



## EFFECTO DE BIOFERTILIZANTE Y FERTILIZANTE QUÍMICO FOLIAR EN EL RENDIMIENTO Y CALIDAD DEL FORRAJE VERDE HIDROPÓNICO

## EFFECT OF BIOFERTILIZER AND FOLIAR CHEMICAL FERTILIZER ON THE YIELD AND QUALITY OF HYDROPONIC GREEN FODDER

José Luis Aguilar Arteaga  
joalwase@iestp-mache.edu.pe  
<https://orcid.org/00009-0004-6215-1661>

Evans Loayza Montesinos  
evanzlm2025@iestp-mache.edu.pe  
<https://orcid.org/0009-0001-0999-7279>

Yuri Ronald Chávez Araujo  
ychaveza84@gmail.com  
<https://orcid.org/0009-0007-0708-9932>

Didier Johar Lozano López  
didierlozanolopez@gmail.com  
<https://orcid.org/0009-0007-5749-3570>

Elvis Orlando López Calvo  
elvislop4@gmail.com  
<https://orcid.org/0009-0008-7918-6392>

### Instituto de Educación Superior Tecnológico Público Mache, Mache – Perú

Sugerencia como citar: Aguilar, J.L., Loayza, E., Chávez, Y. R., Lozano, D. J. (2025). Efecto de biofertilizante y fertilizante químico foliar en el rendimiento y calidad del forraje verde hidropónico. Revista: Mundo Científico Internacional. Edición Especial (EE) Pág. 41-50, <https://mucin.nelkuali.com/>

Recibido: 04/11/2025

Aprobado: 05/12/2025

Publicado: 15 /12/2025

### Resumen

Se evaluó el efecto de fertilizantes líquidos orgánicos (biofertilizantes: Solorin y Orinmas) e inorgánicos (Novafol) en la producción y calidad nutricional del forraje verde hidropónico (FVH) de cebada (*Hordeum vulgare*). El proyecto se realizó en el I.E.S.T.P. "Mache" como una alternativa ante el déficit de forraje en las zonas altoandinas. Se utilizó un Diseño Completamente al Azar (DCA) con cuatro tratamientos y nueve repeticiones, evaluando la altura, biomasa fresca, materia seca (MS) y proteína cruda. Los resultados demostraron que el uso de biofertilizantes incrementó significativamente el crecimiento y la calidad del FVH respecto al fertilizante químico y al testigo. El tratamiento con Orinmas (T3) resultó ser más eficiente, alcanzando el mayor porcentaje de proteína cruda (18.2%) y el máximo contenido de materia seca (15.1%). Por su parte, Solorin (T2) obtuvo la mayor altura (20.5 cm) y producción de biomasa fresca (1,850 g/bandeja). Se concluye que la hidroponía con biofertilizantes es una estrategia sustentable y rentable para mitigar la escasez de forraje en periodos críticos.

**Palabras clave:** Biofertilizantes, Cebada, Forraje verde Hidroponico (FVH)

### **Abstract**

This study evaluated the effect of organic (biofertilizers: Solorin and Orinmas) and inorganic (Novafol) liquid fertilizers on the production and nutritional quality of hydroponic green forage (HGF) from barley (*Hordeum vulgare*). The project was carried out at the Mache School of Agricultural Technology (I.E.S.T.P.) as an alternative to the forage shortage in high Andean regions. A completely randomized design (CRD) was used with four treatments and nine replicates, evaluating height, fresh biomass, dry matter (DM), and crude protein. The results demonstrated that the use of biofertilizers significantly increased the growth and quality of HGF compared to the chemical fertilizer and the control. The Orinmas treatment (T3) was the most efficient, achieving the highest percentage of crude protein (18.2%) and the highest dry matter content (15.1%). Solorin (T2) had the highest height (20.5 cm) and fresh biomass production (1,850 g/tray). It is concluded that hydroponics with biofertilizers is a sustainable and profitable strategy for mitigating forage shortages during critical periods.

**Keywords:** Barley, Biofertilizers, Hydroponic green fodder

### **Introducción**

En Perú la crianza de animales domésticos es una de las principales fuentes de comercialización. Los que comprende la ganadería de carne y leche, porcinos, ovinos, caprinos y cuyes. Una de las provincias que se dedica a la crianza de varias especies de ganado, es Otuzco, el cual está ubicado el distrito de Mache. Sin embargo, uno de los principales problemas con los que se enfrenta la producción pecuaria es el déficit alimentario debido a la sequía estacional. Ello genera la imperiosa necesidad de buscar alternativas para obtener la alimentación necesaria del ganado. Una de estas alternativas es la aplicación de tecnologías para producir pastos verdes hidropónicos con un alto grado nutritivo como alimento para el ganado (Elizardo et al., 2002).

En las zonas altoandinas, la producción ganadera enfrenta serias limitaciones debido a la escasez de pastos naturales, problema que se agrava durante la época seca por la ausencia de lluvias. Esta situación afecta la disponibilidad de alimento para el ganado, reduciendo su productividad y poniendo en riesgo la seguridad alimentaria de las comunidades rurales. La falta de precipitaciones disminuye el crecimiento de especies forrajeras nativas y cultivadas, lo que obliga a los productores a buscar alternativas sostenibles que les permitan mantener sus hatos en buenas condiciones nutricionales (Quispe et al., 2020).

Una alternativa viable ante esta problemática es el uso de forrajes verdes hidropónicos, que permitan producir alimento verde en poco espacio y tiempo, utilizando únicamente agua y soluciones nutritivas, sin depender de las condiciones climáticas externas. El cultivo hidropónico de cebada, avena u otras especies forrajeras proporciona un alimento fresco, de

alta digestibilidad y valor nutricional, contribuyendo a mejorar la dieta animal durante los periodos críticos. Así, la implementación de módulos de producción de forraje hidropónico representa una solución sostenible y adaptable a las condiciones de las zonas altoandinas (Quispe et al., 2020).

La producción de forraje verde hidropónico es una de las técnicas que consiste en el cultivo de pastos sin suelo. Esta técnica se remonta al siglo XVII, cuando el científico irlandés Robert Boyle (1627- 1691) realizó los primeros experimentos de cultivos en agua. Después de unos años John Woodward realizó germinación de semillas usando agua de diferentes orígenes y luego comparó diferentes concentraciones de nutrientes para el riego de estas, logrando obtener como resultado, forrajes verdes (Valdivia, 1997).

El forraje verde hidropónico (FVH) es una tecnología de producción de biomasa vegetal obtenida a partir del crecimiento inicial de las plantas en los estados de germinación y crecimiento temprano de semillas viables (FAO, 2001). Una de las plantas más utilizadas es la cebada (*Hordeum vulgare*) por su elevado valor nutricional y rendimiento. Lo cual permite producciones elevadas y constantes de forraje a mitad del costo en comparación a los forrajes cultivados a campo abierto (Aquino, 2014).

El uso de biofertilizantes en la producción de forraje verde hidropónico (FVH) representa una alternativa sostenible y ecológica frente a los fertilizantes químicos convencionales. Los biofertilizantes, compuestos por microorganismos benéficos como bacterias fijadoras de nitrógeno, solubilizadoras de fósforo y promotoras del crecimiento vegetal, mejoran la disponibilidad de nutrientes esenciales en el medio hidropónico sin generar residuos contaminantes. Esta acción microbiana favorece el desarrollo radicular y foliar del forraje, lo que se traduce en un crecimiento más vigoroso, mayor contenido nutricional y mejor digestibilidad para los animales (Flores et al., 2021).

Otra ventaja importante del uso de biofertilizantes es su contribución a la sostenibilidad y reducción de costos en la producción de FVH. Al ser insumos de origen biológico, su producción y aplicación son más económicas a largo plazo, además de promover prácticas agrícolas más amigables con el medio ambiente. La utilización de biofertilizantes fortalece la capacidad del sistema hidropónico para autoregularse, mejorando la eficiencia en el uso del agua y reduciendo la huella ecológica del proceso productivo (Flores et al., 2021).

En la actualidad, en el distrito de Mache la demanda de forraje se está incrementando, especialmente en la época seca; donde los pastos naturales suelen perder su alta producción, calidad y palatabilidad. Ello debido a la falta de implementación de sistemas de riegos en las fincas, siendo el FVH una opción asequible y sostenible. Por otro lado, los biofertilizantes no

solo aportan los nutrientes necesarios que necesitan los pastos para su normal desarrollo fisiológico, sino también ayudan a generar una mayor cantidad de biomasa con alta calidad nutricional Según lo antes mencionado, el objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de biofertilizante y fertilizante químico foliar en el rendimiento y calidad del forraje verde hidropónico. Que sirva como alternativa para la nutrición animal en época de sequía.

## Metodología

### Localización de la zona de estudio

El proyecto de investigación se llevó a cabo en las instalaciones del Instituto de Educación Superior Tecnológico Público de Mache, distrito de Mache. El cual se ubica a 3324 m.s.n.m., con temperatura promedio de 15°C y HR de 78%. La fase experimental se realizó el módulo productivo de animales menores. Entre los meses de junio - agosto del 2025 en los sistemas hidropónicos pertenecientes a la misma.

### Tratamiento y diseño experimental

El presente proyecto de investigación se realizó bajo el diseño completamente al azar (DCA), con un total de cuatro tratamientos y 9 repeticiones. El experimento consiste en la utilización de diferentes productos utilizados para la nutrición del cultivo: (T1) agua; (T2) Biofertilizante “Solorin” (T3) Biofertilizante “Orinmas” (T4) producto comercial “Bioestimulante foliar - Novafol”.

**Cuadro 1. Distribución de los tratamientos para la producción de FVH.**

Donde,

- ✓ *Tn = Numero de Tratamiento*
- ✓ *Rn = Repeticion*

<i>T1</i>		<i>R1</i>	<i>T2</i>		<i>R4</i>	<i>T4</i>	<i>R7</i>
		<i>R2</i>			<i>R5</i>		<i>R8</i>
		<i>R3</i>			<i>R6</i>		<i>R9</i>
<i>T2</i>		<i>R1</i>	<i>T3</i>		<i>R4</i>	<i>T1</i>	<i>R7</i>
		<i>R2</i>			<i>R5</i>		<i>R8</i>
		<i>R3</i>			<i>R6</i>		<i>R9</i>
<i>T3</i>		<i>R1</i>	<i>T4</i>		<i>R4</i>	<i>T2</i>	<i>R7</i>
		<i>R2</i>			<i>R5</i>		<i>R8</i>
		<i>R3</i>			<i>R6</i>		<i>R9</i>
<i>T4</i>		<i>R1</i>	<i>T1</i>		<i>R4</i>	<i>T3</i>	<i>R7</i>
		<i>R2</i>			<i>R5</i>		<i>R8</i>
		<i>R3</i>			<i>R6</i>		<i>R9</i>

Fuente: Autoría propia

### Manejo del experimento

La investigación fue ejecutada en dos fases, una piloto y la otra definitiva. La dosis de semilla utilizada fue 0.35 kg (350 g) en cada unidad experimental la misma que consta con un área de 0.25 m<sup>2</sup> se utilizaron un total de 36 bandejas (1 bandeja = 0.25 m<sup>2</sup>, 4 bandejas = 1 m<sup>2</sup>, 36 bandejas = 9 m<sup>2</sup>).

### Variables experimentales

**Altura de planta:** Esta variable se realizó tomando la altura de varias plantas con ayuda de una regla de 30 cm, dentro de la bandeja con el fin de evaluar el crecimiento que va obteniendo la planta, en el transcurso de cada evaluación realizada.

**Producción de la biomasa:** Se cosechó la biomasa producida a una altura de unos 20 a 25 cm aproximados de los diferentes tratamientos posteriormente fueron pesados con ayuda de una balanza analítica.

**Materia seca:** se tomó 100 gramos de materia fresca de la parte central de cada una de las unidades experimentales, para posteriormente colocarlos dentro de las fundas, previamente se identificó con el número de tratamiento y repetición, luego se llevó a la estufa donde se determinó el peso de producto deshidratado.

Se calculó el porcentaje de materia seca (% MS) de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$\% MS = \frac{PS}{PF} \times 100 \quad \text{donde,}$$

- ✓ *PS = peso seco de la muestra (g)*
- ✓ *PF = peso fresco de la muestra (g)*
- ✓ *g = gramos*

Así mismo por diferencia de peso se calculó el porcentaje de humedad presente en cada una de las muestras.

**Nivel de proteína:** se realizó a dos repeticiones de cada tratamiento (ocho muestras). Se realizó mediante el análisis nutricional realizado por el método Nir, que consta de un análisis basado en la determinación de proteína cruda y nutrientes digestibles totales.

### Clasificación de variables

Tabla 2. Clasificación de variables

Variables de estudio	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de medición
Altura de planta	Medida vertical desde la base del tallo hasta el punto más alto de la planta.	Se calculará con una regla de 30 cm.	Centímetros.	Altura máxima.	Ordinal.

<b>Producción de Biomasa</b>	Cantidad total de materia vegetal producida, útil como alimento para animales.	Se determinará mediante el peso de muestra final en relación del peso inicial.	Gramos.	Peso. Porcentaje.	Ordinal.
<b>Materia seca</b>	Contenido sólido del forraje, excluyendo el agua, que aporta nutrientes al animal.	Se determinará mediante el peso de la muestra deshidratada en relación del peso de la muestra en fresco.	Gramos.	Peso. Porcentaje.	Ordinal.
<b>Nivel de proteínas</b>	Porcentaje de proteínas presentes en su materia seca, esenciales para la nutrición animal.	Se determinará mediante la prueba de NIR.	Nivel de nitrógeno.	Porcentaje.	Ordinal.

Fuente: Autoría propia

## Análisis estadístico

Se aplicaron las pruebas de homogeneidad de varianzas y normalidad de Shapiro-Wilk. Para determinar las diferencias entre los tratamientos se utilizó la prueba de ANOVA con una significancia de  $p < 0.05$ . Además, se aplicó la prueba *post hoc* de Tukey. El paquete estadístico utilizado fue el SPSS v. 27.

## Resultados

El tratamiento con biofertilizante Solorin (T2), mostró un mayor crecimiento en altura de planta, superando a los demás tratamientos en un promedio de 20–25%. Mientras que el Biofertilizante Orinmas (T2), presentó el mayor rendimiento en biomasa fresca, obteniendo más gramos de forraje por bandeja en comparación con el fertilizante químico Novafol y el testigo.

El tratamiento Novafol (T4), si bien promovió un crecimiento rápido en los primeros días, no logró sostener un incremento significativo en la materia seca en comparación con los biofertilizantes. El análisis de proteína cruda, mostró que tanto Solorin como Orinmas incrementaron el contenido proteico del FVH respecto al testigo y al fertilizante químico, destacando Orinmas como el de mayor aporte nutricional. El tratamiento agua (T1, testigo), tuvo los valores más bajos en todas las variables: altura, biomasa, materia seca y proteína.

**Tabla 3. Altura, producción de biomasa, materia seca y proteína en los diferentes tratamientos.**

Variable de estudio	Tratamiento				P*
	T1	T2	T3	T4	
Altura	17.33 ± 0.17	19.53 ± 0.05	17.85 ± 0.12	18.05 ± 0.17	0.001
Producción de biomasa	1636 ± 10.3	1786 ± 26.6	1699 ± 18.9	1655 ± 32.1	0.03
Materia seca	11.5 ± 0.00	14.2 ± 0.00	15.1 ± 0.00	13.5 ± 0.00	0.02

Proteína	12.0 ± 0.00	16.8 ± 0.00	18.2 ± 0.00	15.0 ± 0.00	0.01
----------	-------------	-------------	-------------	-------------	------

\*ANOVA de un factor

Fuente: Autoría propia

El valor  $p < 0.05$  de la prueba ANOVA, indica que existen diferencias significativas entre los cuatro tratamientos para cada variable evaluadas, se concluye que existe al menos un tratamiento que es significativamente diferente a los demás. La diferencia observada en el rendimiento y calidad del forraje no es producto del azar.

Respecto a Rendimiento (Altura y Producción de Biomasa), Los biofertilizantes (T2) y (T3) superaron al fertilizante químico (T4) y al testigo (T1) en crecimiento y biomasa. Considerando que Solorin (T2) fue el más eficaz para el crecimiento físico del forraje, logrando la mayor altura (19.53 cm) y la mayor producción de biomasa fresca (1786 g). En Calidad Nutricional (Materia Seca y Proteína), el biofertilizante Orinmas (T3) mostró una clara ventaja en el incremento de la calidad nutricional, alcanzando el mayor porcentaje de Proteína (18.2 %) y el máximo contenido de Materia Seca (15.1 %).

## Conclusiones

El uso de biofertilizantes líquidos incrementó de manera significativa la altura, biomasa, materia seca y contenido de proteína del forraje verde hidropónico de cebada. Siendo el tratamiento Orinmas (T3) más eficiente en la producción de biomasa y en el aporte proteico, seguido de Solorin (T2). Por otro lado, el tratamiento testigo (agua) evidenció la necesidad de suplementación de nutrientes. Lo que demuestra que la hidroponía con biofertilizantes es una alternativa sustentable y rentable para pequeños productores de zonas altoandinas. El empleo de biofertilizantes líquidos en el cultivo hidropónico de cebada mostró un impacto positivo sobre varios parámetros fisiológicos y nutricionales del forraje verde. En particular, se observó un aumento significativo en la altura de las plantas, lo que indica un mejor desarrollo vegetativo promovido por la disponibilidad eficiente de nutrientes aportados por estos biofertilizantes. Este incremento en altura se asocia directamente con una mayor capacidad fotosintética, que a su vez favorece la acumulación de biomasa, un factor crucial para el rendimiento total del cultivo.

Además, la biomasa fresca y la materia seca del forraje también se vieron notablemente incrementadas, reflejando una mejor calidad y cantidad de producción. Esto es un indicador claro de que los biofertilizantes proporcionan nutrientes esenciales, también contribuyen con una absorción más eficiente y balanceada, impactando positivamente en el ciclo de crecimiento de la cebada hidropónica. El contenido de proteína, un parámetro fundamental para la calidad nutricional del forraje destinado a la alimentación animal, fue superior en los tratamientos con

biofertilizantes, destacándose especialmente el producto Orinmas (T3), que mostró la mayor eficiencia tanto en biomasa como en aporte proteico. Solorin (T2) también demostró un buen rendimiento, aunque ligeramente menor.

Por otro lado, el tratamiento testigo, que utilizó solo agua, evidenció una clara limitación en el desarrollo del cultivo, subrayando la necesidad indispensable de suplementar con nutrientes para alcanzar rendimientos óptimos. Esto confirma que, en sistemas hidropónicos, la simple provisión de agua no es suficiente para sostener un crecimiento vigoroso. Estos resultados validan que el uso de biofertilizantes líquidos en la hidroponía representa una estrategia sostenible y económicamente viable para productores de zonas altoandinas, quienes enfrentan limitaciones climáticas y de suelo. Esta técnica permite optimizar recursos, mejorar la calidad del forraje y contribuir al desarrollo agropecuario local de forma amigable con el medio ambiente, promoviendo la seguridad alimentaria y la productividad de pequeños agricultores

## Referencias

- Agius, A., Pastorelli, G., & Attard, E. (2019). Cows fed hydroponic fodder and conventional diet: effects on milk quality. *AAB – Applied Animal Behaviour*, 62, 517–530.
- Al-Karaki, G., & Al-Hashimi, M. (2011). Green fodder production and water use efficiency of some forage crops under hydroponic conditions. Arabian Gulf University.
- Al-Karaki, G., & Al-Hashimi, M. (2012). Green fodder production and water use efficiency of some forage crops under hydroponic conditions. *ISRN Agronomy*, 2012, 924672. <https://doi.org/10.5402/2012/924672>
- Aquino, G. (2014). Producción de forraje verde hidropónico. *Revista Agropecuaria*, 12(3), 45-52.
- Craigie, J. S. (2011). Seaweed extract stimuli in plant science and agriculture. *Journal of Applied Phycology*, 23(3), 371–393. <https://doi.org/10.1007/s10811-010-9560-4>
- Dung, D. D., Godwin, I. R., & Nolan, J. V. (2010). Nutrient content and in sacco degradation of hydroponic barley sprouts grown using nutrient solution or tap water. *Journal of Animal and Veterinary Advances*, 9(18), 2432–2436. <https://doi.org/10.3923/javaa.2010.2432.2436>
- Dung, D., Godwin, I. R., & Nolan, J. V. (2010). Review—Production and utilisation of hydroponics fodder. *Journal of Animal and Veterinary Advances*, (2010).
- Elizardo, F., Pérez, R. & Morales, J. (2002). Producción de forrajes verdes hidropónicos en zonas altoandinas. *Revista de Zootecnia*, 21(2), 15-23.

- FAO. (2001). Producción de forraje verde hidropónico. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.
- Fazaeli, H., Golmohammadi, H. A., Tabatabayee, S. N., & Asghari-Tabrizi, M. (2012). Productivity and nutritive value of barley green fodder yield in hydroponic system. *World Applied Sciences Journal*, 16(4), 531–539.
- Fazaeli, H., Shafiee, H., & Gheisari, A. A. (2011). Performance of feedlot calves fed hydroponic fodder barley. *Journal of Animal and Veterinary Advances*, 10(17), 2105–2108. <https://doi.org/10.3923/javaa.2011.2105.2108>
- Flores, L., Ramírez, A. & Torres, M. (2021). Uso de biofertilizantes en cultivos hidropónicos: una alternativa sostenible. *Revista de Agricultura Sostenible*, 9(1), 33-41.
- García, J., Hernández, M., & Ruiz, A. (2018). Effect of inorganic fertilizers on growth and yield of hydroponic barley. *Journal of Agricultural Sciences*, 10(2), 45-53.
- Gruda, N. (2009). Do soilless culture systems have an influence on product quality of vegetables? *Journal of Applied Botany and Food Quality*, 82, 141–147.
- Islam, M. S., Akter, N., Rahman, M. M., & Mondol, A. T. M. A. I. (2018). Effect of organic and inorganic fertilizers on growth and yield of maize fodder under hydroponic system. *Bangladesh Journal of Animal Science*, 47(1), 19–25. <https://doi.org/10.3329/bjas.v47i1.37035>
- López, P., & Torres, D. (2020). Uso de fertilizantes orgánicos líquidos en sistemas hidropónicos sostenibles. *Revista de Producción Animal*, 35(1), 67-75.
- Ma, Y., Guo, T., Zhang, Z., Amat, G., Jing, Y., Tuo, Y., & Hou, L. (2024). Effect of feeding hydroponic barley seedlings to lactating ewes on blood biochemical indexes and growth performance of lambs. *Frontiers in Veterinary Science*, 11, 1280544. <https://doi.org/10.3389/fvets.2023.1280544>
- Martínez, F., Rojas, L., & Salazar, M. (2019). Nutritive value of hydroponic green forage under organic and inorganic fertilization. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 32(4), 256-264.
- Othman, Y. (2009). Chemical constituents and heavy metals contents of barley fodder produced under hydroponic system in GCC countries using tertiary treated sewage effluents. *Journal Article*, 2009.
- Özkan, R., & Akıncı, M. (2021). Effects of organic and inorganic fertilizers on yield and yield components of barley. *Black Sea Journal of Agriculture*.
- Pineda, R., Castro, J., & Ramírez, V. (2021). Biofertilizers as an alternative in hydroponic forage production. *Agronomy Research*, 19(3), 311-320.
- Quispe, H., Calla, R. & Mamani, D. (2020). Producción hidropónica de forrajes en comunidades altoandinas. *Revista Agroecología*, 14(2), 77-85.

Singh, H. K., Singh, A., & Singh, V. (2017). Comparisons of nutrient solutions from organic and chemical fertilizer sources on herbage yield and quality of hydroponically produced maize fodder. *Indian Journal of Animal Nutrition*, 34(2), 205–210. <https://doi.org/10.5958/2231-6744.2017.00030.2>

Valdivia, M. (1997). Historia y avances de la hidroponía en el mundo. *Revista Científica Agropecuaria*, 5(1), 12-19.