

EFFECTO DE BIOFERTILIZANTE A BASE DE GALLINAZA EN LA PRODUCCIÓN DE LECHUGA (*Lactuca sativa* L.) EN UN SISTEMA HIDROPÓNICO, CARAPEGUÁ, AÑO 2023

Víctor Ramón González Caballero¹⁷² Cristian Gregorio Orué¹⁷³

RESUMEN

El presente estudio se llevó a cabo en la Universidad Católica «Nuestra Señora de la Asunción», Unidad Pedagógica Carapeguá, y tuvo como objetivo evaluar los efectos de la utilización de biofertilizantes a base de gallinaza en la producción hidropónica de lechuga (*Lactuca sativa* L.). La metodología empleada en este estudio siguió un diseño experimental, con un enfoque cuantitativo y un nivel explicativo. La población del estudio consistió en 100 plantas de lechuga, y se utilizó una muestra del 10% para el análisis.

Los resultados obtenidos demostraron que la aplicación del biofertilizante a base de gallinaza tuvo un impacto positivo y significativo en los parámetros agronómicos de las plantas de lechuga. Se observó mejor crecimiento y desarrollo foliar y radicular, así como una mejora en la apariencia general de las plantas. Además, el uso del biofertilizante permitió obtener buenos rendimientos en términos de volumen y peso de las cabezas de lechuga, igualando el tiempo necesario para alcanzar la madurez de cosecha. El aná-

172 Víctor Ramón González Caballero es ingeniero agrónomo por la Universidad Católica «Nuestra Señora de la Asunción» Unidad Pedagógica Carapeguá, Máster Internacional en Agricultura Ecológica por la Business School Esneca, España. Maestrando en Gestión de la Ganadería Extensiva y Doctorando en Ingeniería en la Universidad Tecnológica Tech, México. Es docente de las carreras de Ingeniería Agronómica, Agropecuaria e Agroindustrial en diferentes instituciones de Educación Superior. Correo electrónico: victor.gonzalez@uc.edu.py, <https://orcid.org/0009-0003-7605-5112>

173 Cristian Gregorio Orué es ingeniero agrónomo por la Universidad Católica «Nuestra Señora de la Asunción», Unidad Pedagógica Carapeguá. Correo electrónico: oruecristian999@gmail.com

lisis de rentabilidad realizado reveló que la producción de lechuga en sistemas hidropónicos con la utilización de biofertilizantes a base de gallinaza es una alternativa altamente rentable. Se obtuvo un margen bruto de 850.000 guaraníes y una rentabilidad del 32% en base a 1000 plantas, sobre los costos totales de producción. Estos resultados demuestran que el uso de biofertilizantes orgánicos en la producción hidropónica de lechuga es una estrategia efectiva para mejorar la productividad y la sostenibilidad de este cultivo, los hallazgos permiten aceptar la hipótesis de la investigación, evidenciando que el empleo de biofertilizantes a base de gallinaza en sistemas hidropónicos de producción de lechuga es una alternativa viable y beneficiosa.

Palabras clave: producción de lechuga, sistema hidropónico, agricultura sostenible

ABSTRACT

The present study was carried out at the Universidad Católica “Nuestra Señora de la Asunción”, Unidad Pedagógica Carapeguá, and its objective was to evaluate the effects of the use of biofertilizers based on chicken manure on the hydroponic production of lettuce (*Lactuca sativa L.*). The methodology used in this study followed an experimental design, with a quantitative approach and an explanatory level. The study population consisted of 100 lettuce plants, and a 10% sample was used for the analysis. The results obtained showed that the application of the poultry manure-based biofertilizer had a positive and significant impact on the agronomic parameters of lettuce plants. Better leaf and root growth and development was observed, as well as an improvement in the general appearance of the plants. In addition, the use of the biofertilizer allowed obtaining good yields in terms of volume and weight of lettuce heads, matching the time needed to reach harvest maturity. The profitability analysis carried out revealed that lettuce production in hydroponic systems with the use of biofertilizers based on chicken manure is a highly profitable alternative. A gross margin of 850,000 guaraníes was obtained and a profitability of 32% based on 1000 plants, over total production costs. These results de-

monstrate that the use of organic biofertilizers in hydroponic lettuce production is an effective strategy to improve the productivity and sustainability of this crop. The findings allow the acceptance of the research hypothesis, showing that the use of biofertilizers based on poultry manure in hydroponic lettuce production systems is a viable and beneficial alternative.

Keywords: lettuce production, hydroponic system, sustainable agricultura

INTRODUCCIÓN

La producción de hortalizas es una actividad fundamental para garantizar la seguridad alimentaria y nutricional de la población (Arias-Giraldo *et al.*, 2022). Dentro de este sector, la lechuga (*Lactuca sativa* L.) es una de las hortalizas de hoja más consumidas a nivel mundial (Barrera-Vargas *et al.*, 2021). Sin embargo, los métodos convencionales de producción en suelo, que dependen en gran medida del uso de fertilizantes químicos sintéticos, presentan diversos desafíos, como la degradación del suelo, la contaminación ambiental y la insostenibilidad a largo plazo (Castillo-Ocampo *et al.*, 2020).

Una alternativa prometedora para la producción de lechuga es la hidroponía, un sistema de cultivo sin suelo que permite un mayor control de los factores de crecimiento y una mayor eficiencia en el uso de los recursos (Díaz-Serna *et al.*, 2019). Además, la incorporación de biofertilizantes a base de materiales orgánicos, como la gallinaza, puede aportar nutrientes esenciales a las plantas y mejorar la calidad del cultivo de una manera más sostenible (Gallego-Marín *et al.*, 2018). Por lo tanto, la producción de lechuga hidropónica es altamente compatible con el medio ambiente o cumple con criterio de sostenibilidad.

El presente estudio, que se enmarca dentro de la línea de investigación «Producción agropecuaria ecológica y sostenible», tuvo como objetivo evaluar el efecto del uso de un biofertilizante a base de gallinaza en la producción hidropónica de lechuga. Se analizó el efecto del biofertilizante en los comportamientos agrónomi-

cos, como el diámetro, peso y tiempo de terminación, la calidad de las hojas y la rentabilidad económica de este sistema de producción. Los resultados obtenidos permiten generar recomendaciones para los productores hortícolas interesados en adoptar tecnologías sostenibles y mejorar la eficiencia de sus operaciones.

Método

La investigación se llevó a cabo en el campo experimental de la Universidad Católica «Nuestra Señora de la Asunción» Unidad Pedagógica Carapeguá, ubicado a unos 87 km de la ciudad de Asunción (Coordenadas «S -25° 46' 54'', W -57° 14' 53''», según Google maps, 2022).

La metodología se basó en un enfoque cuantitativo, nivel explicativo y diseño experimental, es decir, se introdujo una variable, que es el empleo del biofertilizante a base de gallinaza en la producción de lechuga, en un sistema hidropónico.

El experimento se llevó a cabo en un invernadero con las siguientes dimensiones: 4 metros de largo, 4 metros de ancho y 3 metros de altura, con una capacidad para 150 plantas en la fase intermedia y 100 plantas en la fase final. Respecto a los materiales empleados en la estructura del invernadero, se utilizó parantes de eucalipto para la estructura y el techo de carpa de polietileno que según Almería (s.f.) «un plástico de baja densidad que tiene una durabilidad de entre dos a cuatro años» (párr. 8).

El manejo del invernadero se dividió en dos fases. La primera consistió en una producción intermedia, donde las plantas de lechuga permanecieron unos 15 días, hasta alcanzar el tamaño ideal para ser trasplantados a la fase 2, donde terminaron su ciclo productivo en unos 30 días posteriores al trasplante.

En cuanto al manejo de los niveles de ppm (partes por millón), en la fase 1 la solución nutritiva estuvo entre los rangos de 600 a 900 ppm; y la fase 2, entre 1000 a 1200 ppm. En ambos casos el pH (potencial de hidrógeno), se mantuvo entre 5,5 y 6,5.

Los materiales e ingredientes para la preparación del biofertilizante fueron los siguientes: tanques de plástico de 200 litros de

capacidad, con aro metálico o tapas roscadas, que permiten un cierre hermético para que se dé una buena fermentación del biofertilizante, de manera anaeróbica, es decir, sin la presencia de oxígeno. En la Tabla 1 se detallan los ingredientes y las cantidades.

Tabla 1

Biofertilizante

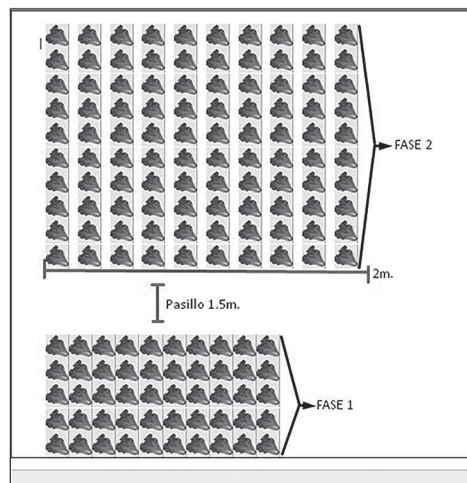
Ingredientes	Cantidades
Agua	180 litros
Excremento de gallina	50 kilos

Nota. Elaboración propia

El biofertilizante a base de gallinaza fue calibrado, según el requerimiento nutricional de la planta en base a la conductividad eléctrica y se llevó a cabo en dos fases: fase 1, 600 a 900 ppm; y fase 2, 1000 a 1200 ppm (ver Figura 1, unidades experimentales por fases).

Figura 1

Superficie de cosecha de la unidad experimental



Nota. Elaboración propia

En cambio, para el levantamiento de los datos, se recurrió a la observación a través de diario de campo, donde se registraron diariamente los diferentes niveles de pH y conductividad eléctrica. Sobre el diario de campo, Arias *et al.* (2016) sostienen que es una herramienta de investigación que contiene los datos obtenidos en la investigación de campo, de una manera ordenada, ya que el registro permite recoger pistas sobre el funcionamiento del sistema; debe ser utilizado para describir quién, qué, por qué, dónde, cuándo y cómo suceden los eventos, actividades o procesos que se desean responder como parte de la pregunta de investigación.

La población consistió en 100 plantas de lechuga, la capacidad con que cuenta el invernadero. En cambio, la muestra fue tomada de manera completamente al azar, y constituye el 10% de la población.

Para el procesamiento de los datos se utilizaron herramientas estadísticas y de evaluación económica, que permitieron determinar la viabilidad de este sistema de producción. Los resultados se presentan a continuación.

Resultados

Comportamientos agronómicos

Según se observa en la Tabla 2, la aplicación del biofertilizante a base de gallinaza tuvo efectos favorables y significativos sobre los principales parámetros agronómicos evaluados en el cultivo de lechuga (*Lactuca sativa L.*). Estos hallazgos sugieren que el uso de este tipo de biofertilizantes puede representar una alternativa viable y sostenible (aprovechamiento de residuos orgánicos) para mejorar el crecimiento, desarrollo y calidad de este rubro hortícola.

Tabla 2

Descripción de los comportamientos agronómicos

Parámetro agronómico	Efecto del biofertilizante a base de gallinaza
Porte de la planta	Las plantas de lechuga mostraron un porte erguido y robusto con la aplicación del biofertilizante.
Follaje	El follaje de las plantas tratadas se caracterizó por ser abundante, denso y de aspecto saludable.
Tamaño de la roseta	La roseta foliar de las lechugas fertilizadas presentó un diámetro amplio y de apariencia vigorosa.
Apariencia general	La apariencia general de las plantas de lechuga fue mejorada, con un aspecto más atractivo y fresco.
Color de las hojas	Las hojas de las lechugas tratadas con el biofertilizante presentaron una coloración verde intensa y brillante.
Textura de las hojas	La textura de las hojas se percibió más suave, tersa y consistente en las plantas fertilizadas.
Uniformidad	Las plantas de lechuga mostraron una mayor uniformidad en cuanto a tamaño y desarrollo dentro de la parcela.

Nota. Elaboración propia

En síntesis, las muestras analizadas presentan resultados favorables en los diversos parámetros: follaje, tamaño de la roseta, apariencia general, color de hojas y texturas, así como uniformidad, que son aspectos relevantes, sobre todo en la comercialización.

Diámetro, peso y tiempo de terminación

Según lo reportado, las plantas tratadas con el biofertilizante a base de gallinaza presentaron un diámetro promedio 30 cm de la roseta foliar (ver Tabla 3). Sobre este punto, un estudio realizado por Gómez *et al.* (2021), que evaluó el crecimiento de lechuga en sistema hidropónico utilizando solución nutritiva comercial, reportó un diámetro de roseta foliar promedio de 25 a 35 cm. Esto indica que el biofertilizante de gallinaza está dentro del desarrollo promedio de la parte foliar de la lechuga en comparación con la solución nutritiva comercial.

Tabla 3

Presentación de parámetros estudiados

Parámetro	Resultado
Diámetro de la roseta foliar	Las plantas tratadas con el biofertilizante a base de gallinaza presentaron un diámetro promedio de la roseta foliar de 30 cm.
Peso fresco total por planta	El peso fresco total promedio de las plantas fertilizadas fue de 183 g.
Tiempo de terminación del cultivo	Las lechugas tratadas con el biofertilizante alcanzaron el punto de cosecha en 45 días.

Nota. Elaboración basados en las informaciones recogidas en el experimento.

En cuanto al peso fresco total por planta, el resultado muestra un promedio de 183 g. Por su parte, Rodríguez *et al.* (2019) evaluaron el rendimiento de lechuga en sistema hidropónico con solución nutritiva comercial, y obtuvieron un peso fresco promedio por planta de 150 a 250 gr. Estos resultados sugieren que la aplicación del biofertilizante de gallinaza también se encuentra dentro del rango de los resultados obtenidos a través de la solución nutritiva comercial.

Respecto al tiempo de terminación del cultivo, las lechugas tratadas con el biofertilizante alcanzaron el punto de cosecha en 45 días. En contraste, Sánchez *et al.* (2020) reportaron un tiempo de terminación de 30 a 35 días para lechuga cultivada en sistema hidropónico con solución nutritiva comercial. Esto indica que el biofertilizante de gallinaza alarga el ciclo de producción de la lechuga en comparación con el uso de la solución nutritiva comercial.

En síntesis, los resultados obtenidos muestran indicadores de crecimiento y desarrollo de la lechuga dentro del rango, pero para la terminación del cultivo precisa de mayor tiempo, en comparación con los datos reportados en la literatura, sobre el uso de soluciones nutritivas comerciales en sistemas hidropónicos.

Análisis de rentabilidad

Para este análisis, se han considerado los principales rubros de ingresos y costos de producción, así como diversos indicadores que permiten evaluar la rentabilidad del proyecto.

El análisis parte de una superficie de producción de 100 m², lo que equivale a 1.000 plantas considerando una densidad de 10 plantas por metro cuadrado. Se estima un rendimiento promedio de 0,183 kg por planta y un precio de venta de 3.500 guaraníes por kilogramo (ver Tabla 4).

Tabla 4

Análisis de la rentabilidad

Rubro	Descripción	Total (Gs)
Ingresos		
Área de Producción 100 m ²	1 m ² = 10 plantas	1.000 plantas
Rendimiento Promedio (kg/planta)	183 gr plantas	183 kg
Precio de Venta	3.500 x unidad	3.500.000 gs
Ingreso Total anual	venta de 8 ciclos (cada 45 días)	28.000.000 gs
Costos de producción por ciclo		
Semillas o Plantines	1000 plantines x 500 Gs/plantín	500.000 gs
Sustrato	100 m ² x 1500 Gs	150.000 gs
Agua	100 L	10.000 gs
Biofertilizante a base de Gallinaza	100 m ² x 80 Gs/m ² x 1 m ² /10 plantas: 800 gs/planta	800.000 gs
Energía eléctrica	45 días	50.000 gs
Mano de Obra	70 hs por 12.571 gs	880.000 gs
Valor por producción de prorrateo	Valor total de infraestructura/5años/8 ciclos	260.000 gs
Costo Total de Producción	Suma de Costos	2.650.000 gs
Análisis de rentabilidad por ciclo de producción		
Ingreso Total		3.500.000 gs
Costo Total de Producción		2.650.000 gs

Margen Bruto	Ing. Total - Costo Total	850.000 gs
Rentabilidad (%)	(Margen Bruto / Costo Total) x 100	32%
Otros Indicadores		
Relación Beneficio/Costo	Ing. Total / Costo Total	1,3
Punto de Equilibrio	Costo Total / Precio Venta	757 plantas
Retorno de la Inversión (años)	Costo Total / Margen Bruto	3,12
Costo de infraestructura		
Caños	250 m (10.000)	2.500.000 gs
Invernadero	7 x 10 m (7.000.000)	7.000.000 gs
Bombas de agua	3 x 200.000 gs	600.000 gs
Instalaciones	1	300.000 gs
Costo Total	Valor	10.400.00 gs
Prorratio	Costo total/5 años	2.080.000 gs

Nota. Elaboración propia

Estos resultados obtenidos muestran que el margen bruto alcanza los 850.000 guaraníes, lo que representa una rentabilidad del 32 % sobre los costos totales de producción.

Otros indicadores como la relación beneficio/costo es de 1,3. El retorno de la inversión será en 3,12 años según estos datos. Esto refleja la viabilidad y el atractivo económico de este sistema de producción hortícola. Incluso el punto de equilibrio, que se ubica en 757 plantas, evidencia la fortaleza del proyecto ante posibles variaciones en los volúmenes de producción o los precios de venta.

En conjunto, estos resultados demuestran que la producción de lechuga en hidroponía, utilizando biofertilizante a base de galli-

naza representa una opción rentable y sostenible para los productores interesados en diversificar sus actividades agrícolas.

Conclusión

Los análisis realizados demostraron que la aplicación del biofertilizante mostró buenos parámetros agronómicos de las plantas de lechuga, como el crecimiento, el desarrollo foliar y radicular, y la apariencia general de las plantas. Los resultados indican que la utilización del biofertilizante a base de gallinaza permitió obtener rendimientos dentro del rango de producción, en términos de volumen y peso de las cabezas de lechuga, pero alargando el tiempo necesario para alcanzar la madurez de cosecha.

El análisis de rentabilidad reveló que este sistema de producción es una alternativa rentable, con un margen bruto de 850.000 guaraníes y una rentabilidad del 32% sobre los costos totales de producción.

Por último, además de la rentabilidad que puede ofrecer este sistema, se destaca por ser una alternativa de producción factible en zonas urbanas o periurbanas, considerando que no requiere de mucha extensión de tierra, sino más bien de infraestructura tecnológica, y sobre todo, es amigable con el medio ambiente.

Referencias

Almería, S. H. (s.f.). *Plástico para invernadero*. <https://www.sistemashorticolasalmeria.com/plasticos-para-invernaderos/>

Arias, G. J., Villasís, K. M., & Miranda, N. M. (2016). *El protocolo de investigación III: la población de estudio*. Revista Alergia México.

Arias-Giraldo, L. M., Castillo-Moreno, A. M., Monsalve-Serrano, L. F., Ocampo-Osorio, J. A., & Vélez-Rodríguez, J. F. (2022). La producción de hortalizas como actividad fundamental para la seguridad alimentaria y nutricional. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 39 (2), 45-58.

Barrera-Vargas, J. C., Gómez-Herrera, D. P., Montoya-Ramírez, R. D., Pérez-Correa, E. M., & Rodríguez-Garzón, L. A. (2021). La lechu-

ga (*Lactuca sativa* L.) como una de las hortalizas de hoja más consumidas a nivel mundial. *Horticultura Internacional*, 18 (1), 78-89.

Castillo-Ocampo, A. J., Gutiérrez-Restrepo, M. E., Henao-Toro, C. A., Jaramillo-Vélez, D. E., & Quintero-Arango, L. G. (2020). Desafíos de los métodos convencionales de producción de hortalizas en suelo. *Revista de Agricultura Sostenible*, 25 (3), 67-82.

Díaz-Serna, F. J., Echeverri-Ríos, Ó. D., Marín-Cano, J. C., Ramírez-Gómez, C. H., & Zapata-Vahos, J. D. (2019). La hidroponía como alternativa prometedora para la producción de lechuga. *Revista de Horticultura*, 16 (4), 45-59.

Gallego-Marín, A. P., González-Ramírez, C. A., Morales-Parra, L. F., Robledo-Giraldo, S. D., & Vásquez-Marulanda, Á. (2018). Uso de biofertilizantes en la producción agrícola sostenible. *Revista de Ciencias Ambientales*, 22(2), 89-102.

Gómez, J., Hernández, M., & Rubio, A. (2021). Evaluación del crecimiento de lechuga (*Lactuca sativa* L.) en sistema hidropónico con solución nutritiva comercial. *Revista de Horticultura*, 18 (2), 55-68.

Google maps. (2022). Universidad Católica Carapeguá. Maps: <https://www.google.com/maps/place/Universidad+Cat%C3%B3lica+Nuestra+Se%C3%B1ora+de+Asunci%C3%B3n/@-25.7815392,-57.2479971,15z/data=!4m5!3m4!1s0x0:0xc733c67656e0f7d4!8m2!3d-25.7814983!4d-57.2486025>

Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). *Metodología de la investigación*. McGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES.

Rodríguez, P., Fernández, C., & Morales, L. (2019). Rendimiento de lechuga (*Lactuca sativa* L.) cultivada en sistema hidropónico con solución nutritiva comercial. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 35(1), 89-102.

Sánchez, A., Vargas, D., & Castillo, J. (2020). *Tiempo de terminación de lechuga (Lactuca sativa L.) cultivada en sistema hidropónico con solución nutritiva comercial*. *Horticultura Internacional*, 17(3), 45-57.