

**LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y
Humanidades, Asunción, Paraguay**

ISSN en línea: 2789-3855, 2026

Efecto de la luz artificial LED en la producción hidropónica de espinaca (*Spinacia oleracea* L.) en invernáculo

Effect of artificial LED light on the hydroponic production of spinach
(*Spinacia oleracea* L.) in a greenhouse

Jharell Elian Huayra Ccente

2020121006@unh.edu.pe

<https://orcid.org/0009-0006-4972-6330>

Universidad Nacional de Huancavelica

Huancavelica – Perú

Salomon Vivanco Aguilar

salomon.vivanco@unh.edu.pe

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

Universidad Nacional de Huancavelica

Huancavelica – Perú

Jenny Fabiola Salazar Archi

2020121012@unh.edu.pe

<https://orcid.org/0009-0004-8616-8417>

Universidad Nacional de Huancavelica

Huancavelica – Perú

DOI: <https://doi.org/10.56712/latam.v7i3.6135>


Redilat
Red de Investigadores
Latinoamericanos


LATAM

Revista Latinoamericana de
Ciencias Sociales y Humanidades

Artículo recibido: 18 de febrero de 2026.

Aceptado para publicación: 02 de julio de 2026.

Conflictos de Interés: Ninguno que declarar.

VOLUMEN VII

DOI: <https://doi.org/10.56712/latam.v7i3.6135>

Efecto de la luz artificial LED en la producción hidropónica de espinaca (*Spinacia oleracea* L.) en invernáculo

Effect of artificial LED light on the hydroponic production of spinach (*Spinacia oleracea* L.) in a greenhouse

Jharell Elian Huayra Ccente

2020121006@unh.edu.pe

<https://orcid.org/0009-0006-4972-6330>

Universidad Nacional de Huancavelica

Huancavelica – Perú

Salomon Vivanco Aguilar

salomon.vivanco@unh.edu.pe

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

Universidad Nacional de Huancavelica

Huancavelica – Perú

Jenny Fabiola Salazar Archi

2020121012@unh.edu.pe

<https://orcid.org/0009-0004-8616-8417>

Universidad Nacional de Huancavelica

Huancavelica – Perú

Artículo recibido: 18 de febrero de 2026. Aceptado para publicación: 02 de julio de 2026.

Conflictos de Interés: Ninguno que declarar.

Resumen

Efecto de la luz artificial LED en el desarrollo, rendimiento y rentabilidad hidropónica de espinaca (*Spinacia oleracea* L.) en invernáculo. mediante la comparación de tres tratamientos lumínicos: luz natural, luz LED roja y luz LED azul. La investigación se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo y diseño experimental, aplicando un análisis de varianza (ANOVA) y la prueba de Tukey con un nivel de significancia de $\alpha=0.05$ para determinar diferencias estadísticas entre tratamientos. Se evaluaron variables agronómicas como altura de planta, número de hojas, área foliar, longitud de raíz y peso fresco, además de indicadores económicos como relación beneficio-costos (B/C), Valor Actual Neto (VAN) y Tasa Interna de Retorno (TIR). Los resultados demostraron que el tratamiento con luz LED azul presentó los mayores promedios en altura de planta (47.78 cm), número de hojas (43.43), área foliar (40.13 cm²), longitud de raíz (44.76 cm) y peso fresco (122.12 g), superando significativamente a la luz LED roja y a la luz natural. Asimismo, este tratamiento obtuvo la mayor rentabilidad económica con una relación beneficio-costos de 2.09, un VAN de S/. 819.85 y una TIR de 48.9%, consolidándose como la alternativa más eficiente y rentable para la producción hidropónica de espinaca en condiciones de invernáculo.

Palabras clave: Iluminación LED, hidroponía, espinaca, rendimiento, rentabilidad

Abstract

Effect of artificial LED light on the development, yield, and profitability of hydroponic spinach (*Spinacia oleracea* L.) in a greenhouse. Three lighting treatments were compared: natural light, red LED light, and blue LED light. The research was conducted using a quantitative approach and experimental design, applying analysis of variance (ANOVA) and Tukey's test with a significance level of $\alpha=0.05$ to determine

statistical differences between treatments. Agronomic variables such as plant height, number of leaves, leaf area, root length, and fresh weight were evaluated, in addition to economic indicators such as benefit-cost ratio (B/C), Net Present Value (NPV), and Internal Rate of Return (IRR). The results showed that the blue LED light treatment exhibited the highest average plant height (47.78 cm), number of leaves (43.43), leaf area (40.13 cm²), root length (44.76 cm), and fresh weight (122.12 g), significantly surpassing both red LED light and natural light. Furthermore, this treatment achieved the highest economic profitability with a benefit-cost ratio of 2.09, a net present value (NPV) of S/. 819.85, and an internal rate of return (IRR) of 48.9%, establishing itself as the most efficient and profitable alternative for hydroponic spinach production under greenhouse conditions.

Keywords: LED lighting, hydroponics, spinach, yield, profitability

Todo el contenido de LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades, publicado en este sitio está disponibles bajo Licencia Creative Commons. 

Cómo citar: Huayra Ccente, J. E., Vivanco Aguilar, S., & Salazar Archi, J. F. (2026). Efecto de la luz artificial LED en la producción hidropónica de espinaca (*Spinacia oleracea* L.) en invernáculo. *LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades* 7 (3), 2639 – 2653.
<https://doi.org/10.56712/latam.v7i3.6135>

INTRODUCCIÓN

La producción de hortalizas mediante sistemas hidropónicos ha adquirido gran importancia en la agricultura moderna debido a su capacidad para optimizar el uso del agua, los nutrientes y el espacio de cultivo, permitiendo obtener productos de mejor calidad bajo condiciones controladas. Entre las hortalizas de mayor interés se encuentra la espinaca (*Spinacia oleracea* L.), cultivo reconocido por su alto valor nutricional, rápido crecimiento y elevada demanda comercial. Sin embargo, el rendimiento y desarrollo fisiológico de este cultivo dependen en gran medida de factores ambientales como la temperatura, humedad y especialmente la iluminación, la cual cumple un papel fundamental en los procesos fotosintéticos y metabólicos de la planta.

En la actualidad, la tecnología de iluminación LED representa una alternativa eficiente para mejorar la producción agrícola en ambientes protegidos, debido a que permite manipular diferentes espectros lumínicos según las necesidades fisiológicas del cultivo. Diversas investigaciones han demostrado que los espectros de luz azul y roja influyen directamente en el crecimiento vegetativo, desarrollo foliar, elongación celular y acumulación de biomasa en especies hortícolas cultivadas bajo sistemas hidropónicos e invernaderos. En ese sentido, el uso de iluminación LED puede convertirse en una herramienta tecnológica capaz de incrementar la productividad y rentabilidad de los cultivos.

No obstante, en muchas unidades de producción hidropónica aún existe escasa información científica sobre el comportamiento de la espinaca frente a distintos tipos de iluminación artificial bajo condiciones de invernáculo, especialmente en relación con variables agronómicas y económicas. Esta situación limita la implementación de tecnologías lumínicas eficientes que permitan optimizar el crecimiento del cultivo y mejorar los beneficios económicos del productor.

Frente a esta problemática, la presente investigación tuvo como objetivo evaluar el efecto de la luz artificial LED en el desarrollo, rendimiento y rentabilidad hidropónica de espinaca (*Spinacia oleracea* L.) en invernáculo, mediante la comparación de tres tratamientos lumínicos: luz natural, luz LED roja y luz LED azul. Para ello, se analizaron variables de crecimiento como altura de planta, número de hojas, área foliar y longitud de raíz, así como el peso fresco y los indicadores económicos de rentabilidad.

La investigación se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo y un diseño experimental, aplicando análisis estadísticos mediante ANOVA y prueba de Tukey con un nivel de significancia de $\alpha = 0.05$, lo que permitió determinar diferencias significativas entre tratamientos. Asimismo, se realizó una evaluación financiera utilizando indicadores como relación beneficio-costos (B/C), Valor Actual Neto (VAN) y Tasa Interna de Retorno (TIR), con el propósito de determinar la viabilidad económica de cada tratamiento lumínico.

Los resultados obtenidos demostraron que la iluminación LED azul generó efectos significativamente superiores sobre el desarrollo vegetativo y rendimiento del cultivo, alcanzando los mayores valores en altura de planta, número de hojas, área foliar, longitud de raíz y peso fresco. Del mismo modo, este tratamiento presentó la mayor rentabilidad económica, consolidándose como la alternativa más eficiente y viable para la producción hidropónica de espinaca bajo condiciones de invernáculo.

METODOLOGÍA

La investigación fue de tipo aplicada y nivel explicativo, orientada a evaluar el efecto de la iluminación artificial LED en la producción hidropónica de espinaca (*Spinacia oleracea* L.) bajo condiciones controladas de invernadero. El experimento se desarrolló en la azotea del pabellón de la Escuela Profesional de Agronomía de la Universidad Nacional de Huancavelica.

Se empleó un diseño completamente al azar (DCA), conformado por tres tratamientos y cuatro repeticiones, totalizando 12 unidades experimentales. El sistema hidropónico utilizado fue la técnica

NFT (Nutrient Film Technique), implementándose un sistema de recirculación automatizado con intervalos de 10 minutos de funcionamiento y 10 minutos de reposo.

Las plántulas de espinaca fueron producidas previamente en bandejas de germinación y trasplantadas cuando alcanzaron entre 3 y 4 hojas verdaderas. Durante el desarrollo del cultivo, se monitorearon constantemente las condiciones ambientales y la solución nutritiva, manteniendo el pH entre 5.5 y 6.5 y la conductividad eléctrica entre 1.5 y 2.3 mS/cm.

Las variables evaluadas fueron altura de planta, número de hojas, área foliar, longitud de raíz y peso fresco. Las mediciones se realizaron utilizando regla graduada y balanza de precisión, expresando los resultados en centímetros, centímetros cuadrados y gramos, respectivamente. Asimismo, se efectuó una evaluación económica mediante la relación beneficio-costeo.

Los datos obtenidos fueron procesados mediante Microsoft Excel y el software estadístico InfoStat. Se realizó un análisis de varianza (ANOVA) y, cuando se detectaron diferencias significativas entre tratamientos, se aplicó la prueba de comparación de medias de Tukey al 5% de significancia.

RESULTADOS

La iluminación artificial LED produjo efectos significativos sobre el crecimiento, rendimiento y rentabilidad del cultivo hidropónico de espinaca (*Spinacia oleracea* L.). El análisis de varianza mostró diferencias altamente significativas entre tratamientos para todas las variables evaluadas ($p < 0.0001$).

Altura de planta (cm)

La mayor altura de planta se obtuvo con la luz LED azul, alcanzando un promedio de 47.78 cm, seguida por la luz LED roja con 32.65 cm y la luz natural con 28.14 cm. De manera similar, el número de hojas fue superior bajo iluminación LED azul, con un promedio de 43.43 hojas por planta, mientras que la luz roja y la luz natural registraron 35.05 y 26.40 hojas, respectivamente.

El área foliar (cm²) y longitud de raíz

El área foliar también presentó diferencias significativas entre tratamientos. La luz LED azul alcanzó el mayor valor con 40.13 cm², superando a la luz LED roja (25.79 cm²) y a la luz natural (22.53 cm²). Asimismo, la longitud de raíz fue mayor bajo luz LED azul (44.76 cm), seguida por la luz natural (34.02 cm) y la luz LED roja (32.27 cm).

Peso fresco según el tratamiento de luz

Respecto al rendimiento, el tratamiento con luz LED azul obtuvo el mayor peso fresco, con un promedio de 122.12 g por planta, valor significativamente superior al registrado con luz LED roja (52.57 g) y luz natural (28.46 g). Estos resultados evidencian una respuesta positiva del cultivo al espectro azul, favoreciendo tanto el crecimiento vegetativo como la acumulación de biomasa.

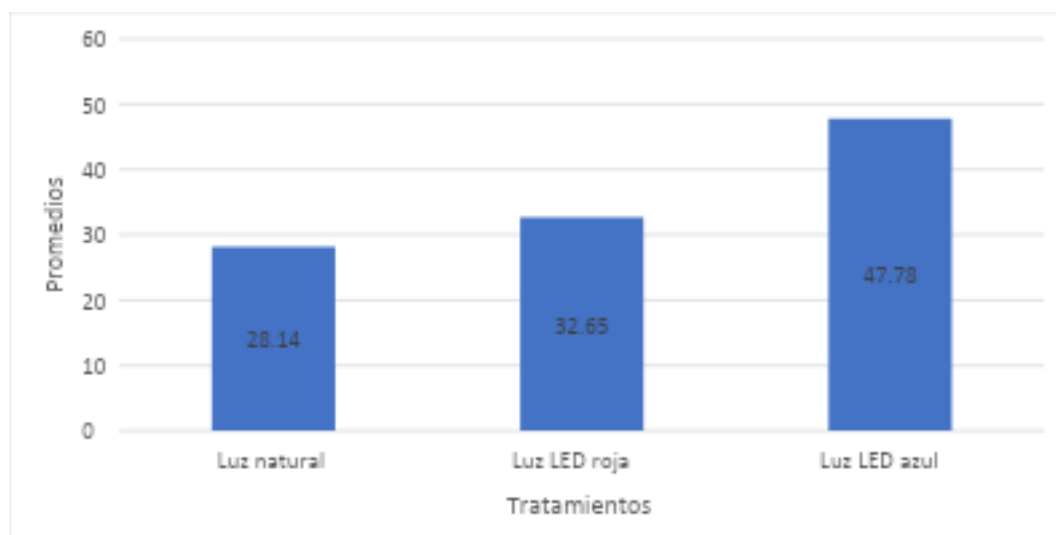
Relación beneficio costo

En la evaluación económica, la luz LED azul presentó la mayor rentabilidad, alcanzando una relación beneficio-costeo de 2.09, un Valor Actual Neto (VAN) de S/. 819.85 y una Tasa Interna de Retorno (TIR) de 48.9%. En contraste, los tratamientos con luz natural y luz LED roja mostraron relaciones beneficio-costeo inferiores a 1 y valores negativos de VAN, indicando que no fueron económicamente viables bajo las condiciones evaluadas.

En conjunto, los resultados demuestran que la iluminación LED azul mejora significativamente el desarrollo vegetativo, el rendimiento productivo y la rentabilidad del cultivo hidropónico de espinaca en comparación con la luz LED roja y la luz natural.

Gráfico 1

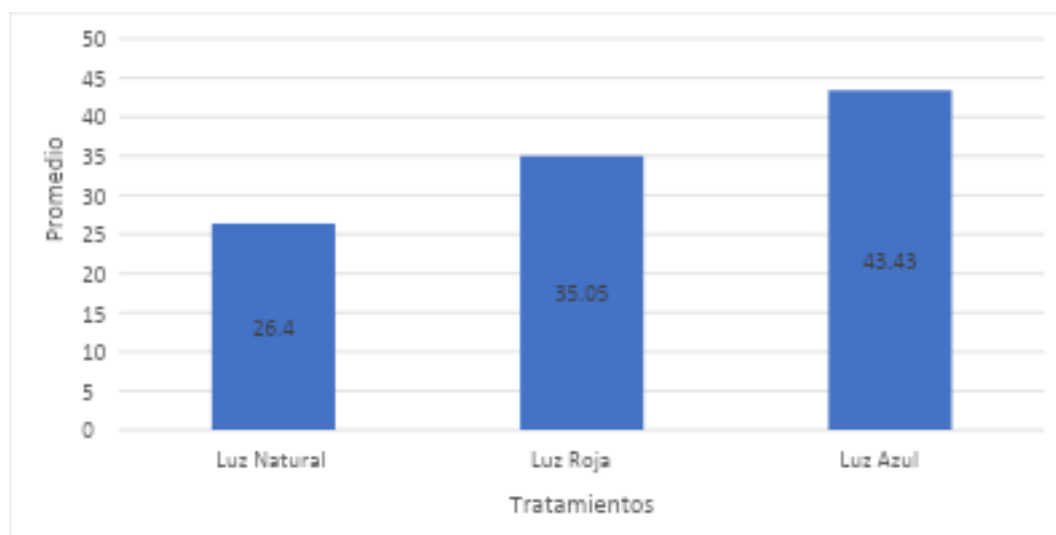
Altura de planta (cm) a los 30 DDT



Fuente: elaboración propia.

Gráfico 2

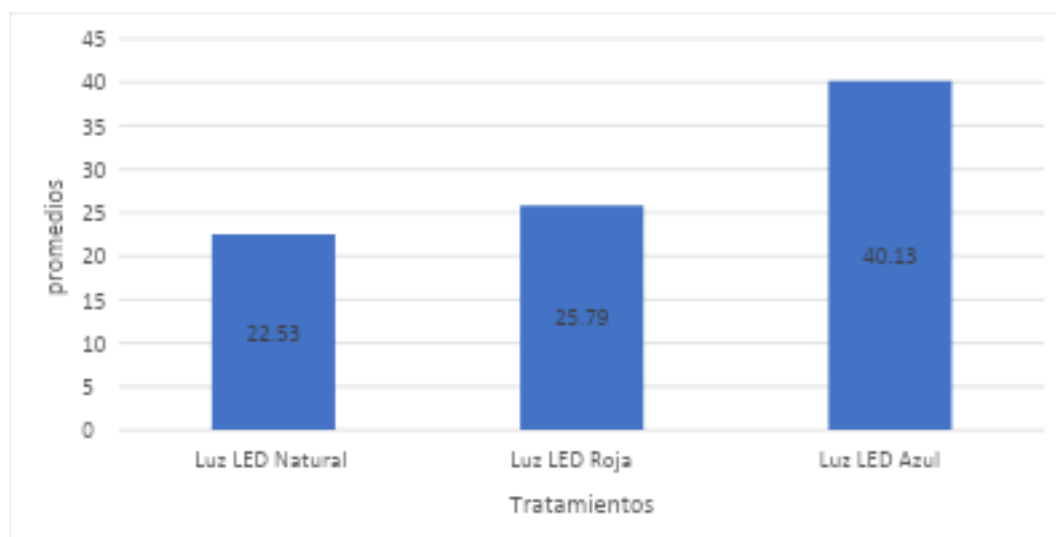
Número de hojas a los 30 DDT



Fuente: elaboración propia.

Gráfico 3

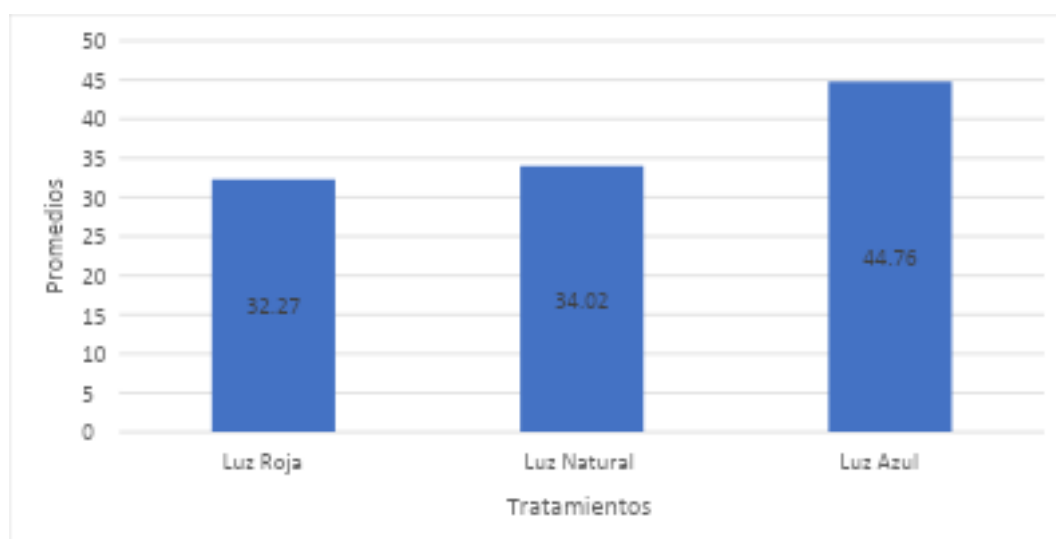
Comparación de promedios para el área foliar cm²



Fuente: elaboración propia.

Gráfico 4

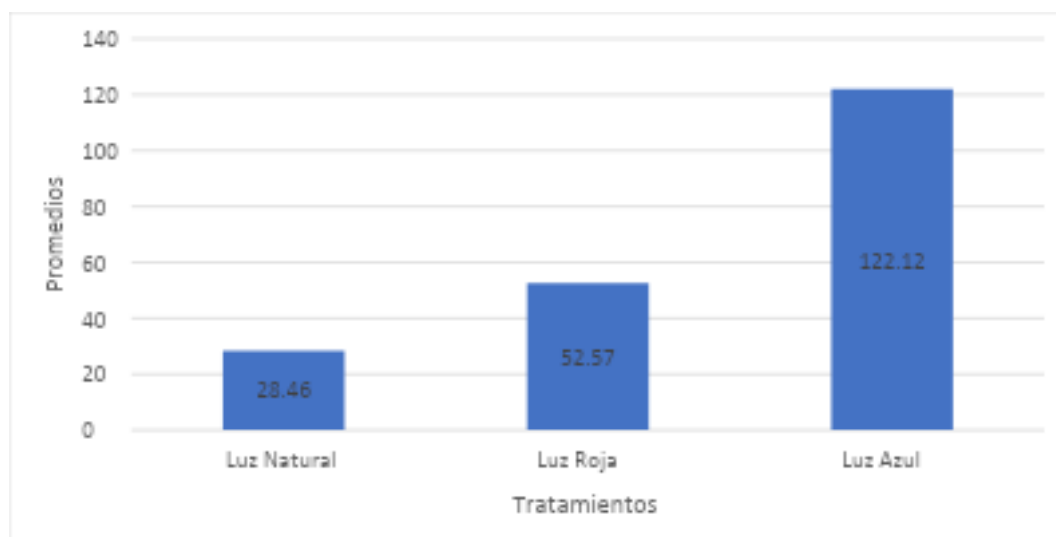
Longitud de raíz a los 30 DDT



Fuente: elaboración propia.

Gráfico 5

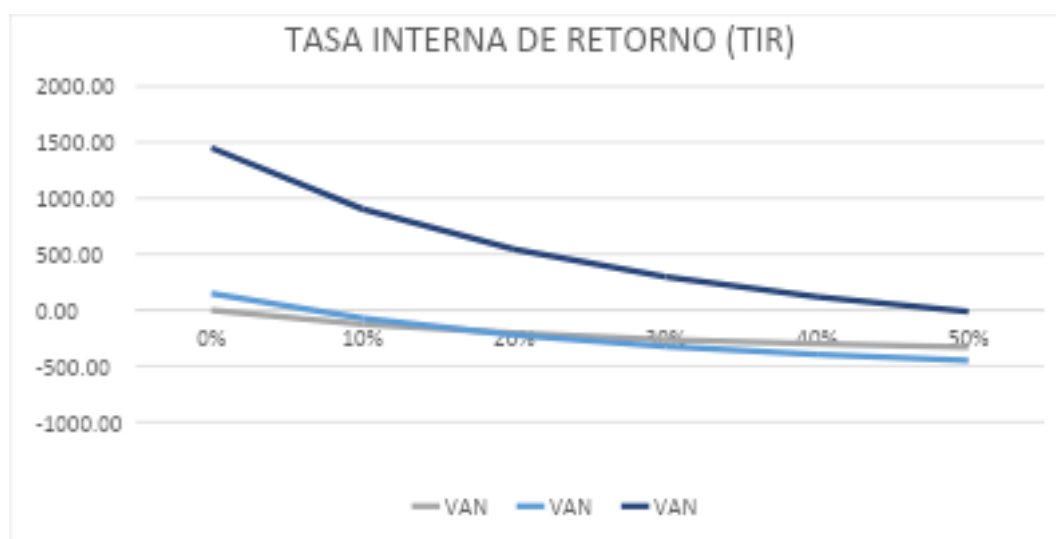
Comparación de promedios de peso fresco según el tratamiento de luz



Fuente: elaboración propia.

Gráfico 6

Comparación de promedios de peso fresco según el tratamiento de luz



Fuente: elaboración propia.

Figura 1

Análisis del progreso de las plantas de espinaca



Fuente: elaboración propia.

Figura 2

Medición de la altura de las plantas, la evaluación del tiempo de producción, el conteo de hojas en la cosecha, la medición del diámetro de la corona del tallo, el diámetro de la cabezuela de espinaca



Fuente: elaboración propia.

Figura 3

Medición del peso fresco de espinaca con raíz y sin raíz utilizando una balanza analítica de precisión de 0,01



Fuente: elaboración propia.

DISCUSIÓN

Interpretación de los Resultados

Altura de planta

La iluminación LED azul promovió el mayor crecimiento en altura de planta (47.78 cm), superando significativamente a la luz LED roja y a la luz natural. Estos resultados coinciden con Quispe Huisacayna y Masa Gonzales (2025) y Bustamante García (2023), quienes reportaron que los espectros LED específicos favorecen el crecimiento vegetativo de cultivos hidropónicos. Asimismo, Mulato Huamani (2023) indicó que la iluminación LED mejora el desarrollo agronómico bajo invernadero. Este comportamiento puede atribuirse a la acción de la luz azul sobre la síntesis de clorofila y la actividad fotosintética, tal como señala Ledtse (2021).

Número de hojas

La luz LED azul registró el mayor número de hojas (43.43), mostrando diferencias significativas respecto a los demás tratamientos. Estos resultados concuerdan con Martínez Jiménez (2023), quien destacó que un adecuado manejo de los factores de producción incrementa el desarrollo foliar de la espinaca. De igual forma, Quispe Huisacayna y Masa Gonzales (2025) señalaron que la iluminación LED influye directamente en la producción foliar de cultivos hidropónicos. Según Ledtse (2021) y Olfer (2026), la luz azul favorece la síntesis de clorofila y los procesos metabólicos relacionados con la producción de biomasa, explicando el mayor desarrollo foliar observado.

Área foliar

El área foliar fue significativamente superior bajo iluminación LED azul (40.13 cm²) en comparación con la luz roja y la luz natural. Estos resultados coinciden con Riaño-Castillo et al. (2019), quienes reportaron que el adecuado manejo de las condiciones hidropónicas favorece el crecimiento foliar de la espinaca. Asimismo, Quispe Huisacayna y Masa Gonzales (2025) y Flores et al. (2021) indicaron que la tecnología LED mejora la expansión foliar y la calidad de los cultivos hortícolas. Este efecto puede

explicarse por la capacidad de la luz azul para estimular la formación de clorofila y optimizar la captación de energía para la fotosíntesis (Ledtse, 2021).

Longitud de raíz

La mayor longitud de raíz se obtuvo con la luz LED azul (44.76 cm), superando significativamente a los demás tratamientos. Estos resultados concuerdan con Bustamante García (2023), quien encontró una respuesta positiva de la espinaca al uso de iluminación LED en sistemas hidropónicos. Además, Liñeiro Astiazara et al. (2025) y Chassouant (2020) destacan que los sistemas NFT favorecen una eficiente absorción de nutrientes y un adecuado desarrollo radicular. La superioridad del espectro azul puede estar relacionada con una mayor actividad fotosintética y producción de biomasa, factores que fortalecen el crecimiento del sistema radicular (Ledtse, 2021).

Peso fresco

La iluminación LED azul produjo el mayor peso fresco (122.12 g planta⁻¹), superando ampliamente a la luz LED roja y a la luz natural. Estos resultados coinciden con Bustamante García (2023) y Mulato Huamani (2023), quienes reportaron incrementos significativos en el rendimiento de cultivos hidropónicos bajo iluminación LED. Asimismo, Riaño-Castillo et al. (2019) señalaron que el manejo adecuado de las condiciones de cultivo favorece la acumulación de biomasa. Según Flores et al. (2021) y Ledtse (2021), la luz azul mejora la eficiencia fotosintética, lo que se refleja en una mayor producción de materia fresca.

Relación beneficio-costo

La luz LED azul presentó los mejores indicadores económicos, con una relación beneficio-coste de 2.09, un VAN de S/. 819.85 y una TIR de 48.9%, evidenciando una alta rentabilidad del sistema. Estos resultados coinciden con Bustamante García (2023) y Quispe Huisacayna y Masa Gonzales (2025), quienes señalaron que la iluminación LED mejora la productividad y eficiencia de los cultivos hidropónicos. Asimismo, Liñeiro Astiazara et al. (2025) destacaron que una mayor eficiencia productiva se traduce en mejores resultados económicos. La mayor rentabilidad observada se explica por el incremento en la producción de biomasa y rendimiento comercial generado por la iluminación LED azul, tal como indican Olfer (2026) y Ledtse (2021).

Implicaciones

Los resultados obtenidos aportan evidencia científica sobre la influencia de la calidad espectral de la luz en el crecimiento y rendimiento de cultivos hidropónicos, confirmando que la iluminación LED azul desempeña un papel fundamental en procesos fisiológicos como la fotosíntesis, la formación de clorofila, el desarrollo foliar y la acumulación de biomasa. Estos hallazgos contribuyen al conocimiento existente sobre el uso de tecnologías LED en agricultura protegida y respaldan las teorías que señalan la importancia de las longitudes de onda específicas en la regulación del crecimiento vegetal bajo ambientes controlados.

Limitaciones

Durante el desarrollo de la investigación se presentaron limitaciones relacionadas con el suministro de energía eléctrica, debido a la falta de acceso a las instalaciones universitarias durante fines de semana y días no laborables. Esta situación impidió el funcionamiento continuo de los equipos utilizados en el sistema hidropónico, afectando temporalmente el control y monitoreo del experimento.

Asimismo, se registró la presencia de plagas en el cultivo, atribuida a la proximidad de otros trabajos de investigación desarrollados por estudiantes en áreas cercanas. La diversidad de cultivos y el manejo

fitosanitario no uniforme en dichas áreas favorecieron la proliferación y dispersión de insectos, los cuales incidieron negativamente en el desarrollo del cultivo en estudio.

Finalmente, el experimento se llevó a cabo en la azotea de la institución, donde se presentaron temperaturas elevadas durante el día. Estas condiciones generaron estrés térmico en las plantas, afectando su desarrollo y constituyendo una limitación para el manejo adecuado del cultivo bajo condiciones controladas.

CONCLUSIÓN

Verificar constantemente el suministro de energía eléctrica durante la ejecución del sistema hidropónico para evitar interrupciones en el funcionamiento de las luminarias LED.

Realizar mantenimiento preventivo de las luces LED y conexiones eléctricas para prevenir fallas técnicas durante el desarrollo del cultivo.

Controlar periódicamente la temperatura dentro del invernáculo, debido a que las variaciones térmicas pueden afectar el crecimiento de la espinaca.

Supervisar continuamente el nivel y calidad de la solución nutritiva para evitar deficiencias nutricionales en las plantas.

Mantener estrictas condiciones de limpieza y desinfección en el sistema hidropónico para reducir la presencia de plagas, hongos y algas.

Contar con equipos de medición calibrados para obtener datos precisos en las evaluaciones agronómicas y económicas.

Programar adecuadamente el fotoperiodo de iluminación LED para garantizar un desarrollo uniforme del cultivo.

Implementar sistemas de respaldo eléctrico ante posibles cortes de energía que puedan alterar el proceso fotosintético.

Considerar la evaluación de otros espectros de luz LED y diferentes variedades de espinaca en futuras investigaciones para ampliar los resultados obtenidos.

Recomendaciones

Verificar constantemente el suministro de energía eléctrica durante la ejecución del sistema hidropónico para evitar interrupciones en el funcionamiento de las luminarias LED.

Realizar mantenimiento preventivo de las luces LED y conexiones eléctricas para prevenir fallas técnicas durante el desarrollo del cultivo.

Controlar periódicamente la temperatura dentro del invernáculo, debido a que las variaciones térmicas pueden afectar el crecimiento de la espinaca.

Supervisar continuamente el nivel y calidad de la solución nutritiva para evitar deficiencias nutricionales en las plantas.

Mantener estrictas condiciones de limpieza y desinfección en el sistema hidropónico para reducir la presencia de plagas, hongos y algas.

Contar con equipos de medición calibrados para obtener datos precisos en las evaluaciones agronómicas y económicas.

Programar adecuadamente el fotoperiodo de iluminación LED para garantizar un desarrollo uniforme del cultivo.

Implementar sistemas de respaldo eléctrico ante posibles cortes de energía que puedan alterar el proceso fotosintético.

Considerar la evaluación de otros espectros de luz LED y diferentes variedades de espinaca en futuras investigaciones para ampliar los resultados obtenidos.

REFERENCIAS

Arias, N. E., Gonzáles, L., Llanqui, A., Tacilla, P., & Vargas, R. (2013). Cultivos hidropónicos una alternativa para el mejor aprovechamiento del agua en el fundo Tartar de la Universidad Nacional de Cajamarca. [Tesis de ingeniería, Universidad Nacional de Cajamarca]. Repositorio Institucional - Universidad Nacional de Cajamarca. Universidad Nacional de Cajamarca. <https://es.scribd.com/doc/151257173/Proyecto-de-Cultivos-Hidroponicos#>

Arkiplus. (2022). Hidroponía vertical. Arkiplus. <https://www.arkiplus.com/hidroponia-vertical/>

Bures, S., Urrestarazu Gavilán, M., Kotiranta, S., & Valoya Oy, H. (2018). Artificial lighting in agriculture. https://issuu.com/horticulturaposcosecha/docs/iluminaci_n_artificial_en_agricult?e=8490508/57420774

Bustamante García, M. (2023). Crecimiento y uso de agua en espinaca cultivada hidropónicamente en cuarto con lámparas led. Generis. <https://www.generis-publishing.com/book.php?title=strong-crecimiento-y-uso-de-agua-en-espinaca-cultivada-hidroponicamente-en-cuarto-con-lmparas-led-strong-1419>

California lightworks Argentina. (2017). Espectro de luz y crecimiento de plantas. http://www.californialightworks.com.ar/espectro-de-luz-y-crecimiento-of-plantas_4_22582_2327_1.html

Calzada, J. (1970). Métodos estadísticos para la investigación científica. Perú. Universidad Nacional Agraria La Molina: Editorial Jurídica. <https://biblioteca.unasam.edu.pe/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=32558>

Castañares, J. (2020). Abc de la hidroponía. Buenos Aires, Argentina. https://repositorio.inta.gob.ar/bitstream/handle/20.500.12123/8023/INTA_DireccionNacional_EEAA_MBA_Castanares_JL_ABC_de_la_hidroponia.pdf

Chassouant, C. (2020). Introducción a la hidroponía: lechuga en sistema NFT bajo invernaderos. Horti-generation. <https://horti-generation.com/es/introduccion-a-la-hidroponia-lechuga-en-sistema-nft-bajo-invernaderos/>

Chen, J. (2022). Conceptos básicos de la fotosíntesis. Pthorticulture. <https://www.pthorticulture.com/es/centro-de-formacion/conceptos-basicos-de-la-fotosintesis/>

Ehow. (2021). ¿Qué tipo de luz hace que las plantas crezcan más: fluorescente o incandescente?. https://www.ehowenespanol.com/tipo-luz-plantas-crezcan-mas-fluorescente-incandescente-sobre_72683/

Flores, S., Castillo, A., & Valdez, L. (2021). Uso de diferentes proporciones de led rojos y azules para mejorar el crecimiento de Lilium spp. <https://www.mendeley.com/catalogue/04264bd2-4535-3611-bc02-345473be5066/>

Gil, R., Fuentes, L. S., Niño, N., Espinosa, L., Arias, L. A., Rodríguez, M., & Garzón, C. (2010). El cultivo de la espinaca (Spinacia oleracea L.) y su manejo fitosanitario en Colombia. Fundación Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. <https://catalogo.uteco.edu.do/bib/20955>

Intagri. (2017). La Hidroponía: 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>

Iriego. (2020). Agricultura intensiva. Iriego. <https://iriego.es/blog/noticias-2/post/agricultura-intensiva-40>

Lamparayluz. (2018). Las ventajas de la iluminación LED. Lamparayluz. <https://www.lamparayluz.es/las-ventajas-de-la-iluminacion-led#:~:text=1.%20Con%20la%20iluminaci%C3%B3n%20LED%20ahorras%20energ%C3%ADa.%20Las,e miten%20luz%20cuando%20les%20atraviesa%20la%20corriente%20el%C3%A9ctrica>.

Ledtse. (2021). Características De La Tecnología LED. <https://www.ledtse.com/caracteristicas-la-tecnologia-led/>

Liñeiro Astiazaran, H., López, B., Bautista, A., Álvarez, C., & Gaxiola, S. (2025). Huella hídrica y huella de carbono del cultivo de espinaca en sistemas hidropónicos. *Revista fitotecnia mexicana*, 48(2). <https://doi.org/10.35196/rfm.2025.2.163>

Marfit, o., & virsile, a. (2013). Efectos de la iluminación con diodos emisores de luz en el crecimiento y la calidad de las plantas de invernadero. Efectos de la iluminación con diodos emisores de Institute of Horticulture at lithuanian research centre for agricultura and forestry. https://www.researchgate.net/publication/274615531_The_effects_of_light-emitting_diode_lighting_on_greenhouse_plant_growth_and_quality

Maroto, J. V. (2002). Horticultura herbácea especial. Mundiprensa. <https://www.buscalibre.pe/libro-horticultura-herbacea-especial-libro-en-espanol-isbn-8484760421-isbn-13-9788484760429-702-p-il-col-24x16-cm-2002/9788484760429/p/982434>

Martín, P., Navas, L. M., Hernández, S., Correa, A., Martín, J., Martín, E., . . . Durán, J. (2010). Diodos emisores de luz para la irradiación de plantas. Researchgate. https://www.researchgate.net/publication/257016674_Diodos_emisores_de_luz_para_irradiacion_de_plantas

Martínez Jiménez, M. (2023). Aplicación De Diferentes Dosis De Fertilización Bajo Un Sistema Hidropónico Y Sus Efectos En La Calidad Y Rendimiento Del Cultivo De Espinaca (*Spinacia Oleracea* L.). Universidad César Vallejo. <https://renati.sunedu.gob.pe/indice/autor/detalle?valor=martinez+jimenez%2C+mariano>

Mulato, J., Vivanco, S., Ramos, H. E., Mulato, J., Leon, R., Chate, A., . . . Carbajal, L. N. (2023). Efecto de la iluminación LED en la producción hidropónica de lechuga (*Lactucasativa* L.) bajo invernadero. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(3), 8147-8163. https://doi.org/https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i3.6802

Muñoz C., L. F. (2018). Cultivo hidropónico: Sistema NFT y de raíz flotante. INIA Intihuasi. Póster INIA Intihuasi. N° 26. <https://hdl.handle.net/20.500.14001/68343>

Olfer, E. (2026). Colores basicos en horticultura. The power suppli company. <https://www.olfer.com/catalogo/horticultura/conceptos-y-aplicaciones-para-horticultura/colores-basicos-en-horticultura-capacidad-del-led.html>

Pérez, E., & Carril, U. (2009). Fotosíntesis: Aspectos Básicos. Reduca, pp. 1-47. <http://revistareduca.es/index.php/biologia/article/view/793>

Portal fruticola. (2019). Módulos Hidropónicos Sistema Raíz Flotante (SRF): diseño y construcción. Portalfruticola. <https://www.portalfruticola.com/noticias/2019/10/16/modulos-hidroponicos-sistema-raiz-flotante-srf-diseno-y-construccion/>

Puente Baldeon, M. (2024). Evaluación de tres variedades de espinaca (*Spinacea oleracea* L.) bajo el sistema hidropónico en condiciones agroclimáticas de Chacayan -Pasco. Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión. <http://repositorio.undac.edu.pe/handle/undac/4126>

Quispe Huisacayna, & Masa Gonzales. (2025). Efecto de la iluminación LED en la producción hidropónica de lechuga Rizada Veneranda (*Lactuca sativa* L.) en un sistema cerrado. [alicia.concytec. https://share.google/5r85EDm5jAGxrV6Op](https://share.google/5r85EDm5jAGxrV6Op)

Ramos Gonzalías, Y., & Ramírez Lasso, E. (2016). Desarrollo de un sistema de iluminación artificial LED para cultivos en interiores - Vertical Farming (VF). *Informador Técnico*, Vol. 80 Núm. 2, pp. 111-120. <https://doi.org/10.23850/22565035.480>

Riaño-Castillo, E., Caicedo-Gegén, L., Torres-Mesa, A., Hurtado-Giraldo, H., & Gómez-Ramírez, E. (2019). Cambios en los niveles de nutrientes en solución hidropónica de espinaca baby (*Spinacia oleracea* L.), para su futura aplicación en acuaponía. *Orinoquia*, 23(1). <https://doi.org/10.22579/20112629.544>

Ruiz, M. (2022). Resumen de la fotosíntesis. *Espanol.libretexts*. https://espanol.libretexts.org/Educacion_Basica/Biologia/02%3A_Biolog%C3%ADa_Celular/2.15%3A_Resumen_de_la_fotos%C3%ADntesis

Salunkhe, D., & Kadam, S. (2004). Tratado de ciencia y tecnología de las hortalizas. producción, composición, almacenamiento y procesado. Zaragoza Acribia. https://dama.umh.es/discovery/fulldisplay?docid=alma991000728409706331&context=U&vid=34CVA_UMH:VU1&lang=es

Sigueñas, S. (2002). El cultivo de espinaca . Dirección de Comunicación Técnica. <https://doi.org/https://repositorio.inia.gob.pe/bitstream/20.500.12955/920/1/Folleto%20El%20Cultivo%20de%20Espinaca%20R.I.%202002.pdf>

Steel, R.; Torrie, J. 1995. Bioestadística. Principios y Procedimientos. México. Mc Graw-Hill. 622. <https://biblioteca.unasam.edu.pe/bib/16130>

Yeh, N., & Chung, J. (2009). High-brightness LEDs –energy efficient lighting sources and their potential in indoor plant cultivation. *Renew Sust Energ Rev*. 13:2175-2180. *Informador Técnico*. <https://doi:10.1016/j.rser.2009.01.027>

Todo el contenido de LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades, publicados en este sitio está disponibles bajo Licencia [Creative Commons](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/) .