las limitaciones agro-climatológicas. Por lo cual es importante que las familias rurales y urbanas destinen un espacio de su vivienda para dedicarse a la producción de lechuga hidropónica para no depender de los mercados y así ahorrar dinero. Otra de las ventajas de este sistema es la no dependencia de los pesticidas por estar en condiciones controladas y protegidas (Intagri, 2017).

El objetivo general de la investigación es evaluar el efecto de la iluminación led en la producción hidropónica de lechuga bajo invernadero. Los objetivos específicos son; medir el desarrollo y evaluar el rendimiento del efecto de la iluminación led en la producción de lechuga hidropónica bajo invernadero. La investigación se justifica debido a las limitaciones de producción agrícola en las zonas rurales altoandinas y urbanas, donde es difícil la producción del cultivo de lechuga por las condiciones agroclimáticas agrestes que poseen estos ambientes, por tal se pretende implementar un sistema agrícola artificial que reúna las condiciones necesarias para el desarrollo del cultivo de lechuga en ambiente cerrado y controlado, sin necesidad de usar sustrato y que rinda mucho más a comparación del sistema de producción agrícola convencional. Este sistema hidropónico es sustentable y sostenible en el tiempo y espacio por sus características de producción intensa.

Tecnológicamente es un gran avance por ser un sistema novedoso, futurista y sobre todo proyectado a lugares con limitaciones agro-climatológicas. La producción de lechuga hidropónica con luz artificial LED es una de las mejores alternativas comerciales, una hortaliza de hoja infaltable en los platos culinarios globalmente.

METODOLOGÍA

El experimento se desarrolló en el invernadero de la Escuela Profesional de Agronomía de la Universidad Nacional de Huancavelica, ubicado en el distrito y provincia de Acobamba, departamento de Huancavelica, Perú, a una altitud de 3423 m s.n.m., ejecutado desde diciembre del 2022 hasta mayo del 2023.

El experimento fue de tipo aplicado, con un nivel de investigación explicativo, se optó el método científico experimental, se utilizó el diseño completamente al azar (DCA) compuesto de tres tratamientos; T1 (Luz led roja), T2 (Luz led azul) y T3 (Testigo) con cuatro repeticiones, haciendo un total de 12 unidades experimentales, cada unidad experimental estuvo conformado de cuatro plántulas de lechuga, consiguientemente, la población fue de 48 plántulas de lechuga de la variedad Green Leaf, con una muestra y muestreo del total de la población.

Figura 1

Los tres tratamientos; T1 (luz led azul), T2 (luz led rojo) y T3 (testigo)

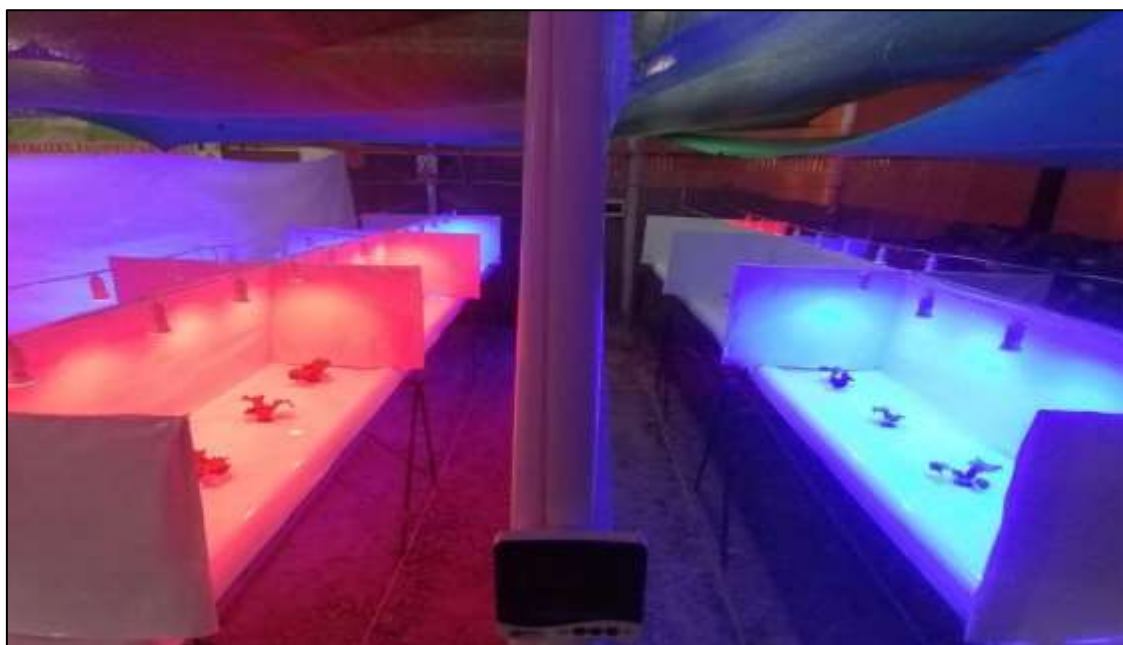


Los materiales biológicos utilizados en el experimento fueron plántulas de lechuga de 8 cm de altura de la variedad Green Leaf establecidos en el sistema hidropónico horizontal NFT (Nutrient Film

Technique) con irradiación de luz artificial mediante focos LED (Light Emitting Diode) de nueve watts de luz azul y rojo de la marca Portiza, instalado a 45 cm sobre cada plántula de acuerdo con el tratamiento al cual pertenecen, encendidas durante 12 horas (6pm-6am). El techo del área experimental se cubrió con malla sombra al 70%, debido a la intensa insolación a mediodía. La temperatura llegó hasta los 30 °C a mediodía y bajó hasta los 8 °C durante la noche, la humedad relativa osciló entre 40-60 % dentro del invernadero, registrados mediante un termohigrómetro de la marca Boeco Germany. La solución nutritiva hidropónica fue preparada con las sales minerales de la marca La Molina, de acuerdo con la dosificación establecida por la casa comercial. Para controlar las propiedades fisicoquímicas de la solución nutritiva como conductividad eléctrica (1,4-1,8 mS/cm), pH (5,5-6,5) y temperatura (18-22 °C), se utilizó un medidor multiparamétrico de la marca Hanna. Para la evaluación de las variables de desarrollo como; altura de planta, longitud de hoja, ancho de hoja y longitud de raíz se requirió una regla graduada, para contabilizar el número de hojas se utilizó un contómetro. Para la evaluación de la variable rendimiento como; peso fresco se utilizó una balanza analítica y para peso seco se utilizó una mufla y balanza analítica, esta se realizó a los 30 días después del trasplante (DDT), cuando uno de los tratamientos ya mostró la característica de madurez.

Figura 2

Vista de los tratamientos ubicados en los módulos hidropónicos.



Análisis estadístico

El procesamiento de datos se realizó mediante el software estadístico InfoStat versión 2020e, para discriminar las diferencias estadísticas entre tratamientos independientemente para cada variable de estudio mediante el análisis de varianza ANOVA a un 95 % de intervalo de confianza, para la comparación de medias se optó la prueba de Tukey con un nivel de significancia de 0,05.

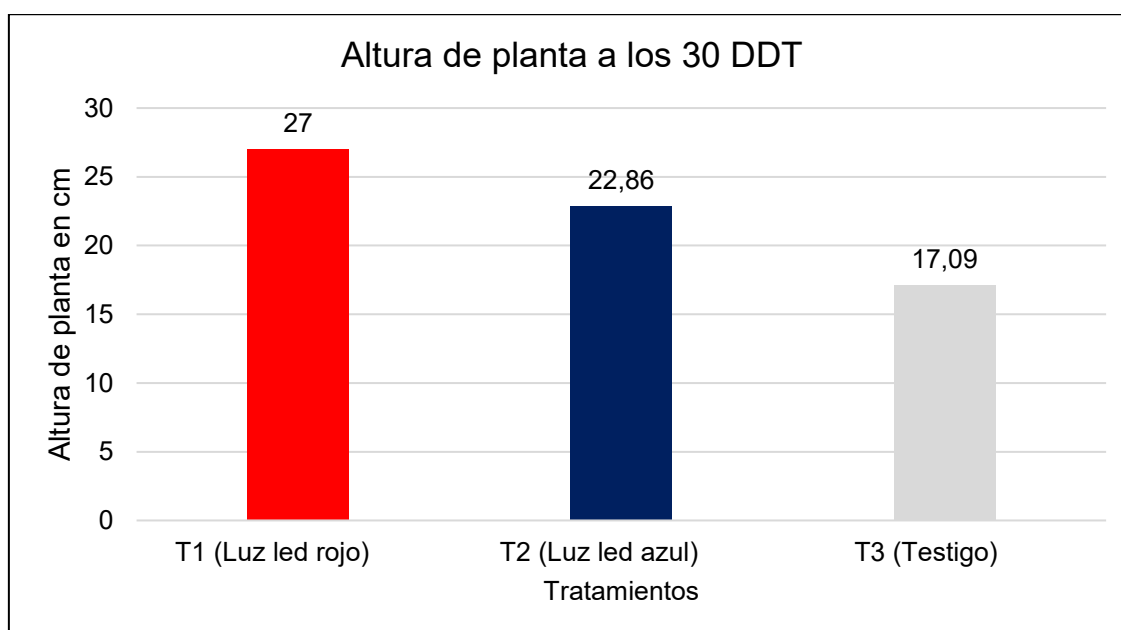
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Altura de planta

Los datos recopilados para la variable altura de planta a los 30 días después del trasplante (DDT) se sometieron al análisis de varianza, donde muestra que, sí existen diferencias significativas entre tratamientos, ya que el valor de $p < 0.0001$, lo que significa que se rechaza la hipótesis nula, con un coeficiente de variación de 3,30%, lo cual demuestra un buen manejo del error experimental según Calzada (1993). Posteriormente se realizó la prueba de medias de Tukey con un nivel de significancia de ($\alpha = 0,05$), demostrando que el tratamiento 1 (Luz led rojo) obtuvo diferencia estadística significativa con una media de 27 cm, seguidamente el tratamiento 2 (Luz led azul) obtuvo una media de 22,86 cm y por último el tratamiento 3 (Testigo) fue deficiente con una media de 17,09 cm para altura de planta.

Figura 3

Efecto de la iluminación led para altura de planta a los 30 días después del trasplante (DDT)



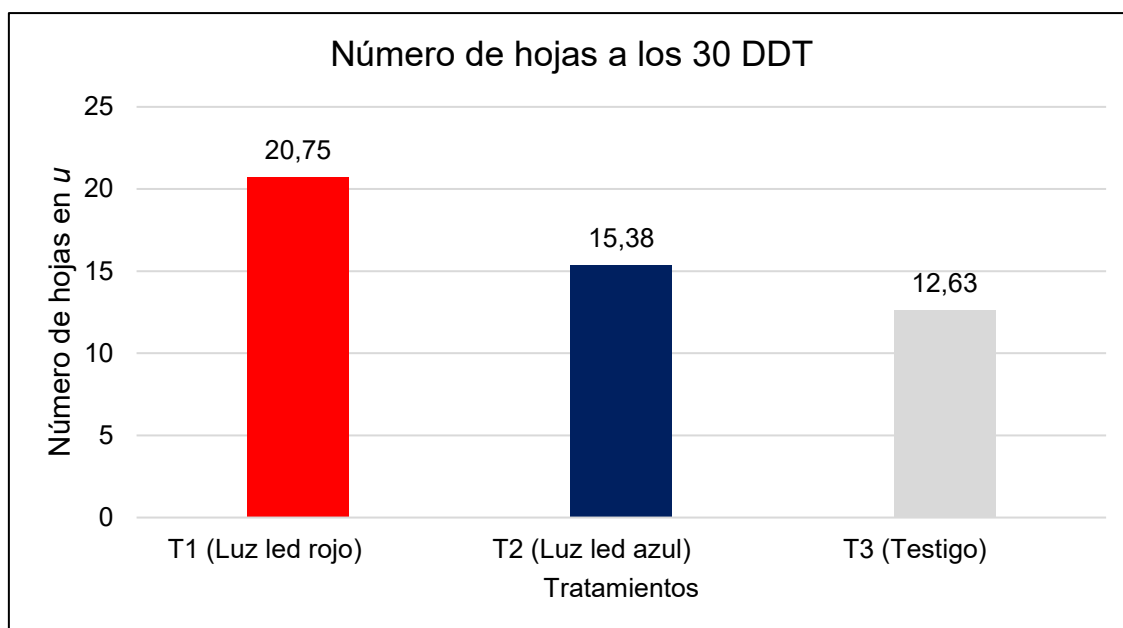
Esto se ratifica en la investigación llevada por Lindao *et al.* (2021) en plantas de acelga aeropónica donde también menciona que la luz artificial LED expuesta durante 24 horas mejora la calidad de las plantas en altura. También Urrestarazu (2018) menciona que esto es debido al fotoperiodo, cuanto mayor tiempo de exposición lumínica, mejor características morfológicas se obtendrá. También Documet (2019) en su estudio en germinados en alfalfa, muestra que el tratamiento con luz led rojo obtuvo una altura superior con 8,60 cm. Por otra parte, Espinal (2021) reafirma que la combinación entre luz led roja y azul favorecen el crecimiento de las plantas de lechuga, muestra que el crecimiento promedio fue del 19.1 cm. Resultados similares obtuvo Gomes *et al.* (2023) en su análisis de varianza, en el cultivo de aguaymanto a los 30 días después de la siembra para la obtención de plántulas, demostró que la luz led roja mostró buenos resultados con 5,01 cm en altura de las plántulas. Como también Mendoza *et al.* (2021) comprobó que la proporción (Luz roja:100% y luz azul: 0%) es la que mejor altura de planta genera, concluye que la luz roja estimula de manera notable la altura de la planta de cilantro. También Vasquez (2018) obtuvo buenos resultados a los 45 días después de establecidas las plantas de crisantemo, demostrando que el uso de luz artificial led de 12 watts, 1200 lúmenes en ambiente controlado, incrementa notablemente el crecimiento y diámetro de las varas florales en crisantemo.

Número de hojas

Los datos extraídos para la variable de número de hojas a los 30 días después del trasplante (DDT), se sometieron al análisis de varianza, donde muestra que, sí existen diferencias significativas entre tratamientos, ya que el valor de $p < 0.0001$, lo que significa que se rechaza la hipótesis nula, con un coeficiente de variación de 2,97%, lo cual indica un buen manejo del error experimental según Calzada (1993). Posteriormente se realizó la prueba de medias de Tukey con un nivel de significancia de ($\alpha = 0,05$), demostrando que el tratamiento 1 (Luz led rojo) obtuvo diferencia estadística significativa con una media de 20,75 *u*, seguidamente el tratamiento 2 (Luz led azul) obtuvo una media de 15,38 *u* y por último el tratamiento 3 (Testigo) fue deficiente con una media de 12,63 *u* para altura de planta.

Figura 4

Efecto de la iluminación led para número de hojas a los 30 días después del trasplante (DDT)

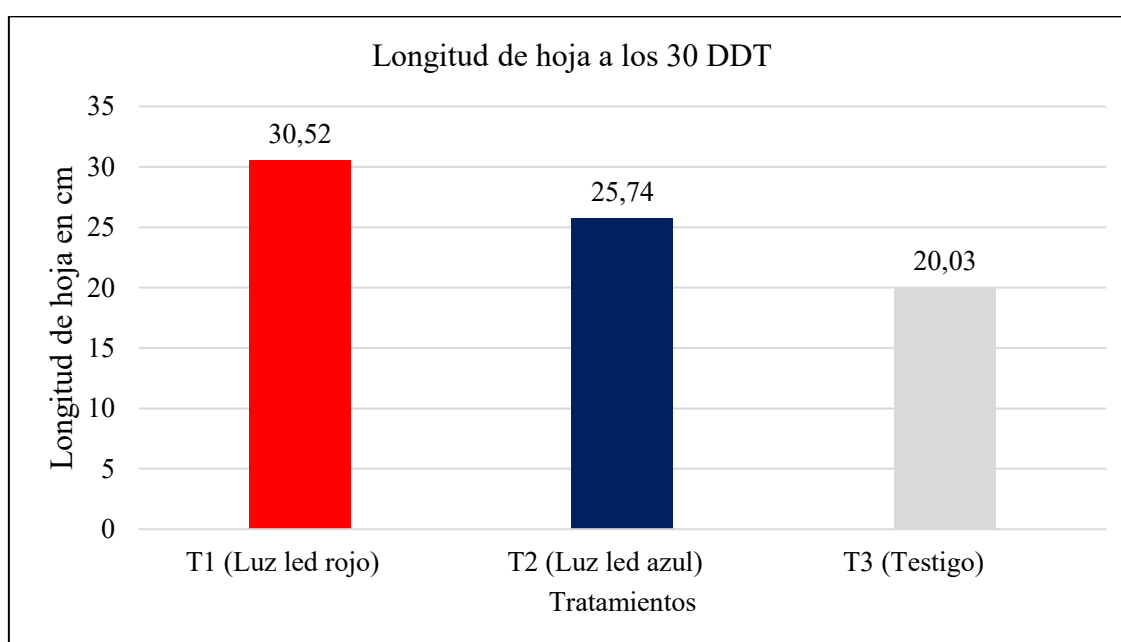


Estos resultados comparten Lindao *et al.* (2021) donde consiguió en la producción de acelga aeropónica un aumento positivo cuando más tiempo de exposición de iluminación led se le irradiaba, en este caso 24 horas, obteniendo una media de 13,53 hojas a la cosecha. También Espinal (2021) en la producción de lechugas hidropónicas obtuvo una respuesta promedio considerable de 9,63 hojas con la estimulación con luz led roja + azul. Resultados similares obtuvieron Avedaño *et al.* (2020) donde consiguieron un incremento de 12,32 a 25,19 % número de hojas a los 21 días después de sembrar la lechuga variedad romana, tipo baby, en un sistema de producción de fábrica de plantas con la combinación de luz led roja, azul y blanca. Como también Mendoza *et al.* (2021) reportan en su estudio con cilantro en ambiente controlado con diferentes proporciones de luz LED roja y azul, demostrando que la proporción azul (A:37,7 %) y rojo (R:62,3%) proporciona una mayor cantidad de folios a la cosecha (48 días). También Marrugarra (2018) obtuvo resultados similares con iluminación led en el desarrollo vegetativo de lechuga con una media de 6,88 número de folios con estímulo de luz led rojo + azul. Además, Angulo (2020) en su estudio de comparar dos tipos de iluminación (Led e Incandescente) en la producción de gysophila descubrió que la iluminación led roja + azul, produjo mayor cantidad de tallos con una media de 354 unidades en la cosecha.

Longitud de hoja

Los datos obtenidos para la variable de longitud de hoja a los 30 días después del trasplante (DDT) se sometieron al análisis de varianza, donde muestra que, sí existen diferencias significativas entre tratamientos, ya que el valor de $p < 0.0001$, lo que significa que se rechaza la hipótesis nula, con un coeficiente de variación de 1,53%, lo cual demuestra un buen manejo del error experimental según Calzada (1993). Posteriormente se realizó la prueba de medias de Tukey con un nivel de significancia de ($\alpha = 0,05$), demostrando que el tratamiento 1 (Luz led rojo) obtuvo diferencia estadística significativa con una media de 30,52 cm, seguidamente el tratamiento 2 (Luz led azul) obtuvo una media de 25,74 cm y por último el tratamiento 0 (Testigo) fue deficiente con una media de 20,03 cm para longitud de hoja.

Figura 5. Efecto de la iluminación led para longitud de hoja a los 30 días después del trasplante (DDT)

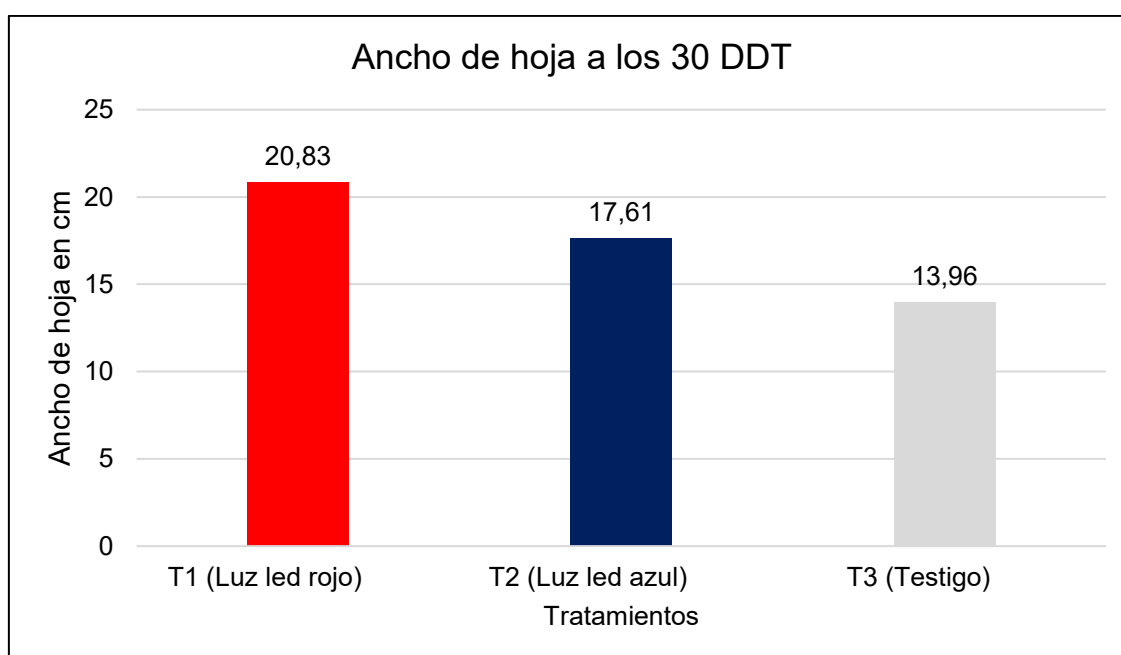


Resultados similares obtuvo Espinal (2021) en la variable longitud de la planta de lechuga donde el tratamiento con luz led (rojo + azul) con una media de 17. 9 cm de longitud de hoja. Además, Arnica (2019) en su trabajo de investigación llevada a cabo en el cultivo de fresa, menciona que la luz artificial azul de 30 watts que irradió dentro del invernadero produjo hojas más largas y anchas. Paralelamente Documet (2019), afirma en el experimento llevado en la germinación de alfalfa, donde los tratamiento con luz led rojo y luz led azul obtuvieron buenos resultados expresados en área foliar con 7,67 cm² y 7,39 cm² respectivamente, mediados por 72 horas de exposición en unas cámaras de germinación casera.

Ancho de hoja

Los datos medidos para la variable de ancho de hoja a los 30 días después del trasplante (DDT) se sometieron al análisis de varianza, donde muestra que, sí existen diferencias significativas entre tratamientos, ya que el valor de $p < 0.0001$, lo que significa que se rechaza la hipótesis nula, con un coeficiente de variación de 2,40%, lo cual significa un buen manejo del error experimental según Calzada (1993). Posteriormente se realizó la prueba de medias de Tukey con un nivel de significancia de ($\alpha = 0,05$), demostrando que el tratamiento 1 (Luz led rojo) obtuvo diferencia estadística significativa con una media de 20,83 cm, seguidamente el tratamiento 2 (Luz led azul) obtuvo una media de 17,61 cm y por último el tratamiento 3 (Testigo) fue deficiente con una media de 13,96 cm.

Figura 6. Efecto de la iluminación led para ancho de hoja a los 30 días después del trasplante (DDT)

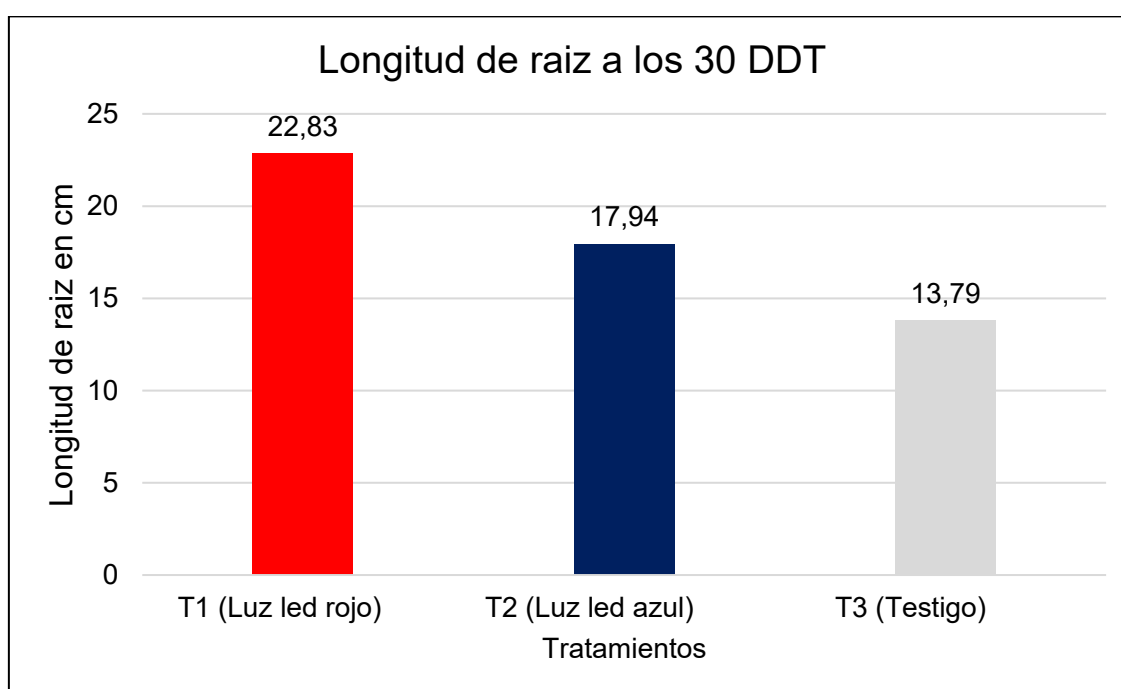


Al igual que reporta Documet (2019) en el experimento llevado a cabo en la germinación de alfalfa, donde el tratamiento compuesto por luz led rojo y azul obtuvo el mejor resultado expresado en área foliar con 7,67 cm² y 7,39 cm² respectivamente, mediados por 72 horas de exposición en unas cámaras de germinación casera. Por otra parte, Arnica (2019) en su trabajo de investigación llevada a cabo en el cultivo de fresa, menciona que la luz artificial azul de 30 watts que irradió dentro del invernadero produjo hojas más largas y anchas como también un crecimiento acelerado y uniforme.

Longitud de raíz

Los datos evaluados para la variable longitud de raíz a los 30 días después del trasplante (DDT) se sometieron a la prueba de análisis de varianza, donde muestra que, sí existen diferencias significativas entre tratamientos, ya que el valor de $p < 0.0001$, lo que significa que se rechaza la hipótesis nula, con un coeficiente de variación de 2,19%, lo cual demuestra un buen manejo del error experimental según Calzada (1993). Posteriormente se realizó la prueba de medias de Tukey con un nivel de significancia de ($\alpha = 0,05$), demostrando que el tratamiento 1 (Luz led rojo) obtuvo diferencia estadística significativa con una media de 22,83 cm, seguidamente el tratamiento 2 (Luz led azul) obtuvo una media de 17,94 cm y por último el tratamiento 3 (Testigo) fue deficiente con una media de 13,79 cm para longitud de raíz.

Figura 7. Efecto de la iluminación led para longitud de raíz a los 30 días después del trasplante (DDT)

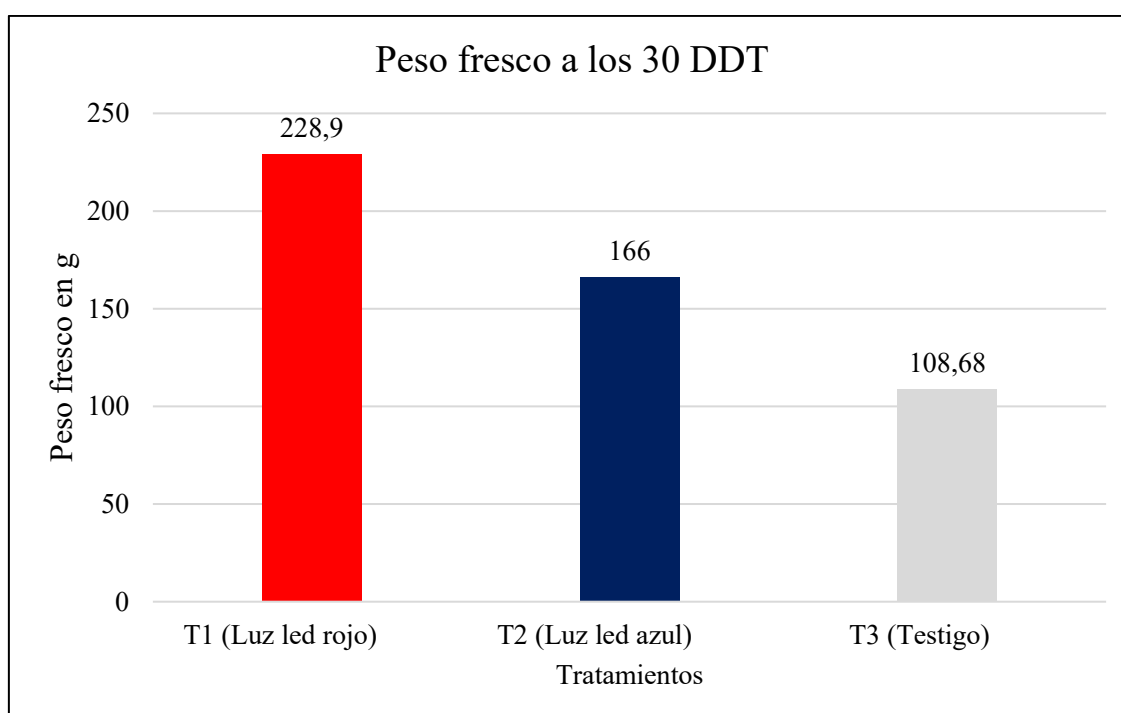


Estos resultados son similares al de Gomes *et al.* (2023) en su investigación en el cultivo de aguaymanto para la obtención de plántulas mediante la prueba de medias de Tukey al 5% de probabilidad, donde el estímulo con luz led rojo demostró ser el mejor tratamiento con una ganancia para longitud de raíz de 5,32 cm, seguidamente el tratamiento con luz azul obtuvo 4,23 cm de largo de raíz a los 30 días después de la siembra de las semillas de aguaymanto.

Peso fresco

Los datos obtenidos para la variable peso fresco a los 30 días después del trasplante (DDT) se sometieron al análisis de varianza, donde resulta que, sí existen diferencias significativas entre tratamientos, ya que el valor de $p < 0.0001$, lo que significa que se rechaza la hipótesis nula, con un coeficiente de variación de 6,07%, lo cual demuestra un buen manejo del error experimental según Calzada (1993). Posteriormente se realizó la prueba de medias de Tukey con un nivel de significancia de ($\alpha = 0,05$), demostrando que el tratamiento 1 (Luz led rojo) obtuvo diferencia estadística significativa con una media de 228,9 g, seguidamente el tratamiento 2 (Luz led azul) obtuvo una media de 166 g y por último el tratamiento 3 (Testigo) fue deficiente con una media de 108,68 g para peso fresco.

Figura 8. Efecto de la iluminación led para peso fresco a los 30 días después del trasplante (DDT)



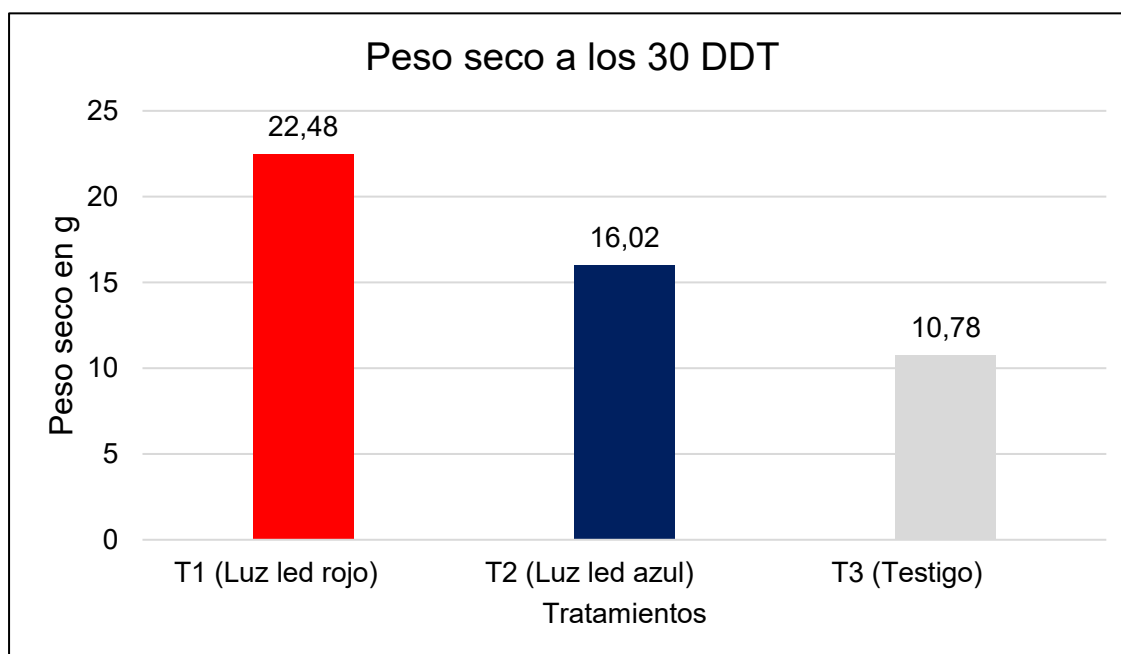
Resultados similares reporta Espinal (2021) en su investigación en lechuga hidropónica donde la luz led roja + azul incrementan el peso fresco con un resultado promedio de 41.06 g. Paralelamente Gomes *et al.* (2023) reafirman este resultado en su investigación con plántulas de aguaymanto donde la luz led roja obtuvo mejor peso fresco con un promedio de 0,39 g con luz roja, seguidamente la luz azul obtuvo un peso promedio de 0,28 g. Como también Avedaño *et al.* (2020) reporta resultados similares en la producción de lechuga variedad romana, tipo baby, a los 21 días después de la siembra con la prueba de medias de Tukey a un ($\alpha=0,05$) obteniendo un peso fresco de 47,16 a 125,49 % de ganancia de peso

fresco con la estimulación mediante luz led (rojo, azul y blanco) en un sistema de fábrica de plantas. Paralelamente Mendoza *et al.* (2021) concuerda con los resultados obtenidos anteriormente, en su investigación en el cultivo de cilantro dentro de una cámara de crecimiento, donde la proporción luz led (rojo 100%: azul 0%) incrementa notablemente el peso fresco del cultivo de cilantro a los 48 días después de la siembra.

Peso seco

Los datos obtenidos para la variable peso seco a los 30 días después del trasplante (DDT), se sometieron al análisis de varianza, donde muestra que, sí existen diferencias significativas entre tratamientos, ya que el valor de $p < 0.0001$, lo que significa que se rechaza la hipótesis nula, con un coeficiente de variación de 4,26%, lo cual demuestra un buen manejo del error experimental según Calzada (1993). Posteriormente se realizó la prueba de medias de Tukey con un nivel de significancia de ($\alpha = 0,05$), demostrando que el tratamiento 1 (Luz led rojo) obtuvo diferencia estadística significativa con una media de 22,48 g, seguidamente el tratamiento 2 (Luz led azul) obtuvo una media de 16,02 g y por último el tratamiento 3 (Testigo) fue deficiente con una media de 10,78 g para peso seco.

Figura 9. Efecto de la iluminación led para peso seco a los 30 días después del trasplante (DDT)



Resultados similares demuestran Lindao, *et al.* (2021) donde mencionan que el tratamiento con luz led encendido durante las 24 horas incrementa la materia seca en acelga aeropónica, obteniendo 18,33 g/m².

Asimismo Espinal (2021) determina que el tratamiento de luz led roja + azul inducido a plantas de lechuga hidropónica, obtuvo un peso seco con una media de 18,73 g superior a los demás tratamientos. Paralelamente, Avendaño *et al.* (2020) comparten resultados similares evaluados con la combinación de luz led (rojo, azul y blanca) incrementan el peso seco de 40 a 59,09% durante 21 días después de la siembra de lechuga variedad romana, tipo baby, dentro de un sistema de fábrica de plantas. Resultado similar obtuvo Mendoza *et al.* (2021) en su trabajo de investigación con cilantro en cámara de crecimiento, donde mencionan que la proporción luz led (Roja 62,3 %:Azul 37.7%) desencadena un mayor peso seco a los 48 días después de la siembra. Finalizando que a mayor proporción de luz led roja y azul, mayor incremento del peso seco.

Figura 10.

Las tres muestras recolectadas según el tratamiento a los 30 días después del trasplante (DDT)



CONCLUSIONES

El Tratamiento 1 (Luz led rojo) obtuvo los mejores resultados para altura de planta, número de hojas longitud de hoja y ancho de hoja a los 30 días después del trasplante, seguidamente el tratamiento con luz led azul y, por último, el tratamiento 0 (Testigo) no tuvo buenos resultados.

El tratamiento 1 (Luz led rojo) obtuvo mejores resultados en rendimiento para peso fresco y peso seco de la planta a los 30 días después del trasplante, seguidamente el tratamiento 2 (Luz led azul) y, por último, el tratamiento testigo 0 (Testigo) no tuvo buenos resultados.

LISTA DE REFERENCIAS

- Angulo, J. I. (2020). *Estudio comparativo de iluminación con luz incandescente y luz led en el cultivo de gypsophila (Gypsophila paniculata L.) cv. Tango en Caraz a 2256 m.s.n.m.* [Tesis de ingeniería, Universidad Nacional Santiago Antunes de Mayolo]. Repositorio Institucional – Universidad Nacional Santiago Antunes de Mayolo. <http://repositorio.unasam.edu.pe/handle/UNASAM/4751>
- Avendaño, V., González, D., Munguía, J., Hernández, R., Luna, A., Vidales, J., . . . Rodríguez, H. (2020). Crecimiento y absorción total nutrimental de lechuga romana tipo baby cultivada con iluminación led bajo sistema fábrica de plantas. *ITEA-Información Técnica Económica Agraria*, 116(4), 280-293. <https://doi.org/10.12706/itea.2020.011>
- Arnica, H. H. (2019). *Influencia de la temperatura y luz artificial en la maduración de la fresa en Arequipa, 2018*. [Tesis de Ingeniería, Universidad Continental]. Repositorio Institucional – Universidad Continental. <https://hdl.handle.net/20.500.12394/7199>
- Bures, S., Urrestarazu, M., Kotiranta, S., & Valoya, H. (2018). Artificial lighting in agriculture. https://issuu.com/horticulturaposcosecha/docs/iluminaci_n_artificial_en_agricult?e=8490508/57420774
- Calzada, J. (1983). *Métodos estadísticos para la investigación científica*. Perú. Universidad Nacional Agraria La Molina: Editorial Jurídica.
- Documet, J. A. (2019). *Efecto de tratamientos de ondas de luz led en la producción de germinados de alfalfa (Medicago sativa)*. [Tesis de ingeniería, Universidad Científica del Sur]. Repositorio Institucional - Universidad Científica del Sur. <https://hdl.handle.net/20.500.12805/791>

- Espinal, J. A. (2021). *Efecto de la iluminación led en un sistema vertical de producción con lechuga (Lactuca sativa L.) bajo ambiente controlado*. [Tesis de ingeniería, Universidad Mayor de San Andrés]. Repositorio Institucional - Universidad Mayor de San Andrés. <http://repositorio.umsa.bo/xmlui/handle/123456789/26650>
- Gomes, P. S., Vitali, D., Felipe, L., & Girelli, G. (2023). Utilização de diodos emissores de luz (LEDs) na produção de mudas de *Physalis peruviana* L. *Brazilian Journal of Development*, 9(1), 6120–6129. <https://doi.org/10.34117/bjdv9n1-414>
- Intagri. (2017). *La Hidroponia: Cultivos sin Suelo. Serie Horticultura Protegida. Num. 29. Artículos Técnicos de INTAGRI. Mexico. pp. 5.* INTAGRI: <https://www.intagri.com/articulos/horticultura-protegida/la-hidroponia-cultivos-sin-suelo>
- Lindao, V., Estrada, J., Mantilla, C., & Carpio, C. (2021). Efecto de la iluminación leds de 150 W en la producción aeropónica de acelga (*Beta vulgaris* Subsp. *vulgaris* L.) Var. Ford Hook Giant en invernadero. *Dominio de las ciencias*, 7(1), 155-178. <https://doi.org/10.23857/dc.v7i1.1634>
- Mendoza, J. E., Castillo, A. M., Valdez, L. A., Avitia, E., & García, M. D. (2021). *Respuesta de cilantro (Coriandrum sativum L.) a la luz LED azul y roja. Biotecnia*, 23(2). <https://doi.org/10.18633/biotecnia.v23i2.1340>
- Murrugarra, D. M. (2022). *Iluminación LED y fluorescente en el crecimiento vegetativo de dos cultivares de Lactuca sativa L. en San Martín de Porres, Lima*. [Tesis de ingeniería, Universidad Nacional de Trujillo]. Repositorio Institucional - Universidad Nacional de Trujillo. <http://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/19901>
- Vasquez, P. (2018). *Efecto de tecnologías de iluminación e intensidades de luz sobre el crecimiento vegetativo de cuatro cultivares de crisantemo (Chrysanthemum morifolium Ramat) para la obtención de varas florales de longitud comercial en la región Lambayeque*. [Tesis de ingeniería, Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo]. Repositorio Institucional - Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. <https://hdl.handle.net/20.500.12893/2691>
- Vazquez, C. (2019). Las plantas y la luz natural / Consumer. <https://www.mendeley.com/catalogue/48adb2cc-f99a-352e-9bbb-0df11d922066/>