

Javier Domínguez-Brito; Karina Carrera-Sánchez; Verónica Estefanía Morocho-Noboa; Jorge Alba-Rojas

<https://doi.org/10.35381/a.g.v8i14.4881>

Evaluación agronómica de *Lactuca sativa L.*: comparación entre sistema hidropónico NFT y cultivo convencional

Agronomic evaluation of *Lactuca sativa L.*: comparison between NFT hydroponic system and conventional cultivation

Javier Domínguez-Brito
jdominguez@uea.edu.ec

Universidad Estatal Amazónica, Puyo, Pastaza
Ecuador
<https://orcid.org/0000-0001-6508-9198>

Karina Carrera-Sánchez
mcarrera@uea.edu.ec

Universidad Estatal Amazónica, Puyo, Pastaza
Ecuador
<https://orcid.org/0000-0003-1438-4466>,

Verónica Estefanía Morocho-Noboa
vmorocho0793@gmail.com

Agencia Agripac Shushufindi, Shushufindi, Sucumbíos
Ecuador
<https://orcid.org/0000-0002-2746-605X>

Jorge Alba-Rojas
jalba@uea.edu.ec

Universidad Estatal Amazónica, Puyo, Pastaza
Ecuador
<https://orcid.org/0000-0002-6207-0202>

Recibido: 20 de agosto 2025
Revisado: 8 de octubre 2025
Aprobado: 15 de diciembre 2025
Publicado: 01 de enero 2026

Javier Domínguez-Brito; Karina Carrera-Sánchez; Verónica Estefanía Morocho-Noboa; Jorge Alba-Rojas

RESUMEN

El objetivo del estudio fue evaluar los indicadores morfofisiológicos, productivos y el rendimiento agrícola de las variedades de lechuga Cherokee Rz (81-36) y Starfighter Rz (81-85), en sistema hidropónico NFT y sistema convencional. El experimento fue desarrollado en el Centro Experimental de Investigación y Producción Amazónica. La investigación utilizó un diseño experimental completamente aleatorizado con tres repeticiones. Se emplearon dos variedades de lechuga Cherokee Rz (81-36) y Starfighter Rz (81-85). Se realizó la toma de datos a los 28 y 35 días después del trasplante. Los resultados mostraron que el sistema NFT obtuvo los mejores valores, con un promedio de 17 hojas planta⁻¹, un área foliar de 2,225.6 cm² y un rendimiento agrícola de 21,552 kg ha⁻¹; la variedad de mejor resultado fue la Starfighter con 15 hojas planta⁻¹, 1,725 cm² de área foliar y 16,104 kg ha⁻¹ de rendimiento a los 35 días desde el trasplante.

Descriptores: Amazonia; sistema hidropónico; lechuga; comportamiento morfofisiológico; rendimiento agrícola. (Tesauro AGROVOC).

ABSTRACT

The objective of the study was to evaluate the morphophysiological, productive and agricultural yield indicators of the lettuce varieties Cherokee Rz (81-36) and Starfighter Rz (81-85), in NFT hydroponic system and conventional system. The experiment was developed at the Experimental Center for Amazonian Research and Production. The research used a fully randomized experimental design with three replications. Two varieties of lettuce were used: Cherokee Rz (81-36) and Starfighter Rz (81-85). Data were taken at 28 and 35 days after transplantation. The results showed that the NFT system obtained the best values, with an average of 17 leaves plant⁻¹, a leaf area of 2,225.6 cm² and an agricultural yield of 21,552 kg ha⁻¹; the variety with the best result was the Starfighter with 15 leaves plant⁻¹, 1,725 cm² of leaf area and 16,104 kg ha⁻¹ of yield at 35 days from transplanting.

Descriptors: Amazonia; hydroponic system; lettuce; morphophysiological behavior; agricultural yield. (AGROVOC Thesaurus).

Javier Domínguez-Brito; Karina Carrera-Sánchez; Verónica Estefanía Morocho-Noboa; Jorge Alba-Rojas

INTRODUCCIÓN

La lechuga (*Lactuca sativa L.*) es considerada la hortaliza de hoja por excelencia debido a su excelente calidad nutritiva y versatilidad en el arte culinario. Esta hortaliza se consume en ensaladas frescas y sándwiches, teniendo una alta demanda a nivel mundial por su papel en la salud y bienestar de la población (Rodríguez et al., 2018). La lechuga tiene una gran diversidad de variedades que se han estudiado en los últimos tiempos entre las que se encuentran la Romana y Crespas de diferentes tonalidades moradas, rojas y verdes, lisa o mantequilla y la lechuga del tipo Batavia. Estas variedades son cultivadas en diferentes sistemas; convencional a campo y también en hidroponía (Jaramillo et al., 2014).

Los países de mayor rendimiento de la lechuga son Bulgaria con 98.8 t ha^{-1} , Kuwait 46.8 t ha^{-1} y Noruega 41.4 t ha^{-1} . Siendo Colombia con 22.2 t ha^{-1} , Venezuela 19.8 t ha^{-1} , Chile 13.4 t ha^{-1} y Ecuador 7.4 t ha^{-1} , los de mayor rendimiento en Sudamérica (FAO, 2025). Según Cun González (2017), en Latinoamérica los mayores productores de lechuga son México y Chile con 370,066 t y 101,559 t respectivamente. La producción de esta hortaliza en Ecuador tuvo un valor estimado de 35,520 t, según datos estadísticos de la FAO (2025).

En Ecuador, según Ramírez et al. (2018), la mayor producción de lechuga se concentra en la región Sierra, en las provincias de Cotopaxi (481 ha), Tungurahua (325 ha) y Carchi (96 ha), gracias a sus óptimas condiciones climáticas. Por el contrario, las condiciones climáticas y de suelo en la Amazonía no son favorables para la siembra de hortalizas, resultando en bajos rendimientos y rentabilidad del cultivo (Alemán-Pérez et al., 2014).

No obstante, en los últimos años se ha extendido el uso de cultivos hidropónicos. Se emplea la técnica de película nutritiva (NFT), obteniéndose cultivos de alta calidad sanitaria, mayores rendimientos y precocidad en relación con las cultivadas de forma convencional (Terceros y Villacorta, 2019). En estos casos, se sustituye el suelo por la recirculación de una solución nutritiva (SN) a través de canales construidos con tubos de PVC, también pueden ser de caña guadua, polietileno, entre otros (Balboa y Ruíz, 2017).

Javier Domínguez-Brito; Karina Carrera-Sánchez; Verónica Estefanía Morocho-Noboa; Jorge Alba-Rojas

En esta técnica se suministran los elementos nutritivos necesarios para el desarrollo de las plantas a través del sistema radicular que se encuentra suspendido dentro de los conductos. La solución nutritiva es impulsada hacia la parte superior del sistema, descendiendo hacia los conductos de la parte baja por el efecto de la gravedad. Posteriormente, pasa hacia las tuberías de desagüe que conducen la solución nuevamente hacia el depósito (Delaide et al., 2016). La estructura del sistema puede ser vertical, en forma de “A” o rectangular, brindando la facilidad de implementarse con materiales y equipos económicos (Leyva Ovalle, 2016).

Finalmente, Santos et al. (2013) mencionan que el cultivo de lechuga bajo el NFT puede llegar a producir hasta 23 t ha^{-1} , a diferencia del convencional que produce de 5 a 7 t ha^{-1} . Por ello, es indispensable brindar un adecuado manejo de la solución nutritiva, como es un análisis químico periódico para ir sustituyendo los nutrientes que se van agotando o renovando de 8 a 15 días. La recirculación debe hacerse a intervalos de una hora, con una duración de 5, 10, 15 o 20 minutos.

Bajo este marco de referencia, el presente trabajo tuvo como objetivo evaluar los indicadores morfológicos, productivos y el rendimiento agrícola de las variedades de lechuga Cherokee Rz (81-36) y Starfighter Rz (81-85), en sistema hidropónico NFT y sistema convencional.

MÉTODO

El estudio se llevó a cabo en el Centro Experimental de Investigación y Producción Amazónica (CEIPA). El centro es localizado en la vía del Puyo al Tena en el kilómetro 44, cantón Arosemena Tola, en la provincia de Napo, Ecuador en la confluencia de los ríos Piatúa y Anzu. La temperatura promedio de 24 °C, altitud de 547 msnm y precipitación anual entre 3,654.5 y 5,516 mm.

El sistema NFT se instaló en una casa de cultivo con cubierta de plástico, bajo condiciones semiprotegidas y malla antiáfidos en los laterales, un depósito plástico de 600 L bajo el nivel del suelo y un sistema de circulación para la solución nutritiva mediante

Javier Domínguez-Brito; Karina Carrera-Sánchez; Verónica Estefanía Morocho-Noboa; Jorge Alba-Rojas

bombeo automatizado, usando el temporizador Camsco KG 316T para controlar el encendido y apagado de la bomba sumergible, con una circulación de la solución nutritiva de 6 minutos y 1 hora de apagado, en este sistema se utilizó la solución nutritiva descrita en la Tabla 1, reponiéndose el agua consumida del sistema semanalmente.

Tabla 1.
Componentes de la solución nutritiva.

	Elementos	Solución A	Solución C	Solución B	Total	Total, aplicado
Macronutrientes (g/100 ml)	N	1.11	0.07	0.21	1.39	13.9
	P	1.990	0.00	0.00	1.99	19.9
	S	0.03	0.01	1.08	1.12	11.2
	K	9.80	0.06	0.97	10.83	108.3
	Ca	0.72	13.16	0.45	14.33	143.3
	Mg	0.17	0.09	3.54	3.80	38.0
Micronutrientes (ml/L)	Zn	3.63	9.80	192.70	206.13	206.13
	Cu	0.07	0.02	143.2	143.29	143.29
	Fe	31	36	362	429.00	429.00
	Mn	26.2	31.3	853.7	912.20	912.20
	B	10.34	55.80	28.75	94.89	94.89

Elaboración: Los autores.

En el caso del sistema convencional a campo abierto, se realizaron labores de deshierbe, preparación del suelo y abonado con 100 kg de gallinaza por parcela de 1,86 m², previo al trasplante. En este sistema se realizaron durante el ciclo del cultivo, cada siete días, aplicaciones de fertilizantes foliares, 1,26 ml/L de un fertilizante foliar bioestimulante llamado Evergreen, como fungicida se aplicó Phyton cada 15 días 2,5 ml/L e insecticida, 0,75 ml/L de Katana, insecticida de contacto e ingestión del grupo de los piretroides.

La estructura tipo “A” (Figura 1a), contó con 20 tubos blancos de PVC de 3 m de largo y 10.16 cm de diámetro, separados a 20.7 cm y distancia entre plantas de 20.0 cm para un total de 24 plantas m⁻², con la misma distribución y marco de plantación para el sistema a campo abierto (C) (Figura 1b). El área del sistema “NFT” fue de 9.8 m² y 280 plantas,

Javier Domínguez-Brito; Karina Carrera-Sánchez; Verónica Estefanía Morocho-Noboa; Jorge Alba-Rojas

a campo 30.14 m² también con 280 plantas. Se utilizaron las variedades de lechuga Cherokee Rz (81-36) y Starfighter Rz (81-85), V1 y V2, respectivamente.

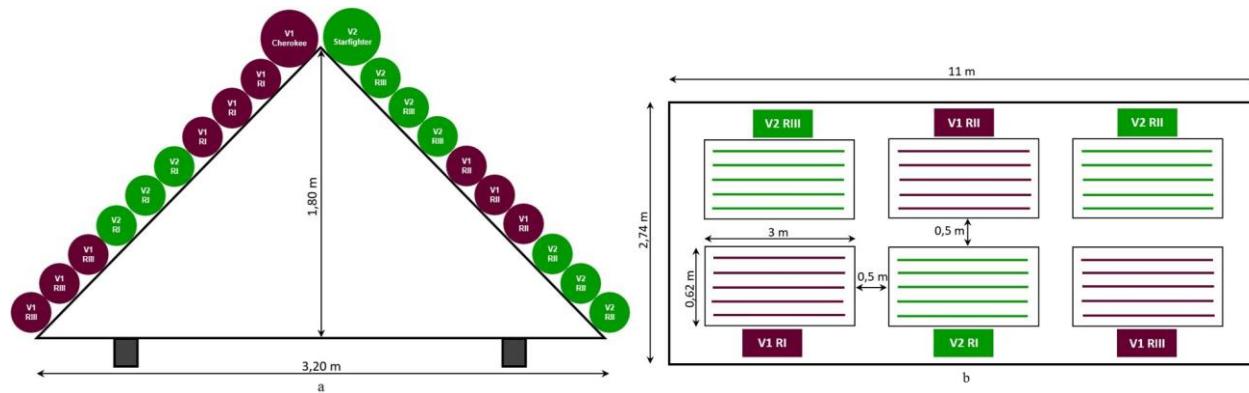


Figura 1. Distribución de las variedades, a) en sistema NFT de estructura tipo “A”, b) en el sistema a campo abierto.

Elaboración: Los autores.

Se utilizó un diseño experimental completamente al azar (DCA) con tres repeticiones, los datos obtenidos fueron evaluados e interpretados a través de un ANOVA y se comprobaron las medias mediante la Prueba de Rangos Múltiples de Tukey ($\alpha \leq 0.05$) para ello se empleó el paquete estadístico Statgraphics Centurion XVI.

Para determinar la dinámica de crecimiento y desarrollo del cultivo, se evaluaron siete plantas seleccionadas al azar de cada repetición, a los 28 y 35 días desde el trasplante (ddt) en los sistemas NFT y a campo abierto, se midió: altura de la planta (cm), número de hojas, diámetro del tallo (mm), área foliar (cm²), peso fresco (g) y rendimiento agrícola (kg ha⁻¹).

RESULTADOS

Comportamiento de la altura de planta, número de hojas, área foliar, peso fresco y rendimiento agrícola en los sistemas de cultivo y variedades a los 28 y 35 días. Como se observa en la Tabla 2, la altura de la planta presenta diferencias significativas entre los sistemas de cultivo y también entre variedades.

Javier Domínguez-Brito; Karina Carrera-Sánchez; Verónica Estefanía Morocho-Noboa; Jorge Alba-Rojas

Tabla 2.

Comparación de medias de diferentes variables en dos variedades de lechuga evaluadas en dos sistemas de cultivo.

Factor Días	Sistema de Cultivo		Variedad	
	NFT	C	V1	V2
Altura de la planta (cm)	28	30.2 a	13.3 b	19.6 b
	35	39.7 a	14.6 b	24.7 b
Diámetro del tallo (mm)	28	5.4 a	4.5 b	4.9 a
	35	8.3 a	5.5 b	6.8 a
Número de hojas	28	10.2 a	8.6 b	8.9 b
	35	17.6 a	12.1 b	14.3 a
Área foliar (cm ²)	28	716.1 a	322.4 b	506.3 b
	35	2 225.6 a	932.7 b	1 433.3 b
Peso fresco (g)	35	89.8 a	31.6 b	54.3 b
				67.1 a

Elaboración: Los autores.

El experimento realizado en el sistema hidropónico mostró plantas con mayor altura que las cultivadas a campo abierto, 39.6 cm y 14.6 cm respectivamente, pudiéndose deber a la disponibilidad de nutrientes directamente en el sistema radicular de las plantas y también a la menor cantidad de luz debido a la cubierta plástica de la casa de cultivo.

En cuanto al número de hojas, independientemente de la variedad, las plantas cultivadas en la Técnica de Película Nutritiva continuaron diferenciándose estadísticamente a las cultivadas en el convencional a campo, reportando 10.2 y 8.6 hojas respectivamente a las 28 ddt, manteniéndose el mismo comportamiento a los 35 ddt con 17.6 y 12.1 hojas respectivamente. Para el diámetro del tallo, existió diferencia significativa en las dos fechas entre el sistema NFT y a campo abierto, con 8.3 mm y 5.5 mm respectivamente. Adicionalmente, el área foliar también presentó diferencias estadísticamente significativas, tanto para sistemas de cultivo como variedad, en las dos fechas de estudio. A los 35 días las plantas cultivadas en el sistema NFT tuvieron 2225.6 cm² de área foliar, superior a los 932.7 cm² de las cultivadas a campo abierto.

Javier Domínguez-Brito; Karina Carrera-Sánchez; Verónica Estefanía Morocho-Noboa; Jorge Alba-Rojas

En el caso de la variable peso fresco al igual que en el área foliar tampoco existió efecto significativo en la interacción de los factores, en los dos sistemas de cultivo y variedad a los 28 y 35 días, obteniéndose un peso fresco de 89.8 g para el sistema NFT.

A los 35 ddt el rendimiento agrícola presentó diferencia significativa para sistemas de cultivo y también en las variedades; alcanzándose en el sistema hidropónico (NFT) un promedio de 21552 kg ha^{-1} superior a los 7584 t ha^{-1} del sistema a campo abierto (C). La variedad Starfighter Rz 81-85 (V2) obtuvo 16104 t ha^{-1} y la variedad Cherokee Rz 81-36 (V1) 13032 t ha^{-1} .

Al comparar las variedades en cada sistema como se observa en la Figura 2, la V2 fue superior a la V1 en el tratamiento a campo abierto, existiendo diferencias significativas. En el sistema NFT en ambas variedades los resultados fueron superior a los de campo, aunque no existieron diferencias la variedad V2 reportó los mayores valores.

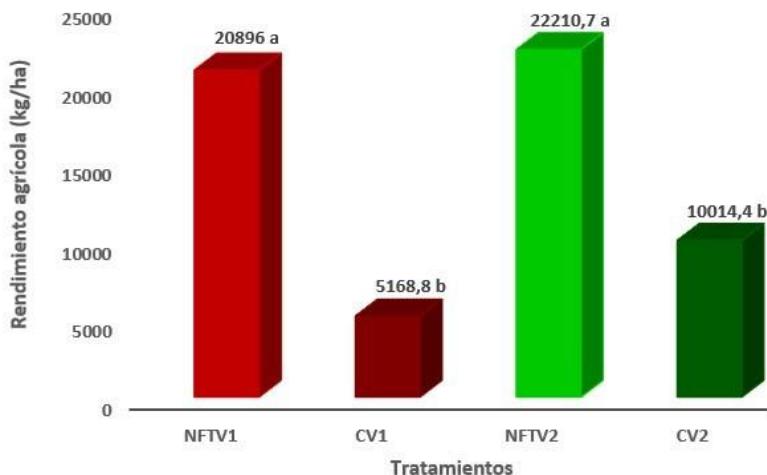


Figura 2. Valores medios de sistema de cultivo y variedad para rendimiento agrícola de lechuga a 35 días de trasplante.

Elaboración: Los autores.

DISCUSIÓN

Los resultados del experimento realizado en el sistema hidropónico, en el caso del NFT, fueron superiores a los reportados por Al-Tawaha et al. (2018), ellos evaluaron el efecto

Javier Domínguez-Brito; Karina Carrera-Sánchez; Verónica Estefanía Morocho-Noboa; Jorge Alba-Rojas

de la velocidad de flujo del agua en la altura de la planta de lechuga en hidroponía con un período de 40 días, para 20 L h⁻¹ obtuvieron una altura de 28 cm y señalaron que los factores genéticos y climáticos inciden de distintas maneras en esta variable, pero el más importante es la disponibilidad de los nutrientes en la solución nutritiva. Por otra parte, Afton (2018) en el Sur de Louisiana con 12 horas luz y 19.4 °C a campo abierto, reportó una altura de 15.8 cm de la variedad Batavia, también inferiores a estos.

En cuanto al número de hojas, se obtuvieron resultados superiores a los de Alemán *et al.* (2018) quienes reportaron 11 hojas por planta, también a los reportados por Paterlini *et al.* (2019), quienes reportaron 8 hojas por planta.

El área foliar presentó valores superiores a los obtenidos por Mampholo *et al.* (2016), quienes utilizaron un sistema de técnica de película de grava y obtuvieron 1,538 cm² a los 30 ddt, e inferiores a los obtenidos por Afton (2018), que en campo a los 40 ddt la variedad Cherokee obtuvo 2,189.7 cm² y la Satarfighter 2,954.8 cm². Si bien es cierto, los autores indicaron que sus ensayos presentaron condiciones óptimas; como, temperatura, humedad y horas luz.

En el caso de la variable peso fresco se obtuvo un resultado superior a los 52.9 g de peso obtenido por Afton (2018), también la variedad V2 reportó valores superiores a los de Afton. Los autores Ayala *et al.* (2019) también indican que a los 35 ddt del trasplante en la variedad Crespa Roja obtuvieron un peso de 180 g a 200 g por planta. Por último, Mampholo *et al.* (2016) obtuvieron a campo 113.6 g para la V1 y 191.5 g en la V2, valores superiores a los de este experimento.

Por lo tanto, a partir del análisis se considera que las variedades difieren por sus características genéticas. Lo mismo señalaron Ayala *et al.* (2019), donde obtuvieron mayor promedio en la variedad Crocantela con un valor de 39,300 kg/ha superior a la Rubinela 28,400 kg/ha, concluyendo que este resultado se debe a la diferencia de tamaño de las variedades.

Javier Domínguez-Brito; Karina Carrera-Sánchez; Verónica Estefanía Morocho-Noboa; Jorge Alba-Rojas

CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados obtenidos en la presente investigación, al comparar las características morfológicas de las variedades en función de cada sistema; los mejores resultados se obtuvieron en el sistema hidropónico NFT y la V2 (Starfighter Rz 81 - 85). Por consiguiente, el rendimiento agrícola reflejo los mismos resultados, el hidropónico NFT se diferenció estadísticamente del convencional a campo y entre las variedades, la V2 se diferenció estadísticamente de la variedad V1 (Cherokee Rz 81 – 36).

FINANCIAMIENTO

No monetario

AGRADECIMIENTO

A todos los actores sociales involucrados en el desarrollo de la investigación.

REFERENCIAS CONSULTADAS

Afton, W. (2018). *Evaluation of growth characteristics, yield, marketability and nitrate levels of lettuce (Lactuca sativa L.) cultivars produced in South Louisiana*. [Master's Theses, Louisiana State University]. LSU Scholarly Repository. https://doi.org/10.31390/gradschool_theses.4382

Alemán-Pérez, R., Bravo, C., y Oña, M. (2014). Posibilidades de producir hortalizas en la Región Amazónica del Ecuador, provincia de Pastaza. *Centro Agrícola*, 41(1), 67-72. <https://n9.cl/uah9p>

Al-Tawaha, A., Al-Karaki, A., Sirajuddin, S., Makhadmeh, I., Wahab, P., Youssef, R., Al Sultan, W., y Massadeh, A. (2018). Effect of water flow rate on quantity and quality of lettuce (*Lactuca sativa L.*) in nutrient film technique (NFT) under hydroponics conditions. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 24(5), 793–800. <https://www.agrojournal.org/24/05-09.html>

Javier Domínguez-Brito; Karina Carrera-Sánchez; Verónica Estefanía Morocho-Noboa; Jorge Alba-Rojas

Ayala Apaza, B. V., Huanca Chui, C., y Fernández Chávez. (2019). Evaluación del cultivo de la lechuga (*Lactuca sativa*) en sistema hidropónico bajo dos niveles de cloruro de potasio. *Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales*, 6(2), 66-71. <https://n9.cl/srd3a>

Balboa Laura, M. H., y Ruiz Bustos, L. E. (2017). Consumo del suministro nutricional en un sistema hidropónico NFT caso experimental: cultivo de lechuga (*Lactuca Sativa L*) variedad crispa. *Revista Tecnológica*, 13(19), 19-20. <https://n9.cl/03558n>

Cun González, R. (2015). Evapotranspiración y coeficiente de cultivo de la lechuga (BSS-13) en condiciones de Organopónico. *Revista Ingeniería Agrícola* 5(2), 10-15. <https://n9.cl/490ef>

Delaide, B., Goddek, S., Gott, J., Soyeurt, H., y Jijakli, M.H. (2016). Lettuce (*Lactuca sativa L. var. Sucrine*) Growth Performance in Complemented Aquaponic Solution Outperforms Hydroponics. *Water*, 8(10), 467. <https://doi.org/10.3390/w8100467>

FAO. (2025). *Valor de la Producción Agrícola*. FAOSTAT. <https://www.fao.org/faostat/es/#data/QV>

Jaramillo, J., Aguilar, P., Espitia, E., Tamayo, P., Argüello, O., y Guzmán, M. (2014). *Modelo tecnológico para el cultivo de lechuga en el Oriente Antioqueño*. Corporación colombiana de investigación agropecuaria – AGROSAVIA. <http://hdl.handle.net/20.500.12324/13758>

Leyva Ovalle, O. R. (2016). Sistema eficiente para producción de lechuga (*Lactuca sativa L.*). *Agroproductividad*, 9(6), 56-61. <https://n9.cl/lvre6>

Mampholo, B. M., Maboko, M. M., Soundy, P., y Sivakumar, D. (2016). Phytochemicals and overall quality of leafy lettuce (*Lactuca sativa L.*) varieties grown in closed hydroponic system. *Journal of Food Quality*, 39(6), 805-815. <https://doi.org/10.1111%2Fjfq.12234>

Paterlini, H., González, M., y Picone, L. (2019). Producción de lechuga en suelo con aplicación de compost de cama de pollo. *Ciencia del suelo*, 37(1), 38-50. <https://n9.cl/9svh1>

Pelchor, J. (2017). *Estudio comparativo de producción y comercialización de dos sistemas de producción: convencional y agroecológico del cultivo de lechuga en el cantón Cuenca*. [Tesis de Maestría, Universidad de Cuenca]. <https://n9.cl/gs72i>

Javier Domínguez-Brito; Karina Carrera-Sánchez; Verónica Estefanía Morocho-Noboa; Jorge Alba-Rojas

Ramírez, G. A. V., Valencia, B. G., Cardona, M. L. O., López, L. M. D., Álvarez, B. E. J., y Hinestrosa, H. E. G. (2018). Evaluación comparativa de lechuga (*Lactuca sativa* L.) “Verónica” bajo condiciones controladas en dos métodos de producción. *Encuentro Sennova del Oriente Antioqueño*, 4(0), 36-46. <https://n9.cl/dlhbs>

Rodríguez, D. A., Ortega Toro, R., y Piñeros Castro, Y. (2018). Propiedades Fisicoquímicas, Funcionales y Microbiológicas de Lechuga (*Lactuca sativa* L.) adicionada con Ácidos Orgánicos. *Información tecnológica*, 29(4), 21-30. <http://doi.org/10.4067/S0718-07642018000400021>

Santos Júnior, J. A., Gheyi, H. R., Soares, F. A., y Días, N. D. S. (2013). Efficiency of water use in sunflower grown in hydroponic system under saline stress. *Engenharia Agrícola*, 33(4), 718-729. <https://doi.org/10.1590/S0100-69162013000400011>

Terceros, M. J., y Villacorta, W.B. 2019. Establecimiento de un sistema hidropónico con la técnica de película nutritiva (NFT) en el cultivo de Lechuga (*Lactuca sativa* L.) en la Estación Experimental Patacamaya, La Paz. *Apthapi*, 5(2), 1608-1615. <https://n9.cl/m6xy3u>

©2026 por los autores. Este artículo es de acceso abierto y distribuido según los términos y condiciones de la licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0) (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>).