

## **SOSTENIBILIDAD EN LA PRODUCCIÓN DE LECHUGA *Lactuca sativa* L. CON BIOL DE GALLINAZA EN SISTEMA HIDROPÓNICO**

*Victor González*<sup>1,3\*</sup>, *Antonio Samudio*<sup>2,3</sup>, *Héctor Nakayama*<sup>2,3</sup> y  
*Rebecca Ortiz*<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Universidad Católica Nuestra Señora de la Asunción, Unidad Pedagógica Carapeguá, Paraguay. <sup>2</sup>Centro Multidisciplinario de Investigaciones Tecnológicas, Universidad Nacional de Asunción. San Lorenzo, Paraguay. <sup>3</sup>Grupo de investigación. Universidad Católica Nuestra Señora de la Asunción, Unidad Pedagógica Carapeguá, Paraguay. \*victor201095@gmail.com

### **RESUMEN**

Este estudio se llevó a cabo en la Universidad Católica Nuestra Señora de la Asunción, Paraguay, específicamente en el departamento de Paraguari, Distrito de Carapeguá, con el objetivo de evaluar los efectos del biol a base de gallinaza en la producción hidropónica de lechuga (*Lactuca sativa* L.). Se empleó un diseño experimental de tratamiento único, con enfoque mixto y nivel explicativo, se trabajó con una población de 100 plantas de lechuga y una muestra del 10%. Este trabajo analiza la producción de lechuga hidropónica, evaluando tanto la rentabilidad como los parámetros agronómicos con el biol de gallinaza y la solución nutritiva comercial un estudio ya realizado con anterioridad. Se estudiaron parámetros como el diámetro de la roseta foliar, el peso fresco total por planta y el tiempo de terminación del cultivo. Los resultados mostraron que el tratamiento alcanzó un diámetro de roseta de 30 cm y un tiempo de cultivo de 45 días, igual a la solución nutritiva comercial. Sin embargo, la solución nutritiva comercial superó al biol en peso fresco, con 205 g frente a 183 g. La rentabilidad con la solución nutritiva comercial mostró un 30,9 % de rentabilidad, mientras que el biol de gallinaza alcanzó un 33 %. A pesar de esta diferencia, ambos enfoques demostraron ser viables y efectivos en la producción de lechuga de alta calidad. Los parámetros agronómicos, como el porte de la planta, el follaje y la uniformidad, se mantuvieron consistentes, lo que indica que ambos métodos son capaces de producir lechugas con buena apariencia, color y textura.

**Palabras clave:** Biol, Gallinaza, Hidroponía, Lechuga, rentabilidad.

### **Sustainability in the production of lettuce (*Lactuca sativa* L.) with chicken manure biol in a hydroponic system**

#### **ABSTRACT**

This study was conducted at the Universidad Católica Nuestra Señora de la Asunción, Paraguay, specifically in the department of Paraguari, Carapeguá District, to evaluate the effects of chicken manure-based bioslurry on hydroponic lettuce (*Lactuca sativa* L.) production. A single-treatment experimental design with a mixed approach and explanatory level was used, working with a population of 100 lettuce plants and a 10% sample. This work analyzes hydroponic lettuce production, evaluating both profitability and agronomic parameters with chicken manure bioslurry and the commercial nutrient solution, a previously conducted study. Parameters such as leaf rosette diameter, total fresh weight per plant, and crop completion time were studied. The results showed that the treatment achieved a rosette diameter of 30 cm and a cultivation time of 45 days, equal to the commercial nutrient solution. However, the commercial nutrient solution outperformed the bioslurry in fresh weight, with 205 g versus 183 g. The profitability of the commercial nutrient solution was 30.9%, while the chicken manure bioslurry reached 33%. Despite this difference, both approaches proved viable and effective in producing high-quality lettuce. Agronomic parameters such as plant habit, foliage, and uniformity remained consistent, indicating that both methods are capable of producing lettuce with good appearance, color, and texture.

**Keywords:** Biol, Chicken manure, Hydroponics, Lettuce, profitability.

## INTRODUCCIÓN

La producción hidropónica de hortalizas ha ganado relevancia en Paraguay en las últimas décadas debido a la creciente demanda de alimentos. La lechuga (*Lactuca sativa* L.), como uno de los cultivos más consumidos a nivel mundial, se convirtió en un foco de investigación para optimizar su producción utilizando la técnica de la hidroponía. Según Altieri (2018), la producción hidropónica promovió un enfoque que integró la biodiversidad y respetó los ciclos naturales, lo que resultó en un sistema de producción más sostenible.

El uso del biol de gallinaza, emergió como una alternativa viable en la agricultura sostenible. La agricultura sostenible se define como un enfoque que busca satisfacer las necesidades de la generación actual sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones para satisfacer sus propias necesidades. Se basa en prácticas que promueven la salud del ecosistema, conservan recursos, y utilizan métodos que son económicamente viables y socialmente justos. Este tipo de técnica de producción es amigable con el ambiente y el biol cumple con las necesidades nutricionales de la planta. De acuerdo con Martínez *y col.* (2020), la gallinaza es rica en nitrógeno, fósforo y potasio, elementos fundamentales para el desarrollo óptimo de las hortalizas.

Los sistemas hidropónicos, que permiten el cultivo de plantas sin suelo, demostraron ser una opción eficiente para la producción de lechuga. Estos sistemas utilizaron soluciones nutritivas que aportaron todos los elementos necesarios para el crecimiento de las plantas. Según Resh (2019), los sistemas hidropónicos ofrecieron ventajas como un mejor control de las condiciones de cultivo y un uso más eficiente del agua en comparación con la agricultura tradicional.

La combinación de biol con sistemas hidropónicos potencializó los beneficios de ambos enfoques. Al utilizar la gallinaza como solución nutritiva, se pudo reducir la dependencia de fertilizantes químicos, contribuyendo a un sistema más sostenible por su bajo costo y amigable con el medio ambiente. Un estudio, realizado por Pérez *y col.* (2021), encontró que el uso de biol en cultivos hidropónicos incrementó significativamente la calidad y el rendimiento de la lechuga.

La producción hidropónica de lechuga en Paraguay enfrentó retos específicos, siendo el principal el acceso limitado a soluciones nutritivas. Según López y González (2022), es esencial desarrollar modelos de producción hidropónicos que consideren las condiciones locales y promovieran la autosuficiencia de los agricultores, entendida como la capacidad de aprovechar recursos en el proceso de producción. La implementación de técnicas hidropónicas en la producción de lechuga contribuyó no solo a tener buenos rendimientos, sino también a generar

beneficios económicos. La diversificación de técnicas de producción y el uso de biol ayudarán a los agricultores a adaptarse a las cambiantes condiciones del mercado y a reducir costos (Silva, 2023). En esta investigación fue fundamental investigar más sobre la interacción entre biol y sistemas hidropónicos, especialmente en el contexto paraguayo, donde la agricultura enfrenta desafíos únicos. La investigación en esta área no solo ayuda a mejorar la producción de lechuga, sino también a fomentar nuevas prácticas agrícolas en la región (García y col., 2021).

De acuerdo con Arias y col. (2016), el uso de un diario de campo es esencial, ya que constituye una herramienta de investigación que organiza los datos obtenidos en el trabajo de campo. Este registro permite recoger información sobre el funcionamiento del sistema y debe utilizarse para describir quién, qué, por qué, dónde, cuándo y cómo suceden los eventos, actividades o procesos que se desean analizar como parte de la pregunta de investigación.

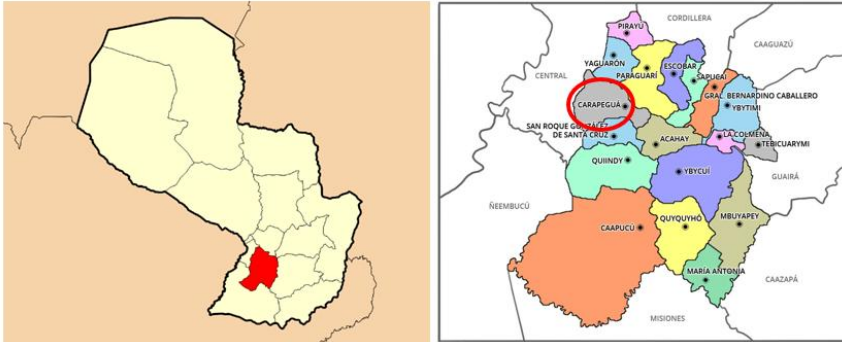
El objetivo de este trabajo fue evaluar la producción hidropónica de lechuga (*Lactuca sativa* L.) utilizando biol de gallinaza como solución nutritiva, con el fin de determinar su efectividad en la mejora del rendimiento y la calidad del cultivo. A través de esta investigación, se buscó establecer un enfoque que minimizara el uso de fertilizantes químicos, promoviera prácticas agrícolas respetuosas con el medio ambiente y contribuyera a la seguridad alimentaria en Paraguay. Este estudio también pretendió analizar las ventajas del uso de biol en la producción de hortalizas, fomentando así un modelo agrícola que beneficie tanto a los productores como al ecosistema local.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

La investigación fue de corte transversal, con estudios observacionales que carecen de direccionalidad. Su finalidad es estimar la característica en una muestra de una población en un momento determinado, por lo que se conocen también como estudios de prevalencia. Para llevarlos a cabo, se define la población de estudio, de la que se extrae una muestra representativa en la que se mide la frecuencia de la variable que se quiere estudiar (Molina y Ochoa, 2013).

**Área de estudio.** La ejecución del presente trabajo se llevó a cabo en el campus de la Universidad Católica Nuestra Señora de la Asunción, Paraguay, específicamente en el departamento de Paraguari, Distrito de Carapeguá. Esta institución se encuentra a aproximadamente 87 km de la ciudad de Asunción, lo que la sitúa en una región con características agroecológicas favorables, como la buena temperatura y humedad, con agua de calidad que favorecen la investigación en producción agrícola hidropónica (González y Torres, 2021).

El campus está ubicado en las coordenadas S  $-25^{\circ} 46' 54''$ , W  $-57^{\circ} 14' 53''$ , lo que le otorga un clima subtropical propicio para el cultivo de hortalizas como la lechuga (*Lactuca sativa* L.). Las condiciones climáticas de la región incluyen temperaturas moderadas, que oscilan entre  $25^{\circ}\text{C}$  y  $35^{\circ}\text{C}$ , y una precipitación anual adecuada de aproximadamente 1.200 mm, con una humedad relativa promedio del 70%. Estos factores son determinantes para la producción hidropónica (Castro *y col.*, 2022).



**Figura 1.** Ubicación geográfica del experimento. Universidad Católica Nuestra Señora de la Asunción, Unidad Pedagógica Carapeguá.

**Métodos.** Este trabajo se basó en un enfoque mixto que, según Hernández *y col.*, (2014), también conocido como metodología mixta o investigación mixta, se refiere a la combinación de métodos cuantitativos y cualitativos en un mismo estudio o proyecto de investigación. La investigación se clasificó como explicativa, ya que su objetivo es detallar fenómenos, especificando sus propiedades y características y buscando comprender las relaciones entre las variables en análisis. Este tipo de investigación se centra en establecer relaciones de causa-efecto, permitiendo identificar cómo una variable influye en otra (Hernández *y col.*, 2014). Se empleó un diseño experimental de tratamiento único, pero se comparó con un experimento realizado con anterioridad de Galeano y González (2023) de producción de lechuga con solución nutritiva comercial.

El estudio se llevó a cabo a nivel de invernadero o microcosmo con dimensiones de 4 metros de largo, 4 metros de ancho y 3 metros de altura, con capacidad para 150 plantas en la fase intermedia y 100 plantas en la fase final. Los diseños de investigación explicativa en el ámbito agrario se caracterizan por enfocarse en la observación, explicación del suceso y análisis detallado de los sistemas de producción, prácticas, recursos y fenómenos agropecuarios, permitiendo la manipulación de variables para determinar relaciones causales (Miranda, 2016).

El ensayo consistió en producir lechugas en un sistema hidropónico mediante la utilización de biol a base de gallinaza; para empezar, se optó por la selección del lugar para el posterior montado del invernadero, se utilizó parantes de eucalipto para la estructura, con el techo de carpa de polietileno que es un plástico de baja densidad que tiene una durabilidad de entre dos a cuatro años (Almería, s.f.).

El manejo del invernadero se dividió en 3 etapas: maternidad 15 días, (Fase 1) consistió en una producción intermedia, donde las plantas de lechuga permanecieron también 15 días, hasta alcanzar el tamaño ideal para ser trasplantados; posteriormente (Fase 2) las plantas terminaron su ciclo productivo en unos 45 días. En cuanto al manejo de los niveles de nutrientes, recién en la fase 1 se utilizó la solución nutritiva que estuvo entre los rangos de 600 a 900 mg/kg, y en la fase 2 donde rondó los 1000 a 1200 mg/kg, en ambos casos el pH (potencial de hidrogeno), se mantuvo entre 5,5 y 6,5.

A continuación, se señalan los materiales e ingredientes para preparar el biol, los cuales se mezclan en tanques de plástico de 250 litros de capacidad, con aro metálico o tapas roscadas, con la finalidad de que quedaran herméticamente cerradas para que se dé una buena fermentación del biol, ya que la fermentación del biol es anaeróbica, se realiza sin la presencia de oxígeno, por un mínimo de 45 días (Tabla 1).

**Tabla 1.** Ingredientes y cantidades para elaboración de biol\* a base de gallinaza.

Ingredientes	Cantidades	Ingredientes	Cantidades
Agua		180 litros	
Excremento de gallina		50 kilos	

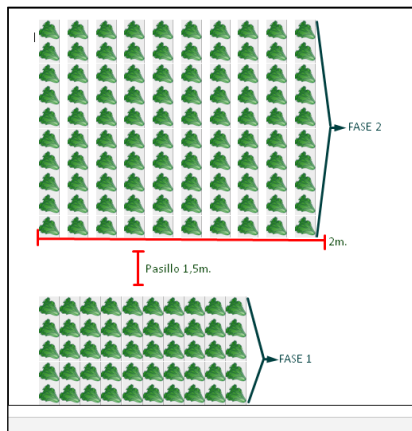
\*Elaboración basada en Martínez, y col. (2020).

La utilización de biol a base de gallinaza se ajustó a los requerimientos nutricionales de la planta, estableciendo concentraciones en dos fases: fase 1 (600 a 900 mg/kg) y fase 2 (1000 a 1200 mg/kg). Las etapas del trabajo comenzaron con la medición del terreno y la construcción del invernadero, seguidas de los cuidados culturales. Posteriormente, se llevaron a cabo las evaluaciones de campo para obtener resultados, culminando con la redacción del informe final.

El procedimiento de recolección de datos del estudio sobre la producción de lechuga en un sistema hidropónico con biol de gallinaza se realizó con el objetivo de evaluar el efecto de las concentraciones en los comportamientos agronómicos de la lechuga. Se midieron el volumen, el peso y el tiempo de terminación, además de determinar la rentabilidad de la producción. Se establecieron diferentes niveles de concentración de biol en dos etapas: fase 1 (600 a 900 mg/kg) y fase 2 (1000 a 1200 mg/kg). Se

realizaron observaciones y mediciones diarias de la concentración de nutrientes y agua, así como de los comportamientos agronómicos de la lechuga, incluyendo la altura de la planta, el número de hojas y el diámetro de la roseta. En cuanto a la medición del volumen, peso y tiempo de terminación, se cuantificó el volumen de cada lechuga cosechada y se registró su peso. Además, se anotó el número de días transcurridos desde la siembra hasta la cosecha. La concentración de nutrientes se midió diariamente, mientras que el volumen, el peso y el tiempo de terminación se documentaron al final del ciclo. Todos estos datos se consolidaron en una base de datos para su posterior procesamiento.

Es relevante destacar que se utilizó el trabajo de Galeano y González (2023), el cual proporciona datos sobre los rendimientos de la variedad de lechuga empleada en este sistema en la universidad. Estos datos abarcan distintas estaciones del año y formaron parte fundamental de la investigación. Para determinar la rentabilidad de la producción, se registró los costos asociados a la producción, incluyendo insumos, mano de obra y energía, y calculó los ingresos obtenidos por la venta de las lechugas cosechadas, utilizando los precios de mercado. Posteriormente, aplicó indicadores de rentabilidad como el margen bruto, la relación beneficio-costo y la tasa de retorno, con el fin de determinar la viabilidad económica del sistema de producción. En la Figura 2 se observa el método de recolección.



**Figura 2.** Superficie de cosecha de la unidad experimental.

En esta investigación, la población consistió en 100 plantas de lechuga, capacidad con que cuenta el invernadero. De acuerdo con Arias *y col.* (2016), la población de estudio es un conjunto de casos, definido, limitado y accesible, que formará el referente para la elección de la muestra, y que cumple con una serie de criterios predeterminados.

La muestra consistió en sacar un 10% de la población que consisten en 10 plantas del total o la población. La población se define como un conjunto de objetos y sujetos procedentes de una población, un sub grupo de la población, cuando esta es definida como un conjunto de elementos que cumplen con unas determinadas especificaciones, de una población se pueden seleccionar varias muestras (Monje, 2011). La unidad de muestreo fue probabilística aleatoria, el trabajo de investigación consistió en tomar muestras completamente al azar. Tomando como muestra las plantas que indican las características que se desea investigar.

Para la elaboración del biol, se consideraron los siguientes procedimientos:

- Composición: Se utilizaron 180 litros de agua y 50 kilos de excremento de gallina.
- Tratamiento previo: La gallinaza recibió un tratamiento previo, dejándose en reposo durante 30 días para asegurar un secado completo del abono antes de su uso en la elaboración del biol.
- Proceso de fermentación: La fermentación tuvo una duración de 45 días, dependiendo de las condiciones ambientales, manteniendo una temperatura media de 30 °C y una humedad relativa del 65%.
- Método de preparación: La mezcla se realizó en un bidón de 250 litros, donde se combinaron 180 litros de agua con 50 kilos de excremento de gallina. Durante el proceso de fermentación, el bidón se mantuvo completamente sellado para evitar la entrada de contaminantes y asegurar un ambiente anaeróbico.

A continuación, se detalla el manejo de las plantas durante el trabajo de investigación:

Prácticas culturales: se implementaron diversas prácticas de cultivo, que incluyen la medición del consumo de nutrientes, el monitoreo del pH del agua, el control de la temperatura del sistema hidropónico, el consumo de agua por las plantas y el monitoreo de plagas y enfermedades.

Condiciones ambientales: las condiciones ambientales durante el cultivo fueron controladas, con una temperatura promedio de 32°C, un régimen de luz de 10 horas diarias y una humedad relativa del 60%.

Variabes analizadas: se analizaron varias variables, incluyendo el volumen, el peso y el tiempo de terminación de las lechugas cosechadas, lo que permitió evaluar el rendimiento del cultivo.

Épocas de muestreo o evaluación: las evaluaciones del rendimiento se realizaron en las fases final de crecimiento de las plantas durante el mes de abril 45 días después del inicio.

Procesamiento de los datos: esta etapa implicó la recolección, organización, representación y la síntesis de la información observacional y numérica, transformando los datos crudos en información comprensible para la interpretación y la toma de decisiones basadas en la información obtenida.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

**Parámetros agronómicos de la lechuga (*Lactuca sativa* L.) con la aplicación de biol a base de gallinaza.** Los resultados obtenidos en este estudio muestran que la aplicación del biol a base de gallinaza tuvo efectos favorables sobre los principales parámetros agronómicos evaluados en el cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L.). Estos hallazgos sugieren que el uso de este tipo de fertilizantes puede representar una alternativa viable para el crecimiento, desarrollo y calidad de este importante cultivo hortícola. Estos datos contribuyen a generar información relevante para el manejo agronómico de la lechuga y el aprovechamiento de residuos orgánicos en la formulación de bioles. A continuación, se presentan los resultados obtenidos en esta investigación (Tabla 2).

**Tabla 2.** Descripción de los comportamientos agronómicos en la producción de lechuga hidropónica con biol. Escala: 1: Muy malo, 2: Malo, 3: Regular, 4: Bueno, 5: Muy bueno.

Parámetro Agronómico	Efecto del Biol de gallinaza (1-5)	Efecto de Solución nutritiva comercial (1-5)	Comparación
Porte de la Planta	4	4	Similar
Follaje	4	4	Similar
Tamaño de la Roseta	4	4	Similar
Apariencia General	4	4	Similar
Color de las hojas	4	4	Similar
Textura de las hojas	4	4	Similar
Uniformidad	4	4	Similar

Los resultados del estudio indican que tanto el biol a base de gallinaza como los fertilizantes químicos (datos obtenidos de Galeano y González 2023) tienen un efecto positivo y comparable en los parámetros agronómicos de las plantas de lechuga cultivadas en sistemas hidropónicos, con una puntuación uniforme de 4 en todas las categorías evaluadas. Esto sugiere que ambos métodos son efectivos para promover el crecimiento y desarrollo de las plantas en este tipo de sistema.

**Resultados obtenidos en cuanto a diámetro, peso y tiempo de terminación.** La búsqueda de alternativas sostenibles para mejorar la productividad de los cultivos hortícolas es un desafío constante. En este contexto, se realizó un estudio explicativo para evaluar los efectos de la aplicación de un biol a base de gallinaza sobre los principales parámetros agronómicos de la lechuga (*Lactuca sativa* L.). A continuación, se presentan los principales resultados obtenidos en cuanto a estos parámetros dentro de la investigación (Tabla 3).

**Diámetro de la Roseta Foliar:** Ambos tratamientos, tanto el biol de gallinaza como la solución nutritiva comercial, mostraron un diámetro promedio de la roseta foliar de 30 cm. Esto sugiere que, en términos de

este parámetro específico, ambos métodos son igualmente efectivos para promover el crecimiento de la lechuga. La consistencia en este resultado indica que el biol de gallinaza puede ser una alternativa viable a las soluciones comerciales en cuanto al desarrollo foliar.

**Tabla 3.** Presentación de parámetros estudiados en la producción de lechuga hidropónica.

Parámetros	Efecto del Biol de gallinaza	Efecto de Solución nutritiva comercial
Diámetro de la Roseta Foliar	Presentaron un diámetro promedio de la roseta foliar de 30 cm.	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.	El peso fresco total promedio de las plantas fertilizadas fue de 205 g.
Tiempo de Terminación del Cultivo	Alcanzaron el punto de cosecha en 45 días.	Alcanzaron el punto de cosecha en 45 días.

**Peso Fresco Total por Planta:** Las plantas fertilizadas con solución nutritiva comercial presentaron un peso fresco total promedio de 205 g, superando al promedio de 183 g de las plantas tratadas con biol de gallinaza. Esta diferencia de 22 g sugiere que la solución nutritiva comercial puede ofrecer una mayor disponibilidad de nutrientes o un mejor equilibrio de los mismos, resultando en un crecimiento más robusto en términos de peso. Este hallazgo es relevante para los productores que buscan maximizar la producción de lechuga.

**Tiempo de Terminación del Cultivo:** Tanto el biol de gallinaza como la solución nutritiva comercial alcanzaron el punto de cosecha en 45 días. Esto indica que, en términos de tiempo, ambos tratamientos son equivalentes y permiten un ciclo de cultivo similar. Esta coincidencia podría ser ventajosa para los productores, ya que ofrece flexibilidad en la elección del tipo de fertilización, sin comprometer el tiempo de producción.

Los resultados indican que, aunque el biol de gallinaza es efectivo para lograr un diámetro de roseta foliar comparable al de las soluciones comerciales, hay diferencias en el peso fresco total, donde la solución nutritiva comercial resulta ser más eficaz. Sin embargo, ambos tratamientos presentan el mismo tiempo de terminación del cultivo. Esto sugiere que, mientras que el biol de gallinaza puede ser una opción sostenible, la solución nutritiva comercial podría ser preferida para maximizar el rendimiento en términos de peso. La elección entre ambos tratamientos dependerá de los objetivos del productor, ya sea priorizar la sostenibilidad o el rendimiento. Gómez y col. (2020) evaluaron el crecimiento de lechuga en sistema hidropónico utilizando solución nutritiva comercial, reportando un diámetro de roseta foliar promedio de 25 a 35 cm. Esto indica que los estudios están dentro de los parámetros mencionados del desarrollo promedio de la parte foliar de la lechuga.

En cuanto al peso fresco total por planta, Sandoya *y col.* (2022) evaluaron el rendimiento de lechuga en sistema hidropónico con solución nutritiva comercial, obteniendo un peso fresco promedio por planta de 150 a 250 gr. Estos resultados sugieren que en cuanto al peso están dentro del rango. Respecto al tiempo de terminación del cultivo, Sánchez *y col.* (2020) reportaron un tiempo de terminación de 30 a 35 días para lechuga cultivada en sistema hidropónico con solución nutritiva comercial. Esto indica que se puede perfeccionar el ciclo de producción de la lechuga con respecto al trabajo de investigación.

**Costo beneficio de la producción de lechuga (*Lactuca sativa* L.) en hidroponía con la utilización de biol a base de gallinaza.** En esta sección se analiza el costo beneficio y la viabilidad económica de la producción de 100 plantas de lechuga (*Lactuca sativa* L.) en un sistema hidropónico, utilizando un biol a base de gallinaza. Se han considerado los principales rubros de ingresos y costos de producción, así como diversos indicadores que permiten evaluar la rentabilidad del proyecto (Tabla 4).

El análisis parte de una superficie de producción de 16 m<sup>2</sup>, donde se encuentra las diferentes fases: maternidad, fase 1 y fase 2, donde se produce a lo que equivale a 100 plantas. Es importante mencionar que el sistema de comercialización en Paraguay es por planta, no por peso, con un precio de venta de 0,45 dólares por planta.

**Tabla 4.** Análisis del costo beneficio de la producción de lechuga hidropónica con biol.

Rubro	Descripción	Total (dólares)
<b>Ingresos</b>		
Área de Producción	16 m <sup>2</sup>	100 plantas
Precio de Venta	0,45 dólares	0,45 \$
Ingreso Total	0,45 x 100 kg	45 \$
<b>Costos de Producción por ciclo</b>		
Semillas o Plantines	100 plantines	6,37 \$
Sustrato	16 m <sup>2</sup> x 1500 Gs	3,06 \$
Agua	10 L	0,13 \$
Biol a base de Gallinaza	1 litro	1,27 \$
Energía eléctrica	45 días	0,64 \$
Mano de Obra	10 hs	16,01 \$
Valor por producción de prorateo	Valor de infraestructura	6,37 \$
Costo Total de Producción	Suma de Costos	33,85 \$
<b>Análisis de Rentabilidad por ciclo de producción</b>		
Ingreso Total		45 \$
Costo Total de Producción		33,85 \$
Margen Bruto	Ing. Total - Costo Total	11,15 g
Rentabilidad (%)	(Margen Bruto / Costo Total) x 100	33 %
Relación Beneficio/Costo	Ing. Total / Costo Total	1,31
Punto de Equilibrio	Costo Total / Precio Venta	76 plantas
Retorno de la Inversión (años)	Costo Total / Margen Bruto	3,15
<b>Costo de infraestructura</b>		
Caños	25 m	31,85 \$
Invernadero	4 x 4 m	127,39 \$
bombas de agua	3	76,43 \$
Instalaciones	1	19,10 \$
Costo Total	Valor	254,78 \$
Prorateo	Costo total/5 años/8 ciclos anuales	6,37 \$

El análisis financiero de la producción de lechuga hidropónica muestra un ingreso total de \$45 por ciclo, generado a partir de 100 plantas vendidas a \$0,45 por kg. Los costos de producción, que suman \$33,85, incluyen insumos como semillas, sustrato, biol a base de gallinaza y mano de obra. Esto resulta en un margen bruto de \$11,15, lo que refleja una diferencia favorable entre ingresos y costos, indicando que la operación es económicamente viable. La rentabilidad del 33% con el uso de biol de gallinaza es un indicador positivo, sugiriendo que por cada dólar invertido en producción se generan \$1,31 en ingresos. En comparación, el uso de solución nutritiva comercial alcanza una rentabilidad del 30,9%, lo que, aunque es ligeramente inferior, sigue siendo atractivo. Además, el punto de equilibrio se establece en 76 plantas, lo que implica que este es el mínimo necesario para cubrir todos los costos de producción, permitiendo a los productores planificar y ajustar sus estrategias de venta. En cuanto a la inversión inicial en infraestructura, que asciende a \$254,78, el prorrateo de este costo a lo largo de cinco años y ocho ciclos anuales resulta en un costo adicional de \$6,37 por ciclo. Con un retorno de inversión estimado de 3,15 años, el análisis sugiere que la producción de lechuga hidropónica no solo es rentable, sino que también ofrece un plazo razonable para recuperar la inversión, lo que la convierte en una opción atractiva para los productores que buscan maximizar sus ganancias en un mercado en crecimiento.

## **CONCLUSIONES**

La producción de lechuga hidropónica ofrece una oportunidad significativa para promover prácticas agroecológicas, especialmente mediante el uso de desechos orgánicos, como el biol de gallinaza. Este enfoque no solo permite prescindir de soluciones nutritivas comerciales, sino que también contribuye a una agricultura más sostenible y resiliente.

Aunque la solución nutritiva comercial logra un mayor peso fresco total por planta, alcanzando 205 g frente a los 183 g del biol, es importante considerar que el sistema de comercialización en Paraguay prioriza la venta por planta. En este contexto, el biol de gallinaza se presenta como una alternativa viable y rentable, con un 33% de rentabilidad, que, aunque ligeramente inferior al 30,9% de la solución comercial, tiene la ventaja de ser un recurso local y renovable.

El uso de desechos orgánicos no solo reduce la dependencia de insumos externos, sino que también promueve el reciclaje de nutrientes, alineándose con los principios de la agroecología. Además, los parámetros agronómicos, como el porte, el follaje y la uniformidad, se mantienen estables entre ambos tratamientos, lo que indica que el biol puede producir lechugas de alta calidad.

En síntesis, al integrar el uso de desechos orgánicos en la producción de lechuga hidropónica, se puede lograr una agricultura más sostenible, que no solo satisface las necesidades del mercado, sino que también contribuye a la salud del ecosistema y al bienestar de las comunidades productoras.

## AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento al equipo de investigadores, por el arduo trabajo y la dedicación que han demostrado en el proyecto "Producción Agroecológica de Lechuga (*Lactuca sativa* L.) con BioL de Gallinaza en Sistema Hidropónico". Su compromiso y esfuerzo colectivo han sido fundamentales para el éxito de esta investigación. Cada uno de ustedes ha aportado su conocimiento y habilidades, lo que ha permitido no solo alcanzar los objetivos planteados, sino también profundizar en el entendimiento de prácticas agroecológicas sostenibles. Su colaboración y entusiasmo han hecho de este proyecto una experiencia enriquecedora.

## LITERATURA CITADA

- Almería, S. H. s.f. Plástico para invernadero. [www.sistemashorticolasalmeria.com/plasticos-para-invernaderos/](http://www.sistemashorticolasalmeria.com/plasticos-para-invernaderos/).
- Altieri, M.A. 2018. Agroecología: la ciencia de la agricultura sostenible. Siglo XXI Editores.
- Arias-Gómez, J., M.A. Villasis-Keever y M.G. Miranda-Novales. 2016. El protocolo de investigación III: la población de estudio. *Revista Alergia México* 63(2):201-206.
- Castro, J., M. López y S. Rodríguez. 2022. Condiciones climáticas y su impacto en la agricultura. *Revista de Ciencias Agrarias* 18(1):34-45.
- Galeano, Á.H. y V. González. 2023. Producción de diferentes variedades lechuga en sistema hidropónico. Universidad Católica. Carapeguá.
- García, J., R. López y M. Pérez. 2021. Efectos de biofertilizantes en cultivos hidropónicos. *Revista de Agricultura Sostenible* 15(2):85-93.
- Gómez, E., A. Márquez y N. Castillo. 2020. Efecto de diferentes sustratos en el cultivo hidropónico de lechuga (*Lactuca sativa*) en clima mediterráneo. *Horticultura Internacional* 54:18-25.
- González, P. y A. Torres. 2021. Innovaciones en agroecología: un enfoque práctico. *Agricultura y Sociedad* 9(2):112-126.
- Hernández, R., Fernández, M. y J. Rodríguez. 2014. Metodología de la investigación. McGraw-Hill.
- Hernández, R., L. Pérez y O. Martínez. 2021. Estrategias para la seguridad alimentaria en Paraguay. *Boletín de Desarrollo Rural* 15(3):58-70.
- López, A., y C. González. 2022. Desafíos de la agricultura sostenible en Paraguay. *Revista Paraguaya de Ciencias Agrarias* 10(1):45-60.
- Martínez, A. 2023. Impacto de la agroecología en comunidades locales. *Revista de Desarrollo Sustentable* 10(1):23-37.
- Martínez, A., J. Ramírez y L. Torres. 2020. Nutrientes en la gallinaza: un análisis para su uso en biofertilizantes. *Agricultura Ecológica* 12(3):123-130.
- Miranda, E. 2016. Metodología de la investigación cuantitativa y cualitativa. A4 Diseños.

- Molina, A.M. y S.C. Ochoa. 2013. Estudios observacionales (I). Estudios transversales. Medidas de frecuencia. Técnicas de muestreo. Fundamentos de Medicina Basada en la Evidencia: <https://evidenciasenpediatria.es/>.
- Monje, Á. 2011. Metodología de la investigación cuantitativa y cualitativa. Universidad Surcolombiana, Facultad de Ciencias Sociales y Humanas.
- Pérez, R., M. Silva y J. Castro. 2021. Uso de biofertilizantes en lechuga hidropónica. *Journal of Hydroponics* 8(4):201-210.
- Ramírez, J. y C. Díaz. 2020. Sistemas hidropónicos y su aplicación en la agricultura moderna. *Revista de Tecnología Agrícola* 14(4):77-85.
- Resh, H.M. 2019. Hydroponic Food Production: A Definitive Guidebook for the Advanced Home Gardener and the Commercial Hydroponic Grower. CRC Press.
- Sánchez, M., J. Ramírez y C. Benítez. 2020. Optimización de la fertilización en el cultivo hidropónico de lechuga (*Lactuca sativa*) en la Región Occidental de Paraguay. *Ciencia Agropecuaria* 18(1):23-34.
- Sandoya, G., J. Bosque y V. Vassilaros. 2022. La producción de lechuga en sistemas hidropónicos. Obtenido de <https://edis.ifas.ufl.edu/publication/HS1433>.
- Silva, R. 2023. Beneficios socioeconómicos de la agricultura sostenible. *Revista de Desarrollo Rural* 9(1):77-89.