



Evaluación del cultivo de lechuga hidropónica (*lactuca sativa* L.) en raíz flotante bajo diferentes soluciones nutritivas

Evaluation of the cultivation of hydroponic lettuce (*lactuca sativa* L.) In floating root under different nutritional solutions

*Artículo resultado de proyecto de investigación financiado por
La Universidad Estatal de Santa Elena*

Joselyn Jeniffer Ricardo Morales
Universidad Estatal de Santa Elena
<https://orcid.org/0000-0001-5587-5742>
Joselyn.ricardom@upse.edu.ec
Santa Elena Ecuador

Rosa Elena Pertierra Lazo
Universidad Estatal de Santa Elena
<https://orcid.org/0000-0001-8938-9849>
rosaper.tierral@upse.edu.ec
Santa Elena- Ecuador

<http://centrosuragraria.com/index.php/revista>

Publicada por: Instituto Edwards Deming
Quito - Ecuador
Enero - Junio vol. 1. Num. 5 2020

Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons
Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional.

RECIBIDO: 13 DE JUNIO 2019
ACEPTADO: 9 DE NOVIEMBRE 2019
PUBLICADO: 4 DE ENERO 2020

RESUMEN

La Península de Santa Elena considerada como una zona semiárida presenta dificultades en el aprovechamiento de sus condiciones climáticas como déficit hídrico, suelos salinos, degradados y/o contaminados. La hidroponía se presenta como una alternativa de producción ante dicha problemática. La lechuga es el principal cultivo hidropónico a nivel mundial y nacional, pero debido a su condición de planta de estación fría es importante evaluar su factibilidad técnica antes de recomendar su uso en este sistema productivo que requiere de una alta inversión económica. El objetivo de esta investigación fue evaluar el comportamiento agronómico de un cultivo protegido de lechuga hidropónica cv. Crespa sometida a tres soluciones nutritivas: Hoagland/Arnon, Sonneveld/Voogt y Steiner, con cuatro réplicas y 20 plantas por unidad experimental, en promedio de todos los cultivos realizados. Se repitió el cultivo en cuatro oportunidades entre los meses de enero a mayo del 2018 para determinar la consistencia de los datos. La plantación de lechuga se realizó bajo el sistema de raíz flotante en tresbolillo con un distanciamiento 0,2 x 0,17 m entre plantas. Los tratamientos se distribuyeron bajo un diseño de bloques completo al azar, para la evaluación de medias se utilizó la prueba de Tukey al 95% de confianza. Las variables evaluadas fueron: número y longitud de hojas, peso y altura planta, largo de raíz, peso fresco y seco de la parte aérea y radicular y porcentaje de materia seca. Los resultados indican que bajo los tres niveles de fertilización, como promedio de las cuatro épocas de plantación, las plantas alcanzaron un promedio de 131.8 g por debajo de los 150 g considerado el peso comercial. La formulación fertilizante Hoagland y Arnon alcanzó los mejores resultados en todas las variables evaluadas con 142.8 g planta⁻¹, 23 hojas planta⁻¹, 22.2 cm de largo de hoja, 6.77% y 4.88% de materia seca foliar y radicular. Esta solución fertilizante se perfiló como la más adecuada, dentro de las cuatro épocas evaluadas, para el cultivo de lechuga hidropónica bajo las condiciones agroclimáticas de la península de Santa Elena

PALABRAS CLAVE: Cultivo sin suelo, nutrición vegetal, soluciones nutritivas.

ABSTRACT

The Santa Elena Peninsula considered as a semi-arid zone presents difficulties in taking advantage of its climatic conditions such as water deficit, saline soils, degraded and/or polluted. Hydroponics is presented as a production alternative to this problem. Lettuce is the main hydroponic crop worldwide and nationally but due to its condition as a cold season plant it is important to evaluate its technical feasibility before recommending its use in this productive system that requires high economic investment. The objective of this research was to evaluate the agronomic behavior of a protected crop of hydroponic lettuce cv. Crespa subjected to three nutritive solutions: Hoagland / Arnon, Sonneveld / Voogt and Steiner, with four replications and 20 plants per experimental unit, on average of all the crops grown. The crop was repeated four times between the months of January to May of 2018 to determine the consistency of the data. The plantation of lettuce was carried out under the floating root system in quincunx with a distance of 0.2 x 0.17 m between plants. The treatments were distributed under a randomized complete block design, for the evaluation of means, the

Tukey test was used at 95% confidence. The variables evaluated were: number and length of leaves, weight and height of the plant, root length, fresh and dry weight of the area and radicular part and percentage of dry matter. The results indicate that under the three levels of fertilization, as an average of the four seasons of planting, the plants reached an average of 131.8 g below the 150 g considered the commercial weight. However, the fertilizer formulation Hoagland and Arnon achieved the best results in all the variables evaluated with 142.8 g plant⁻¹, 23 plant⁻¹ leaves, 22.2 cm leaf length, 6.77% and 4.88% of foliar and radicular dry matter. This fertilizer solution was profiled as the most appropriate, within the four seasons evaluated, for the cultivation of hydroponic lettuce under the agroclimatic conditions of the Santa Elena peninsula.

KEY WORDS: Soilless cultivation, plant nutrition, nutritive solutions.

INTRODUCCIÓN

La lechuga (*Lactuca Sativa L.*), a nivel mundial es la cuarta especie de mayor importancia, debido al incremento de producción por superficie y consumo. El principal país productor de lechuga es China ocupando el 77% de producción, seguido de EE. UU, India, España e Italia, según la FAO (2014).

Los principales cultivos establecidos en hidroponía son: tomate, lechuga, pimiento y pepino. A nivel mundial se estima que los cultivos hidropónicos generan ingresos por 821 millones de dólares con un crecimiento anual de 4.5% (IBISWORLD, 2016). En Sudamérica, la lechuga representa el 49% de la superficie hidropónica (INTAGRI, 2017).

Según Solorzano y Bastidas (2014), esta hortaliza se la consume cruda como típica ensalada. Es muy codiciada en la dieta moderna por su bajo contenido calórico, alto contenido de agua, minerales, vitaminas y fibra. La lechuga se cultiva en casi todo el mundo bajo diferentes sistemas, ya sea al aire libre o en invernaderos siendo un cultivo cosmopolita (Saavedra, 2017).

En Ecuador la producción de lechuga se está proyectando con éxito en los mercados locales cuya demanda ha crecido en los últimos años (Ortega *et al.*, 2013). En el país hay 1.278 hectáreas con un rendimiento promedio de 7.92 t ha⁻¹. La lechuga criolla (var. crispa) constituye el 70% de la producción local, mientras el 30% corresponde al tipo romana (var. longifolius) y crespita (var. acephala), tanto verde como roja (MAGAP, 2012).

De conformidad con Villacís y Peña (2014), el cultivo se concentra más en las provincias de Azuay, Pichincha, Tungurahua y Loja donde las temperaturas oscilan entre los 15 a 20 °C. La empresa Green Lab, la mayor de las especializadas en cultivos hidropónicos, produce 30 toneladas de lechuga por mes, su producción es empacada y trasladada a los supermercados de la corporación Favorita y Mi Comisariato (Briones *et al.*, 2014).

En la Península de Santa Elena se caracteriza por ser una zona semiárida con un alto potencial agrícola por su condición de climática. Pero la gran limitante del desarrollo agroindustrial, siempre ha sido la disponibilidad del recurso hídrico, además de los suelos salinos degradados y/o contaminados. Aquí la producción de lechuga no se da a escala comercial debido a su condición de planta de estación fría.

La actual construcción del proyecto Chongón - San Vicente el cual trasvasa agua del río Daule no abastece la irrigación suficiente en las zonas con mayor potencial agrícola, teniendo sembrado apenas el 15% del área influenciada (Troya, 2014). Esta temática provoca una serie de programas y estudios que incentiven proyectos de desarrollo agrícola, teniendo como eje la actual disponibilidad del recurso hídrico.

El cultivo de lechuga es muy sensible al déficit hídrico por su sistema radicular poco profundo, exigiendo niveles hídricos en suelo cercano a capacidad de campo. Esto lleva al productor a la aplicación continua de agua que, en la mayoría de casos resulta ser superior a sus necesidades. La hidroponía se presenta como una alternativa de producción antes las dificultades mencionadas. Su principal ventaja es la eficiencia de agua y el incremento de producción por unidad de superficie. Sin embargo, es importante evaluar su factibilidad técnica antes de recomendar la implementación de este sistema productivo, el cual requiere de una alta inversión económica.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo de investigación se realizó en las instalaciones de la Universidad Estatal Península de Santa Elena, ubicada en el cantón La Libertad, provincia de Santa Elena, en los meses de enero a mayo del 2018. Los datos de clima con los promedios de los últimos 10 años fueron obtenidos del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (Tabla 9).

Característica del agua

Los resultados del análisis de agua, realizado en INIAP- Pichilingue, presentó una baja salinidad, bajos contenidos de sodio, aptas para el riego.

El trabajo de investigación se efectuó en un invernadero galvanizado de 200 m² (20 m de largo, 10 m de ancho y 4 m de alto) con cubierta del techo de polietileno UV/IR calibre 6, paredes frontales y laterales protegida con malla blanca 50% de sombreo.

En la parte exterior del invernadero se ubicaron tres estanques de 500 litros en una fosa que permitió una altura de mínimo 0.5 m desde el suelo hasta el espejo de agua. En el interior de dichos estanques se instaló una bomba sumergible de 0.5 HP. Además, se implementaron tuberías de recirculación para cada una de las soluciones nutritivas y al interior del invernadero se instaló un programador de riego automático.

Para la instalación del sistema se utilizaron contenedores de madera. El ancho y largo del cajón fue 1 m x 3 m, el mismo que fue dividido en tres unidades experimentales de 1 m cada uno. En la base del contenedor se incrustó un conector de salida (drenaje), que permitió la recirculación. Luego se plegó un polietileno negro, el cual retuvo la masa de agua y dio oscuridad al sistema radicular impidiendo la formación de algas.

RESULTADOS

La temperatura promedio medida en el interior de la nave fue 36,8 °C como máxima y 21,1 °C como mínima entre los meses de enero a mayo del 2018 (Tabla 16). Estos valores térmicos no se consideraron adecuados para la especie, ya que González (2014) menciona que la temperatura óptima para el crecimiento de la lechuga es de 14 °C a 18 °C. Sin embargo Leiva (2017) indica que bajo condiciones extremas se aceptan temperaturas mínimas de 6 °C y máximas de 30 °C. Esta es la causa por la cual las plantas no alcanzaron un elevado peso comercial a cosecha y emitieron prematuramente el escape floral. Velásquez *et al.* (2014) señalan que cuando la temperatura se encuentra por encima de los 30 °C no permite un buen desarrollo de las plantas, provocando algunos de los efectos no deseados como la subida de la flor en los cultivos de lechuga.

La humedad relativa promedio fue de 90% (medida en la mañana) como máxima y 26,1% (medida en la tarde) como mínima (Tabla 16). González (2014) reporta que la humedad máxima y mínima adecuada para el cultivo de lechuga es de 80% y 60%, respectivamente. Estos valores concuerdan con los propuestos por Quintero y Acuña (2012), bajo el uso de cubierta térmica. Posiblemente este parámetro provocó estrés en el metabolismo de la planta junto con el factor térmico. Según Velásquez *et al.* (2014), cuando la humedad es muy elevada la planta transpira poco y reduce el transporte de nutrimentos desde las raíces hasta las hojas. La intensidad lumínica promedio en las dos últimas épocas de plantación fue 32 658 y 36 316 lux. El requerimiento ideal para el cultivo de lechuga es de 12 000 a 30 000 lux (Environment, 2015); por tanto, los valores de las dos primeras épocas de plantación (húmedo) se consideraron adecuados con 28 735 y 27 097 lux, respectivamente.

Estos valores influyeron en la ganancia de peso seco del follaje. Rodríguez (2018) recalca la importancia de la fijación de los rayos lumínicos en la etapa vegetativa de la planta donde la fotosíntesis permite el crecimiento de las células, especialmente en los cultivos donde la parte comercial son las hojas. Es decir que mientras más expuestas estén a la radiación solar mayor será la ganancia de peso seco.

El tiempo térmico acumulado a la cosecha de cada uno de los cultivos en los diferentes meses de trasplante (enero, febrero, marzo y mayo) fueron 516, 492, 510 y 503. Se asumió un valor promedio de 505 como determinante, para la variedad Crespa utilizada en el ensayo, para pasar a la fase reproductiva (emisión del escapo floral). La cosecha varió para las distintas épocas de plantación entre los 22 y 25 días después del trasplante (Figura 6). Esto indica que podemos estimar 10 a 12 cosechas anuales de lechuga hidropónica en la provincia de Santa Elena, superando a las 9 logradas en la sierra ecuatoriana.

Los resultados coinciden con Gutiérrez (2015) quien registró 441 y 540 grados días acumulados (GDA) para las cosechas de lechuga, var. *acephala* y *capitata*, efectuadas a los 52 y 60 DDT, respectivamente. La variación en la respuesta a la acumulación de GD y número de días a cosecha podría deberse al genotipo. Cada híbrido o variedad puede responder de manera diferente a las condiciones

La respuesta de la luz diaria integrada, se refleja en la tasa de crecimiento especialmente para las variedades verdes y la coloración más profunda para las variedades moradas o rojas (Quintero, 2015).

La diferencia en los valores obtenidos durante los dos primeros ciclos (enero y febrero) se explica por los niveles de nubosidad presentados en la zona durante el estudio, variando entre las cuatro fechas entre 23.42 y 31.67 mol m⁻²d⁻¹. Los dos últimos ciclos registraron valores más altos debido a época seca (Tabla 17). Estos valores se consideraron excesivos según INTAGRI (s/f) inhibiendo, tal vez, el aumento de peso fresco foliar o acelerando la floración y afectando su calidad comercial.

CONCLUSIONES

Las soluciones fertilizantes se mostraron diferentes a partir los quince días después del trasplante en las variables: número y largo de la hoja, altura de planta, peso de la raíz, peso fresco y seco de la parte aérea y radicular. La solución Hoagland/Arnon alcanzó los mejores resultados en dichas variables.

La cosecha de lechuga cv. Crespa varió para las distintas épocas de plantación entre los 22 y 25 días después del trasplante, necesitando como promedio 505 grados días acumulados para la emisión del escapo floral. Esto permite estimar de 10 a 12 cosechas anuales de lechuga hidropónica en la provincia de Santa Elena.

El pH de las soluciones nutritivas se mantuvo siempre en rangos adecuados. La conductividad eléctrica de la solución nutritiva fue crítica bajo la solución Steiner. Las formulaciones Hoagland/Arnon y Sonneveld/Voogt presentaron los niveles más cercanos al óptimo para el cultivo. En cuanto a la temperatura de solución hubo excesiva temperatura en las mezclas fertilizante, sin embargo, no se apreciaron daños evidentes a las plantas.

Las condiciones ambientales en las que crecieron las plantas incidieron en el peso comercial de la lechuga. Los principales factores climáticos fueron la temperatura máxima y la radicación (ambas excesivas), los cuales incidieron en la precocidad de la cosecha y la emisión del escapo floral.

Los tratamientos fertilizantes mostraron diferencias estadísticas respecto al rendimiento de planta completa (follaje y raíz) de lechuga cv. Crespa. Bajo la solución Hoagland/Arnon se obtuvo el mejor rendimiento por planta, como promedio de cuatro fechas de plantación.

El rendimiento por planta completa obtenido en todas las épocas del cultivo no cumplió con el peso mínimo de 150 g, sin embargo obtuvo el aspecto visual de acuerdo a los estándares comerciales.

REFERENCIAS

- Almaguer, P., Rodríguez, H., Barrientos, L., Mora, S., Vidales, J. (2014) Relación entre grados días y la producción de *Opuntia ficus-indica* para consumo humano. *Ciencias agrícolas. Revista Científica*. México. Vol. 5. No 6, pp 11-16.
- Beltrano, J., and Giménez, D. (2015) Cultivo en hidroponía. Universidad Nacional de la Plata. Primera edición., Buenos Aires: Argentina.
- Benavides, A., Preciado, P. and Favela, E. (2014) Manual para la preparación de soluciones nutritivas. Segunda edición., Lima-Perú: Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.
- Birgi, J. (2015) Producción de hortalizas de hoja. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Primera edición. Argentina. Disponible en:
<https://inta.gob.ar/documentos/produccion-hidroponica-de-hortalizas-de-hoja-0>. Consultado: 20/12/2018.
- Boyer, J., Fourqurean, J. & Jones, R. (1997) Spatial Characterization of Water Quality in Florida Bay and Whitewater y Multivariate Analyses: Zones of Similar Influence. *Estuaries* Vol. 20, No. 4, p. 743-758.
- Brenes, L. and Jiménez, M. (2016) Manual de Producción Hidropónica para hortalizas de hoja en sistemas NFT (Nutrient Film Technique). Primera edición. Costa Rica: Tecnológica de Costa Rica. Disponible en:
<https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/6581/manual-hidroponia-NFT.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Consultado: 12/09/2018.
- Briones, W., De la A, T., Mejía M. (2014) Producción y Exportación de lechugas hidropónicas al mercado alemán. Escuela Superior Politécnica del Litoral. Guayaquil: Ecuador.

- Cajo, A. M. (2016) Producción hidropónica de tres variedades de lechuga (*Lactuca sativa* L.), bajo el sistema NFT, con tres soluciones nutritivas., Ambato: Ecuador.
- Campbell, R., 2013. Reference sufficiency ranges for plant analysis in the southern region of the united states. Southern Cooperative series bulletin, Issue 394, pp. 85 - 86.
- Carreón, J. (2015) Peso fresco y estado nutrimental de lechuga Romana (*Lactuca sativa* L.), bajo diferentes soluciones nutritivas. Tesis. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Disponible en:
<http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/7665/63738%20MANZANO%20CARREON%20%20JULIO%20CESAR%20%20TESIS.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Consultado: 03/012/2018.
- Castañeda, F., Marulanda, C., Camey, C. & Mejía, L. (2010). Manual técnico hidroponía popular (cultivo sin tierra). Tercera edición. Guatemala. Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá.
- Catata, L. (2015) Tres Variedades de Lechuga (*Lactuca sativa* L.) y Dos Soluciones Nutritivas en Cultivo Hidropónico, en Sistema NFT Tipo Piramidal, bajo Condiciones de Invernadero en Arequipa. Tesis. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa. Perú. Disponible en: <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/384/M-21592.pdf?sequence=1>. Consultado: 08/09/2018.
- Cruz, J. y Matías, S. (2010). Adaptación de cinco híbridos de tomate con dos técnicas de poda cultivadas bajo sistema semihidropónica, en Manglaralto, cantón Santa Elena. Tesis. Facultad de Ciencias Agrarias. UPSE. Ecuador. Disponible en: <http://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/913>. Consultado: 2/12/2018.
- Delgado, E. D. (2016) Evaluación de tres variedades de lechuga con tres dosis de fitohormonas y quelatos inorgánicos y orgánicos cultivados en condiciones de hidroponía. Tesis. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad de Guayaquil. Ecuador.
- Defilipis, C., Pariani, S., Jiménez, A., Bouzo, C. (2014) Respuesta de riego de lechuga (*Lactuca sativa* L.) cultivada en invernadero. Revista científica. Universidad Nacional de Luján. Buenos Aires Argentina.
- Environment (2015) Luz en las plantas. Disponible en: https://www.hydroenv.com.mx/catalogo/index.php?main_page=page&id=221 Consultado: 26/11/2018.
- Estación Experimental Tropical "Pichilingue" (2016) Reporte de análisis de agua. Quevedo: Ecuador.
- FAO. (2014). Anuario estadístico. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura en América Latina y el Caribe. Vol. 1, No 4, pp. 107- 108.
- Favela, E., Preciado, P., Benavides, A. (2006). Manual para la preparación de soluciones nutritivas. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Departamento de Horticultura.
- Forero, R., Ricardo, A., Hollman, G., Ricardo, A., Luna, C., Rivera, C. (2011). Agricultura urbana: Sistemas de implementación de cultivo hidropónicos. Colombia. Revista de investigación, Universidad Nacional de Colombia. Vol. 1. No 4, pp 128-135.
- González, M. (2014). Cultivo de lechuga (*Lactuca sativa*). Requerimientos del clima y variedades. INIA. Chile. Disponible en:

<http://www.inia.cl/wpcontent/uploads/2014/08/Lechuga-Quilamapu.pdf>. Consultado: 23/11/2018.

Gutiérrez, F. (2014) Efecto del sulfato de hierro y ácidos húmicos en solución nutritiva en la producción de lechuga (*Lactuca sativa* var. Crispa L.), bajo hidroponía en Manglaralto, Provincia de Santa Elena. Tesis. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Estatal Península de Santa Elena. La Libertad. Ecuador. Disponible en:

<http://repositorio.upse.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/46000/2232/UPSE-TIA-2015-015.pdf>. Consultado: 15/12/2018.

Gutiérrez, T. J. (2015) Producción hidropónica de lechuga con y sin recirculación de la solución nutritiva. Tesis. Maestría de Ciencias en Horticultura. Instituto de horticultura de la Universidad Autónoma Chapingo.

Howard, M. (2013). Hydroponics for the Home Grower. En: Hydroponic Food Production: A Definitive Guidebook for the Advanced Home Gardener and the Commercial Hydroponic Grower. Seventh Edition, Canada. No 2, pp. 45 -50.

Hoyos, D., Gonzalo, J., Chavarría, H., Montoya, A., Correa, G. and Jaramillo, S. (2012). Acumulación de Grados-Día en un Cultivo de Pepino (*Cucumis sativus* L.) en un modelo de producción Aeropónico. Revista Facultad Nacional de Agronomía -Medellín, 65(1), pp. 23-30.

Huarte, D., Hidalgo, N. and Jaimes, E. (2014). Producción Hortícola bajo cubierta. Taxonomía del cultivo de la lechuga. Instituto Nacional de tecnología agropecuaria. Primera edición, Autónoma de Buenos Aires.

IBISWORLD (2016) Hydroponic Crop Farming: Market Research Report. IBISWorld Industry Research División. Estados Unidos de América. Disponible en: <https://www.ibisworld.com/industry-trends/specialized-market-research-reports/life-sciences/food-science/hydroponic-crop-farming.html>. Consultado: 07/06/2018.

INAMHI (2017) Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología. Anuario Meteorológico. Disponible en: <http://www.serviciometeorologico.gob.ec/> Consultado: 07/06/2018.

INTAGRI (S/F) Importancia de la radiación solar en la producción bajo invernadero. Instituto para la innovación tecnológica en la agricultura. Disponible en: <https://www.intagri.com/articulos/horticultura-protegida/importancia-de-la-radiacion-solar-en-la-produccion-bajo-invernadero>. Consultado: 24/01/2019.

INTAGRI (2017). La industria de los cultivos hidropónicos. Serie Horticultura Protegida. No 31. Artículos Técnicos de INTAGRI. México. Disponible en: <https://www.intagri.com/articulos/horticultura-protegida/la-industria-de-los-cultivos-hidroponicos>. Consultado: 24/01/2019.

Jacobson, A. (2016). 'Hydroponics Essential Guide: The Step-By-Step Hydroponic Gardening Guide to Grow Fruit, Vegetables, and Herbs at Home (Hydroponics for Beginners, Homesteading, Home Grower)'. 2da edición, Estados Unidos.

Junta de Andalucía (2013) Normativa verduras y hortalizas. Lechuga. Agencia de Defensa de la Competencia de Andalucía, España.