

Artículo

# Microorganismos benéficos, bioestimuladores de la germinación y emergencia de semillas de maíz (*Zea mays* L.)

## *Beneficial microorganisms, biostimulants of germination and emergence of corn seeds (Zea mays L.)*

José Humberto Vera Rodríguez <sup>1,\*</sup>, María Mercedes Mendoza Peñarrieta <sup>2</sup>, Adriana Fernanda Vélez Chevez <sup>2</sup>, Brayan Enrique Llumiluisa Tapuy <sup>2</sup> y Rosa Liliana Romero Blanco <sup>3</sup>

<sup>1</sup> Universidad Estatal Península de Santa Elena, Facultad de Ciencias Agrarias, Santa Elena, Ecuador, 240207; <https://orcid.org/0000-0003-3027-059X>

<sup>2</sup> Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Unidad de Posgrado, Maestría en Biotecnología Agropecuaria. Quevedo, Ecuador, 120550; <https://orcid.org/0009-0005-5507-9785>, [maria.mendoza2015@uteq.edu.ec](mailto:maria.mendoza2015@uteq.edu.ec); <https://orcid.org/0000-0002-5095-3403>, [adriana.velez2015@uteq.edu.ec](mailto:adriana.velez2015@uteq.edu.ec); <https://orcid.org/0000-0002-7132-2942>, [brayan.llumiluisa2015@uteq.edu.ec](mailto:brayan.llumiluisa2015@uteq.edu.ec)

<sup>3</sup> Universidad Estatal de Milagro, Facultad de Posgrado. Milagro, Ecuador, 091050; <https://orcid.org/0009-0006-3464-9838>, [lromerob5@unemi.edu.ec](mailto:lromerob5@unemi.edu.ec)

\* Correspondencia: [jvera7569@upse.edu.ec](mailto:jvera7569@upse.edu.ec)

**Cita:** Vera Rodríguez, J. H., María Mercedes, M. M., Adriana Fernanda, A. F., Brayan Enrique, B. E., & Rosa Liliana, R. L. (2025). Microorganismos benéficos, bioestimuladores de la germinación y emergencia de semillas de maíz (*Zea mays* L.). *Multidisciplinary Collaborative Journal*, 3(3), 58-69. <https://doi.org/10.70881/mcj/v3/n3/70>

 <https://doi.org/10.70881/mcj/v3/n3/70>

**Recibido:** 27/07/2025  
**Revisado:** 15/08/2025  
**Aceptado:** 30/08/2025  
**Publicado:** 04/09/2025



**Copyright:** © 2025 por los autores. Este artículo es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos y condiciones de la **Licencia Creative Commons, Atribución-NoComercial 4.0 Internacional. (CC BY-NC).**

(<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>)

**Resumen:** La limitada germinación y emergencia de semillas de maíz reduce la producción y el rendimiento del cultivo. El objetivo fue evaluar el potencial de diferentes cepas de bacterias benéficas como bioestimuladoras de la germinación y emergencia de semillas de maíz (*Zea mays* L.). Este estudio *in vitro* realizado en Milagro, Ecuador, duró 7 días e investigó el impacto de cuatro cepas bacterianas benéficas (*Azotobacter vinelandii*, *Azospirillum brasilense*, *Pseudomonas fluorescens*, *Bacillus licheniformis*) en la germinación y crecimiento inicial de semillas de maíz híbrido ESPLENDOR. Las semillas se pre-hidrataron y sembraron en papel absorbente. Se aplicaron tratamientos bacterianos y se mantuvieron condiciones controladas de temperatura y luz. Al séptimo día, se midieron variables: altura de la plántula, largo de la raíz y peso fresco. Los datos se analizaron estadísticamente para determinar diferencias significativas entre tratamientos. Todos los microorganismos benéficos incrementaron significativamente la altura, el largo radicular y el peso fresco de plántulas de maíz comparado con el control. *A. brasilense* fue el más efectivo en potenciar todos los parámetros, seguido por *A. vinelandii*. *P. fluorescens* y *B. licheniformis*, aunque beneficiosos, tuvieron un efecto menor, pero estadísticamente superior al tratamiento sin microorganismos. El uso de bacterias benéficas en la agricultura optimiza la disponibilidad de nutrientes, modulando el desarrollo fisiológico y protegen contra el estrés biótico y abiótico a los cultivos.

**Palabras clave:** bacteria; genotipo; híbrido; planta.

**Abstract:** Limited germination and emergence of corn seeds reduces crop production and yield. The objective was to evaluate the potential of different strains of beneficial bacteria as biostimulants of corn (*Zea mays* L.) seed germination and emergence. This 7-day in vitro study, conducted in Milagro, Ecuador, investigated the impact of four beneficial bacterial strains (*Azotobacter vinelandii*, *Azospirillum brasilense*, *Pseudomonas fluorescens*, *Bacillus licheniformis*) on the germination and initial growth of ESPLENDOR hybrid corn seeds. Seeds were pre-hydrated and sown on absorbent paper. Bacterial treatments were applied, and controlled temperature and light conditions were maintained. On the seventh day, the following variables were measured: seedling height, root length, and fresh weight. Data were analyzed statistically to determine significant differences between treatments. All beneficial microorganisms significantly increased height, root length, and fresh weight of corn seedlings compared to the control. *A. brasilense* was the most effective in enhancing all parameters, followed by *A. vinelandii*. *P. fluorescens* and *B. licheniformis*, although beneficial, had a smaller but statistically superior effect to the treatment without microorganisms. The use of beneficial bacteria in agriculture optimizes nutrient availability, modulates physiological development, and protects crops against biotic and abiotic stress.

**Keywords:** bacteria; genotype; hybrid; plant.

## 1. Introducción

En la actualidad la agricultura moderna se enfrenta al desafío constante de optimizar la producción de cultivos, mientras se busca reducir el impacto ambiental asociado a las prácticas convencionales (Rios-Catota et al., 2025). Así mismo, la germinación y emergencia de las semillas representan etapas críticas en el ciclo de vida del maíz (*Zea mays* L.), determinando en gran medida el éxito del establecimiento del cultivo y, consecuentemente, el rendimiento final (Vera-Rodríguez et al., 2021). Sin embargo, diversos factores bióticos y abióticos pueden afectar negativamente estos procesos iniciales, generando pérdidas significativas y una baja producción de las plantas (Vera et al., 2024).

Tradicionalmente, la mejora de la germinación y emergencia se ha abordado mediante el uso de agroquímicos, como fungicidas e insecticidas para la protección de las semillas, así como fertilizantes para un rápido establecimiento (García et al., 2024). Si bien estas estrategias pueden ser efectivas a corto plazo, su aplicación indiscriminada genera preocupaciones sobre la salud del suelo, la biodiversidad microbiana y la acumulación de residuos en el ambiente (Jeres-Caguana et al., 2025a). Por lo tanto, existe una necesidad creciente de explorar alternativas más sostenibles y ecológicas que promuevan la vitalidad de las semillas de maíz de manera natural (Jeres-Caguana et al., 2025b).

Una de las alternativas más prometedoras en la agricultura sostenible es la utilización de microorganismos eficientes o benéficos, conocidos por sus efectos bioestimulantes o promotores del crecimiento vegetal (Carpio et al., 2025). Estos microorganismos, que incluyen bacterias, hongos y levaduras, interactúan de diversas formas con las plantas, estableciendo relaciones simbióticas o asociativas que pueden potenciar la absorción de nutrientes, la tolerancia al estrés y, fundamentalmente, mejorar los procesos de germinación y emergencia (Alcívar Llivicura et al., 2021a). Su aplicación representa una estrategia amigable

con el ambiente, con el potencial de reducir la dependencia de insumos químicos sintéticos (Alcivar Llivicura et al., 2021b).

*Azospirillum brasilense* puede incrementar el rendimiento de maíz hasta 5.97 t ha<sup>-1</sup> (Martínez Reyes et al., 2018), mientras *Azotobacter vinelandii* mejora el desarrollo radicular con aumentos de hasta un 49% en peso seco (Sánchez López et al., 2018). *Pseudomonas fluorescens*, eleva el rendimiento de maíz hasta en un 46.58%, reduciendo la necesidad de fertilizantes (Sangoquiza-Caiza et al., 2024). Por su parte, *Bacillus licheniformis* incrementa el porcentaje de germinación y el crecimiento temprano, como se vio en la mejora del 50% a 80.6% en semillas de rábano (Marcelo et al., 2023).

La acción de los microorganismos benéficos en la bioestimulación de la germinación y emergencia de semillas de maíz se atribuye a una variedad de mecanismos (Vera Rodríguez et al., 2024). Estos pueden incluir la producción de fitohormonas como auxinas, giberelinas y citocininas, que regulan el crecimiento celular y la diferenciación, la solubilización de nutrientes inmovilizados en el suelo, haciéndolos disponibles para la planta, la mejora de la estructura del suelo, y la inducción de resistencia sistémica contra patógenos (Carpio et al., 2025). La exploración de estas interacciones a nivel fisiológico es fundamental para entender y optimizar su aplicación.

El presente estudio se enfoca en evaluar el potencial de diferentes cepas de bacterias benéficas como bioestimuladoras de la germinación y emergencia de semillas de maíz (*Zea mays* L.). Contribuyendo así al desarrollo de estrategias biológicas que mejoren la productividad del cultivo de maíz en un marco de agricultura más sostenible y resiliente a los desafíos ambientales. Esto, a su vez, alinearía con varios de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), particularmente, al potenciar la seguridad alimentaria a través de una producción agrícola más eficiente y sostenible, y al promover prácticas que cuiden la biodiversidad y reduzcan la degradación del suelo.

## 2. Materiales y Métodos

### 2.1. Ubicación y duración del ensayo

El presente estudio se desarrolló en la Parroquia Milagro, Cantón Milagro dentro de las coordenadas 2°8'26.09" S, 79°35'36.38" O. El ensayo tuvo una duración de 7 días.

### 2.2. Manejo del ensayo

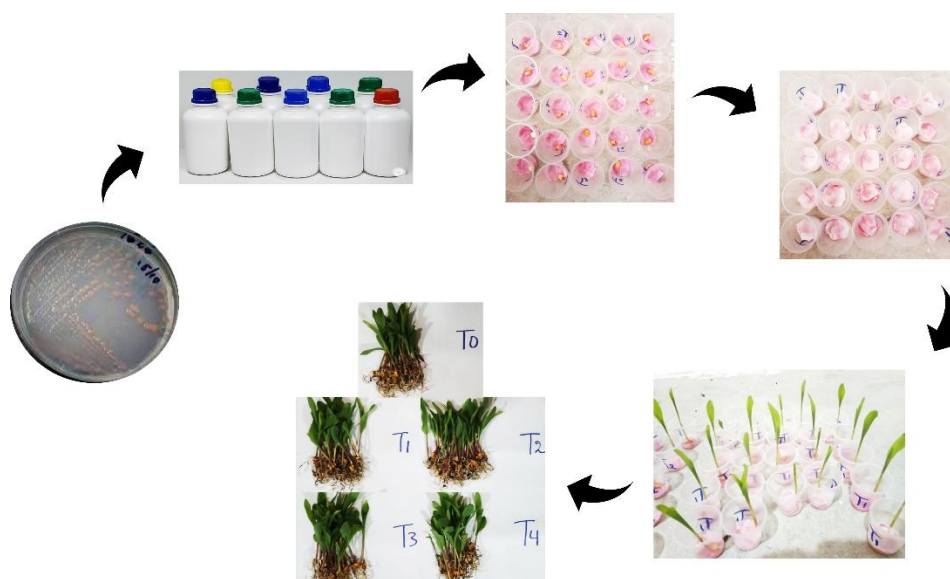
Para el experimento se adquirieron cepas de bacterias benéficas en el Laboratorio de Microbiología Agrícola MICROBIOLAB RUC: 1713152047001 de la ciudad de Quito-Ecuador, las mismas que se encontraban en presentación líquida a concentración de 10<sup>9</sup> UFC/mL. El genotipo de maíz utilizado fue de la marca ESPLENDOR del proveedor AGRIPAC® semilla híbrida de maíz amarillo duro.

La imbibición de las semillas se realizó en agua limpia sumergiéndolas durante 24 horas para activar el proceso de germinación, considerando a las 12 horas un receso u oreo de 2 hora, para generar oxigenación adecuada a la semilla. Una vez que las semillas se encontraron hidratadas, se procedió inmediatamente a la siembra de las semillas de maíz a nivel *in vitro* utilizando envases plásticos de 4 onzas de capacidad, donde se utilizó como sustrato papel absorbente de laboratorio en doble capa, ubicando una semilla por envase entre las capas del papel.

El papel absorbente de los envases fue humedecido con los tratamientos según correspondan en proporción 1:10 (v/v) (biopreparado bacteriano:agua) a razón de 10 mL por unidad experimental el día de la siembra y el quinto día después de la siembra (DDS), figura 1. Las condiciones prestadas al experimento fueron: Temperatura entre 24°C y 26°C; al inicio de la siembra tres días a oscuridad durante 24 horas y a partir de allí 12 horas luz/día.

### Figura 1

*Bosquejo del proceso metodológico del experimento.*



### 2.3. Variables evaluadas

Las variables fueron evaluadas al día 7 DDS.

2.3.1. Altura de la planta (cm): Se mide desde la base del coleóptilo donde inicia el yacimiento de raíces nodales en la planta hasta la punta de la hoja más altas, para esto se utilizó una regla plástica graduada (Figura 2).

## Figura 2

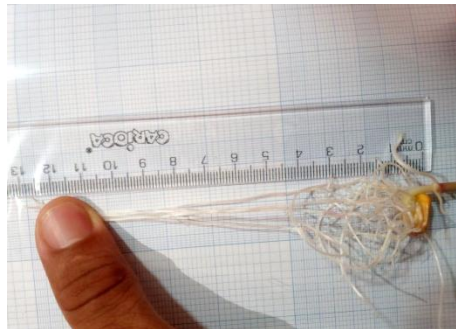
*Medición de la altura de la plántula de maíz.*



2.3.2. Largo de la raíz (cm): Se midió la distancia desde el punto de inicio del mesocotilo hasta la punta de la raíz más larga, con el uso de una regla plástica graduada (Figura 3).

## Figura 3

*Medición del largo radicular de la plántula de maíz.*



2.3.3. Peso fresco (gr): Fueron pesada todas las plántulas correspondientes a cada tratamiento y se determinó el promedio de peso por plántula, se utilizó una balanza digital gramera Modelo SF-400 de capacidad 7 o 5 Kg y precisión 1 gr (Figura 4).

## Figura 4

*Medición del peso por plántula de maíz.*



### 2.4. Diseño experimental y tratamientos en estudio

En la investigación se empleó un diseño completamente al azar (DCA), donde se aplicaron 5 tratamientos y 25 réplicas, tomando una semilla como unidad experimental (UE). La distribución de los tratamientos de estudio fue la siguiente: T1: *Azotobacter vinelandii*; T2: *Azospirillum brasilense*; T3: *Pseudomonas fluorescens*; T4: *Bacillus licheniformis*; y T0: Sin microorganismo.

### 2.5. Análisis estadístico

Se realizó un análisis de varianza simple (ANOVA) para determinar diferencias entre los tratamientos. En aquellas variables donde se detectaron diferencias significativas, se efectuó la prueba post hoc de Tukey  $P < 0,05$ . Los datos fueron tabulados en el software estadístico InfoStat 2020.

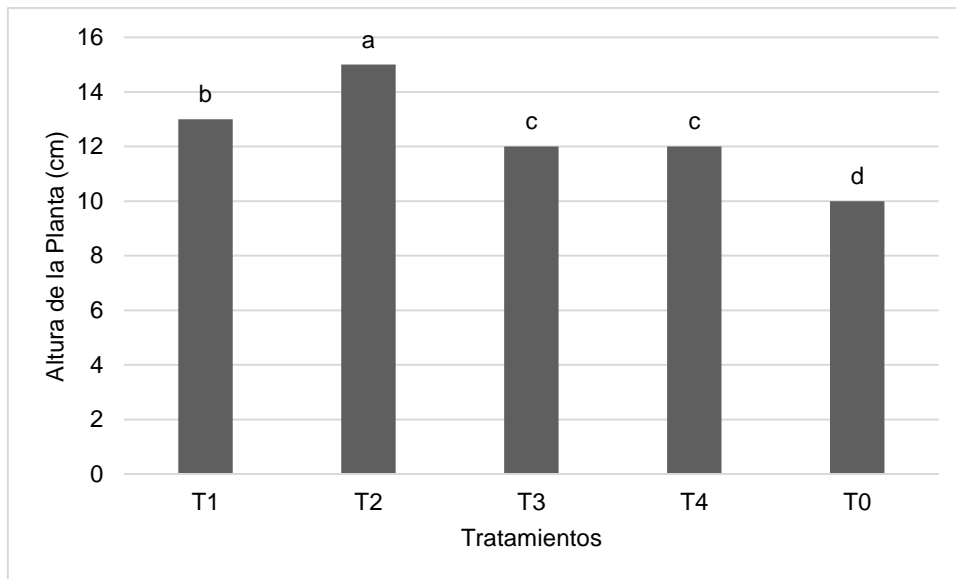
## 3. Resultados y discusión

### 3.1. Altura de la planta (cm)

La figura 5 presenta la altura promedio de plantas de maíz (en cm) bajo cinco tratamientos diferentes, cuatro de los cuales involucran la aplicación de bacterias benéficas (T1, T2, T3, T4) y un (T0) es un control sin microorganismos.

## Figura 5

*Altura de la planta de maíz bajo el efecto de diferentes microorganismos benéficos.*



T1: *Azotobacter vinelandii*; T2: *Azospirillum brasilense*; T3: *Pseudomonas fluorescens*; T4: *Bacillus licheniformis*; y T0: Sin microorganismo. Letras diferentes en una columna muestran diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ ).

La aplicación de microorganismos benéficos, especialmente bacterias de la especie *A. brasilense* (T2) y *A. vinelandii* (T1), resultó en un aumento significativo de la altura de la planta de maíz en comparación con el control sin microorganismos.

Este hallazgo concuerda con la literatura existente que destaca a *Azospirillum* como un género clave de rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal (PGPR) (Vera Rodríguez et al., 2024). Se sabe que *A. brasilense* contribuye al crecimiento de las plantas a través de diversos mecanismos, como la fijación de nitrógeno atmosférico, la producción de fitohormonas (como auxinas, giberelinas y citoquininas) y la mejora de la absorción de nutrientes (Sangoquiza-Caiza et al., 2024). *Azotobacter* es otro género bien reconocido de bacterias fijadoras de nitrógeno libre que también pueden producir sustancias promotoras del crecimiento vegetal, lo que explica su contribución al desarrollo de la planta (Sánchez López et al., 2018).

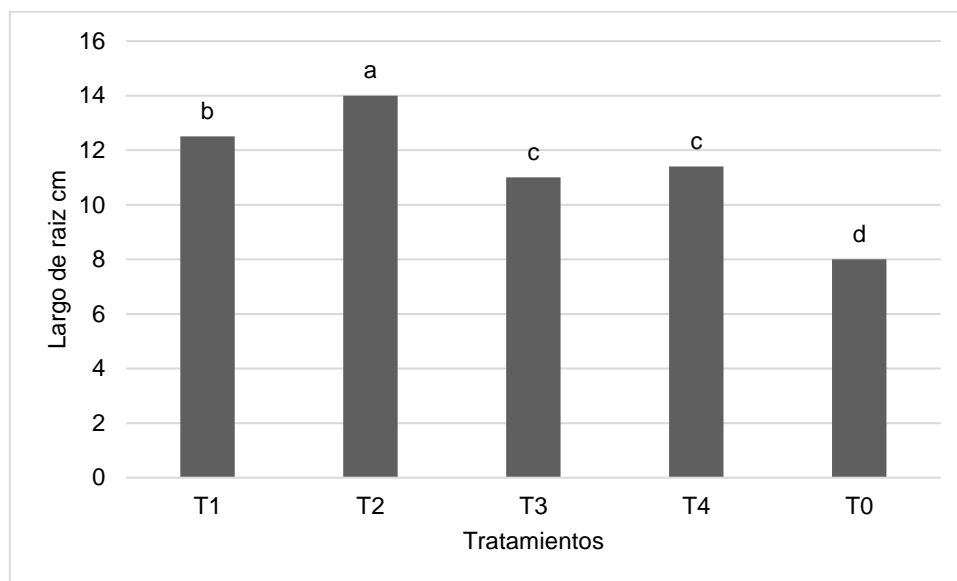
Por otro lado, los tratamientos con *P. fluorescens* (T3) y *B. licheniformis* (T4), aunque efectivos en comparación con el control (T0), no mostraron el mismo nivel de mejora que *A. brasilense* o *A. vinelandii*. *P. fluorescens* es conocida por sus propiedades de solubilización de fosfato y producción de sideróforos, que indirectamente pueden mejorar la disponibilidad de nutrientes para la planta (Timofeeva et al., 2023; Mahdi et al., 2020).

### 3.2. Largo de la raíz (cm)

La figura 6 ilustra el largo promedio de la raíz (en cm) de plantas de maíz bajo cinco tratamientos distintos, incluyendo cuatro aplicaciones de bacterias benéficas y un control (T0) sin microorganismos.

**Figura 6**

*Largo radicular de la planta de maíz bajo el efecto de diferentes microorganismos benéficos.*



T1: *Azotobacter vinelandii*; T2: *Azospirillum brasilense*; T3: *Pseudomonas fluorescens*; T4: *Bacillus licheniformis*; y T0: Sin microorganismo. Letras diferentes en una columna muestran diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ ).

Todas las bacterias benéficas aplicadas mejoraron significativamente el largo radicular de las plantas de maíz en comparación con el control, siendo *A. brasilense* (T2) el más efectivo, seguido por *A. vinelandii* (T1), *P. fluorescens* (T3) y *B. licheniformis* (T4). Estos resultados complementan y refuerzan los hallazgos observados en la altura de la planta (Figura 5), subrayando la importancia de los microorganismos benéficos en la promoción del crecimiento vegetal.

La capacidad de *Azospirillum* para producir auxinas y otras fitohormonas es crucial para estimular la elongación de las células radicales y la formación de raíces laterales, lo que resulta en un sistema radicular más extenso y eficiente para la absorción de agua y nutrientes (Cassán et al., 2014). Al igual que *Azospirillum*, *Azotobacter* es conocido por su capacidad de fijar nitrógeno atmosférico y secretar sustancias promotoras del crecimiento, incluyendo auxinas, que pueden influir directamente en la arquitectura radicular (Gurikar et al., 2016). Un sistema radicular más desarrollado facilita una mayor exploración del suelo, mejorando la captación de nutrientes y, en última instancia, contribuyendo a un mejor crecimiento general de la planta.

El tratamiento control (T0), sin la adición de microorganismos benéficos, exhibió el menor largo radicular, lo que evidencia la limitación del crecimiento de las raíces en ausencia de estos promotores biológicos. Estos resultados confirman la hipótesis de que la inoculación con rizobacterias promotoras del crecimiento

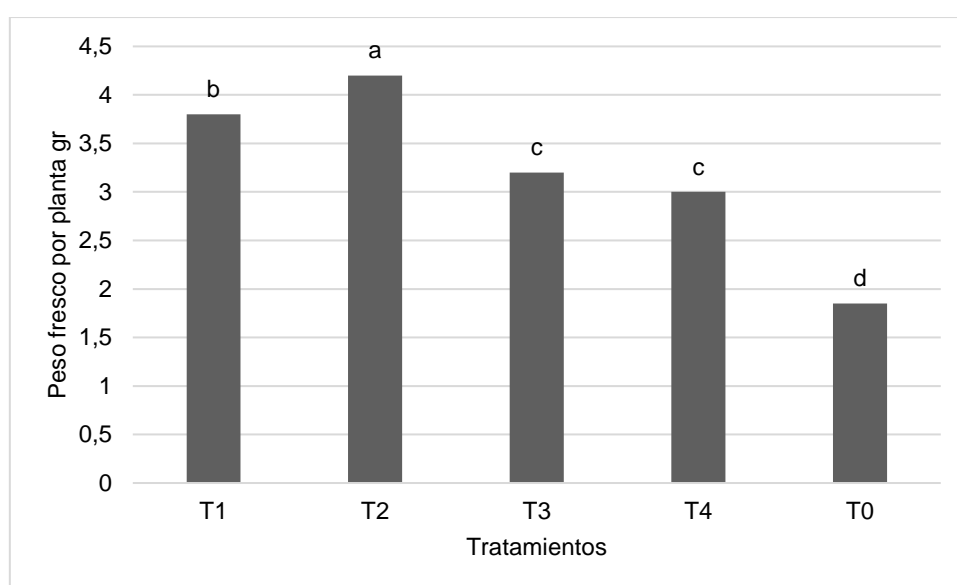
vegetal no solo mejora la altura de la parte aérea, sino que también estimula el desarrollo fundamental de las raíces, lo que es crítico para la resiliencia y productividad del cultivo de maíz (Bhat et al., 2023).

### 3.3. Peso fresco (gr)

La figura 7 presenta el peso fresco promedio por planta de maíz (en gramos) bajo cinco tratamientos diferentes, que incluyen cuatro inoculaciones con microorganismos benéficos y un control (T0) sin microorganismos.

#### Figura 7

*Peso fresco de la planta de maíz bajo el efecto de diferentes microorganismos benéficos.*



T1: *Azotobacter vinelandii*; T2: *Azospirillum brasilense*; T3: *Pseudomonas fluorescens*; T4: *Bacillus licheniformis*; y T0: Sin microorganismo. Letras diferentes en una columna muestran diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ ).

La aplicación de microorganismos benéficos, particularmente *A. brasilense* (T2) y *A. vinelandii* (T1), resultó en un aumento significativo del peso fresco de las plantas de maíz en comparación con el control sin microorganismos.

Este resultado se alinea con la bien documentada capacidad de *Azospirillum* para mejorar el crecimiento de la biomasa vegetal a través de mecanismos como la fijación biológica de nitrógeno (Aasfar et al., 2021). *Azotobacter* contribuye a la biomasa de la planta no solo por la fijación de nitrógeno sino también por la síntesis de vitaminas y ácidos orgánicos que pueden potenciar la asimilación de nutrientes y el metabolismo de la planta (Razmjooei et al., 2022). *P. fluorescens* y *B. licheniformis*, si bien mejoraron el peso fresco de la planta en comparación con el control, no alcanzaron los niveles observados con *Azospirillum* o *Azotobacter*. Estos microorganismos son conocidos por sus propiedades solubilizadoras de nutrientes, lo que crea un ambiente más favorable para el

crecimiento de la planta y, por ende, para la acumulación de biomasa (Timofeeva et al., 2023; Mahdi et al., 2020).

Estos resultados son cruciales para el desarrollo de estrategias de fertilización biológica sostenible en la producción de maíz, dado que una buena germinación mejora el desarrollo de la planta, un componente clave del rendimiento y la productividad.

#### 4. Conclusiones

La inoculación con microorganismos benéficos es una estrategia eficaz para mejorar el crecimiento de plantulas, desarrollo radicular y la biomasa del maíz. *A. brasilense* se perfila como el bioinoculante más prometedor entre los evaluados, seguido de *A. vinelandii*, lo que ofrece vías sostenibles para mejorar la productividad agrícola y reducir la dependencia de insumos químicos en el cultivo de maíz.

El uso de bacterias benéficas en la agricultura optimiza la disponibilidad de nutrientes, modulando el desarrollo fisiológico y protegen contra el estrés biótico y abiótico a los cultivos.

**Contribución de los autores:** Conceptualización, MMM-P.; metodología, JHV-R.; software, MMM-P. y JHV-R.; validación, AFV-Ch.; análisis formal, BELI-T.; investigación, JHV-R.; recursos, JHV-R. y MMM-P; redacción del borrador original, JHV-R.; redacción, revisión y edición, MMM-P. y AFV-Ch.; visualización, BELI-T.; supervisión, RLR-B. Todos los autores han leído y aceptado la versión publicada del manuscrito.

**Financiamiento:** Los autores no han recibido fondos externos para esta investigación.

#### Agradecimientos

Los autores de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo (UTEQ) desde la Facultad de Posgrados, Programa de Maestría en Biotecnología Agropecuaria agradecen al programa de becas de la Secretaría de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación (SENESCYT).

#### Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

#### Referencias Bibliográficas

Aasfar, A., Bargaz, A., Yaakoubi, K., Hilali, A., Bennis, I., Zeroual, Y., & Meftah Kadmiri, I. (2021). Nitrogen fixing *Azotobacter* species as potential soil biological enhancers for crop nutrition and yield stability. *Frontiers in Microbiology*, 12, 628379. <https://doi.org/https://doi.org/10.3389/fmicb.2021.628379>

Alcívar Llivicura, M. F., Vera Rodríguez, J. H., Arévalo Serrano, O. J., Arévalo, B. D., Pachar, L. E., Castillo, C. B., Carlosama, L. K., Arizabal, J. A., & Paltán, N. D.

- (2021). Aplicación de lixiviados de vermicompost y respuesta agronómica de dos variedades de pimiento. *Revista Colombiana de Ciencia Animal Recia*, 13(1), 50–58. <https://doi.org/https://doi.org/10.24188/recia.v13.n1.2021.793>
- Alcivar Llivicura, M. F., Vera Rodriguez, J. H., Llivisupa Vasquez, L. M., Gómez Piña, J. C., Vicuña Rocano, M. S., & Mendoza Díaz, M. D. C. (2021). Influencia del vermicompost y sus lixiviados sobre la germinación de hortalizas en un suelo sódico. *Journal of Science and Research*, 6(2). <https://revistas.utb.edu.ec/index.php/sr/article/view/1168>
- Bhat, M. A., Mishra, A. K., Jan, S., Bhat, M. A., Kamal, M. A., Rahman, S., Shah, A. A., & Jan, A. T. (2023). Plant growth promoting rhizobacteria in plant health: a perspective study of the underground interaction. *Plants*, 12(3), 629. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/plants12030629>
- Carpio, M., Vera, J., Yugsan, F., Gavin, C., & Barzallo, D. (2025). Biofertilizer enriched with *Paenibacillus polymyxa* and *Trichoderma* sp. for radish cultivation. *Revista Caatinga*, 38, e13759–e13759. <https://doi.org/https://doi.org/10.1590/1983-21252025v3813759rc>
- Cassán, F., Vanderleyden, J., & Spaepen, S. (2014). Physiological and agronomical aspects of phytohormone production by model plant-growth-promoting rhizobacteria (PGPR) belonging to the genus *Azospirillum*. *Journal of Plant Growth Regulation*, 33(2), 440–459. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s00344-013-9362-4>
- García, B., Parrales, L., Villón, H., Torres, S., Vera, J., Moyano, G., & Villamar, M. (2024). Comparison of weed control methods in rice in the rainy and dry seasons. *Revista de La Facultad de Agronomía*, 41(4). <https://www.produccioncientificaluz.org/index.php/agronomia/article/view/42713>
- Gurikar, C., Naik, M. K., & Sreenivasa, M. Y. (2016). Azotobacter: PGPR activities with special reference to effect of pesticides and biodegradation. In *Microbial Inoculants in Sustainable Agricultural Productivity: Vol. 1: Research Perspectives* (pp. 229–244). Springer. [https://doi.org/https://doi.org/10.1007/978-81-322-2647-5\\_13](https://doi.org/https://doi.org/10.1007/978-81-322-2647-5_13)
- Jeres-Caguana, G. A., Montañón-Roldán, V. L., Ordoñez-Zuñiga, N. L., Vera-Rodriguez, J. H., & Lucas-Vidal, L. R. (2025). Efecto biorremediador de la espirulina y *Trichoderma* spp. en suelo contaminado con plomo (Pb). *Multidisciplinary Collaborative Journal*, 3(2), 1–12. <https://doi.org/https://doi.org/10.70881/mcj/v3/n2/48>
- Jeres-Caguana, G. A., Quiñonez-Portocarrero, D. K., Macías-Rojas, H. A., Vera-Rodriguez, J. H., & Lucas-Vidal, L. R. (2025). Efecto bioestimulante de algas (*Arthrospira platensis* y *Durvillaea antarctica*) sobre el desarrollo de plantas de maíz durante la etapa vegetativa V3. *Hombre, Ciencia y Tecnología*, 29(2), 100–110. <http://hct.cigetgtmo.co.cu/revistahct/index.php/hct/article/view/1511>
- Mahdi, I., Fahsi, N., Hafidi, M., Allaoui, A., & Biskri, L. (2020). Plant growth enhancement using rhizospheric halotolerant phosphate solubilizing bacterium *Bacillus licheniformis* QA1 and *Enterobacter asburiae* QF11 isolated from *Chenopodium quinoa* willd. *Microorganisms*, 8(6), 948. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/microorganisms8060948>
- Marcelo, J. Á. S., Cruz, A. R., Hernández, E. T., González, D. N., Ramírez, Y. R., & Dircio, A. B. (2023). Evaluación del efecto de *Bacillus licheniformis* m2-7 como biofertilizante en cultivo de *Raphanus sativus* L. (brassicales: Brassicaceae). *Acta Agrícola y Pecuaria*, 9(1), 6. <https://aap.uaem.mx/index.php/aap/article/view/579>

- Martínez Reyes, L., Aguilar Jiménez, C. E., Carcaño Montiel, M. G., Galdámez Galdámez, J., Gutiérrez Martínez, A., Morales Cabrera, J. A., Martínez Aguilar, F. B., Llaven Martínez, J., & Gómez Padilla, E. (2018). Biofertilización y fertilización química en maíz (*Zea mays* L.) en Villaflores, Chiapas, México. *Siembra*, 5(1), 26–37. <https://doi.org/https://doi.org/10.29166/siembra.v5i1.1425>
- Razmjooei, Z., Etemadi, M., Eshghi, S., Ramezani, A., Mirazimi Abarghuei, F., & Alizargar, J. (2022). Potential role of foliar application of azotobacter on growth, nutritional value and quality of lettuce under different nitrogen levels. *Plants*, 11(3), 406. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/plants11030406>
- Rios-Catota, D. V., Álvarez-Sánchez, A. R., & Vera-Rodríguez, J. H. (2025). Biosíntesis de nanopartículas de plata mediante *Trichoderma asperellum* y su impacto en el crecimiento vegetativo del maíz (*Zea mays* L.). *Multidisciplinary Collaborative Journal*, 3(2), 148–158. <https://doi.org/https://doi.org/10.70881/mcj/v3/n2/57>
- Sánchez López, D. B., Pérez Pazos, J. V, Luna Castellanos, L. L., García Peña, J. A., & Espitia Montes, A. A. (2018). Evaluación de *Azotobacter vinelandii* y *Pseudomonas denitrificans* en *Dioscorea rotundata* en condiciones de campo. *Fave. Sección Ciencias Agrarias*, 17(1), 35–43. [https://www.scielo.org.ar/scielo.php?pid=S1666-77192018000100003&script=sci\\_arttext&tlng=en](https://www.scielo.org.ar/scielo.php?pid=S1666-77192018000100003&script=sci_arttext&tlng=en)
- Sangoquiza-Caiza, C., Borgues-García, M., & Cho, K. J. (2024). Respuesta del maíz harinoso (*Zea mays* L. var. *Amylacea*) a la inoculación de *azospirillum* y *pseudomonas*. *LA GRANJA. Revista de Ciencias de La Vida*, 39(1), 150–159. <https://doi.org/https://doi.org/10.17163/lgr.n39.2024.09>
- Timofeeva, A. M., Galyamova, M. R., & Sedykh, S. E. (2023). Plant growth-promoting soil bacteria: nitrogen fixation, phosphate solubilization, siderophore production, and other biological activities. *Plants*, 12(24), 4074. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/plants12244074>
- Vera-Rodríguez, J. H., Cepeda-Landin, W. E., Alcívar-Llivicura, M. F., Pineda-Macas, G. L., & Medranda-Parraga, K. E. (2021). Comportamiento agronómico y económico de genotipos de maíz duro (*Zea mays* L.) en La Troncal, Ecuador. *Hombre, Ciencia y Tecnología*, 25(3), 66–75. <http://hct.cigetgtmo.co.cu/revistahct/index.php/htc/article/view/1171>
- Vera, J., Barzallo, D., Villamar, M., Ortiz, J., Moyano, G., & Yugsan, J. (2024). Productive and economic potential of the application of biofertilizer in hybrid corn DAS 3383. *Revista De La Facultad De Agronomía De La Universidad Del Zulia*, 41(4), e244237. <https://produccioncientificaluz.org/index.php/agronomia/article/view/42779>
- Vera Rodríguez, J. H., Barzallo, D., Villamar Aveiga, M. del R., & Barcia-Anchundia, J. X. (2024). Biostimulant Effect of Microorganisms on in vitro Germination of Hybrid Pepper Seeds. *Revista Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 25(1). [https://doi.org/https://doi.org/10.21930/rcta.vol25\\_num1\\_art:3306274](https://doi.org/https://doi.org/10.21930/rcta.vol25_num1_art:3306274)