



Fecha recibido: 08-04-2024

Fecha aceptado: 20-06-2024



ANÁLISIS DE LA ACTIVIDAD DEL *Azotobacter chroococcum* EN CULTIVO DE MAÍZ HIDROPÓNICO

ANALYSIS OF THE ACTIVITY OF *Azotobacter chroococcum* IN HYPOPONIC CORN CULTIVATION

Ingris Yohana Hernández Martínez*

Médica Veterinaria y Zootecnia, MsC.

Universidad Nacional Abierta y a Distancia, UDR Aguachica

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5059-2356> - ingris.hernandez@unad.edu.co

Germán Orozco González

Ingeniero Agrónomo, Esp.

Universidad Popular del Cesar Seccional Aguachica

ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-1814-5150> - [email. germanorozco@unicesar.edu.co](mailto:germanorozco@unicesar.edu.co)

Margarita del Rosario Salazar Sánchez

Bióloga, MsC., PhD. Universidad del Cauca

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3636-2922> - mdsalazar@unicauca.edu.co

Yaneth De Jesús Galindo Mora

Médica Veterinaria y Zootecnia Esp.

Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD, CCAV Sahagún

<https://orcid.org/0000-0002-6419-6976> - yaneth.galindo@unad.edu.co

Nayibe Tatiana Sánchez-Álvarez

Bacterióloga, MsC, PhD

Universidad Popular del Cesar Seccional Aguachica

<https://orcid.org/0000-0001-8517-8331> - ntsanchez@unicesar.edu.co

Citación: Hernández, I., Orozco, G., Salazar, M., Galindo Y. y Sánchez-Álvarez, N. (2024).

Análisis de la actividad del *Azotobacter chroococcum* en cultivo de maíz hidropónico.

Agricolae & Habitat, 7(2), 55 – 66.

<https://doi.org/10.22490/26653176.8029>

RESUMEN

Contextualización: uno de los problemas más preocupantes en la actualidad a nivel mundial es la escasez de alimentos. Este desafío se ve agravado por factores como la baja productividad de las tierras, los cambios ambientales, las migraciones campesinas, el abandono de terrenos, la falta de oportunidades y la insuficiencia de agua para riego; dichos problemas han impulsado a los productores a buscar e implementar métodos tecnológicos para satisfacer las necesidades alimenticias y nutricionales de sus ganados, entre estas soluciones destaca la producción de forraje verde hidropónico (FVH).

Vacío de conocimiento: tratamiento con la bacteria *Azotobacter chroococcum* favorable para el crecimiento del maíz en forma hidropónica.

Propósito: un manejo adecuado del forraje verde hidropónico permitirá a los productores disponer de forraje fresco y de alto valor nutricional durante todo el año, con una baja inversión para construir las estructuras, instalar las bandejas y el sistema de riego es de bajo costo. Además, se pueden utilizar materiales provenientes de la misma finca para la elaboración y montaje del cultivo de FVH, lo que contribuirá a reducir los costos

de producción. Por ello, es esencial contar con soluciones nutritivas adecuadas, acceso a agua cercana y semillas forrajeras viables, así como mantener un control riguroso de los parámetros ambientales como la luz, la temperatura y la humedad para asegurar el éxito de la producción de FVH.

Metodología: se llevó a cabo una investigación cuantitativa longitudinal para evaluar el proceso de germinación y cuantificar el tamaño y peso de las plantas bajo diferentes tratamientos. Los tratamientos utilizados fueron: T1 (100% bacterias) T2 (50% bacterias y 50% fertilizante) y T3 (100% fertilizante). La evaluación se realizó durante un periodo de 9 días incluyendo análisis bromatológico.

Resultados y conclusiones: no se encontraron diferencias estadísticas significativas en cuanto al tamaño y peso de las plantas entre los diferentes tratamientos; sin embargo, se observó que la presencia de la bacteria *Azotobacter chroococcum* puede reemplazar parcialmente la fertilización química sin afectar negativamente el contenido de grasa de las plantas.

Palabras clave: *Azotobacter*, abonos, cultivo, maíz

Contextualization: Currently, one of the most worrying problems worldwide is food shortage. This challenge is aggravated by factors such as low land productivity, environmental changes, peasant migrations, land abandonment, lack of opportunities and insufficient water for irrigation. These problems have driven producers to seek and implement technological methods to meet the food and nutritional needs of their livestock. Among these solutions, the production of hydroponic green fodder (FVH) stands out.

Knowledge gap: Treatment with the *Azotobacter Chroococcum* bacteria is favorable for the growth of corn in hydroponic form.

Purpose: Proper management of hydroponic green fodder will allow producers to have fresh fodder with high nutritional value throughout the year. The investment required to build the structures, install the trays and the irrigation system is low cost. In addition, materials from the same farm can be used for the production and assembly of the FVH crop, which will contribute to reducing production costs. It is essential

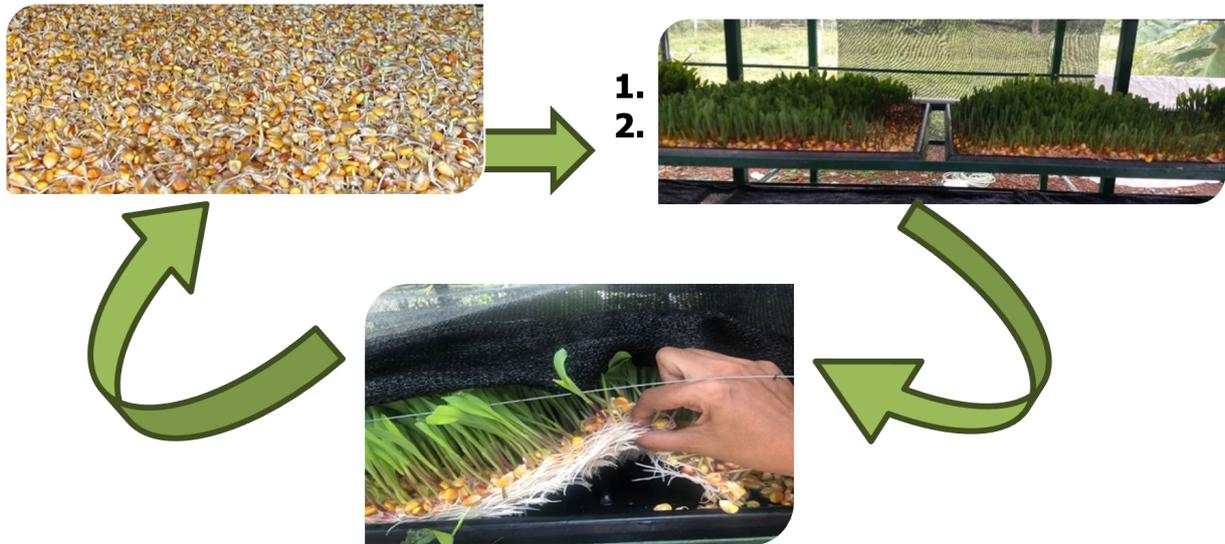
to have adequate nutrient solutions, access to nearby water and viable forage seeds, as well as maintaining rigorous control of environmental parameters such as light, temperature and humidity to ensure the success of FVH production.

Methodology: Longitudinal quantitative research was carried out to evaluate the germination process and quantify the size and weight of the plants under different treatments. The treatments used were: T1 (100% bacteria) T2 (50% bacteria and 50% fertilizer) and T3 (100% fertilizer). The evaluation was carried out over a period of 9 days. Including bromatological analysis.

Results and conclusions: No significant statistical differences were found in terms of plant size and weight between the different treatments. However, it was observed that the presence of the bacterium *Azotobacter chroococcum* can partially replace chemical fertilization without negatively affecting the fat content of plants.

Keywords: *Azotobacter*, Hydroponics, Fertilizer application, Maize.

RESUMEN GRÁFICO



Fuente: autores.

1. INTRODUCCIÓN

En el suelo se encuentra una amplia población microbiana que favorece el desarrollo vegetal, estos microorganismos realizan funciones cruciales como la fijación del nitrógeno atmosférico, la solubilización del fósforo insoluble, la antibiosis y la estimulación del crecimiento y desarrollo de las plantas, entre otras (Khaziev *et al.*, 2021). Estas funciones son de gran importancia para el normal funcionamiento y aumento de la productividad de especies cultivables que representan beneficios económicos significativos (Kawaka, 2022).

Una de las bacterias identificadas como fijadoras de nitrógeno en agricultura es *Azotobacter chroococcum*, que se desarrolla de

forma natural en el suelo y actúa como un biofertilizante ecológico, vive libremente en el suelo, sin necesidad de la planta para su reproducción y puede proporcionar hasta el 50 % del nitrógeno requerido por las plantas a través de la fijación asociativa del nitrógeno atmosférico (Song *et al.*, 2020); además, *Azotobacter chroococcum* suministra sustancias activas que estimulan el desarrollo vegetal. Cuando se usa en concentraciones adecuadas, puede sustituir al nitrógeno químico (como amoníaco o urea), manteniendo la productividad a un menor costo (Biello *et al.*, 2023).

El uso de estos microorganismos constituye una de las alternativas nutricionales más

aceptadas en la agricultura mundial, desempeñando un papel importante no solo en modelos de agricultura sostenible, sino también en sistemas agrícolas de alta productividad, debido a su bajo costo de producción y la posibilidad de fabricar estos productos a partir de recursos locales renovables (Biello *et al.*, 2023).

En la región del Cesar, las condiciones climáticas dificultan la producción de forrajes de buena calidad para una nutrición animal adecuada (Roncallo *et al.*, 2020); por esta razón, es necesario recurrir a la suplementación para cubrir las necesidades nutricionales que no satisfacen los pastos. Se requiere una alimentación cuya producción no tenga una alta concentración química ni

cause daño al medio ambiente (Nutrición y alimentación animal, s. f.), por lo que es esencial buscar nuevas alternativas para la suplementación. Una opción prometedora es el uso de Forrajes Verdes Hidropónicos (FVH), que se obtienen a partir de la germinación de granos de cereales o leguminosas (como maíz, arroz, cebada, sorgo y alfalfa) durante un período de 12 a 20 días. A esta edad, la plántula alcanza una altura promedio de 25 centímetros y es consumida en su totalidad (tallo, hojas, restos de semilla y raíz) por los animales (Khaziev *et al.*, 2021). Por tal motivo el objetivo del presente estudio fue evaluar el comportamiento de la bacteria *Azotobacter chroococcum* como sustituto de una fuente nitrogenada en maíz

2. MATERIALES Y MÉTODOS

hidropónico, en el contexto de un suplemento alimenticio para el ganado bovino.

Localización: el presente estudio se realizó en una finca aledaña al municipio de Aguachica, departamento del Cesar, el cual se encuentra a una altitud media de 179 msnm, con temperatura promedio de 29°C y precipitación de 800 mm por año (DANE, 2022).

Diseño experimental: se llevó a cabo un experimento factorial 3x3, en el cual se evaluaron tres tratamientos combinados con tres tipos de aplicación del inoculante: T1 (100% bacterias) T2 (50% bacterias y 50% fertilizante) y T3 (100% fertilizante), con 4 repeticiones cada uno.

Material vegetal: se utilizaron granos de semilla de maíz amarillo (*Zea mays*) varie-

dad ICA V 305. En el estudio se emplearon 12 kg de semillas, las cuales se distribuyeron en bandejas plásticas con 500 g de semillas cada una.

Selección de la semilla y siembra: se seleccionaron las semillas y se realizó un lavado con solución de hipoclorito al 0,5% durante 30 segundos para desinfectarlas; luego, se enjuagaron con agua para eliminar los residuos y se dejaron en remojo durante 12 horas; posteriormente, se airearon durante 2 horas para asegurar suficiente oxígeno y humedad. Este proceso se repitió dos veces para realizar una pre-germinación, según lo planteado por Beltrano y Jiménez (2015).

Germinación: tras completar el periodo de pre-germinación, las semillas se trasla-

daron y se cubrieron con papel periódico húmedo para proporcionar un ambiente oscuro durante 3 días, lo que favoreció la germinación.

Tratamientos: una vez germinadas, las semillas se distribuyeron aleatoriamente en tres tratamientos con cuatro repeticiones cada uno, como se detalla en la Tabla 1.

■ **TABLA 1.**
Tratamientos

Tratamiento (T)	Cantidad utilizada
T1	100% <i>Azotobacter chroococcum</i>
T2	50% fertilizante 50% <i>Azotobacter chroococcum</i>
T3	100 % fertilizante

Fuente: autores.

Riego y solución nutritiva: el sistema de riego se realizó mediante aspersión, ejecutándose entre 6 y 9 veces al día, con un volumen aproximado de 0,2 L por bandeja para evitar el estrés hídrico. La solución nutritiva se aplicó directamente sobre el follaje de la plántula utilizando atomizadores. La cosecha se llevó a cabo los días 13, 14 y 15, contados a partir del momento en que se colocó la semilla en el agua. Al colocar los granos en las bandejas, se midió la altura de una muestra de 10 plántulas desde la semilla hasta el ápice, así como el rendimien-

to total en kg; además, se realizó un análisis bromatológico para determinar la humedad, ceniza, grasa, fibra cruda y proteína.

Análisis estadístico: en la investigación cuantitativa longitudinal, los valores se presentan como media \pm error estándar de la media (SEM). Los datos se analizaron para determinar la varianza mediante un ANOVA de dos vías con un nivel de significancia de $p < 0,05$. Los análisis se realizaron utilizando el paquete estadístico PRISM V versión 8.

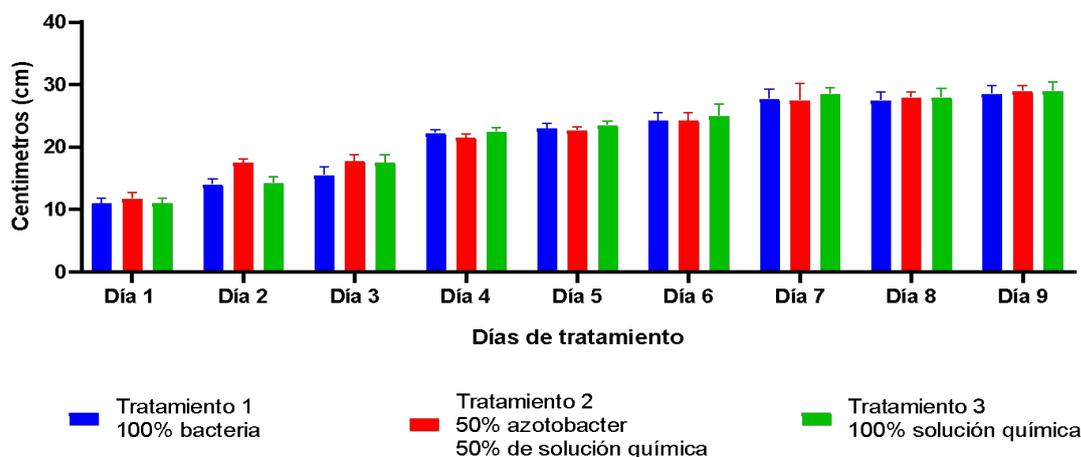
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Longitud plántula

En el presente estudio, no se encontraron diferencias significativas en la longitud de la plántula, con un valor de p de 0,71. Esto

indica que el tratamiento no tiene un efecto relevante sobre el crecimiento de la plántula a lo largo del tiempo, como se muestra en la Figura 1.

FIGURA 1. Crecimiento de la plántula



Fuente: autores.

En diversos cultivos, la aplicación de grandes cantidades de fertilizantes nitrogenados es común para mejorar el rendimiento, ya que el nitrógeno incrementa aspectos como la altura de las plantas, la relación de conversión y el rendimiento por metro cuadrado (Maldonado-Torres *et al.*, 2013; Song *et al.*, 2020). El uso de *Azotobacter* como fertilizante biológico ha sido propuesto como una alternativa para reducir la dependencia de fertilizantes nitrogenados sintéticos (Khatami *et al.*, 2022).

Según Hasan *et al.* (2023), la longitud de las plántulas es un indicador clave del desarrollo inicial de los cultivos y proporciona información valiosa sobre la respuesta de las plantas a los tratamientos aplicados, especialmente en sistemas hidropónicos donde las condiciones de crecimiento se pueden controlar con precisión. Este estudio tuvo como objetivo evaluar el efecto de la aplicación de *Azotobacter chroococcum* y diferentes porcentajes de fertilizantes en el crecimiento de plántulas de maíz amarillo (*Zea mays*) en un sistema hidropónico. Se esperaba la inoculación con *A. chroococcum*, una bacteria fijadora de nitrógeno atmosférico, junto con la adición de fertilizantes

nitrogenados, influenciara positivamente el crecimiento de las plántulas; sin embargo, los resultados de nuestro estudio no mostraron diferencias significativas entre los tratamientos en términos de longitud de las plántulas ($p = 0,71$). Esta falta de respuesta discernible podría deberse a varios factores interrelacionados (Figura 1)

En primer lugar, la composición del sustrato en sistemas hidropónicos puede afectar la disponibilidad de nutrientes para las plantas (Balliu *et al.*, 2021). A pesar de emplear técnicas estándar para preparar el sustrato y proporcionar una base adecuada para el crecimiento, es posible que la estructura física del sustrato o su capacidad para retener y liberar nutrientes haya influido en la absorción y asimilación de los nutrientes por parte de las plantas.

Además, la disponibilidad de agua y oxígeno en el sistema de cultivo puede haber desempeñado un papel crucial en el desarrollo de las plántulas (Khaeim *et al.*, 2022). La irrigación adecuada es esencial para mantener la turgencia celular y facilitar la absorción de nutrientes, mientras que la oxigenación del sistema radicular es fundamental para la

respiración y el metabolismo aeróbico de las plantas (Kumar, 2020). Cualquier desequilibrio en estos factores podría haber afectado negativamente el crecimiento y desarrollo de las plántulas, independientemente de los tratamientos aplicados.

Asimismo, la interacción compleja entre los diferentes componentes del sistema de cultivo, incluidos los microorganismos del sustrato, puede haber influido en la respuesta de las plantas a los tratamientos. Aunque se esperaba que la inoculación con *Azotobacter chroococcum* promoviera la fijación biológica de nitrógeno y mejorara la disponibilidad de este nutriente para las plantas, es posible que otros factores bióticos y abióticos hayan modulado la eficacia de esta bacteria como promotor del crecimiento vegetal.

Seguimiento de peso

Se registraron los pesos de las plántulas para cada tratamiento al final del día 9 de crecimiento. Los datos mostraron que el peso no variaba significativamente entre los tratamientos, como se observa en la Figura 2. Cassán *et al.* (2009) realizaron un estudio con maíz hidropónico, utilizando cultivos bacterianos de *A. brasilense* Az39 y *B. japonicum* E109 para promover el crecimiento temprano de las plántulas. Encontraron que la inoculación, ya sea individual o combinada, tenía la capacidad de promover la germinación de semillas y el crecimiento temprano en maíz.

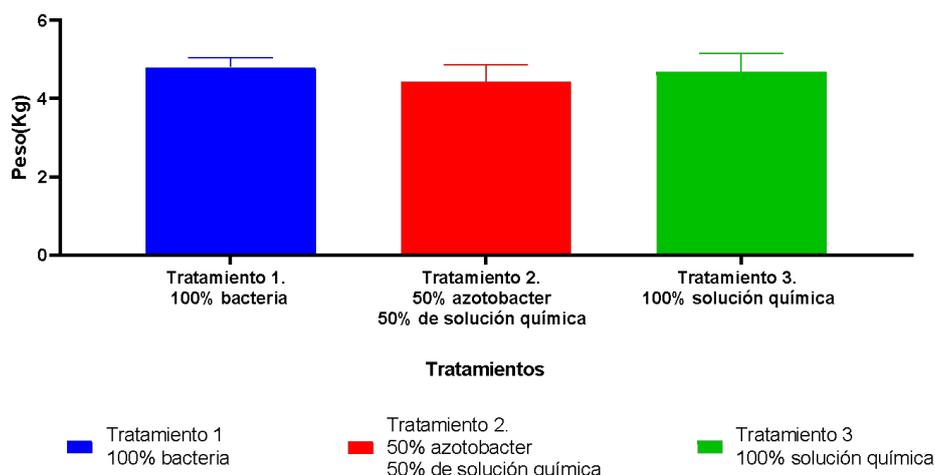
Así, estudios previos han analizado los efectos de la inoculación con *Azotobacter chroococcum* en el crecimiento y desarrollo

de diversos cultivos, tanto en condiciones de campo como en invernadero (Sumbul *et al.*, 2020). Por ejemplo, Hindersah *et al.* (2020) evaluaron el impacto de la inoculación con *A. chroococcum* en el crecimiento y rendimiento del maíz en un ensayo de campo a lo largo de varias temporadas. Sus resultados mostraron un aumento significativo en la altura de las plantas y el rendimiento de los cultivos en comparación con el control no tratado.

En otra investigación, Yang y Kim (2020) examinaron los efectos de la aplicación de fertilizantes nitrogenados en el crecimiento y la biomasa de los cultivos en sistemas hidropónicos, encontrando que la adición de estos fertilizantes mejoró significativamente el crecimiento de las plantas, especialmente en términos de altura y producción de biomasa. Sin embargo, los resultados de estos estudios pueden variar según las condiciones específicas del suelo, el clima y los métodos de cultivo utilizados. Además, la interacción entre *A. chroococcum*, los fertilizantes y otros factores ambientales puede influir en la respuesta de las plantas a los tratamientos aplicados (Aasfar *et al.*, 2021).

En nuestro estudio, la falta de diferencias significativas en el peso de las plántulas entre los diferentes tratamientos podría deberse a la compleja interacción entre la inoculación con *Azotobacter chroococcum*, la aplicación de fertilizantes y otros factores ambientales. También es posible que la duración limitada del estudio no haya sido suficiente para detectar diferencias significativas en la acumulación de biomasa entre los tratamientos.

FIGURA 2. Pesaje bandejas por tratamiento



Fuente: autores.

Análisis bromatológicos

Los análisis bromatológicos son una herramienta esencial para evaluar la calidad nutricional de los cultivos, proporcionando una visión detallada de su composición química y su potencial valor nutricional. En este estudio, se realizaron análisis de hume-

dad, cenizas, grasa, fibra cruda y proteína en muestras representativas de cada tratamiento, con el objetivo de comprender mejor el impacto de los tratamientos aplicados en la composición nutricional de los cultivos de maíz amarillo (*Zea mays*) (Tabla 2).

■ TABLA 2.

Análisis bromatológico

Tratamiento (T)	Humedad de 70%	Cenizas a 650%	Grasa	Fibra cruda	Proteína
T1	89,12	9,65	2,12	26,57	11,74
T2	90,85	14,18	3,74	20,94	14,19
T3	88,86	3,89	5,29	20,7	19,42

Fuente: autores.

Los resultados obtenidos revelaron variaciones en la composición nutricional de los cultivos entre los diferentes tratamientos. Específicamente, se observó una tendencia hacia niveles más altos de proteína en los tratamientos que incluían la inoculación con *A. chroococcum*. Este hallazgo sugiere un posible efecto positivo de la inoculación bacteriana en la síntesis de proteínas y el

metabolismo del nitrógeno de las plantas. Abdel Latef *et al.*, (2020) indican que la presencia de *A. chroococcum* puede facilitar la asimilación de nitrógeno por parte de las plantas, lo que podría haber contribuido a un aumento en la síntesis de proteínas y, por ende, a un mayor contenido proteico en los cultivos.

Sin embargo, es importante destacar que estos resultados plantean preguntas importantes sobre la eficacia y el potencial de la inoculación con *A. chroococcum* en sistemas de cultivo hidropónico. Aunque nuestros hallazgos no mostraron diferencias significativas en el crecimiento y el peso de las

plántulas entre los tratamientos, la variabilidad observada en la composición nutricional sugiere que la inoculación bacteriana podría tener efectos sutiles pero significativos en la calidad y el valor nutricional de los productos agrícolas.

4. CONCLUSIONES

Teniendo en cuenta los datos obtenidos en la investigación, no se encontraron diferencias significativas en la altura de las plantas entre los distintos tratamientos. Por lo tanto, podemos concluir que el uso de la bacteria como sustituto de fuentes de nitrógeno no afecta el crecimiento de las plántulas. Además, *Azotobacter chroococcum* puede actuar de forma individual o en combinación con otra solución química sin perjudicar el desarrollo de la planta. La reducción de fertilizantes químicos nitrogenados en el forraje verde hidropónico también contribuye a minimizar el impacto ambiental.

En cuanto al contenido de grasas, se observó que los resultados del tratamiento 2 son similares a los del tratamiento 3, confirmando que la presencia de la bacteria puede reemplazar parte de la fertilización química

sin afectar este parámetro. Además, el porcentaje de fibra cruda y de materia grasa no se vio afectado por la utilización de la bacteria en el tratamiento 2, que sustituyó el 50% de los nutrientes de origen químico.

Para comprender completamente los mecanismos subyacentes y maximizar los beneficios potenciales de la inoculación bacteriana en sistemas hidropónicos, se necesitan investigaciones adicionales. Sería útil llevar a cabo estudios a largo plazo para evaluar los efectos de la inoculación bacteriana en la productividad y calidad de los cultivos a lo largo de múltiples ciclos de cultivo. También se requiere un análisis más detallado de los factores que pueden modular la eficacia de la inoculación, como la concentración de bacterias, la frecuencia de aplicación y la interacción con otros componentes del sistema de cultivo.

CONTRIBUCIÓN DE LA AUTORÍA

Ingris Yohana Hernández Martínez y Germán Orozco González: conceptualización, análisis de datos, redacción, revisión y edición. **Margarita del Rosario Salazar**

Sánchez: análisis de datos, redacción, revisión y edición. **Yaneth De Jesús Galindo Mora y Nayibe Tatiana Sánchez-Álvarez:** redacción, revisión y edición.

LITERATURA CITADA

- Aasfar, A., Bargaz, A., Yaakoubi, K., Hilali, A., Bennis, I., Zeroual, Y., & Mef-tah Kadmiri, I. (2021). Nitrogen Fixing Azotobacter Species as Potential Soil Biological Enhancers for Crop Nutrition and Yield Stability. *Frontiers in Microbiology*, 12. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2021.628379>
- Abdel, A., Abu Alhmad, M. , Kordrostami, M., Abo-Baker, A., & Zakir, A. (2020). Inoculation with Azospirillum lipoferum or Azotobacter chroococcum Reinforces Maize Growth by Improving Physiological Activities Under Saline Conditions. *Journal of Plant Growth Regulation*, 39(3), 1293–1306. <https://doi.org/10.1007/s00344-020-10065-9>
- Agius, A., Pastorelli, G., & Attard, E. (2019). Cows fed hydroponic fodder and conventional diet: effects on milk quality. *Archives Animal Breeding*, 62(2), 517–525. <https://doi.org/10.5194/aab-62-517-2019>
- Balliu, A., Zheng, Y., Sallaku, G., Fernández, J. A., Gruda, N. S., & Tuzel, Y. (2021). Environmental and Cultivation Factors Affect the Morphology, Architecture and Performance of Root Systems in Soilless Grown Plants. *Horticulturae*, 7(8), 243. <https://doi.org/10.3390/horticulturae7080243>
- Beltrano, J., y Jiménez, D. (2015). *Cultivo hidropónico*. Editorial de la Universidad Nacional de La Plata.
- Biełło, K. A., Lucena, C., López-Tenllado, F. J., Hidalgo-Carrillo, J., Rodríguez-Caballero, G., Cabello, P., Sáez, L. P., Luque-Almagro, V., Roldán, M. D., Moreno-Vivián, C., & Olaya-Abril, A. (2023). Holistic view of biological nitrogen fixation and phosphorus mobilization in Azotobacter chroococcum NCIMB 8003. *Frontiers in Microbiology*, 14. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2023.1129721>
- Cassan, F., Perrig, D., Sgroy, V., Masciarelli, O., Penna, C. y Luna, V. (2009). Azospirillum brasilense Az39 y Bradyrhizobium japonicum E109, inoculados solos o en combinación, promueven la germinación de semillas y el crecimiento temprano de plántulas de maíz (Zea mays L.) y soja (Glycine max L.). *Revista europea de biología del suelo*, 45, 28-35. <https://doi.org/10.1016/J.EJSOBI.2008.08.005>
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística. (DANE). (2022). *Informe de coyuntura económica*. DANE.
- Hasan, Md. R., Hossain, A. K. M. Z., Kabir, M. H., Islam, Md. M., Alim, S. M. A., & Akondo, Md. R. I. (2023). Evaluation of Maize Varieties at Seedling Stage under Drought Stress Based on Morpho-physiological and Biochemical Attributes. *Asian Plant Research Journal*, 11(6), 9–18. <https://doi.org/10.9734/aprj/2023/v11i6225>
- Hindersah, R., Nuraniya Kamaluddin, N., Samanta, S., Banerjee, S., & Sarkar, S. (2020). Role and perspective of Azotobacter in crops production. *Journal of Soil Science and Agroclimatology*, 17(2), 170–179.
- Kawaka, F. (2022). Characterization of symbiotic and nitrogen fixing bacte-

- ria. *AMB Express*, 12(1), 99. <https://doi.org/10.1186/s13568-022-01441-7>
- Khaeim, H., Kende, Z., Jolánkai, M., Kovács, G. P., Gyuricza, C., & Tarnawa, Á. (2022). Impact of Temperature and Water on Seed Germination and Seedling Growth of Maize (*Zea mays* L.). *Agronomy*, 12(2), 397. <https://doi.org/10.3390/agronomy12020397>
- Khatami, S. A., Kasraie, P., Oveysi, M., Tohidi Moghadam, H. R., & Ghooshchi, F. (2022). Mitigating the adverse effects of salinity stress on lavender using biodynamic preparations and bio-fertilizers. *Industrial Crops and Products*, 183, 114985. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2022.114985>
- Khaziev, D., Gadiev, R., Yusupova, C., Kazanina, M., & Kopylova, S. (2021). Effect of hydroponic green herbage on the productive qualities of parent flock geese. *Veterinary World*, 14(4), 841–846. <https://doi.org/10.14202/vetworld.2021.841-846>
- Kumar, S. (2020). Abiotic Stresses and Their Effects on Plant Growth, Yield and Nutritional Quality of Agricultural Produce. *International Journal of Food Science and Agriculture*, 4(4), 367–378. <https://doi.org/10.26855/ijfsa.2020.12.002>
- Maldonado-Torres, R., Álvarez-Sánchez, Ma. E., Cristobal-Acevedo, D., & Ríos-Sánchez, E. (2013). Mineral Nutrition of Hydroponic Green Forage. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, XIX(2), 211–223. <https://doi.org/10.5154/r.rchsh.2011.10.053>
- Roncallo, B., Soca, M. y Ojeda, F. (2020). Comportamiento productivo de bovinos machos en desarrollo en dos explotaciones ganaderas del valle del Cesar en Colombia. *Pastos y Forrajes*, 43(3), 220–228.
- Song, Y., Liu, J., & Chen, F. (2020). *Azotobacter chroococcum* inoculation can improve plant growth and resistance of maize to armyworm, *Mythimna separata* even under reduced nitrogen fertilizer application. *Pest Management Science*, 76(12), 4131–4140. <https://doi.org/10.1002/ps.5969>
- Sumbul, A., Ansari, R. A., Rizvi, R., & Mahmood, I. (2020). Azotobacter: A potential bio-fertilizer for soil and plant health management. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 27(12), 3634–3640. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2020.08.004>
- Yang, T., & Kim, H.-J. (2020). Comparisons of nitrogen and phosphorus mass balance for tomato-, basil-, and lettuce-based aquaponic and hydroponic systems. *Journal of Cleaner Production*, 274, 122619. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.122619>



Licencia de Creative Commons

Revista Agricolae & Habitat is licensed under a Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional License.