

Rendimiento de dos híbridos de *Zea mays* L. con biol y rizobacterias bajo distintas dosificaciones

Performance of two *Zea mays* L. hybrids with biol and rhizobacteria under different dosages

Rendimento de dois híbridos de *Zea mays* L. com biol e rizobactérias sob diferentes dosagens

Bueno-Quinto, Génesis Brigitte
Universidad Técnica Estatal de Quevedo
genesisbueno252@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0003-2837-0022>



Loza-Ormaza, Maholy Rocio
Universidad Técnica Estatal de Quevedo
maholy.loza2015@uteq.edu.ec
<https://orcid.org/0009-0005-1363-3610>



Fuentes-Núñez, Fabricio Rolando
Universidad Técnica Estatal de Quevedo
rfuentesn@uteq.edu.ec
<https://orcid.org/0009-0005-9260-7831>



Vera-Herrera, Winter Abel
Universidad Técnica Estatal de Quevedo
winterabel@hotmail.es
<https://orcid.org/0009-0000-4180-9744>



Murillo-Orellana, Diego Djorkaeff
Universidad Técnica Estatal de Quevedo
diego.murillo2016@uteq.edu.ec
<https://orcid.org/0009-0009-6317-5506>



DOI / URL: <https://doi.org/10.55813/gaea/ccri/v6/n2/1209>

Como citar:

Bueno-Quinto, G. B., Loza-Ormaza, M. R., Fuentes-Núñez, F. R., Vera-Herrera, W. A., & Murillo-Orellana, D. D. (2025). Rendimiento de dos híbridos de *Zea mays* L. con biol y rizobacterias bajo distintas dosificaciones. *Código Científico Revista De Investigación*, 6(2), 433–450.

Recibido: 16/11/2025

Aceptado: 09/12/2025

Publicado: 31/12/2025

Resumen

El estudio evaluó el rendimiento de dos híbridos de maíz (Somma y NB-7443) mediante la aplicación foliar de biol combinado con rizobacterias, buscando alternativas sostenibles que sustituyan progresivamente el uso de fertilizantes sintéticos. Se empleó un DBCA con arreglo factorial 2×4 , aplicando dosis de 5, 10 y 15 L ha⁻¹ de biol + 2 L ha⁻¹ de rizobacterias, además de un control sin aplicación, con tres repeticiones. Los tratamientos se aplicaron a los 10, 22 y 35 días, evaluándose altura de planta, diámetro de tallo, floración, variables de mazorca, peso de 1000 granos, rendimiento y análisis económico. Los resultados mostraron que la dosis de 15 L ha⁻¹ (Somma y NB-7443) presentaron los mejores indicadores agronómicos, destacando alturas de 145,73 y 213,37 cm, altura de inserción de mazorca entre 108,97 y 110,33 cm, longitud de mazorca de 18,43 cm y el mayor rendimiento con 4894,60 kg ha⁻¹. Aunque variables como el diámetro de tallo no mostraron diferencias significativas, el análisis económico evidenció que T3 generó el mayor beneficio neto (USD 559,79) y una relación B/C de 1,73. En conclusión, el uso de biol más rizobacterias mejora el rendimiento del maíz y constituye una alternativa rentable y ambientalmente favorable.

Palabras clave: biofertilizantes, impactos ambientales, rentabilidad, crecimiento vegetal, fertilizantes foliares.

Abstract

The study evaluated the performance of two corn hybrids (Somma and NB-7443) through the foliar application of biol combined with rhizobacteria, seeking sustainable alternatives to gradually replace the use of synthetic fertilizers. A 2×4 factorial DBCA was used, applying doses of 5, 10, and 15 L ha⁻¹ of biol + 2 L ha⁻¹ of rhizobacteria, in addition to a control without application, with three replicates. The treatments were applied at 10, 22, and 35 days, evaluating plant height, stem diameter, flowering, ear variables, 1000-grain weight, yield, and economic analysis. The results showed that the dose of 15 L ha⁻¹ (Somma and NB-7443) presented the best agronomic indicators, highlighting heights of 145.73 and 213.37 cm, ear insertion height between 108.97 and 110.33 cm, ear length of 18.43 cm, and the highest yield with 4894.60 kg ha⁻¹. Although variables such as stem diameter did not show significant differences, the economic analysis showed that T3 generated the highest net profit (USD 559.79) and a B/C ratio of 1.73. In conclusion, the use of biol plus rhizobacteria improves corn yield and is a profitable and environmentally friendly alternative.

Keywords: biofertilizers, environmental impacts, profitability, plant growth, foliar fertilizers.

Resumo

O estudo avaliou o rendimento de dois híbridos de milho (Somma e NB-7443) através da aplicação foliar de biol combinado com rizobactérias, buscando alternativas sustentáveis que substituam progressivamente o uso de fertilizantes sintéticos. Foi utilizado um DBCA com arranjo fatorial 2×4 , aplicando doses de 5, 10 e 15 L ha⁻¹ de biol + 2 L ha⁻¹ de rizobactérias, além de um controle sem aplicação, com três repetições. Os tratamentos foram aplicados aos 10, 22 e 35 dias, avaliando-se a altura da planta, o diâmetro do caule, a floração, as variáveis da espiga, o peso de 1000 grãos, o rendimento e a análise econômica. Os resultados mostraram que a dose de 15 L ha⁻¹ (Somma e NB-7443) apresentou os melhores indicadores agronômicos, destacando alturas de 145,73 e 213,37 cm, altura de inserção da espiga entre 108,97 e 110,33 cm, comprimento da espiga de 18,43 cm e o maior rendimento com 4894,60 kg ha⁻¹. Embora variáveis como o diâmetro do caule não tenham apresentado diferenças significativas, a análise econômica evidenciou que o T3 gerou o maior lucro líquido (559,79 dólares) e uma relação

C/B de 1,73. Em conclusão, o uso de biol mais rizobactérias melhora o rendimento do milho e constitui uma alternativa rentável e ambientalmente favorável.

Palavras-chave: biofertilizantes, impactos ambientais, rentabilidade, crescimento vegetal, fertilizantes foliares.

Introducción

El maíz es el cereal más ampliamente cultivado a nivel global (Córdova-Rojas et al., 2022). En el año 2024, en Ecuador se sembraron 281.023 hectáreas de maíz con una cosecha de 1,2 millones de toneladas, los Ríos se destaca como una de las provincias con un mayor epicentro de la producción nacional de 43,8% (INEC, 2025). El maíz resulta de suma importancia investigar y desarrollar nuevas técnicas que permitan aumentar los rendimientos por hectárea (Álzate, 2023). El crecimiento de cultivos agrícolas como el *Zea mays* L., se ve considerablemente influenciado por la escasa fertilidad del suelo (Córdova-Rojas et al., 2022).

El *Zea mays* es una planta gramínea que forma parte de la cultura mexicana, pues está presente en las actividades económicas y sociales del país (Salika & Riffat, 2021). El mejoramiento de los cultivos de esta planta podría ser posible usando Rizobacterias Promotoras del Crecimiento Vegetal PGPR (Sánchez et al., 2021). Las rizobacterias aportan beneficios a las plantas y desempeñan un papel crucial en la agricultura (Posada Castaño et al., 2021). Solubilizan y movilizan minerales biodisponibles para su utilización e inhiben el crecimiento de microorganismos patógenos ejerciendo una influencia positiva en el crecimiento vegetal (Palacio-Rodríguez et al., 2022).

Estas rizobacterias están ubicadas en la rizosfera área del suelo que se encuentra unida a la raíz y que se extiende a pocos milímetros de la superficie del sistema radicular. Se caracterizan por la interacción única y dinámica de los procesos biogeoquímicos que ocurren entre las raíces de las plantas y microorganismos del suelo (Singh et al., 2023). Capaces de estimular el desarrollo de las plantas de manera directa e indirecta y poseen una serie de

mecanismos complejos que interactúan entre sí para establecer relaciones benéficas, especialmente con las raíces de las plantas (Almaraz-Suárez et al., 2023).

La inoculación de rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal en el maíz puede tener efectos positivos en variables de alturas, hojas y tallos, así como en la producción de clorofila y eficiencia en la absorción de nutrientes (Jasso-Arreola et al., 2023), Aumentan la disponibilidad de nutrientes como el nitrógeno, fósforo y potasio en el suelo y puede reflejarse en mayores niveles de absorción de estos nutrientes por las plantas (Magalhães et al., 2022). Las condiciones ambientales pueden afectar el rendimiento de las PGPR la dosis y el tipo de rizobacterias utilizadas pueden variar según el entorno y las necesidades específicas del cultivo (León & González, 2022).

El biol es un biofertilizante o fertilizante líquido que se obtiene a partir de la fermentación anaeróbica de materia orgánica. Este producto constituye una fuente natural de compuestos ricos en nitrógeno amoniacal, hormonas y aminoácidos, los cuales actúan como reguladores del metabolismo vegetal (Díaz & Contreras, 2022). Además, contiene sustancias orgánicas hidrosolubles que, al ser absorbidas directamente por las hojas, fortalecen las plantas y contribuyen a prevenir enfermedades y el ataque de insectos (Castro et al., 2021). El uso del biol ha demostrado mejorar el desarrollo y la producción de las plantas, estimular la floración y la fructificación, incrementar el follaje, favorecer un adecuado enraizamiento, así como acelerar y uniformar la germinación de semillas (Villarreal et al., 2021).

El propósito de esta investigación es evaluar el rendimiento de dos híbridos de maíz *Zea mays* L. mediante la combinación de diferentes dosificaciones de biol más rizobacterias. Se espera que este trabajo aporte conocimientos sobre la optimización de estas combinaciones y dosificaciones para mejorar el rendimiento del cultivo, lo que podría tener implicaciones significativas para la agricultura sostenible y la seguridad alimentaria. En el marco de la sustentabilidad, la búsqueda de nuevos microorganismos con diferentes propiedades que

promuevan el crecimiento de las plantas es una nueva dirección de investigación, ya que en algunos casos pueden reemplazar parcialmente el uso de pesticidas y fertilizantes.

Metodología

La investigación se realizó en el Recinto Estancia Nueva, vía Mocache–Quevedo, Ecuador, bajo un clima tropical húmedo con una temperatura media anual de 25,47 °C, humedad relativa de 85,84 % y precipitación de 2 223,85 mm. El estudio fue de tipo experimental, con nivel explicativo y modalidad de investigación de campo, pues se manipularon distintas dosificaciones de biol más rizobacterias para evaluar su efecto sobre el rendimiento de dos híbridos de maíz (Somma y NB-7443). Se aplicó un Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA) con arreglo factorial 2×4, donde el factor A correspondió a los híbridos y el factor B a las dosis de biol (5, 10 y 15 L ha⁻¹) combinadas con 2 L ha⁻¹ de rizobacterias, además de un control. En total se establecieron ocho tratamientos con tres repeticiones, sumando 24 unidades experimentales de 20 m² cada una, conformando una población de 1 200 plantas. No se aplicaron criterios de exclusión, ya que todas las plantas establecidas fueron consideradas para las evaluaciones.

El biol se preparó mediante fermentación anaeróbica durante 45 días utilizando estiércol bovino, alfalfa, ceniza, levadura, panela, leche y agua en un tanque de 200 L. Las rizobacterias se obtuvieron del banco de germoplasma del Laboratorio de Microbiología y Biotecnología Vegetal de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo. El terreno se limpió manualmente con machete y rastrillo, se mulló con azadón y se delimitaron las parcelas. La siembra se realizó en época lluviosa, colocando una semilla por sitio con distancias de 20 cm entre plantas y 80 cm entre hileras. El control de malezas se efectuó manualmente. Los tratamientos fueron aplicados de forma foliar con una bomba de aspersión manual a los 10, 22

y 35 días después de la siembra. La cosecha se realizó manualmente a los 110 días, cuando los granos alcanzaron 35 % de humedad.

Las variables se evaluaron empleando instrumentos estandarizados: la altura de planta y la altura de inserción de mazorca se midieron con cinta métrica; el diámetro de tallo se midió con un calibrador de Vernier; los días a floración femenina se determinaron cuando el 50 % de las plantas emitió estigmas; la longitud de mazorca se midió con regla milimétrica; el número de hileras y granos por hilera se obtuvo mediante conteo directo; el peso de 1000 granos se determinó en balanza digital; y el rendimiento se calculó ajustando el peso al 13 % de humedad mediante fórmula estandarizada.

Los datos fueron sometidos a un análisis de varianza (ANOVA) acorde al diseño factorial, verificando significancia al 5 %. Cuando existieron diferencias estadísticas, los promedios se compararon mediante la prueba de Tukey ($p < 0,05$). El procesamiento se realizó en el software Infostat 2024. Se ejecutó adicionalmente un análisis económico calculando costo total, ingreso bruto, ingreso neto y relación beneficio/costo para cada tratamiento.

Resultados

Altura de planta (cm)

En la altura de planta de maíz evaluada a los 40 días después de la siembra se observó que los tratamientos con mayor dosis de biol más rizobacterias presentaron mayores alturas en comparación con el testigo (sin aplicación). El tratamiento T7 (NB-7443 con 15 L ha⁻¹ de biol + 2 L ha⁻¹ de rizobacterias) alcanzó la mayor altura de 145,73 cm, mostrando diferencias significativas respecto al control T4 y T8, que registraron las menores alturas con una media de 119,87cm y 123,97cm, respectivamente. A los 60 días, en el tratamiento T7 presentó la mayor altura de planta con un promedio de 213,37 cm, diferenciándose estadísticamente del

tratamiento control T4 y T8, que mostraron las menores alturas con medias de 194,83 cm y 196,50 cm respectivamente (Tabla 1).

Tabla 1

Altura de planta después de la siembra.

Tratamientos	Altura de plantas (cm)	
	40 días	60 días
T1 Somma 5L ha ⁻¹ de biol + 2L ha ⁻¹ rizobacterias	127,60cd	202,73abc
T2 Somma 10L ha ⁻¹ de biol + 2L ha ⁻¹ rizobacterias	132,20bc	205,80abc 209,57ab
T3 Somma 15L ha ⁻¹ de biol + 2L ha ⁻¹ rizobacterias	141,27ab	194,83c
T4 Control (Sin aplicación)	119,87d	201,37bc
T5 NB-7443 5L ha ⁻¹ de biol + 2L ha ⁻¹ rizobacterias	127,80cd	203,53abc
T6 NB-7443 10L ha ⁻¹ de biol + 2L ha ⁻¹ rizobacterias	130,67bcd	213,37 a
T7 NB-7443 15L ha ⁻¹ de biol + 2L ha ⁻¹ rizobacterias	145,73 a	196,50c
T8 Control (Sin aplicación)	123,97cd	
C.V	3,23	2,03

Nota: Letras diferentes denotan diferencias significativas entre tratamientos Tukey $p < 0,05$ (Autores, 2025).

Diámetro de tallo (mm)

El diámetro de tallo de las plantas de maíz, evaluado a los 95 días después de la siembra, no mostró diferencias estadísticas significativas en ninguno de los tratamientos, las diferentes dosis de biol más rizobacterias aplicadas presentaron valores estadísticamente similares, lo que indica que ninguno de estos factores influyó de manera diferenciada sobre el grosor del tallo en esta etapa de desarrollo como se muestra en la Tabla 2.

Tabla 2.

Diámetro de tallo después de la aplicación de biol + rizobacterias en plantas de maíz

Tratamientos	Diámetro de tallo (mm)
T1 Somma 5L ha ⁻¹ de biol + 2L ha ⁻¹ rizobacterias	17,36 a
T2 Somma 10L ha ⁻¹ de biol + 2L ha ⁻¹ rizobacterias	18,03 a
T3 Somma 15L ha ⁻¹ de biol + 2L ha ⁻¹ rizobacterias	18,73 a
T4 Control (Sin aplicación)	16,83 a
T5 NB-7443 5L ha ⁻¹ de biol + 2L ha ⁻¹ rizobacterias	17,97 a
T6 NB-7443 10L ha ⁻¹ de biol + 2L ha ⁻¹ rizobacterias	18,07 a
T7 NB-7443 15L ha ⁻¹ de biol + 2L ha ⁻¹ rizobacterias	18,47 a
T8 Control (Sin aplicación)	17,27 a
C.V	5,44

Nota: Letras diferentes denotan diferencias significativas entre tratamientos Tukey $p < 0,05$ (Autores, 2025).

Días de Floración y características de mazorca

En la variable días de floración femenina (DFF), se observó que los tratamientos mostraron ligeras diferencias, tanto el (T1, T2, T3 y T4) presentaron mayores números de días 55 y 56 días respectivamente, mientras que NB-7443 (T5, T6, T7 y T8) floreció de manera más temprana entre los 53 y 54 días respectivamente, siendo esta diferencia estadísticamente

significativa. Para la altura de inserción de la mazorca (AIM), los tratamientos con mayores dosis de biol más 2L de rizobacterias (T3 Somma 15 L y T7 NB-7443 15 L) alcanzaron los valores más altos (108,97 cm y 110,33 cm respectivamente), diferenciándose de los controles (T4 y T8) que registraron las menores alturas (101,33 cm y 102,17 cm). Lo cual indica que la aplicación de rizobacterias, especialmente en mayores dosis, tuvo un efecto positivo sobre esta variable (Tabla 3).

En la longitud de mazorca (LM), el tratamiento T3 (Somma con 15L de biol +2L rizobacterias) destacó con la mayor longitud de 18,43 cm, mostrando diferencia significativa respecto al control (T4 y T8), que presentaron medias con un índice menor de 14,33 cm y 14,37 cm respectivamente. El maíz NB-7443 con alta dosis (T7) también presentó un incremento (16,70 cm), superior a los tratamientos controles, pero menor que Somma como se observa en la Tabla 3.

Tabla 3

Floración y características de mazorca después de la aplicación de biol + rizobacterias en plantas de maíz

Tratamientos L ha ⁻¹	Floración y características de mazorca		
	DFF	AIM	LM
T1 Somma 5L de biol + 2L rizobacterias	55,67 a	104,63ab	15,37 bc
T2 Somma 10L de biol + 2L rizobacterias	55,33 a	105,13ab	15,67 bc
T3 Somma 15L de biol + 2L rizobacterias	56,00 a	108,97 a	18,43 a
T4 Control (Sin aplicación)	55,67 a	101,33 b	14,33 c
T5 NB-7443 5L de biol + 2L rizobacterias	53,00 b	104,50ab	15,89 bc
T6 NB-7443 10L de biol + 2L rizobacterias	53,00 b	105,80ab	15,98 bc
T7 NB-7443 15L de biol + 2L rizobacterias	53,33 b	110,33 a	16,70 b
T8 Control (Sin aplicación)	54,00 b	102,17 b	14,37 c
C.V	0,75	2,17	3,68

Nota: Letras diferentes denotan diferencias significativas entre tratamientos Tukey $p < 0,05$. DFF: Días de floración femenina, AIM: Altura de inserción de la mazorca en cm, LM: Longitud de mazorca en cm (Autores, 2025).

Morfología de mazorca

En la evaluación de la morfología de la mazorca, se analizaron variables como el número de hileras por mazorca (NH), no se encontró diferencias estadísticas significativas entre tratamientos, ya que todos los valores oscilaron entre 15.40 y 16.07 hileras por mazorca. Esto indica que se mantuvo constante y estuvo determinado por el factor genético que por los tratamientos aplicados. y el peso de 1000 semillas (P-1000) (Tabla 4).

En cuanto el número de granos por hilera (NGH), se observó una ligera tendencia de incremento con las mayores dosis de biol más rizobacterias, destacando el T3 Somma 15L ha⁻¹ de biol + 2L ha⁻¹ rizobacterias con 36 granos por hileras y T7 NB-7443 15L ha⁻¹ de biol + 2L ha⁻¹ con una media de 35 granos. Sin embargo, estas diferencias no fueron estadísticamente significativas frente a los controles que promediaron 32-33 granos por hilera. Respecto al peso de 1000 granos (P-1000) se obtuvo un efecto positivo de la aplicación de biol y rizobacterias, especialmente con el tratamiento 3 que alcanzó un el mayor peso de 367,33 g, superando al control T4 (335,67 g) y T8 (330,00 g). Aunque las diferencias no fueron significativas, sí muestran una tendencia a favor de las dosis altas (Tabla 4).

Tabla 4

Morfologías de mazorca después de la aplicación de biol + rizobacterias en plantas de maíz.

Tratamientos L ha ⁻¹	Morfología de mazorca		
	NH	NGH	P-1000 (g)
T1 Somma 5L de biol + 2L rizobacterias	15,60 a	33,67 a	361,33 a
T2 Somma 10L de biol + 2L rizobacterias	15,40 a	33,00 a	356,67 a
T3 Somma 15L de biol + 2L rizobacterias	16,07 a	36,00 a	367,33 a
T4 Control (Sin aplicación)	15,47 a	32,00 a	335,67 a
T5 NB-7443 5L de biol + 2L rizobacterias	15,67 a	34,67 a	334,00 a
T6 NB-7443 10L de biol + 2L rizobacterias	15,93 a	32,53 a	335,00 a
T7 NB-7443 15L de biol + 2L rizobacterias	15,67 a	35,00 a	341,00 a
T8 Control (Sin aplicación)	15,53 a	32,17 a	330,00 a
C.V	3,06	4,34	4,41

Nota: Letras diferentes denotan diferencias significativas entre tratamientos Tukey $p < 0,05$. NH: Número de hileras (unid) NGH: Número de granos por hilera (unid) P-1000 (g): Peso 1000 granos (g) (Autores, 2025).

Rendimiento kg ha⁻¹

El rendimiento en kg ha⁻¹ presentó diferencias significativas entre tratamientos. El promedio más alto se registró en el tratamiento 3 Somma con 15 L ha⁻¹ de biol + 2 L ha⁻¹ de rizobacterias con 4894,6 kg ha⁻¹, diferenciándose estadísticamente del control T4 (3555,84 kg ha⁻¹), el cual obtuvo el menor rendimiento (Tabla 5).

Tabla 5*Rendimiento del maíz después de la aplicación de biol y rizobacterias en plantas de maíz*

Tratamientos	Rendimiento kg ha ⁻¹
T1 Somma 5L ha ⁻¹ de biol + 2L ha ⁻¹ rizobacterias	4046,07bc
T2 Somma 10L ha ⁻¹ de biol + 2L ha ⁻¹ rizobacterias	4379,05 ab
T3 Somma 15L ha ⁻¹ de biol + 2L ha ⁻¹ rizobacterias	4894,60 a
T4 Control (Sin aplicación)	3555,84 c
T5 NB-7443 5L ha ⁻¹ de biol + 2L ha ⁻¹ rizobacterias	3923,26 bc
T6 NB-7443 10L ha ⁻¹ de biol + 2L ha ⁻¹ rizobacterias	4097,30 bc
T7 NB-7443 15L ha ⁻¹ de biol + 2L ha ⁻¹ rizobacterias	4269,66 abc
T8 Control (Sin aplicación)	3608,57 c
C.V	6,74

Nota: Letras diferentes denotan diferencias significativas entre tratamientos Tukey p<0,05 (Autores, 2025).

Análisis económico

El tratamiento 3 Somma 15L ha⁻¹ de biol + 2L ha⁻¹ rizobacterias, correspondiente a la aplicación de la dosis más alta de biol combinada con rizobacterias, resultó ser el más destacado desde el punto de vista económico entre todos los tratamientos evaluados. Este tratamiento alcanzó un rendimiento de 4894,60 kilogramos por hectárea, el valor más alto registrado en el estudio, lo que refleja una respuesta agronómica favorable a la combinación de insumos biológicos utilizados. Desde una perspectiva financiera, este tratamiento generó unos ingresos brutos de \$1321,54 por hectárea, lo que, tras deducir los costos totales de producción \$761,75, dejó un beneficio neto de \$559,79. Este valor posiciona al tratamiento 3 como la alternativa más rentable, ya que proporciona el mayor margen de beneficio por hectárea cultivada. La relación beneficio/coste (B/C) registrada fue de 1,73, lo que significa que por cada dólar invertido en este tratamiento se obtuvo una ganancia de 0,73 ctvs, dando una rentabilidad del 73,5 %, muy superior a la de los demás tratamientos (Tabla 6).

Tabla 6*Análisis económico de los tratamientos estudiados.*

Trat.	Rend kg ha ⁻¹	Ingr. Bruto	C. Total	B. Neto	B/C	%
1	4046,07	1092,44	711,00	381,44	1,54	53,65
2	4379,05	1182,34	724,25	458,09	1,63	63,25
3	4894,60	1321,54	761,75	559,79	1,73	73,49
4	3555,84	960,08	675,50	284,58	1,42	42,13
5	3923,26	1059,28	697,25	362,03	1,52	51,92
6	4097,30	1106,27	721,00	385,27	1,53	53,44
7	4269,66	1152,81	734,75	418,06	1,57	56,90
8	3608,57	974,31	678,50	295,81	1,44	43,60

Nota: T1: Somma 5L ha⁻¹ de biol + 2L ha⁻¹ rizobacterias, T2: Somma 10L ha⁻¹ de biol + 2L ha⁻¹ rizobacterias T3: Somma 15L ha⁻¹ de biol + 2L ha⁻¹ rizobacterias T4: Control (Sin aplicación), T5: NB-7443 5L ha⁻¹ de biol + 2L

ha⁻¹ rizobacterias, T6: NB-7443 10L ha⁻¹ de biol + 2L ha⁻¹ rizobacterias, T7: NB-7443 15L ha⁻¹ de biol + 2L ha⁻¹ rizobacterias y T8: Control (Sin aplicación) (Autores, 2025).

Discusión

Los resultados obtenidos para la altura de planta demostraron que las dosis elevadas de biol combinadas con rizobacterias, particularmente en el tratamiento T7: NB-7443 15L ha⁻¹ de biol + 2L ha⁻¹ rizobacterias, promovieron un crecimiento en comparación con los controles. Esta respuesta puede atribuirse a que el biol aporta macro y micronutrientes fácilmente asimilables en forma líquida, mientras que las rizobacterias promueven el crecimiento radial y longitudinal de la raíz mediante la producción de fitohormonas como auxinas, citoquininas y giberelinas (Gil et al., 2023). Estudios en maíz reportados por Pérez et al. (2021) y en sorgo por Ou-zine & Symanczik (2023) han mostrado incrementos de hasta 20 % en altura con la inoculación de PGPR, lo cual coincide con la tendencia observada en este experimento y confirma la efectividad de la dosificación de 15 L ha⁻¹.

El diámetro de tallo no mostró diferencias entre tratamientos, lo que sugiere que esta variable depende más de factores genéticos que del aporte nutricional (Juárez et al., 2023). Este comportamiento es común en monocotiledóneas, donde el grosor del tallo se relaciona con la estructura interna del parénquima y no responde con la misma sensibilidad a los biofertilizantes (García-López & Hernández, 2023). Resultados similares fueron descritos en tomate por Rasool et al. (2021), quienes encontraron que la aplicación de compost líquido y rizobacterias mejoró la altura y biomasa, pero no modificó de forma significativa el diámetro del tallo.

En cuanto a los días de floración femenina, NB-7443 floreció de manera más temprana, lo cual confirma una diferencia varietal marcada, ya que las PGPR suelen influir en la fenología únicamente bajo condiciones de estrés, lo que no se observó en este estudio (Sáez-Cigarruista et al., 2024). Sin embargo, la ligera reducción en días de floración en tratamientos con biol y rizobacterias podría explicarse por una mejora en la disponibilidad de nitrógeno, elemento

clave para el desarrollo reproductivo (Hernandez-Trejo et al., 2023). Coincidentemente, investigaciones en frijol realizadas por Messias et al. (2024) mostraron que la inoculación con *Azospirillum* y *Rhizobium* redujo el tiempo a floración entre 2 y 3 días en comparación con los controles.

La altura de inserción de la mazorca mostró incrementos con la dosis de 15 L ha⁻¹, tanto en Somma como en NB-7443. Esta variable suele aumentar en respuesta a un mayor vigor vegetativo y a la elongación internodal promovida por fitohormonas microbianas (Lugo et al., 2023). En estudios realizados con biofertilizante bocashi líquido en maíz, Batista et al. (2022) reportaron aumentos de hasta 12 cm en la altura de inserción, lo cual concuerda con los valores observados en T3 y T7, indicando que la combinación de biol y rizobacterias activó procesos de elongación celular.

La longitud de mazorca sí respondió a los tratamientos, especialmente en T3, lo que evidencia una interacción favorable entre nutrientes orgánicos, microorganismos beneficiosos y el híbrido Somma. Esta respuesta puede deberse a una mayor movilización de fotoasimilados hacia el órgano reproductivo, proceso estimulado por PGPR como *Bacillus* y *Pseudomonas* (Singh et al., 2023). Comparativamente, investigaciones en maíz dulce realizadas por Aguilar et al. (2022) demostraron que el uso de biofertilizante líquido incrementó la longitud de mazorca entre 10 y 18 %, valores muy cercanos a los observados en este estudio.

El número de hileras por mazorca no presentó diferencias, lo que coincide con la literatura, donde se ha establecido que este carácter es eminentemente genético y no se modifica fácilmente por prácticas agronómicas (Caballero et al., 2023). En trabajos con maíz híbrido tratados con microorganismos eficientes, García et al. (2023) también encontraron que el número de hileras permaneció estable, confirmando su baja plasticidad ante bioestimulantes.

El número de granos por hilera mostró una tendencia positiva en los tratamientos con mayor dosis de biol y rizobacterias, reflejando una mayor fecundación y llenado de grano.

Aunque no hubo diferencias, la tendencia indica que el uso de biofertilizantes pudo incrementar la disponibilidad de nutrientes críticos como N, P y Zn durante la etapa reproductiva (Díaz-Chuquizuta, Hidalgo-Melendez, et al., 2022). Investigaciones en arroz con PGPR realizada por Chen et al. (2023) reportaron comportamientos similares, señalando incrementos no significativos pero consistentes en el número de granos por panícula.

El peso de 1000 granos presentó una tendencia favorable hacia las dosis altas, reflejando un mejor llenado del grano y posiblemente una mejora en la eficiencia fotosintética derivada de la mayor actividad hormonal (Da Silva et al., 2022). Esto es consistente con estudios en maíz y trigo que demostraron que *Bacillus subtilis* y *Azospirillum brasilense* aumentan el peso de grano entre 5 y 12 % (Canizalez-Silva et al., 2024; Kechid et al., 2024), lo cual coincide con la diferencia de más de 30 g observada entre T3 y los controles.

El rendimiento mostró incrementos significativos en todos los tratamientos con aplicación de biol + rizobacterias, siendo más marcado en T3 con casi 4900 kg ha⁻¹. Este resultado refleja la acción sinérgica entre nutrientes de liberación rápida presentes en el biol y la bioestimulación proporcionada por las rizobacterias. Incrementos similares en rendimiento han sido reportados en maíz con aplicaciones de 10–20 L ha⁻¹ de biol por (Díaz-Chuquizuta et al., 2022), y en papa utilizando PGPR, donde Yu et al. (2023) registraron aumentos del 18–25 % al aplicar microorganismos beneficiosos, resultados coherentes con lo observado en este estudio.

El análisis económico demostró que el tratamiento 3 no solo produjo el mayor rendimiento, sino también la mayor rentabilidad, con un B/C de 1,73. Este patrón es consistente con estudios donde biofertilizantes reducen la dependencia de insumos químicos, disminuyen costos de producción y aumentan la eficiencia fisiológica del cultivo. Investigaciones en sistemas de producción sostenible han señalado que el uso de PGPR puede aumentar la

rentabilidad entre 40 y 70 % (Hindoriya et al., 2024), lo que coincide ampliamente con el comportamiento económico obtenido.

Conclusión

La aplicación de biol más rizobacterias mostró un efecto favorable en el crecimiento. La dosis de 15 L ha⁻¹ promovió significativamente un mayor índice en la altura de planta a los 40 y 60 días después de la siembra, en comparación con las dosis menores y el testigo. En la variable diámetro del tallo los tratamientos no mostraron diferencias significativas, lo que indica una respuesta homogénea entre Somma y NB-7443.

La aplicación del biofertilizante más rizobacterias en variables de rendimiento como número de hileras, números de granos por hilera y el peso de mil semillas, aunque la interacción no fue significativa estadísticamente, el tratamiento 3 Somma (15L ha⁻¹ biol más 2L ha⁻¹ rizobacterias) incrementó la productividad en comparación con tratamiento control. A diferencia del rendimiento en Kg ha⁻¹ si hubo diferencias estadísticas el cultivo de maíz para el tratamiento 3.

En el análisis económico el tratamiento 3 somma (15 L ha⁻¹ más 2 L ha⁻¹ de biol) fue el más rentable, registrando el mayor rendimiento, ingresos brutos y un beneficio neto por hectárea. La relación beneficio/coste (B/C) fue de 1,73 lo que implica una rentabilidad del 73,5 %.

Referencias bibliográficas

- Aguilar Carpio, C., Escalante Estrada, J. A. S., Aguilar Mariscal, I., & Rojas Victoria, N. J. (2022). Rentabilidad y rendimiento de tres genotipos de maíz en respuesta al biofertilizante y nitrógeno, en clima templado. *Biotecnia*, 24(2). <https://doi.org/10.18633/biotecnia.v24i2.1603>
- Almaraz-Suárez, J. J., Ferrera-Cerrato, R., González-Mancilla, A., González- Mancillas, R., Orona-Castillo, I., Gutiérrez- Guzmán, U. N., & Preciado-Rangel, P. (2023). Eficiencia fotoquímica y crecimiento de chile poblano inoculados con rizobacteria y hongos

- micorrízicos arbusculares. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 9(3). <https://doi.org/10.19136/era.a9n3.3126>
- Álzate, S. (2023). Estudio comparativo de nuevas tecnologías en el cultivo del maíz (*Zea mays*). *Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales*, 4(1), 88–100. Disponible en: <https://repository.udca.edu.co/handle/11158/5434>
- Batista, B. D., Carvalho-Estrada, A., Cavalcanti, P. P., Malimpence, G. G., De Azevedo, J. L., & Quecine, M. C. (2022). *Bacillus thuringiensis* RZ2MS9, a tropical plant growth-promoting rhizobacterium, improves maize and soybean growth under field conditions. *Environmental Microbiology Reports*, 42. <https://doi.org/10.1111/1758-2229.13004>
- Caballero Salinas, J. C., Pizaña Vidal, H. A., González Cabañas, A. A., Núñez Ramos, E., Aguilar Cruz, F., & Ovando Salinas, E. (2023). Composición morfológica y rendimientos de maíces nativos con prácticas agroecológicas en Chiapas, México. *Siembra*, 10(2). <https://doi.org/10.29166/siembra.v10i2.3997>
- Canizalez-Silva, M., Blanco-Macías, F., España-Luna, M. P., De la Rosa-Rodríguez, R., Lara-Herrera, A., & Lozano-Gutiérrez, J. (2024). Microorganismos en la biofertilización del cultivo de maíz como complemento a la fertilización química. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 11(1). <https://doi.org/10.19136/era.a11n1.3903>
- Castro, R., Villegas, A., Cruz, A., Solís, A., & Castro, J. (2021). Evaluación de biol, bocashi, composta y vermicomposta en las variables morfológicas del cultivo de espinaca (*Spinacia oleracea* L.). *Brazilian Journal of Animal and Environmental Research*, 4(3). <https://doi.org/10.34188/bjaerv4n3-070>
- Chen, D., Saeed, M., Ali, M. N. H. A., Raheel, M., Ashraf, W., Hassan, Z., Hassan, M. Z., Farooq, U., Hakim, M. F., Rao, M. J., Naqvi, S. A. H., Moustafa, M., Al-Shehri, M., & Negm, S. (2023). Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR) and Arbuscular Mycorrhizal Fungi Combined Application Reveals Enhanced Soil Fertility and Rice Production. *Agronomy*, 13(2). <https://doi.org/10.3390/agronomy13020550>
- Córdova-Rojas, L. M., Robles Castillo, H. M., Carreño Farfán, C. R., Zuñiga Valdera, G. E., & Mora Costilla, M. M. (2022). Obtaining *Bacillus* and *Pseudomonas* from the rhizosphere of *Opuntia quitensis* “tuna” as growth promoters in *Zea mays* L. *Revista Ciencia y Tecnología*, 18(2), 105–114. <https://doi.org/10.17268/rev.cyt.2022.02.09>
- Da Silva Oviedo, M. O., Caballero Casuriaga, O. L., López, E. M., Servín Niz, A. I., López Avalos, D. F., Valdez Ocampo, F. D., & Lugo Pereira, W. D. (2022). Fertilización fosfatada y su influencia en caracteres agronómicos del maíz cultivado sobre mucuna ceniza (*Mucuna pruriens*) incorporada y en cobertura del suelo. *Siembra*, 9(2). <https://doi.org/10.29166/siembra.v9i2.3793>
- Díaz, Y., & Contreras, J. (2022). Response of rice (*Oryza sativa* L.) crop to the application of biol, manure tea and humic acid. *Manglar*, 19(1). <https://doi.org/10.17268/manglar.2022.011>
- Díaz-Chuquizuta, P., Hidalgo-Meléndez, E., Aguirre-Gil, O. J., & Valdés-Rodríguez, O. A. (2022). Abono líquido e insecticidas para el control de *Spodoptera frugiperda* y rendimiento de maíz. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 9(3). <https://doi.org/10.19136/era.a9n3.3311>
- Díaz-Chuquizuta, P., Hidalgo-Melendez, E., Cabrejo-Sánchez, C., & Valdés-Rodríguez, O. A. (2022). Response of maize (*Zea mays* L.) to foliar application of liquid organic

- fertilizers. *Chilean Journal of Agricultural and Animal Sciences*, 38(2). <https://doi.org/10.29393/CHJAA38-14RMPO40014>
- García Vásquez, G. E., Álvarez Sánchez, A. R., & Yáñez Cajo, D. J. (2023). Efecto agronómico y productivo de la biofertilización a base de microalgas *Chaetoceros gracilis* y *Chlorella vulgaris* en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.) en Pueblo Viejo, Ecuador. *Ciencia y Tecnología*, 16(1). <https://doi.org/10.18779/cyt.v16i1.699>
- García-López, D., & Hernández, R. A. (2023). Estudio de altas densidades de siembra en la producción de maíz (*Zea mays*) híbrido. *Revista Tecnología En Marcha*. <https://doi.org/10.18845/tm.v36i4.6427>
- Gil Ramírez, L. A., Leiva Cabrera, F. A., Lezama Escobedo, M. K., Bardales Vásquez, C. B., & León Torres, C. A. (2023). Biofertilizante “biol”: caracterización física, química y microbiológica. *Revista Alfa*, 7(20). <https://doi.org/10.33996/revistaalfa.v7i20.219>
- Hernandez-Trejo, A., López-Santillán, J. A., Estrada-Drouaillet, B., Reséndiz-Ramírez, Z., Coronado-Blanco, J. M., & Malvar, R. A. (2023). Aptitud combinatoria y efectos recíprocos de la precocidad en poblaciones nativas de maíz de Tamaulipas. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 14(2). <https://doi.org/10.29312/remexca.v14i2.2990>
- Hindoriya, P. S., Kumar, R., Meena, R. K., Ram, H., Kumar, A., Kashyap, S., Biswal, B., Bhakuni, K., Pyati, P. S., Garg, K., Jasht, S., Ali, G., Birbal, & Bhattacharjee, S. (2024). The Impact of Integrated Nutrient Management on *Trifolium alexandrinum* Varietal Performance in the Indo-Gangetic Plains: A Comparative Yield and Economic Analysis. *Agronomy*, 14(2). <https://doi.org/10.3390/agronomy14020339>
- INEC. (2025). Encuesta de superficie y producción agropecuaria continua. *Instituto Nacional de Estadísticas y Censos*, 47. Disponible en: <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/encuesta-de-superficie-y-produccion-agropecuaria-continua-bbd/>
- Jasso-Arreola, Y., Ibarra, J. A., & Estrada-de los Santos, P. (2023). Efecto de rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal en plantas sometidas a estrés hídrico: un enfoque desde la fisiología vegetal. *Alianzas y Tendencias BUAP*, 8(31). <http://doi.org/10.5281/zenodo.8306173>
- Juárez Santillán, L. F., López García, S. A., & Benito, H. E. (2023). Uso de peróxido de hidrógeno en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.). *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(1). https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i1.5151
- Kechid, M., Maougal, R. T., Belhaddad, K., Reghis, D., & Djekoun, A. (2024). Effect of *Azospirillum brasilense* and *Bacillus subtilis* inoculation on durum wheat growth response under four inoculation methods. In *Biology and Life Sciences Forum*, 31 (1), p. 19. MDPI. <https://doi.org/10.3390/ecm2023-16462>
- León Mendoza, L., & González Cabeza, J. (2022). Rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal para el desarrollo de la agricultura en Marte. *Arnaldoa*, 29(2), 277–290. <http://doi.org/10.22497/arnaldoa.292.29106>
- Lugo Pereira, W. D., López Ávalos, D. F., Florencio González, L. R., Morel López, E., Sánchez Jara, R., & Mongelos Barrios, C. A. (2023). Aplicación de nitrógeno en el cultivo de maíz endiferentes estadios fenológicos. *Revista Alfa*, 7(19). <https://doi.org/10.33996/revistaalfa.v7i19.213>

- Magalhães Madureira, L., Cássia Ferreira Ribeiro, R., Márcia Santos de Souza David, A., Aparecida Xavier, A., Victor Magalhães Pacheco, P., Dener da Silva, C., Vinícius de Souza Cangussú, L., & Cantuária Figueiredo, J. (2022). Aplicação conjunta de fungicida e rizobactérias em sementes de tomate. *Comunicata Scientiae*, 13. <https://doi.org/10.14295/cs.v13.3637>
- Messias, M., de Brito Ferreira, E. P., da Silva, O. F., & Wander, A. E. (2024). Economic Assessment of *Rhizobium tropici* and *Azospirillum brasilense* Co-Inoculation in Common Bean. *Agricultural Research*, 13(2). <https://doi.org/10.1007/s40003-023-00692-5>
- Ou-zine, M., & Symanczik, S. (2023). Effect of PGPR and mixed cropping on mycorrhizal status, soil fertility, and date palm productivity under organic farming system. *Organic Eprints*. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-3225865/v1>
- Palacio-Rodríguez, R., Nava-Reyes, B., Sánchez-Galván, H., Quezada-Rivera, J. J., & Sáenz-Mata, J. (2022). Efecto de la inoculación de rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal de tomate en condiciones de casa sombra comercial. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 13(SPE28), 231–242. <https://doi.org/10.29312/remexca.v13i28.3278>
- Pérez, R., Pérez, S., & Almeida, I. (2021). Efecto de la inoculación de PGPR aisladas de maíz en el crecimiento de este cultivo bajo condiciones controladas. *Cultivos Tropicales*, 42(3), 1–5. Recuperado a partir de <https://ediciones.inca.edu.cu/index.php/ediciones/article/view/1606>
- Posada Castaño, A. M., Mejía Durango, D. P., Polanco-Echeverry, D., & Cardona-Arias, J. A. (2021). Rizobacterias promotoras de crecimiento vegetal (PGPR): una revisión sistemática 1990-2019. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 12(2), 161–178. <https://doi.org/10.22490/21456453.4040>
- Rasool, M., Akhter, A., Soja, G., & Haider, M. S. (2021). Role of biochar, compost and plant growth promoting rhizobacteria in the management of tomato early blight disease. *Scientific Reports*, 11(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-021-85633-4>
- Sáez-Cigarruista, A., Morales-Guevara, D., Gordón-Mendoza, R., Jaén-Villarreal, J., & Ramos-Manzané, F. (2024). Sensibilidad del cultivo de maíz (*Zea mays*) a diferentes períodos de déficit hídrico controlado. *Agronomía Mesoamericana*. <https://doi.org/10.15517/am.2024.55660>
- Salika, R., & Riffat, J. (2021). Abiotic stress responses in maize: a review. In *Acta Physiologiae Plantarum* (Vol. 43, Issue 9). <https://doi.org/10.1007/s11738-021-03296-0>
- Sánchez, E., Castañeda, M. D., Baez, A., & Morales, Y. (2021). Rizobacterias para el mejoramiento del cultivo de maíz (*Zea mays*). Una tecnología prometedora para la producción de maíces criollos. *Alianzas y Tendencias BUAP*, 6(23), 72–92. <http://doi.org/10.5281/zenodo.5501662>
- Singh, S., Jagota, N., Kaur, H., Kaur, R., Kaur, G., Sandhu, S., & Sharma, A. (2023). Deciphering behavioral changes in maize plants in a quest to identify species specific plant growth promoting rhizobacteria. *Total Environment Research Themes*, 6. <https://doi.org/10.1016/j.totert.2023.100043>
- Villarreal, A. P. B., Tumipamba, D. E. G., & Sarzosa, F. V. C. (2021). Vermicomposting: Production of Humus and Biol. In *Communication, Smart Technologies and Innovation*

for Society: Proceedings of CITIS 2021 (pp. 591–600). Springer.
https://doi.org/10.1007/978-981-16-4126-8_53

Yu, Y. Y., Xu, J. Da, Gao, M. Z., Huang, T. X., Zheng, Y., Zhang, Y. Y., Wang, Y. P., Luo, Y. M., Zhang, Y., Hu, Y. H., Guo, J. H., & Jiang, C. H. (2023). Exploring plant growth promoting rhizobacteria potential for green agriculture system to optimize sweet potato productivity and soil sustainability in northern Jiangsu, China. *European Journal of Agronomy*, 142. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2022.126661>