

# Efecto de la aplicación foliar de biol de estiércol bovino en el cultivo de maíz híbrido

## Effect of foliar application of bovine manure biol on hybrid maize

Jhon Fredy Oviedo Angarita <sup>1,2</sup>, Isaac Dodino Duarte <sup>1,3</sup>, Belkis Xiomara Diaz Basto <sup>1,4</sup>, José Danilo Capera Castro <sup>1,5</sup>

<sup>1</sup>Universidad Popular del Cesar. Aguachica, Cesar. <sup>2</sup>✉ [jfredyoviedo@unicesar.edu.co](mailto:jfredyoviedo@unicesar.edu.co); <sup>3</sup>✉ [isaacdodino@unicesar.edu.co](mailto:isaacdodino@unicesar.edu.co); <sup>4</sup>✉ [belkisdiaz@unicesar.edu.co](mailto:belkisdiaz@unicesar.edu.co); <sup>5</sup>✉ [jdcapera@unicesar.edu.co](mailto:jdcapera@unicesar.edu.co)



<https://doi.org/10.15446/acag.v72n4.112623>

2023 | 72-4 p 353-360 | ISSN 0120-2812 | e-ISSN 2323-0118 | Rec.: 2024-01-23 Acep.: 2024-09-05

### Resumen

El uso de recursos naturales renovables y la optimización de los procesos biológicos permiten avanzar hacia prácticas más sostenibles y resilientes en cultivos transitorios como el maíz. Este estudio evaluó el efecto de la aplicación foliar de biol de estiércol bovino en un cultivo de maíz híbrido, con un enfoque en los aspectos fisiológicos de las plantas. El estudio se llevó a cabo realizando pruebas de fitotoxicidad, pH y conductividad eléctrica, donde se aplicó un diseño factorial con arreglo  $3 \times 2$ . Se trabajaron tres niveles del factor “tipo de fertilizante” (urea, biol, ninguno) y dos niveles del factor “contenido de micorrizas” (0 g y 40 g), empleando 4 réplicas por tratamiento. Los datos se analizaron en un ANOVA de dos factores para examinar las posibles diferencias estadísticamente significativas entre las diversas variables. Posteriormente, se realizó el análisis de comparación de medias mediante la prueba de Tukey, con un nivel de significancia del 0.05 utilizando el software RStudio, versión 2024.04.0 735. No se encontraron diferencias significativas entre los distintos tratamientos en cuanto al diámetro del tallo, el peso de las plantas y el peso de las mazorcas. Sin embargo, sí se observaron diferencias en la altura de las plantas, donde el tratamiento con biol alcanzó un promedio de 2.01 m, mientras que el tratamiento con urea resultó en una altura menor, con un promedio de 1.74 m. Esto indica que la aplicación de biol estimula el crecimiento de las plantas de maíz de manera eficiente. Además, se resalta el potencial del estiércol bovino como fertilizante orgánico.

**Palabras clave:** biofertilizantes, desarrollo sostenible, estiércol bovino, fertilización orgánica, fitotoxicidad.

### Abstract

The use of renewable natural resources and the optimization of biological processes allows for progress towards more sustainable and resilient practices in transitional crops such as maize. This study evaluated the effect of foliar application of bovine manure biol on a hybrid maize crop, focusing on the physiological aspects of the plants. Phytotoxicity, pH, and electrical conductivity tests were carried out, where a  $3 \times 2$  factorial design was applied. Three levels of the factor “fertilizer type” (urea, biol, none) and two levels of the factor “mycorrhiza content” (40 g and 0 g) were used, with 4 replicates per treatment. The data were analysed using a two-factor ANOVA to examine potential statistically significant differences between the various variables. Subsequently, the means comparison analysis was performed using Tukey’s test, with a significance level of 0.05 using the RStudio software, version 2024.04.0 735. No significant differences were found between the different treatments in terms of stem diameter, plant weight, and cob weight. However, differences were observed in plant height, where the biol treatment reached an average of 2.01 m, while the urea treatment resulted in a lower height, with an average of 1.74 m. This indicates that the application of biol stimulates the efficient growth of maize plants. In addition, the potential of bovine manure as an organic fertilizer is highlighted.

**Keywords:** bovine manure, biofertilizers, organic fertilization, phytotoxicity, sustainable development.

## Introducción

El maíz es uno de los productos agrícolas más consumidos en todo el mundo. Aunque el cultivo de maíz en Colombia carece de tecnificación, el uso de semillas mejoradas ha incrementado la productividad y el rendimiento de las cosechas (Grande Tovar y Orozco Colonia, 2013). En el cultivo de maíz es fundamental mantener un equilibrio adecuado de nutrientes en el suelo para garantizar una gestión sostenible del terreno y asegurar la disponibilidad de estos nutrientes, necesarios para el desarrollo del cultivo (Aguirre *et al.*, 2022).

En Colombia, los agricultores buscan mejorar la productividad y reducir problemas fitosanitarios con el uso de fertilizantes biosintéticos. No obstante, variaciones en las dosis y el uso de aguas inadecuadas durante la aspersión han resultado en altas concentraciones de metales y agroquímicos en cultivos (Granada y Prada, 2016). Teniendo en cuenta el aumento constante en la demanda y el alza de los precios de fertilizantes químicos, así como las preocupaciones ambientales, es fundamental explorar opciones sostenibles para la producción agrícola (Zermeño *et al.*, 2015). Algunas de las alternativas son los fertilizantes orgánicos que ayudan a reducir la erosión del suelo y contribuyen a mejorar la producción agrícola (Díaz *et al.*, 2022). Además, el biol de estiércol bovino es una opción efectiva para el cultivo de maíz en Colombia, ya que puede contribuir significativamente a los requerimientos nutricionales del maíz, superando en ocasiones a la fertilización química, especialmente en el aporte de nitrógeno (Salazar-Sosa *et al.*, 2009). Estas cantidades de nitrógeno son muy importantes para el suelo debido a que es el nutriente indispensable para lograr altos rendimientos en los cultivos de maíz (Sotomayor *et al.*, 2017).

Por otra parte, las plantas de maíz en Colombia han demostrado una notable capacidad de adaptación a diversas condiciones climáticas y agroecológicas en todo el país. Su amplia distribución se debe, en parte, a relaciones simbióticas con hongos micorrizógenos arbusculares (Rodríguez *et al.*, 2015). Según Rodríguez *et al.* (2020), la aplicación de estos microorganismos fomenta el crecimiento vegetal, lo que reduce la dependencia de fertilizantes y pesticidas, promoviendo prácticas agrícolas más sostenibles. El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de la aplicación foliar de biol de estiércol bovino en un cultivo de maíz híbrido teniendo como criterios los aspectos fisiológicos de las plantas.

## Materiales y métodos

**Localización.** El estudio se realizó entre septiembre y diciembre de 2023 en el municipio de Aguachica, Cesar, ubicado a 162 msnm, con una temperatura promedio de 28 °C (Gobernación del Cesar, 2023), en las coordenadas geográficas 8°18'21" N 73°36'41" W (Google Earth, s. f.).

**Medición de pH.** Para estudiar el pH del biol y del suelo se utilizó un medidor portátil impermeable Hanna®, referencia HI98190.

**pH del lixiviado.** Se tomaron muestras del biol de la cámara de salida de un biodigestor alimentado con estiércol bovino que fue estabilizado durante 5 días; posteriormente, se determinó su grado de acidez.

**pH del suelo.** En esta prueba, una muestra de 20 gramos de tierra seca fue tomada y luego tamizada a  $\leq 2$  mm. Seguidamente, fue mezclada con 100 ml de agua destilada, manteniéndola en agitación constante durante 2 minutos. La mezcla fue dejada en reposo durante 15 minutos y, finalmente, se tomó la medida en el sobrenadante.

**Conductividad eléctrica del suelo.** La medición de la salinidad del suelo se llevó a cabo utilizando una solución de 20 g de tierra tamizada y 100 ml de agua destilada. La mezcla se agitó durante 30 minutos, y durante este proceso de agitación se hizo la medición utilizando un conductímetro Hanna®, referencia HI98304.

**Prueba de fitotoxicidad.** Para llevar a cabo esta prueba, se tomó como base lo descrito por Ramírez y Mendoza (2008), pero se emplearon en los diferentes bioensayos semillas de pepino (*Cucumis sativus*) de la variedad Fercon cohombro Poinsett 76, con un poder germinativo del 98 %. Estas semillas fueron seleccionadas debido a su alta sensibilidad frente a los compuestos fitotóxicos de los fertilizantes, lo que las hace adecuadas como indicadores biológicos en pruebas de fitotoxicidad determinadas por bioensayos de germinación (Wang y Keturi, 1990). Se realizaron 5 bioensayos empleando diferentes diluciones con agua destilada y lixiviado, además de un tratamiento de control con agua dura; de igual manera, en 3 de los tratamientos se utilizó el método de las diluciones seriadas.

Se realizó una prueba por triplicado, colocando 15 semillas de pepino (*Cucumis sativus*) en cajas de Petri sobre papel filtro. Las semillas se separaron entre sí para permitir una adecuada elongación de la radícula y el hipocótilo. Posteriormente, se recolectaron los datos y se calculó la media de cada bioensayo. Los tratamientos se saturaron con 6 ml de dilución cada uno evitando bolsas de aire, asimismo, se empleó la técnica de las diluciones seriadas en los bioensayos B4, B5 y B6 (Tabla 1). Por último, las cajas

**Tabla 1.** Tratamientos utilizados en la prueba de fitotoxicidad con 6 ml aplicados

Tratamiento	Descripción
B1(control)	Bioensayo con agua dura del grifo
B2	Bioensayo con biol estabilizado
B3	Bioensayo con dilución 1:1 de biol y agua
B4	Bioensayo con dilución 1:10 de biol en agua
B5	Bioensayo con dilución 1:100 de biol en agua
B6	Bioensayo con dilución 1:1000 de biol en agua

de Petri fueron selladas con bolsas plásticas para evitar la desecación y la pérdida de humedad, y se mantuvieron en una caja, aisladas de la luz.

Pasados los 5 días de germinación, se contabilizó la cantidad de semillas germinadas en cada tratamiento y con la ayuda de un vernier se midieron la longitud de la radícula y del hipocótilo de cada planta teniendo como criterio germinativo la aparición notable de la radícula. Se calcularon los porcentajes de germinación relativa de las semillas (GRS) y el crecimiento relativo de la radícula (CRR) para así determinar el índice de germinación (IG) de los tratamientos de acuerdo con las ecuaciones (1), (2) y (3) planteadas por Tiquia (2000).

$$\% \text{ GRS} = \frac{\text{Número de semillas germinadas con la muestra de agua problema}}{\text{Número de semillas germinadas en agua dura (control)}} \cdot 100 \quad (\text{Ec. 1})$$

$$\% \text{ CRR} = \frac{\text{Elongación promedio de la radícula con la muestra de agua problema}}{\text{Elongación promedio de la radícula en agua dura (control)}} \cdot 100 \quad (\text{Ec. 2})$$

$$\% \text{ IG} = \frac{\text{GRS} \cdot \text{CRR}}{100} \quad (\text{Ec. 3})$$

**Siembra del maíz.** De manera preliminar, se realizaron labores de labranza para facilitar el riego y el desarrollo de nutrientes. Las semillas fueron sembradas a 5 cm de profundidad en el suelo, manteniendo una distancia de 0.8 m entre cada surco y de 0.5 m entre plantas. Durante las etapas fenológicas, se hizo un riguroso manejo del riego para garantizar una adecuada absorción de nutrientes por parte de las plantas. En este experimento se empleó semilla de maíz del híbrido Pioneer como material experimental para garantizar el desarrollo del estudio.

**Diseño experimental.** Se utilizó un diseño factorial  $3 \times 2$  con dos factores y 4 réplicas por tratamiento. Los factores fueron “tipo de fertilizante” y “cantidad de micorrizas”. Los niveles del primer factor fueron urea, biol y un control sin fertilizante, mientras que los niveles del segundo factor fueron 0 g y 40 g de micorrizas. Los tratamientos de fertilización evaluados fueron T1. Urea con micorrizas, T2. Biol con micorrizas, T3. Micorrizas, T4. Urea, T5. Biol, y T6. Control (sin fertilizante ni micorrizas). Las micorrizas utilizadas contenían como ingrediente activo los géneros *Glomus* sp., *Scutellospora* sp., *Acaulospora* sp. y *Entrophospora* sp., con una concentración de 300 esporas por gramo de suelo.

La urea fue aplicada 35, 51 y 67 días después de la siembra en dosis de 20, 15 y 15 g/planta, mientras que las micorrizas (40 g/planta) se aplicaron alrededor de las raíces a los 10 días de germinación. Por otro lado, el lixiviado se aplicó de manera foliar a los 35, 42, 51 y 60 días después de la siembra; las dos primeras dosis fueron de 200 ml y las dos últimas de 100 ml/planta.

**VARIABLES DE RESPUESTA.** Las plantas fueron cosechadas 81 días después de la siembra, posteriormente, se evaluaron la altura y el diámetro del tallo con la ayuda de un flexómetro y un calibrador digital Vernier. De

igual manera, se obtuvo el peso de las plantas y de las mazorcas.

**Análisis de datos.** Las diferentes variables se analizaron en un ANOVA de dos factores para identificar si había diferencias estadísticamente significativas. Posteriormente, se realizó el análisis de comparación de medias de Tukey (0.05) en el software RStudio, versión 2024.04.0 735.

## Resultados y discusión

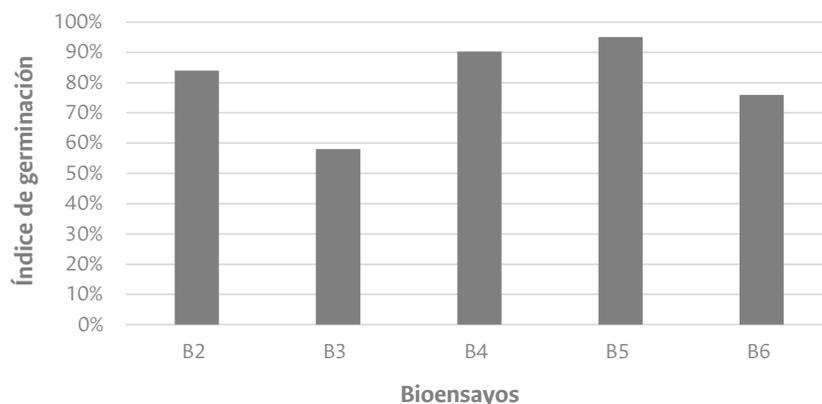
**PH del lixiviado.** El pH obtenido del biofertilizante en la salida del biorreactor fue de 6.9, considerándose neutro. Esto es similar a Gil Ramírez *et al.* (2023), quienes obtuvieron un pH de 6.9 con un biofertilizante de estiércol vacuno. Por otra parte, Solís Muñoz *et al.* (2022) encontraron valores de pH entre 7.28 y 7.85 en un fertilizante orgánico elaborado a partir de estiércol de ganado enriquecido con guano de isla peruano.

**PH del suelo.** Se registró un pH de 7.85, lo cual tiende a ser un poco alcalino. Según Ortiz *et al.* (2021), el desarrollo normal del maíz ocurre en un pH entre 5 y 7. Debido a esto, el suelo fue regado de manera rigurosa para evitar la dilución de los tratamientos y así contrarrestar el pH.

**Conductividad eléctrica del suelo.** Se obtuvo una conductividad de  $0.11 \text{ dS/m}^{-1}$ , lo que se interpreta como un suelo en condiciones ideales para el cultivo, ya que su valor es inferior a  $2 \text{ dS/m}^{-1}$  y se describe como un suelo no salino (Guida-Johnson, 2021).

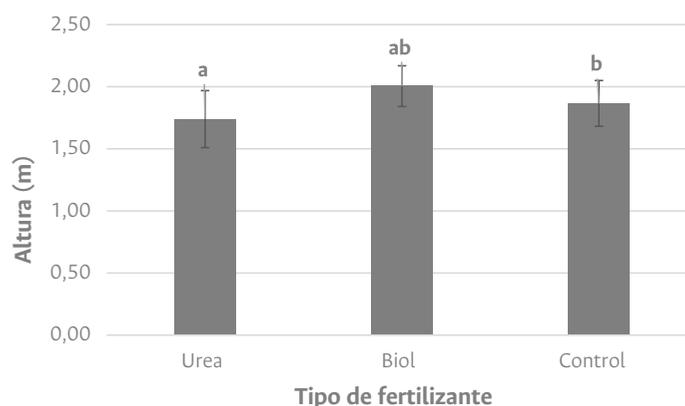
**Índice de germinación.** Los resultados obtenidos en la Figura 1 muestran que los bioensayos B2, B4 y B5 arrojaron los resultados más favorables. Esto concuerda con el criterio de Zucchini *et al.* (1981), que establece que un  $\text{IG} \geq 80 \%$  indica que la presencia de sustancias fitotóxicas es irrelevante o que están en concentraciones bajas. Flórez *et al.* (2020) lograron un índice de germinación superior al 80 % en semillas de lechuga al evaluar un fertilizante líquido obtenido a través de fermentación láctica con diluciones entre 0.1 % y 0.001 %. Urriola *et al.* (2021) reportaron que no hubo presencia de fitotoxicidad en semillas de pepino, obteniendo un índice de germinación de 118 % y 101 % con el tratamiento de estiércol de ave y aserrín, y con el tratamiento compuesto de cáscara de café, estiércol de ave y bovino, respectivamente.

**Altura de la planta.** La Figura 2 muestra diferencias significativas en la altura de las plantas según el fertilizante utilizado. El tratamiento con urea resultó en la altura más baja (1.74 m), lo cual concuerda con Gutiérrez *et al.* (2022), quienes indican que el sulfato de amonio favorece una mayor altura en comparación con la urea. En contraste, el tratamiento con biol obtuvo un promedio de 2.01 m, lo que podría deberse al contenido de materia orgánica y nitrógeno adecuado para el desarrollo de las plantas. Barzan *et al.* (2022) sugieren que la altura de las plantas depende



**Figura 1.** Índice de germinación obtenido en la prueba de fitotoxicidad.

Nota: B2: bioensayo con biol, B3: bioensayo con dilución 1:1, B4: bioensayo con dilución 1:10, B5: bioensayo con dilución 1:100, B6: bioensayo con dilución 1:1000.



**Figura 2.** Altura promedio de la planta por tratamiento. Los datos se presentan como media  $\pm$  desviación estándar ( $n = 4$ ). Las letras minúsculas diferentes indican diferencias significativas con  $p < 0.05$  según la prueba de Tukey.

de la combinación y cantidad de nitrógeno, mientras que Jiménez *et al.* (2019) destacan que el estiércol compostado y *G. intraradices* mejoran la absorción de nutrientes y, por ende, el crecimiento de las plantas.

Moreno *et al.* (2020) reportaron alturas de 2.76 m y 2.75 m en cultivos de maíz chala utilizando biosol y estiércol sólido de porcino. Por otro lado, García *et al.* (2020) encontraron que una concentración de 80 % de estiércol bovino líquido aplicado de manera foliar producía el mayor promedio de altura (1.97 m) en un cultivo de maíz de la variedad Marginal 28-T. En el estudio de García *et al.* (2019) no se observaron diferencias significativas en la altura entre el maíz forrajero y el triticale al aplicar urea, estiércol de corral y estiércol de separador de sólidos, con alturas medias de 2.55 m para el maíz y 0.78 m para el triticale. Finalmente, González *et al.* (2018) encontraron diferencias significativas en la altura de maíz híbrido, obteniendo una altura promedio de 2.9 m con tratamientos de estiércol solarizado y vermicompost.

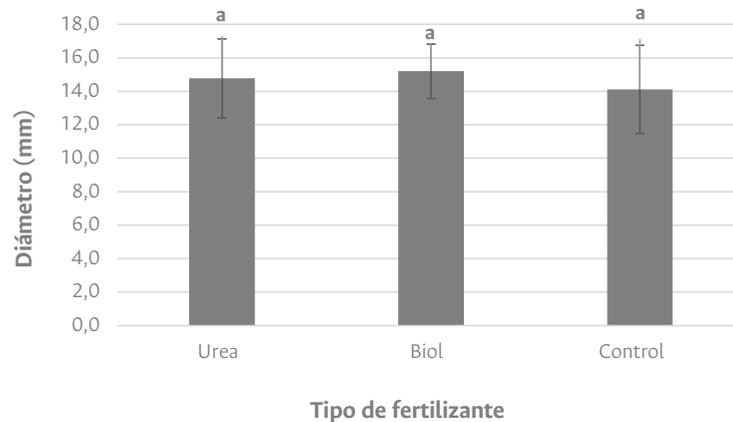
**Diámetro del tallo.** En los resultados presentados en la Figura 3, no se observaron diferencias significativas entre los tratamientos; el tratamiento de control mostró el valor más bajo (14.01 mm). Sin embargo, el tratamiento con biofertilizante destacó al obtener un promedio de 15.02 mm. Este resultado puede atribuirse a los nutrientes del biol, como nitrógeno, fósforo y potasio, así como a los micronutrientes presentes en cantidades considerables, los cuales benefician a las raíces y, por ende, influyen en el desarrollo del tallo (Gil *et al.*, 2023). Pérez y Álvarez (2021) reportaron resultados más favorables, ya que no encontraron diferencias significativas entre los distintos tratamientos evaluados en un cultivo de maíz criollo. Sin embargo, lograron un mayor diámetro (21.3 mm) con el fertilizante foliar compuesto por 25 % de estiércol vacuno. Por otro lado, Zermeño *et al.* (2015) observaron un incremento significativo del 10.5 % en el diámetro del tallo al aplicar fertilización biológica a base de algas marinas en un cultivo de maíz híbrido HT-7887. En la investigación de Wilver *et al.* (2020), se encontraron

diferencias significativas en el diámetro del tallo en plantas de algodón fertilizadas con lixiviado de vermicompost de estiércol bovino, en proporciones 1:20 y 1:30, combinado con fertilizante químico. Además, Del Carpio Salas *et al.* (2021), destacaron una relación significativa entre el diámetro del tallo y el uso de biol en el cultivo de maíz.

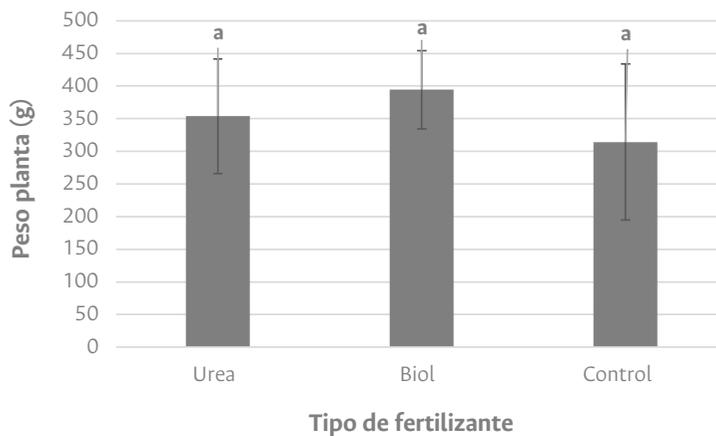
**Peso de las plantas.** Los factores “tipo de fertilizante” y “contenido de micorrizas” no mostraron diferencias significativas entre los tratamientos. El tratamiento control presentó el rendimiento más bajo con 314.4 g. En contraste, el tratamiento con biofertilizante mostró un peso promedio de 394.4 g (Figura 4). Estos resultados coinciden con los hallazgos de Moreno *et al.* (2020), quienes tampoco encontraron diferencias significativas en el rendimiento del maíz chala, obteniendo pesos promedio con estiércol sólido y biosol de 1.08 kg y 1.07 kg, respectivamente. Según Jiménez *et al.* (2019), el uso de estiércol con micorrizas mejora la asimilación de nutrientes disponibles en el suelo, lo que favorece una mayor

producción de forraje. Ávalos *et al.* (2018) indican que el estiércol bovino puede generar rendimientos en el forraje de maíz comparables o incluso superiores a los de la fertilización inorgánica. Además, Cruz *et al.* (2022) señalan que una aplicación adecuada de biol optimiza las propiedades químicas y biológicas del suelo, contribuyendo al aumento de la biomasa con incrementos en los niveles de proteína, fibra y cenizas.

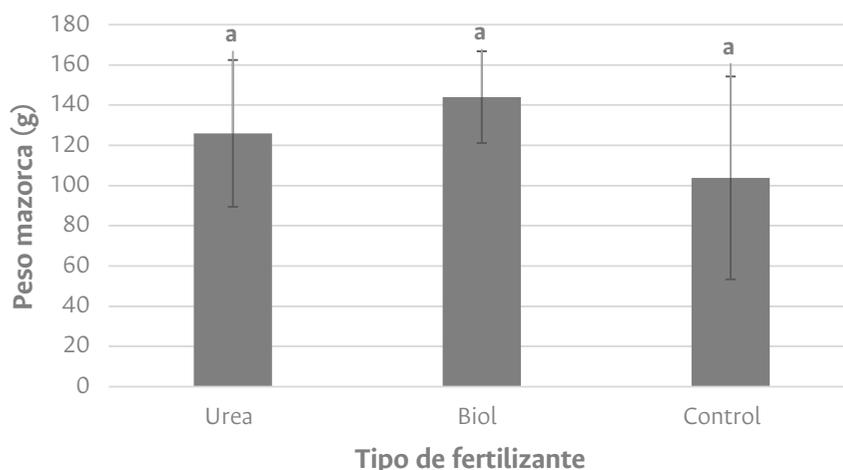
**Peso de las mazorcas.** En el análisis estadístico no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos (ver Figura 5). El peso de las mazorcas en el tratamiento con biofertilizante fue de 144 g y en el de control fue de 103.04 g, sin que estas diferencias fueran estadísticamente relevantes. Esto podría deberse a la falta de nutrientes en el suelo. Pierre *et al.* (2023) sugieren que la combinación de micorrizas y biol puede aumentar la producción de maíz en suelos poco fértiles. De igual forma, Moreno *et al.* (2020) tampoco encontraron diferencias significativas en el peso de la mazorca de maíz chala, siendo



**Figura 3.** Diámetro promedio de la planta por tratamiento. Los datos se presentan como media  $\pm$  desviación estándar ( $n = 4$ ). Las letras minúsculas diferentes indican diferencias significativas con  $p < 0.05$  según la prueba de Tukey.



**Figura 4.** Peso promedio de la planta por tratamiento. Los datos se presentan como media  $\pm$  desviación estándar ( $n = 4$ ). Las letras minúsculas diferentes indican diferencias significativas con  $p < 0.05$  según la prueba de Tukey.



**Figura 5.** Peso promedio de la mazorca por tratamiento. Los datos se presentan como media  $\pm$  desviación estándar ( $n = 4$ ). Las letras minúsculas diferentes indican diferencias significativas con  $p < 0.05$  según la prueba de Tukey.

el tratamiento con estiércol sólido y fertilizante químico el que mostró un peso promedio de 270 g. Por su parte, Bedoya y Julca (2021) observaron una mejora en el peso con mayores dosis de estiércol vacuno. Finalmente, Ayvar *et al.* (2020) recomendaron combinar fertilización química y biológica para optimizar la producción de maíz híbrido y reducir el impacto ambiental.

De acuerdo con los resultados presentados, la aplicación de estiércol bovino en forma de biol es una alternativa para compensar el déficit de nutrientes en las plantas. Según Ortiz *et al.* (2022), emplear el estiércol bovino como fuente de fertilización es una opción rentable, que disminuye la dependencia de otros fertilizantes. Por esta razón, investigar e implementar diferentes alternativas de fertilización en el maíz promueve la diversificación de estrategias nutricionales. Además, permite desarrollar métodos de fertilización más sostenibles y amigables con el medio ambiente. Pacheco *et al.* (2022) señalan que determinar la dosis óptima de fertilizante es clave para gestionar adecuadamente la nutrición de los cultivos. Esto puede mejorar significativamente tanto el rendimiento como la calidad de las cosechas.

## Conclusiones

La fertilización con biol en las plantas de maíz estudiadas no mostró diferencias significativas en comparación con los tratamientos con urea, tanto en el peso como en el tamaño de las plantas. La aplicación foliar de biol de estiércol bovino en el cultivo de maíz híbrido demostró ser una alternativa eficiente para estimular el crecimiento de las plantas, particularmente en términos de altura, aunque no se observaron diferencias significativas en el peso o el diámetro del tallo en comparación con la urea. El uso de biol contribuye a la sostenibilidad agrícola al

reducir la dependencia de fertilizantes químicos y mejorar la calidad del suelo mediante la incorporación de microbiota benéfica que previene enfermedades y plagas. Además, el biol representa una opción rentable para los agricultores, reduciendo costos sin comprometer la productividad. La diversificación de estrategias de fertilización, combinando métodos orgánicos como el biol con prácticas tradicionales, es clave para mejorar el rendimiento y asegurar la sostenibilidad a largo plazo en la producción agrícola.

## Agradecimientos

Al grupo Alquería por la donación de un biodigestor y a la Universidad Popular del Cesar, seccional Aguachica, por el acceso al laboratorio de química.

## Referencias

- Aguirre Forero, S. E.; Piraneque Gambasica, N. V. y Cruz O'Byrne, R. K. (2022). Relación entre nutrientes con carbono, nitrógeno y materia orgánica en suelos de la zona bananera de Colombia. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 13(2), 93-112. <https://doi.org/10.22490/21456453.5186>
- Ávalos de la Cruz, M. A.; Figueroa Viramontes, U.; García Hernández, J. L.; Vázquez Vázquez, C.; Gallegos Robles, M. A. y Orona Castillo, I. (2018). Bioinoculantes y abonos orgánicos en la producción de maíz forrajero. *Nova Scientia*, 10(20), 170-189. [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-07052018000100170&script=sci\\_arttext](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-07052018000100170&script=sci_arttext)
- Ayvar-Serna, S.; Díaz-Nájera, J. F.; Vargas-Hernández, M.; Mena-Bahena, A.; Tejeda-Reyes, M. A. y Cuevas-Apresa, Z. (2020). Rentabilidad de sistemas de producción de grano y forraje de híbridos de maíz, con fertilización biológica y química en trópico seco. *Revista Terra Latinoamericana*, 38(1), 9-16. <https://doi.org/10.28940/terra.v38i1.507>
- Barzan, R. R.; Sandoval Contreras, H. A. y Osorio García, N. A. (2023). Fuentes y dosis de nitrógeno en el crecimiento inicial de arroz (*Oryza sativa* L.) de secano. *Acta Agronómica*, 71(4), 405-409. <https://doi.org/10.15446/acag.v71n4.92480>

- Bedoya Justo, E. y Julca Otiniano, A. (2021). Efecto de la materia orgánica en el cultivo de palto variedad Fuerte en Moquegua, Perú. *Idesia (Arica)*, 39(4), 111-119. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292021000400111>
- Chinga, W.; Torres García, A.; Chirinos, D. T. y Marmol, L. E. (2020). Efecto de un lixiviado de vermicompost sobre el crecimiento y producción del algodón. *Ecuador es calidad: Revista Científica Ecuatoriana*, 7(2), 32-40. <https://doi.org/10.36331/revista.v7i2.130>
- Cruz, E. C.; Garzón Marín, I. y Cuervo, J. L. (2022). Efecto de la aplicación de biol producido a partir de estiércol bovino en las propiedades de un suelo dedicado a la producción de forraje. *Revista RedBioLAC*, 5(1), 60-65. <http://www.revistaredbiolac.org/index.php/revistaredbiolac/article/view/45/16>
- Del Carpio Salas, M. A.; Ancco, M.; Linares Flores Castro, A. E.; Ancco-Loza, R. y Jiménez Pacheco, H. G. (2021). Aguas residuales de industria láctea como alternativa sostenible para aumentar la productividad del maíz en Perú. *Revista de Investigaciones Altoandinas - Journal of High Andean Research*, 23(1), 26-36. <https://doi.org/10.18271/ria.2021.229>
- Díaz-Chuquizuta, P.; Hidalgo-Meléndez, E.; Cabrejo-Sánchez, C. y Valdés-Rodríguez, O. A. (2022). Respuesta del maíz (*Zea mays* L.) a la aplicación foliar de abonos orgánicos líquidos. *Chilean Journal of Agricultural and Animal Sciences*, 38(2), 144-153. <https://doi.org/10.29393/CHJAA38-14RMPO40014>
- Flórez Jalixto, M. A.; Roldán Acero, D. J. y Juscamaíta Morales, J. G. (2020). Evaluación de fitotoxicidad y caracterización de un fertilizante líquido elaborado mediante fermentación láctica utilizando subproductos del procesamiento de trucha (*Oncorhynchus mykiss*). *Ecología Aplicada*, 19(2), 121-131. <https://doi.org/10.21704/rea.v19i2.1563>
- García Galindo, O.; Figueroa Viramontes, U.; Cueto Wong, J. A.; Núñez Hernández, G.; Gallegos Robles, M. Á. y López Martínez, J. D. (2019). Disponibilidad de nitrógeno usando dos tipos de estiércol de bovino lechero en cultivos de maíz forrajero y triticale. *Nova Scientia*, 11(22), 124-141. [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2007-07052019000100124](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-07052019000100124)
- García-Gonzales, E.; Díaz-Chuquizuta, P.; Hidalgo-Meléndez, E. y Aguirre Gil, O. J. (2020). Respuesta del cultivo de maíz a concentraciones de estiércol bovino digerido en clima tropical húmedo. *Manglar*, 17(3), 203-208. <https://doi.org/10.17268/manglar.2020.030>
- Gil Ramírez, L. A.; Leiva Cabrera, F. A.; Lezama Escobedo, M. K.; Bardales Vásquez, C. B. y León Torres, C. A. (2023). Biofertilizante "biol": caracterización física, química y microbiológica. *Revista Alfa*, 7(20), 336-345. <https://doi.org/10.33996/revistaalfa.v7i20.219>
- Gobernación del Cesar. (2023). Municipios del departamento de Cesar. <https://cesar.gov.co/d/es/nosotros/el-departamento/municipios>
- González-Salas, U.; Gallegos-Robles, M. Á.; Vázquez-Vázquez, C.; García-Hernández, J. L.; Fortis-Hernández, M. y Mendoza-Retana, S. S. (2018). Productividad de genotipos de maíz forrajero bajo fertilización orgánica y propiedades físico-químicas del suelo. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 20, 4331-4341. <https://doi.org/10.29312/remexca.v0i20.1002>
- Google Earth. (s. f.). Ubicación geográfica de Aguachica, Cesar. <https://n9.cl/gju65>
- Granada Torres, C. A. y Prada Millán, Y. (2016). Evaluación del lixiviado agroecológico como acondicionador del suelo en cultivo de lechuga (*Lactuca sativa*) variedad crespa verde. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 7(1), 47-57. <https://doi.org/10.22490/21456453.1534>
- Grande Tovar, C. D. y Orozco Colonia, B. S. (2013). Producción y procesamiento del maíz en Colombia. *Revista Guillermo de Ockham*, 11(1), 97-110. <https://doi.org/10.21500/22563202.604>
- Guida-Johnson, B. (2021). Restauración productiva de áreas irrigadas en zonas áridas: detección de sitios afectados por salinidad del suelo mediante sensores remotos. *Multequina*, 30(2), 181-198. [http://www.scielo.org.ar/scielo.php?pid=S1852-73292021000200181&script=sci\\_abstract](http://www.scielo.org.ar/scielo.php?pid=S1852-73292021000200181&script=sci_abstract)
- Gutiérrez-Peña, R.; Alonzo-Griffith, L. A. y Rasche-Álvarez, J. W. (2022). Fuentes y dosis de fertilizantes nitrogenados en cultivo de maíz para ensilado. *Revista Científica de la UCSA*, 9(3), 59-71. <https://doi.org/10.18004/ucsa/2409-8752/2022.009.03.059>
- Jiménez Ortiz, M. M.; Gómez Álvarez, R.; Oliva Hernández, J.; Granados Zurita, L.; Pat Fernández, J. M. y Aranda Ibáñez, E. M. (2019a). Influencia del estiércol composteado y micorriza arbuscular sobre la composición química del suelo y el rendimiento productivo de maíz forrajero (*Zea mays* L.). *Nova Scientia*, 11(23), 00009. <https://doi.org/10.21640/ns.v11i23.1957>
- Moreno Ayala, L.; Cadillo Castro, J. y Chura Chuquiña, J. (2020). Calidad de abonos orgánicos elaborados a partir del estiércol porcino y su efecto en el rendimiento del maíz chala. *Anales Científicos*, 81(1), 243-253. <https://doi.org/10.21704/ac.v81i1.1635>
- Ortiz, M.; Delatorre Castillo, J. P.; Sepúlveda, I.; Low, C.; Ruiz, K. B. y Delatorre Herrera, J. (2021). Efectos de distintas concentraciones de boro y pH en el crecimiento de *Zea mays* var. Capia blanco, un maíz ancestral de Chile. *Idesia (Arica)*, 39(2), 111-119. <https://doi.org/10.4067/S0718-34292021000200111>
- Ortiz-Díaz, S. A.; Reyes-González, A.; Fortis Hernández, M.; Santana, O. I.; Zermeño González, H. y Preciado-Rangel, P. (2022). Profundidad de la cinta de riego y estiércol solarizado en la producción y calidad de maíz forrajero. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 13(28), 275-286. <https://doi.org/10.29312/remexca.v13i28.3282>
- Pacheco-Sangerman, F.; Prado-Hernández, V.; Maldonado-Torres, R. y Robledo-Santoyo, E. (2022). Diagnóstico nutrimental del suelo y foliar en el cultivo de maíz. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 13(6), 1079-1090. <https://doi.org/10.29312/remexca.v13i6.2691>
- Pérez-Luna, Y. C. y Álvarez Solís, J. D. (2021). Efecto de la aplicación de biofertilizantes sobre el rendimiento de maíz en parcelas con y sin cobertura vegetal. *Idesia (Arica)*, 39(4), 29-38. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292021000400029>
- Pierre, F.; Arévalo Castro, F. J.; Rodríguez, I. Y.; Colbert, R. W. y Rosas, J. C. (2023). Respuesta de variedades criollas y mejoradas de maíz a la fertilización e inoculación con hongos micorrizas-arbusculares en un suelo de baja fertilidad. *Ceiba*, 56(2), 70-89. <https://doi.org/10.5377/ceiba.v56i2.17118>
- Ramírez Romero, P. y Mendoza Cantú, A. (2008). *Ensayos toxicológicos para la evaluación de sustancias químicas en agua y suelo. La experiencia en México*. México, D.F.: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Instituto Nacional de Ecología. [http://centro.paot.org.mx/documentos/semarnat/ensayo\\_toxicologico.pdf](http://centro.paot.org.mx/documentos/semarnat/ensayo_toxicologico.pdf)
- Rodríguez-Hernández, M. G.; Gallegos-Robles, M. Á.; Rodríguez-Sifuentes, L.; Fortis-Hernández, M.; Luna-Ortega, J. G. y González-Salas, U. (2020). Cepas nativas de *Bacillus* spp. como una alternativa sostenible en el rendimiento de forraje

- de maíz. *Terra Latinoamericana*, 38(2), 313-321. <https://doi.org/10.28940/terra.v38i2.690>
- Rodríguez López, C. P.; Navarro De León, A.; Arboleda Valencia, J. W.; Valencia Jiménez, A. y Valle-Molinares, R. H. (2015). Hongos micorrizógenos arbusculares asociados a plantas de *Zea Mays L.* en un agroecosistema del Atlántico, Colombia. *Agronomía*, 23(1), 20-34. <https://revistasojs.ucaldas.edu.co/index.php/agronomia/article/view/18>
- Salazar-Sosa, E.; Idilio Trejo-Escareño, H. I.; Vázquez-Vázquez, C.; López-Martínez, J. D.; Fortis-Hernández, M.; Zúñiga-Tarango, R. y Amado-Álvarez, J. P. (2009). Distribución de nitrógeno disponible en suelo abonado con estiércol bovino en maíz forrajero. *Terra Latinoamericana*, 27(4), 373-382. <https://www.scielo.org.mx/pdf/tl/v27n4/v27n4a12.pdf>
- Solís Muñoz, H.; Castillo Valdiviezo, A.; Esparza Mantilla, M. y Villena Zapata, L. (2022). Producción de biofertilizante con calidad sanitaria por ecodigestión de estiércol vacuno fortalecido con guano de isla peruano. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 6(4), 3443-3460. [https://doi.org/10.37811/cl\\_rcm.v6i4.2852](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v6i4.2852)
- Sotomayor Álvarez, R.; Chura Chuquiya, J.; Calderón Mendoza, C.; Sevilla Panizo, R. y Blas Sevillano, R. (2017). Fuentes y dosis de nitrógeno en la productividad del maíz amarillo duro bajo dos sistemas de siembra. *Anales Científicos*, 78(2), 232-240. <https://doi.org/10.21704/ac.v78i2.1061>
- Tiquia, S. M. (2000). Evaluating phytotoxicity of pig manure from the pig-on-litter system. *Proceedings of ICS '99*, 625-647. <https://dx.doi.org/10.7302/21691>
- Urriola, L.; Montes Castillo, K. y Díaz Vergara, M. (2021). Evaluación de la fitotoxicidad de abonos orgánicos comerciales usando semillas de lechuga (*Lactuca sativa L.*) y pepino (*Cucumis sativus*). *Revista Semilla del Este*, 1(2), 1-11. [https://revistas.up.ac.pa/index.php/semilla\\_este/article/view/2118](https://revistas.up.ac.pa/index.php/semilla_este/article/view/2118)
- Wang, W. y Keturi, P. H. (1990). Comparative seed germination tests using ten plant species for toxicity assessment of a metal engraving effluent sample. *Water, Air, Soil Pollution*, 52, 369-376. <https://doi.org/10.1007/BF00229444>
- Zermeño-González, A.; Omar Cárdenas-Palomo, J. O.; Ramírez-Rodríguez, H.; Benavides-Mendoza, A.; Cadena-Zapata, M. y Campos-Magaña, S. G. (2015). Fertilización biológica del cultivo de maíz. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 12, 2399-2408. <https://www.scielo.org.mx/pdf/remexca/v6nspe12/2007-0934-remexca-6-spe12-2399.pdf>
- Zucconi, F.; Pera, A.; Forte, M. y De Bertoldi, M. (1981). Evaluating toxicity in immature compost. *BioCycle*, 22, 54-57.