

# Evaluación microbiológica de un biol producido con microorganismos nativos de montaña y su efecto bajo condiciones de riego deficitario en el cultivo de nabo (*Brassica rapa* subsp. *pekinensis*)

## Microbiological evaluation of a biol produced with mountain native microorganisms and its effect on Chinese cabbage (*Brassica rapa* subsp. *pekinensis*) cultivation under deficit irrigation conditions

Katiuska Carolina Molina Yépez <sup>1,2</sup>, Marlon Fernando Monge Freile <sup>1,3</sup>, Génesis Yamileth Bustamante Saltos <sup>1,4</sup>, Belén Estefanía Simbaña Cifuentes <sup>1,5</sup>.

<sup>1</sup>Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Quevedo, Ecuador. <sup>2</sup>✉ [katiuska.molina2016@uteq.edu.ec](mailto:katiuska.molina2016@uteq.edu.ec); <sup>3</sup>✉ [mmongef@uteq.edu.ec](mailto:mmongef@uteq.edu.ec); <sup>4</sup>✉ [genesis.bustamante2016@uteq.edu.ec](mailto:genesis.bustamante2016@uteq.edu.ec); <sup>5</sup>✉ [belen.simbana2016@uteq.edu.ec](mailto:belen.simbana2016@uteq.edu.ec)



<https://doi.org/10.15446/acag.v73n2.118289>

2024 | 73-2 p 177-189 | ISSN 0120-2812 | e-ISSN 2323-0118 | Rec.: 2025-01-13 Acep.: 2025-04-25

## Resumen

La agricultura moderna enfrenta el desafío de ser sostenible, especialmente en cultivos comerciales como el nabo (*Brassica rapa* subsp. *pekinensis*). Esta investigación buscó caracterizar microbiológicamente un biol elaborado con microorganismos nativos y evaluar su efecto bajo riego deficitario. Se estudiaron 2 factores: la presencia o ausencia de biol, y 3 niveles de riego basados en la evapotranspiración del cultivo (ETc): 100 %, 75 % y 50 %. Los análisis microbiológicos revelaron colonias mayoritariamente circulares con bordes irregulares, superficies lisas y predominancia de cepas Gram negativas y catalasa positivas. En términos de rendimiento, el tratamiento con biol y riego al 100 % del ETc (T4) alcanzó el mayor rendimiento (64 795.00 kg ha<sup>-1</sup>), mientras que el tratamiento al 50 % del ETc sin biol (T6) obtuvo 31 610.0 kg ha<sup>-1</sup>. En particular, el tratamiento T6, que incluyó el uso de biol y riego al 50 % del ETc, logró la mayor eficiencia productiva (94.84 kg mm<sup>-1</sup>), lo cual destaca su potencial para optimizar el uso del agua y mantener altos rendimientos bajo estrés hídrico. Por tanto, se concluye que el biol combinado con estrategias de riego deficitario se muestra como una herramienta prometedora para mejorar la sostenibilidad y la productividad del cultivo de nabo, especialmente en contextos de limitación hídrica.

**Palabras clave:** biofertilizante, láminas de riego, microbiota, producción sostenible, rendimiento.

## Abstract

Modern agriculture faces the challenge of sustainability, particularly in commercial crops such as turnip (*Brassica rapa* subsp. *pekinensis*). This research aimed to microbiologically characterize a biol prepared with native microorganisms and evaluate its effect under deficit irrigation conditions. Two factors were studied: the presence or absence of biol and three irrigation levels based on the crop evapotranspiration (ETc): 100 %, 75 %, and 50 %. Microbiological analyses revealed mostly circular colonies with irregular edges and smooth surfaces, along with a predominance of Gram-negative and catalase-positive strains. In terms of yield, the treatment with biol and 100 % ETc irrigation (T4) achieved the highest yield (64 795.00 kg ha<sup>-1</sup>), while the 50 % ETc treatment without biol (T6) obtained 31 610.0 kg ha<sup>-1</sup>. Treatment T6, which included the use of biol and irrigation at 50 % of ETc, achieved the highest productive efficiency (94.84 kg mm<sup>-1</sup>), highlighting its potential to optimize water use and maintain high yields under water stress. Therefore, it is concluded that biol, combined with deficit irrigation strategies, appears to be a promising tool to improve the sustainability and productivity of turnip cultivation, especially in contexts of water limitation.

**Keywords:** Biofertilizer, irrigation depth, microbiota, sustainable production, yield.

## Introducción

Los microorganismos de montaña (MM) son microorganismos eficientes obtenidos a partir de suelos nativos ricos en materia orgánica, que potencian la microbiota benéfica presente en el suelo, la cual incluye una gran diversidad de géneros de levaduras, mohos y bacterias, como *Saccharomyces*, *Pichia*, *Trichoderma*, *Penicillium*, *Aspergillus*, *Azotobacter*, *Azospirillum*, *Rhizobium*, *Pseudomonas*, *Bacillus* y *Streptomyces* (Mora-López et al., 2023). Estos microorganismos, al combinarse con el biol, un biofertilizante artesanal de bajo costo, colonizan los suelos, lo que ofrece beneficios significativos para la agricultura al aprovechar la diversidad microbiana de las comunidades boscosas nativas (Zhou et al., 2024). El biol se emplea para integrar la diversidad funcional y taxonómica de los microorganismos nativos en los sistemas de producción agrícola (Rajesaheb et al., 2025), y su producción artesanal promueve prácticas agrícolas sostenibles (Jácome-Pilco et al., 2024).

El uso de este tipo de bioproductos contribuye al desarrollo y la expansión de las raíces, con lo cual se optimiza la absorción de nutrientes y agua, además de regular la estabilidad hormonal de las plantas a lo largo de su ciclo vegetativo (Ruesta-López et al., 2024). Esta práctica forma parte de un movimiento más amplio hacia una agricultura más sostenible, ya que reduce el uso de fertilizantes químicos y de los costos de producción, lo que le da un carácter ecológico (Bardales-Vásquez et al., 2024; Nur et al., 2025).

El cultivo de nabo es importante a nivel mundial, con China como principal productor (Du et al., 2024), y en Ecuador es vital para la seguridad alimentaria y la economía agrícola, especialmente en la sierra (Peña-Murillo et al., 2024). El cultivo de *Brassica rapa* subsp. *pekinensis* se realiza con diversas técnicas, como siembra directa, almácigos y producción hidropónica (Pardede et al., 2024; Mocniak et al., 2023).

El uso de MM en combinación con técnicas de riego como el riego deficitario optimiza el uso del agua y mejora la absorción de nutrientes por las plantas (Jang et al., 2024). Este tipo de riego, al reducir la cantidad de agua aplicada, promueve el desarrollo de raíces profundas y mejora la resistencia al estrés hídrico (Gao et al., 2025). Dicha sinergia contribuye a un mayor rendimiento y a una gestión eficiente de los recursos hídricos, lo cual favorece una agricultura sostenible (Sarula et al., 2022).

El uso de un biol elaborado con microorganismos nativos de montaña mejora la productividad y la eficiencia del cultivo de nabo (*Brassica rapa* subsp. *pekinensis*) bajo condiciones de riego deficitario. Esta investigación buscó explorar cómo el biol puede ser clave para aumentar la productividad del cultivo de nabo, con la inclusión del riego deficitario, con lo que se contribuye a la sostenibilidad agrícola (Wang et al., 2024).

## Materiales y métodos

### Localización de la investigación

El estudio se desarrolló en el campus La María de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, ubicado en el recinto San Felipe, cantón Mocache, provincia de Los Ríos, en el kilómetro 7.5 de la vía Quevedo - El Empalme. Sus coordenadas geográficas son 1°04'56" de latitud Sur y 79°30'08" de longitud Oeste, a una elevación de 64 metros sobre el nivel del mar. La investigación tuvo una duración de 70 días.

### Diseño experimental

Para la fase de identificación microbiológica no se empleó un diseño experimental. En la fase de campo se implementó un diseño de bloques completos al azar con un arreglo factorial 2 x 3 y 4 repeticiones. El primer factor fue la aplicación de biol, mientras que el segundo factor correspondió a las láminas de riego. Cada una de las subparcelas de 20 plantas se definió como la unidad experimental.

### Tratamientos evaluados

Se definieron 6 tratamientos basados en las interacciones de los 2 factores evaluados, los cuales se detallan en la Tabla 1.

### Manejo experimental

#### Caracterización de los microorganismos nativos de montaña

Las muestras de microorganismos nativos de montaña fueron recolectadas en el Bosque Protector Pedro Franco Dávila, ubicado en el km 26 de la vía Palenque - Mocache, de la provincia de Los Ríos. Con la colaboración del Centro Agrícola Cantonal de Quevedo y bajo la guía del Dr. Germán Jácome López, se realizó un recorrido por el bosque para recolectar hojarasca, especialmente aquella que presentaba hifas de hongos, lo cual es indicativo de una alta concentración microbiana. Las muestras fueron almacenadas en bolsas plásticas negras, etiquetadas y transportadas al área de preparación del biol.

**Tabla 1.** Descripción de los tratamientos evaluados en la investigación

Tratamientos	Interacciones	Descripción
T1	A1B1	Sin biol + 100 % ETC
T2	A1B2	Sin biol + 75 % ETC
T3	A1B3	Sin biol + 50 % ETC
T4	A2B1	Con biol (20 l ha <sup>-1</sup> ) + 100 % ETC
T5	A2B2	Con biol (20 l ha <sup>-1</sup> ) + 75 % ETC
T6	A2B3	Con biol (20 l ha <sup>-1</sup> ) + 50 % ETC

Para la elaboración del biol se siguió el protocolo propuesto por Jara-Samaniego *et al.* (2021). Se usó un tanque plástico de 200 l donde se combinaron 50 kg de hojarasca, 20 l de melaza y 25 l de polvillo de arroz. Luego, se agregó agua hasta llenar el tanque, se agitó la mezcla con un palo de madera hasta disolver completamente la melaza y se cubrió con una tapa. Después de 90 días, el biol fue cosechado, filtrado mediante una malla fina y almacenado en recipientes plásticos negros, a la sombra.

### Características morfológicas

Una vez que las colonias bacterianas crecieron, se observó cada una, tanto a simple vista como con lupa, para evaluar sus características morfológicas. Se examinó la superficie de cada colonia para identificar si era lisa o rugosa, utilizando una aguja de inoculación estéril. Además, se registró el color de las colonias, lo que permitió observar variaciones como blanco o amarillo bajo luz natural.

### Tinción de Gram

Los microorganismos fueron cultivados en medio de agar nutriente y, usando la técnica de siembra por microgotas, se incubaron a 37 °C durante 24 horas. Para la tinción se preparó un frotis de la colonia, se fijó con metanol y luego se tiñó con violeta de genciana. Después de enjuagar, se aplicó Lugol como fijador, seguido de un lavado con alcohol y acetona. Finalmente, se implementó safranina para determinar las bacterias Gram negativas, que aparecieron de color rosado o rojo bajo el microscopio (Cedeño y Canchignia, 2022).

### Prueba de catalasa

En un portaobjeto se colocó una gota de agua oxigenada y, utilizando un asa de siembra, se puso en contacto con una colonia bacteriana. En los casos en los que se formaron burbujas, la prueba se registró como positiva, ya que ello indica la presencia de enzimas catalasas que descomponen el peróxido de hidrógeno (Cedeño y Canchignia, 2022).

### Cuantificación UFC

El método de microgota es una técnica simplificada y más precisa que el procedimiento tradicional de dilución en serie basado en la escala decimal, utilizado habitualmente en microbiología. En primer lugar, se introducen 1000 µl de agua destilada estéril en cada tubo Eppendorf de 1.5 ml utilizando una micropipeta. Posteriormente, se añaden 100 µl de biol a cada uno de los tubos, y la mezcla se agita cuidadosamente en un agitador vortex para asegurar que los componentes se distribuyan de manera uniforme. Los tubos Eppendorf se etiquetaron para identificar las diluciones sucesivas, que se indican con las denominaciones  $10^{-1}$ ,  $10^{-2}$ ,  $10^{-3}$ ,  $10^{-4}$ ,  $10^{-5}$  y  $10^{-6}$ . Es importante agitar bien cada tubo antes de realizar las diluciones posteriores, que consisten en transferir

100 µl de la dilución anterior a un nuevo tubo y mezclar para asegurar que las colonias se separen adecuadamente, garantizando así la precisión de la dilución en serie (Strahsburger *et al.*, 2016).

Para fomentar el crecimiento bacteriano, se utilizó agar nutriente como medio en cajas de Petri, donde se realizó la siembra de las muestras. Estas cajas se incubaron a 28 °C durante 24 horas. Después de este período, se observó el crecimiento bacteriano, y se examinó la morfología de las colonias formadas. De cada tipo de microorganismo identificado se eligió una colonia representativa que fue subcultivada en agar nutriente para su purificación. Una vez obtenidos los cultivos en estado puro, se realizó una descripción detallada de la morfología colonial de cada microorganismo, con el objetivo de caracterizarlos e identificarlos de manera precisa (Strahsburger *et al.*, 2016).

### Antibiograma

El antibiograma se realizó usando discos impregnados con diferentes antibióticos (ampicilina, claritromicina, ciprofloxacina, cloranfenicol y cefalexina), distribuidos en los 5 cuadrantes de cajas de Petri con medio sólido. Se midió el diámetro de los halos de inhibición después de incubar las muestras durante 96 horas a  $28 \pm 1$  °C. Las imágenes de los halos de inhibición se documentaron fotográficamente (Cedeño y Canchignia, 2022).

### Manejo del cultivo

#### Limpieza y preparación del terreno

Tras la delimitación del área experimental, se procedió a limpiar el terreno, eliminando la maleza mediante el uso de machetes y, posteriormente, retirándola del área. El suelo fue preparado con una semana de antelación a la siembra, con una profundidad aproximada de 30 cm. Se comenzó con una labranza primaria, seguida de la limpieza general del terreno. Luego, se roturó y niveló el suelo adecuadamente.

#### Siembra en semillero

La siembra se realizó en bandejas germinadoras plásticas de 128 celdas, se empleó una mezcla compuesta por turba comercial, suelo de huerto y cascarilla de arroz, en una proporción de 40:40:20. Los componentes del sustrato se mezclaron bien con palas y se humedeció hasta alcanzar su capacidad de campo. Posterior a ello, se sembró una semilla en cada alvéolo, cubriéndola con sustrato y cubriendo las bandejas con plástico negro para favorecer la germinación. A los 8 días, cuando las plántulas comenzaron a emerger, se retiró el plástico y se dejaron las bandejas hasta que las plántulas alcanzaron 5 cm de altura, 60 días después de la siembra. Durante este tiempo, se les aplicó riego cada 3 días, asegurando una lámina homogénea de 1 mm.

## Trasplante

El trasplante de las plántulas al campo definitivo se realizó a los 60 días de haber sido sembradas en el semillero. Este procedimiento se hizo manualmente, colocando las plántulas a una profundidad de entre 2 y 2.5 cm, siguiendo un esquema de plantación con 0.4 m de separación entre plantas y 0.5 m entre surcos, alcanzando una densidad poblacional de 50 000 plantas por hectárea.

## Riego

Se utilizó un sistema de riego por goteo con mangueras de 16 mm de diámetro, con goteros autocompensados a 0.4 m de distancia entre emisores (Supertif Autocompensado, color café, con un caudal de 2.2 l/h). Debido a que el estudio involucró riego deficitario, el riego se aplicó con base en los datos de evapotranspiración de referencia (ET<sub>o</sub>) obtenidos de la estación meteorológica del campus La María, utilizando el método Penman-Monteith de la FAO. La evapotranspiración del cultivo (ET<sub>c</sub>) para el nabo se calculó diariamente utilizando la Ecuación 1:

**Ecuación 1.** Evapotranspiración del cultivo (ET<sub>c</sub>):

$$ET_c = ET_o * K_c \quad (\text{Ec. 1})$$

Donde:

ET<sub>c</sub>: evapotranspiración real (mm)

ET<sub>o</sub>: evapotranspiración potencial (mm)

K<sub>c</sub>: coeficiente del cultivo

El sistema de riego se aplicó de manera uniforme en toda el área experimental, determinando la frecuencia y cantidad de riego cada 2 días con base en los datos de evapotranspiración obtenidos.

## Control de malezas

El control de malezas se realizó de manera manual y constante, alrededor de las unidades experimentales, para evitar su proliferación durante todas las etapas del ciclo fisiológico de las plantas.

## Control de plagas

Se implementaron aplicaciones preventivas de bioplaguicidas elaborados a partir de ají, neem y semilla de aguacate, alternando las aplicaciones. Las dosis utilizadas fueron de 100 cc por cada litro de agua.

## Cosecha

La cosecha se llevó a cabo al final del ciclo agrícola comercial, para lo cual se observó que las hojas envoltantes del nabo tuvieran un color verde oscuro, lo que indica su madurez.

## Variables evaluadas

### Caracterización de los microorganismos nativos de montaña

Se realizaron pruebas morfológicas, de tinción de Gram y de catalasa para caracterizar los microorganismos nativos. Se observó la morfología de las colonias, se distinguieron bacterias Gram positivas y negativas mediante tinción de Gram y se verificó la presencia de catalasa al observar burbujas tras aplicar agua oxigenada, lo que indicó actividad enzimática.

### Parámetros agronómicos y productivos del cultivo de nabo

#### Altura de plantas (cm)

Las mediciones de altura de planta se realizaron de forma semanal durante 6 semanas. Para cada medición, se seleccionaron 5 plantas al azar dentro de la parcela útil, excluyendo los extremos de la parcela para evitar bordes que pudieran sesgar los resultados. Las plantas seleccionadas fueron diferentes en cada medición. El criterio de medición fue el espacio comprendido desde el nivel del suelo hasta el ápice de la hoja más joven, para lo cual se utilizó una cinta métrica. El promedio se calculó por tratamiento y se expresó en centímetros.

#### Crecimiento de plantas (cm)

El crecimiento se calculó restando la altura de las plantas a las semanas 37 y 42 del ciclo del cultivo.

#### Diámetro del tallo (mm)

El diámetro del tallo de 5 plantas seleccionadas aleatoriamente se midió con un calibrador pie de rey Stanley® 78-201. El promedio se calculó y se expresó en milímetros.

#### Longitud de la raíz (cm)

Se seleccionaron cinco plantas aleatoriamente a la cosecha, se lavaron las raíces con agua corriente hasta eliminar todo el suelo y, luego, se midió la longitud final de las raíces en centímetros.

#### Longitud de la hoja (cm)

Al final del ciclo se midió la longitud de la tercera hoja completamente expandida y contando desde el ápice hacia la base, en 5 plantas seleccionadas al azar dentro de la parcela útil, excluyendo los bordes. La medición se realizó desde la base del pecíolo hasta el ápice de la lámina foliar, y se calculó el promedio en centímetros.



## Número de hojas por planta

Se registró el número de hojas en 5 plantas por unidad experimental y, posteriormente, se determinó el promedio de los datos obtenidos.

## Peso total de la planta (g)

Se registró el peso fresco total de 5 plantas al momento de la cosecha, que fueron seleccionadas al azar y extraídas de la parcela útil. Para ello se utilizó una balanza digital CAMRY® modelo ACS-30KG/LB-JC21. El promedio se calculó y se expresó en gramos.

## Peso comercial de la planta (g)

Con una balanza digital CAMRY® modelo ACS-30KG/LB-JC21 se pesaron 5 plantas extraídas de la parcela útil, una vez eliminadas las partes no comerciales. El promedio se calculó y se expresó en gramos.

## Peso de materia seca (g)

5 plantas por unidad experimental se secaron en una estufa a 65 °C por 24 horas, luego se pesaron y se registró el peso de materia seca en gramos.

## Rendimiento (kg ha<sup>-1</sup>)

El rendimiento de cada parcela se obtuvo mediante la Ecuación 2:

**Ecuación 2.** Rendimiento (kg ha<sup>-1</sup>):

$$\text{Kg ha}^{-1} = \frac{\text{Rendimiento por parcela (kg)} \times 10000 \text{ m}^2}{\text{Área de la parcela (m}^2\text{)}} \quad (\text{Ec. 2})$$

## Impacto del biol en la eficiencia del uso del agua bajo diferentes niveles de riego

### Lámina de agua acumulada (mm ha<sup>-1</sup>)

Se registró la cantidad de agua utilizada en cada riego y se sumaron estos valores para calcular la lámina total de agua aplicada en mm/ha para cada tratamiento durante el periodo del estudio.

## Eficiencia productiva (kg mm<sup>-1</sup>)

La eficiencia productiva se calculó como el cociente entre el rendimiento logrado por cada tratamiento y la cantidad de agua aplicada acumulada (en mm), mediante la Ecuación 3:

**Ecuación 3.** Eficiencia productiva (kg mm<sup>-1</sup>):

$$\text{Eficiencia productiva} = \frac{\text{Rendimiento kg ha}^{-1}}{\text{Lámina de riego mm ha}^{-1}} \quad (\text{Ec. 3})$$

## Análisis estadístico

Las variables de respuesta fueron analizadas mediante análisis de varianza (ANOVA), y las medias de los factores y sus interacciones fueron comparadas utilizando la prueba de Tukey ( $p \leq 0.05$ ). Los datos se organizaron en una hoja de cálculo de Excel 2019, y el análisis estadístico se realizó utilizando Infostat 2020, desarrollado por Di Rienzo *et al.* (2020). Cabe destacar que se determinó la normalidad de los datos mediante la prueba de Shapiro-Wilk y la homogeneidad de las varianzas mediante la prueba de Bartlett.

## Resultados y discusión

### Caracterización de los microorganismos nativos de montaña

#### Características morfológicas

En la Tabla 2 se detallan las características morfológicas de las colonias de microorganismos aislados. Todas las cepas mostraron una forma circular con bordes irregulares. 6 cepas presentaron una elevación plana, con la excepción de la cepa S5, que mostró una elevación. En cuanto a las características específicas, la cepa R1 tuvo una superficie lisa y un color blanco, además de ser Gram negativa y catalasa positiva. La cepa S5 presentó una superficie lisa de color blanco, con características Gram negativa y catalasa positiva, similares a las de otras cepas. La cepa P1 se caracterizó por una superficie lisa y color amarillo,

**Tabla 2.** Descripción de las características morfológicas de las colonias

Cepas	Forma			Borde			Elevación		Superficie		Color		Tinción Gram	Catalasa
	Ci	Fi	Ri	En	Lo	Ir	Pl	El	Li	Ru	Am	Bl		
R1	+	-	-	-	-	+	+	-	-	+	-	+	-	+
S5	+	-	-	-	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+
P1	+	-	-	-	-	+	+	-	-	+	+	-	-	+
RR2	+	-	-	-	-	+	+	-	-	+	-	+	-	+
B2	+	-	-	-	-	+	+	-	-	+	-	+	-	+
C1	+	-	-	-	-	+	+	-	-	+	+	-	-	-
A1	+	-	-	-	-	+	+	-	+	-	+	-	-	+

Ci: circular; Fi: filamentoso; Ri: rizada; En: entero; Lo: lobular; Ir: irregular; Pl: plana; El: elevada; Li: lisa; Ru: rugosa; Am: amarillo; Bl: blanco.

además de ser Gram negativa y catalasa positiva. Por su parte, la cepa RR2 mostró una superficie lisa y color blanco, con propiedades Gram negativas y catalasa positiva. De manera similar, la cepa B2 tuvo una superficie lisa y color blanco, con características Gram negativas y catalasa positiva. La cepa C1 destacó por su superficie lisa y color amarillo, además de ser Gram negativa y catalasa negativa. Finalmente, la cepa A1 presentó una superficie rugosa de color blanco, con propiedades Gram negativas y catalasa positiva.

Por otra parte, el análisis morfológico de los datos reveló que las cepas R1, S5 y B2 presentaron colonias con forma de cocos, mientras que la cepa P1 exhibió colonias características de diplococos. Por otro lado, la cepa RR2 mostró colonias con la morfología típica de estreptococos. Asimismo, las cepas C1 y A1 presentaron colonias de tipo bacilo.

El análisis microbiológico evidenció que la mayoría de las cepas presentaban superficies lisas y coloración blanca, con tinción Gram negativa y actividad catalasa positiva, características que favorecen su adaptación a entornos diversos (Galecio-Julca *et al.*, 2023).

### Tinción de Gram

Los resultados obtenidos mediante la tinción de Gram indican que las cepas C1, C2, C3 y C4 muestran una coloración rosada o rojiza al ser observadas al microscopio. Este color sugiere que las bacterias de estas cepas son gramnegativas, lo que proporciona información clave sobre la estructura y composición de su pared celular.

La presencia de cepas amarillas con tinción Gram negativa destacó una variabilidad genética y funcional, vinculada a la adaptación bacteriana en ambientes extremos, como los montañosos (Wonglom *et al.*, 2019).

### Prueba de catalasa

Las cepas R1, A1, P1, S5, RR2, B2 y A1 presentaron una reacción positiva. Esta reacción se manifestó a través de la rápida liberación de burbujas, lo que indica la presencia de enzimas catalasas que descomponen el peróxido de hidrógeno. Este fenómeno pone de

manifiesto la actividad enzimática característica de estas bacterias, lo que sugiere su relevancia en los procesos metabólicos y su capacidad para adaptarse a diferentes condiciones ambientales (Abasolo-Pacheco *et al.*, 2020).

### Cuantificación UFC

La cepa A1 ( $1 \times 10^8$ ) presentó una disminución significativa en las diluciones -5 y -6. La cepa C1 ( $1 \times 10^8$ ) mostró colonias dispersas, mientras que la cepa B1 ( $1 \times 10^7$ ) evidenció una reducción en la dilución -6. En la cepa M1 ( $1 \times 10^6$ ), no se observaron colonias en las diluciones -4 y -5. La cepa T1 ( $1 \times 10^4$ ) no presentó colonias en las diluciones -4, -5 y -6. La cepa R2 ( $1 \times 10^4$ ) no mostró colonias desde la dilución -3 en adelante, y la cepa RR2 ( $1 \times 10^5$ ) no presentó colonias en las diluciones -4, -5 y -6. Estas observaciones reflejaron las respuestas de viabilidad de las cepas bajo condiciones específicas (Strahsburger *et al.*, 2016).

### Antibiograma

Una parte importante de las cepas evaluadas mostró una alta susceptibilidad a los antibióticos probados. No obstante, la cepa A1 presentó baja sensibilidad frente a la claritromicina. Por su parte, las cepas RR2 y P2 se destacaron por su resistencia a la ciprofloxacina, lo cual resulta relevante para aplicaciones agrícolas y en salud (Alam *et al.*, 2022). Sin embargo, en las cepas RR2 y P2 se observaron halos de inhibición con otros antibióticos, lo que sugiere una sensibilidad parcial. La información detallada se presenta en la Tabla 3.

## Parámetros agronómicos y productivos del cultivo de nabo

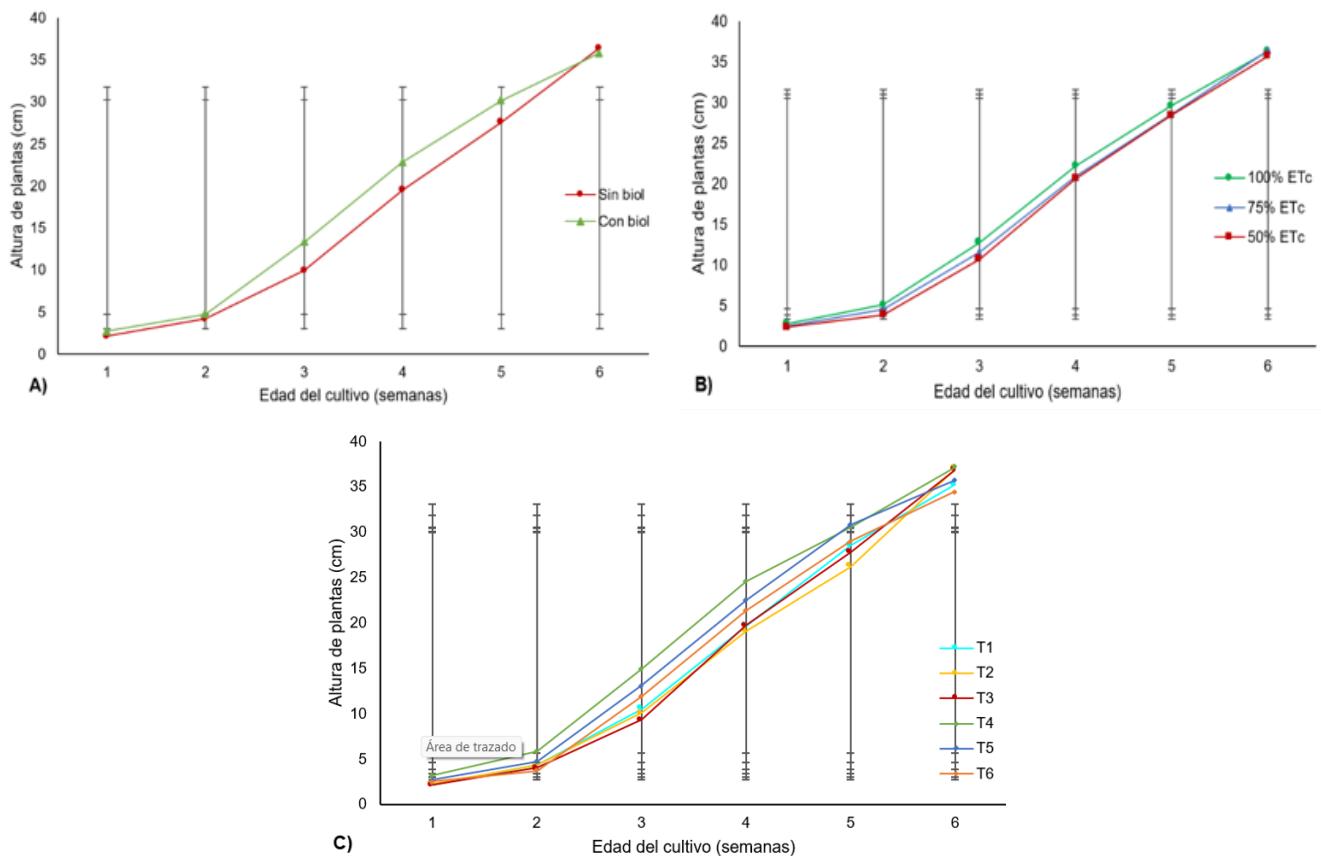
### Altura de plantas (cm)

La Figura 1A muestra el crecimiento de las plantas de nabo a lo largo de 6 semanas, con la aplicación o ausencia de biol de microorganismos de montaña como factor A. En la primera semana, las plantas sin biol tuvieron una altura promedio de 2.19 cm, mientras que las que recibieron biol alcanzaron 2.81 cm. En la segunda semana, las alturas promedio

**Tabla 3.** Resultados de antibiograma bacteriológico

Cepas	Cloranfenicol	Cefalexina	Claritromicina	Ampicilina	Ciprofloxacina
A1	+	+	-	+	+
A1	+	+	+	+	+
RR2	+	+	+	+	-
S5	+	+	+	+	+
P2	+	+	+	+	-
P1	+	+	+	+	+
C1	+	+	+	+	+
R1	+	+	+	+	+

+: susceptible; -: resistente



**Figura 1.** A) Efecto del biol sobre la altura de plantas. B) Efecto de las láminas de riego. C) Efecto de la aplicación combinada de láminas de riego y biol.

subieron a 4.25 cm para las plantas sin biol y 4.76 cm para las tratadas con biol. Desde la tercera semana, la diferencia se volvió más notoria, ya que se alcanzó 9.98 cm para las plantas sin biol y 13.32 cm para aquellas tratadas con biol. En la cuarta semana, las plantas con biol alcanzaron 22.81 cm, mientras que las que no recibieron biol llegaron a 19.52 cm. En la quinta semana, las alturas fueron de 30.13 cm para las plantas con biol y 27.55 cm para las sin biol. Finalmente, en la sexta semana, las plantas sin biol alcanzaron los 36.39 cm, ligeramente por encima de las tratadas con biol, que midieron 35.82 cm.

La Figura 1B ilustra el impacto de las láminas de riego en el crecimiento en altura de las plantas de nabo a lo largo de las 6 semanas de evaluación. En cada semana se observó que las plantas regadas con el 100 % de la evapotranspiración del cultivo (ETc) presentaron alturas promedio más altas que aquellas regadas con el 75 % o el 50 % de la ETc. En la semana 2 las plantas con riego al 100 % de ETc alcanzaron 2.7 cm de altura, mientras que las de riego al 75 % de ETc y 50 % de ETc midieron 2.46 cm y 2.34 cm, respectivamente. Este patrón se mantuvo durante todo el periodo de evaluación. En la sexta semana, las plantas irrigadas con el 100 % de la ETc alcanzaron una altura de 36.23 cm, mientras que aquellas que recibieron riego al 75 % y 50 % de la ETc lograron alturas de 36.38 cm y 35.71 cm, respectivamente.

La Figura 1C ilustra el desarrollo de la altura de las plantas en el cultivo a lo largo de las semanas 1 a 6 bajo distintos tratamientos. Los tratamientos que incluyen biol junto con diferentes niveles de riego (T4, T5, T6) presentaron plantas de mayor altura en comparación con aquellos sin biol, pero con los mismos niveles de riego (T1, T2, T3). Esto indica una posible interacción beneficiosa entre la aplicación de biol y el riego adecuado, lo que favorece el crecimiento de las plantas.

## Crecimiento de plantas

En cuanto al crecimiento de las plantas, no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos ni entre bloques ( $F(5,15) = 0.41$ ;  $p = 0.8378$  para tratamientos, y  $F(3,15) = 0.77$ ;  $p = 0.5299$  para bloques), con un coeficiente de variación de 10.36 % (Figura 2A).

## Diámetro del tallo (mm)

El análisis de varianza reveló que no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos ni entre bloques ( $F(5,15) = 1.32$ ;  $p = 0.31$  para tratamientos, y  $F(3,15) = 0.70$ ;  $p = 0.57$  para bloques), con un coeficiente de variación de 16.31 % (Figura 2B).

## Longitud de la raíz (cm)

En relación con la longitud de la raíz, los resultados del análisis de varianza mostraron no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos ni entre bloques ( $F(5,15) = 0.85$ ;  $p = 0.53$  para tratamientos, y  $F(3,15) = 0.26$ ;  $p = 0.85$  para bloques), con un coeficiente de variación de 11.48 % (Figura 2C).

## Longitud de la hoja (cm)

El análisis de varianza reveló que no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos ni entre bloques ( $F(5,15) = 1.07$ ;  $p = 0.42$  para tratamientos, y  $F(3,15) = 0.41$ ;  $p = 0.75$  para bloques), con un coeficiente de variación de 10.29 % (Figura 2D).

## Número de hojas por planta

Según el análisis de varianza, no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos ni entre bloques ( $F(5,15) = 0.56$ ;  $p = 0.73$  para tratamientos, y  $F(3,15) = 2.00$ ;  $p = 0.16$  para bloques), con un coeficiente de variación de 9.85 % (Figura 2E).

Agronómicamente, no se encontraron diferencias significativas en variables como: altura, diámetro de tallo, longitud de la raíz, longitud de la hoja y número de hojas por planta entre los tratamientos. Investigaciones como las de Zhang *et al.* (2024) y Schenk *et al.* (2024) encontraron resultados opuestos, con resultados positivos en el uso simultáneo de varios biofertilizantes en la producción de distintas especies vegetales, a diferencia de este ensayo, en el que solo se implementó el biol como fuente para la incorporación de nutrientes. Aunque no se detectaron diferencias significativas en el crecimiento, factores externos como condiciones ambientales y calidad del suelo podrían haber influido en los resultados (Abanto-Rodríguez *et al.*, 2020). Estos hallazgos destacan la necesidad de integrar estrategias sostenibles para optimizar recursos y promover una agricultura eficiente y rentable (Jara-Samaniego *et al.*, 2021).

## Peso total de la planta (g)

El ANOVA mostró alta significancia estadística para el biol, las láminas de riego y sus interacciones ( $F(5,15) = 14.96$ ;  $p < 0.0001$  para tratamientos, y  $F(3,15) = 1.97$ ;  $p = 0.1624$  para bloques), con un coeficiente de variación de 12.84 %. Las plantas con biol alcanzaron un peso promedio de 1092.19 g, con lo que superaron a las sin biol (806.40 g). La lámina al 100 % de ETc fue superior, con un promedio de 1156.81 g, frente a 924.04 g y 767.04 g de las láminas al 75 % y 50 % de ETc, respectivamente. Las comparaciones múltiples se realizaron con la prueba de Tukey ( $\alpha = 0.05$ ), lo cual permitió identificar diferencias significativas entre tratamientos (Figura 3A).

Por otra parte, la combinación de biol y la lámina de riego al 100 % ETc (T4) produjo el mayor peso total de planta ( $1310.50 \pm 166.27$  g), sin diferencias significativas respecto al biol con riego al 75 % de ETc (T5). Este tratamiento superó significativamente a las demás interacciones, cuyos promedios variaron entre  $646.35 \pm 57.60$  g (T3) y  $1003.13 \pm 40.80$  g (T1), dentro de los cuales el menor fue para la lámina al 50 % de ETc sin biol (T3). Las comparaciones múltiples se realizaron con la prueba de Tukey ( $\alpha = 0.05$ ), lo cual permitió identificar diferencias significativas entre tratamientos (Figura 3B).

## Peso de materia seca (g)

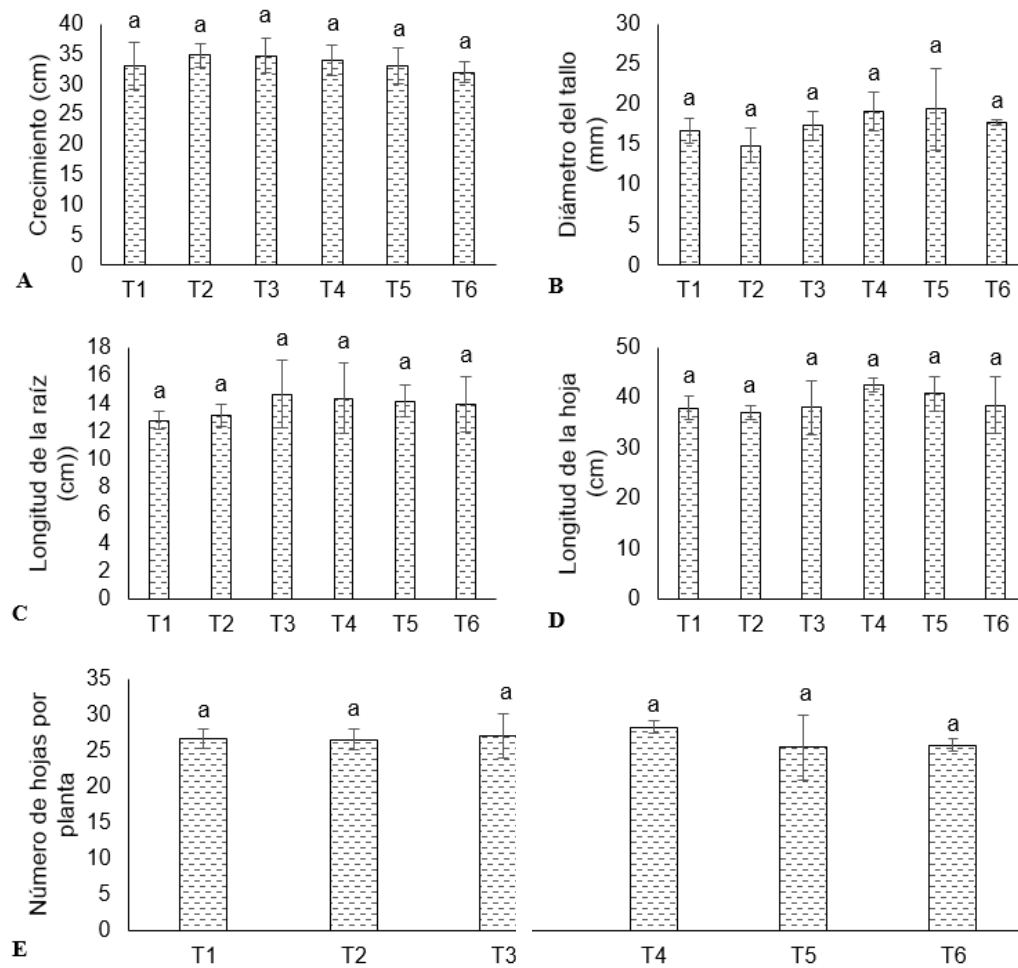
El ANOVA indicó significancia estadística solo en las láminas de riego ( $F(5,15) = 7.80$ ;  $p = 0.0009$  para tratamientos, y  $F(3,15) = 4.83$ ;  $p = 0.0151$  para bloques), con un coeficiente de variación del 5.53 %. El biol no mostró diferencias entre su aplicación (26.50 g) y ausencia (27.04 g). La lámina al 100 % de ETc presentó el mayor peso de materia seca (29.18 g), con lo que superó significativamente a las láminas de 75 % y 50 % de ETc, con promedios de 26.51 g y 24.63 g, respectivamente. Las comparaciones múltiples se realizaron con la prueba de Tukey ( $\alpha = 0.05$ ), lo cual permitió identificar diferencias significativas entre tratamientos (Figura 4A).

La Figura 4B muestra el impacto combinado del biol y las láminas de riego en el peso de materia seca por planta. El tratamiento T1 alcanzó el mayor promedio ( $29.58 \pm 1.17$  g), lo que fue estadísticamente similar a T4, T2 y T5 ( $28.78 \pm 1.82$ ,  $26.68 \pm 1.59$ ,  $26.35 \pm 2.06$  g respectivamente). T1 y T4 superaron significativamente a T3 y T6, con promedios de  $24.88 \pm 1.43$  g y  $24.38 \pm 1.63$  g, respectivamente. Las comparaciones múltiples se realizaron con la prueba de Tukey ( $\alpha = 0.05$ ), lo cual permitió identificar diferencias significativas entre tratamientos.

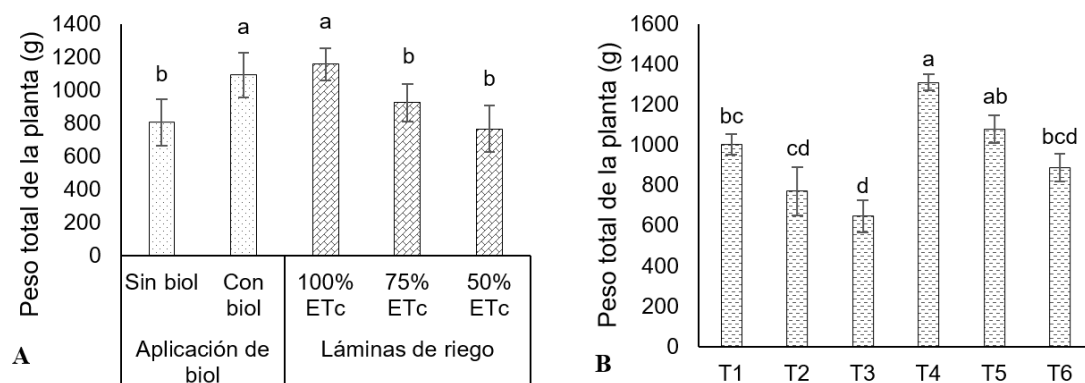
## Peso comercial de la planta (g)

La Figura 5A muestra el impacto individual del biol de microorganismos de montaña y las láminas de riego sobre el peso comercial de las plantas de nabo. El análisis de varianza indicó una alta significancia estadística para ambos factores y sus interacciones ( $F(5,15) = 14.78$ ;  $p < 0.0001$  para tratamientos, y  $F(3,15) = 1.88$ ;  $p = 0.1761$  para bloques), con un coeficiente de variación del 13.10 %. Las plantas tratadas con biol alcanzaron un peso promedio de 1077.95 g, con lo que superaron significativamente a las cultivadas sin biol, que registraron 785.13 g. En cuanto a las láminas de riego, la aplicación al 100 % de ETc generó plantas con un peso comercial promedio de 1131.40 g, lo que muestra diferencias significativas frente a las láminas al 75 % y 50 % de ETc, cuyos promedios fueron 909.90 g y 753.33 g, respectivamente.





**Figura 2.** A) Efecto de la interacción entre los factores láminas de riego y presencia de biol sobre el crecimiento de plantas de nabo. Tratamientos: T1: sin biol + 100 % Etc; T2: sin biol + 75 % Etc; T3: sin biol + 50 % Etc; T4: con biol + 100 % Etc; T5: con biol + 75 % Etc; T6: con biol + 50 % Etc. B) Efecto de la interacción entre factores sobre el diámetro de plantas. C) Efecto de la interacción entre factores sobre la longitud de la raíz. D) Efecto de la interacción entre factores sobre la longitud de la hoja. E) Efecto de la interacción entre factores sobre el número de hojas por planta. Los promedios que comparten la misma letra no muestran diferencias estadísticas según la prueba de Tukey ( $p \leq 0.05$ ). Las barras de error indican la desviación estándar de cada media.



**Figura 3.** A) Efecto simple del biol y láminas de riego sobre el peso total de las plantas de nabo. Tratamientos: T1: sin biol + 100 % Etc; T2: sin biol + 75 % Etc; T3: sin biol + 50 % Etc; T4: con biol + 100 % Etc; T5: con biol + 75 % Etc; T6: con biol + 50 % Etc. B) Efecto de la interacción entre factores sobre el peso total. Los promedios que comparten la misma letra no muestran diferencias estadísticas según la prueba de Tukey ( $p \leq 0.05$ ). Las barras de error indican la desviación estándar de cada media.

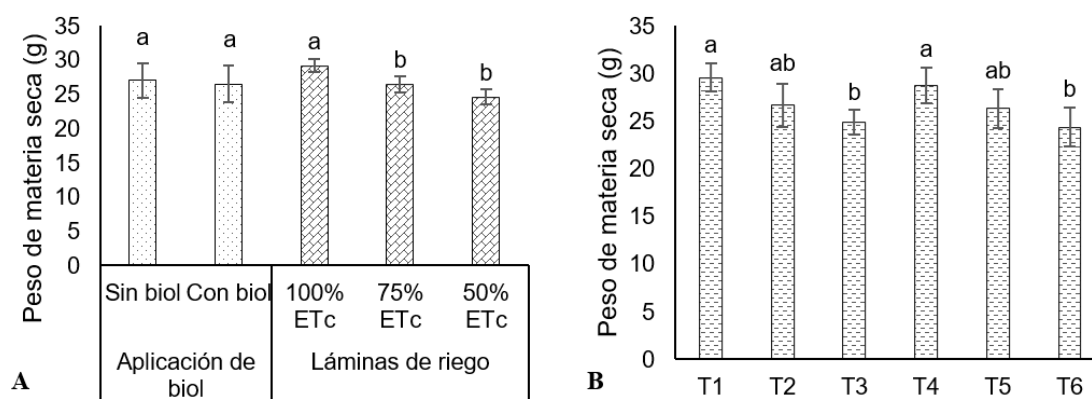
Por otra parte, la Figura 5B muestra el impacto de las interacciones evaluadas sobre el peso total de las plantas de nabo. La combinación del biol con la lámina de riego al 100 % ETc generó el mayor peso comercial (T4), con  $1295.90 \pm 166.20$  g, sin diferencias significativas respecto a la combinación del biol con la lámina al 75 % de ETc (T5). Este tratamiento superó significativamente a las demás interacciones, cuyos valores oscilaron entre  $632.20 \pm 57.39$  (T3) y  $966.90 \pm 37.63$  g (T1).

### Rendimiento (kg ha<sup>-1</sup>)

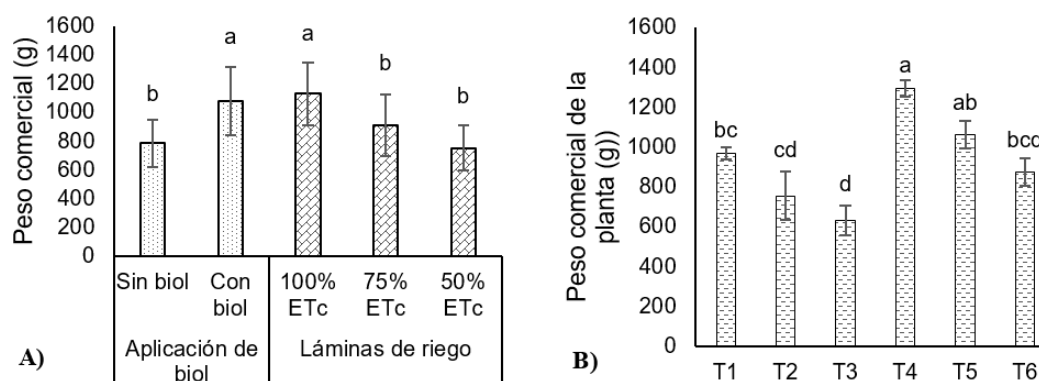
Los datos presentados en la Figura 6A reflejan el impacto individual del biol de microorganismos de montaña y las láminas de riego sobre el rendimiento por hectárea del cultivo de nabo. Se observó alta significancia estadística para los factores principales, pero no para sus interacciones, con un coeficiente de variación del 13.10 % ( $F(5,15) = 14.78$ ;  $p = <0.0001$  para tratamientos, y  $F(3,15) = 1.88$ ;  $p = 0.1761$  para bloques). Las comparaciones múltiples se

realizaron con la prueba de Tukey ( $\alpha = 0.05$ ), lo cual permitió identificar diferencias significativas entre tratamientos. El uso de biol resultó en un rendimiento promedio de  $53\,897.50$  kg ha<sup>-1</sup>, significativamente superior al obtenido sin su aplicación, que fue de  $39\,256.67$  kg ha<sup>-1</sup>. En cuanto a las láminas de riego, la del 100 % de ETc destacó con un rendimiento de  $56\,570.00$  kg ha<sup>-1</sup>, lo que mostró diferencias significativas frente a las láminas de 75 % y 50 % de ETc, que lograron  $45\,495.00$  y  $37\,666.25$  kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente.

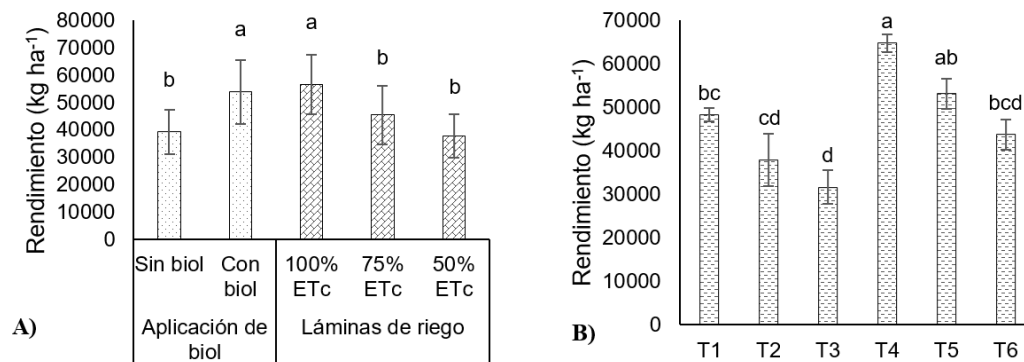
La Figura 6B muestra el impacto combinado de las láminas de riego y biol de microorganismos de montaña en el rendimiento por hectárea del cultivo de nabo. La mayor producción, de  $64\,795.00 \pm 8310.04$  kg ha<sup>-1</sup>, se obtuvo con la combinación de biol y la lámina de riego al 100 % de ETc (T4), sin diferencias significativas respecto al uso de biol con la lámina al 75 % de ETc (T5). Este tratamiento de mayor rendimiento superó de manera significativa a los demás, cuyos



**Figura 4.** A) Efecto simple del biol y láminas de riego sobre el peso de materia seca por planta de nabo. Tratamientos: T1: sin biol + 100 % ETc; T2: sin biol + 75 % ETc; T3: sin biol + 50 % ETc; T4: con biol + 100 % ETc; T5: con biol + 75 % ETc; T6: con biol + 50 % ETc. B) Efecto de la interacción entre factores sobre el peso de materia seca. Los promedios que comparten la misma letra no muestran diferencias estadísticas según la prueba de Tukey ( $p \leq 0.05$ ). Las barras de error indican la desviación estándar de cada media.



**Figura 5.** A) Efecto simple del biol y láminas de riego sobre el peso comercial de las plantas de nabo. Tratamientos: T1: sin biol + 100 % ETc; T2: sin biol + 75 % ETc; T3: sin biol + 50 % ETc; T4: con biol + 100 % ETc; T5: con biol + 75 % ETc; T6: con biol + 50 % ETc. B) Efecto de la interacción entre factores sobre el peso comercial de las plantas. Los promedios que comparten la misma letra no muestran diferencias estadísticas según la prueba de Tukey ( $p \leq 0.05$ ). Las barras de error indican la desviación estándar de cada media.



**Figura 6.** A) Efecto simple del biol y láminas de riego sobre el rendimiento por hectárea. Tratamientos: T1: sin biol + 100 % ETc; T2: sin biol + 75 % ETc; T3: sin biol + 50 % ETc; T4: con biol + 100 % ETc; T5: Con biol + 75 % ETc; T6: Con biol + 50 % ETc. B) Efecto de la interacción entre factores sobre el rendimiento por hectárea. Los promedios que comparten la misma letra no muestran diferencias estadísticas según la prueba de Tukey ( $p \leq 0.05$ ). Las barras de error indican la desviación estándar de cada media.

rendimientos variaron entre  $31\,610.00 \pm 2869.36$  (T3) y  $48\,345.00 \pm 1881.39$  kg ha<sup>-1</sup> (T1). Cabe destacar que, las comparaciones múltiples se realizaron con la prueba de Tukey ( $\alpha = 0.05$ ), lo cual permitió identificar diferencias significativas entre tratamientos.

## Impacto del biol en la eficiencia del uso del agua bajo diferentes niveles de riego

La Tabla 4 muestra los valores acumulados de las láminas de riego aplicadas en la producción de nabo bajo el uso de biol. Las láminas acumuladas fueron 831 mm ha<sup>-1</sup> para el 100 % de ETc, 643 mm ha<sup>-1</sup> para el 75 % de ETc, y 461 mm ha<sup>-1</sup> para el 50 % de ETc. El tratamiento T6 (biol + 50 % de ETc) destacó con la mayor eficiencia productiva, ya que alcanzó 94.84 kg por milímetro de riego. Le siguieron T5 (biol + 75 % de ETc) con 82.70 kg mm<sup>-1</sup> y T4 (biol + 100 % de ETc) con 77.97 kg mm<sup>-1</sup>. Entre los tratamientos sin biol, T3 (sin biol + 50 % de ETc) fue el más eficiente, con 68.57 kg mm<sup>-1</sup>, seguido de T2 (sin biol + 75 % de ETc) con 58.81 kg mm<sup>-1</sup> y T1 (sin biol + 100 % de ETc) con 58.18 kg mm<sup>-1</sup>.

**Tabla 4.** Láminas de riego aplicadas y eficiencia productiva de cada tratamiento evaluado

Tratamientos	Rendimiento (kg ha <sup>-1</sup> )	Lámina de riego (mm)	Eficiencia productiva (kg mm <sup>-1</sup> )
T1: sin biol + 100 % de Etc	48 345.00	831	58.18
T2: sin biol + 75 % de Etc	37 815.00	643	58.81
T3: sin biol + 50 % de Etc	31 610.00	461	68.57
T4: con biol + 100 % de Etc	64 795.00	831	77.97
T5: con biol + 75 % de Etc	53 175.00	643	82.70
T6: con biol + 50 % de Etc	43 722.50	461	94.84

El uso del biol y el riego al 100 % de ETc del T4 optimizaron el peso total de la planta, el peso de materia seca, el peso comercial de la planta y el rendimiento. Sin embargo, se registró una mayor eficiencia al implementar el biol y el riego al 50 % de ETc (T6), lo cual mejoró el aprovechamiento de agua y nutrientes (Fan *et al.*, 2020; Ding *et al.*, 2024). Estos resultados concuerdan con los hallazgos de Vélez-Sánchez *et al.* (2021), Hayashi y Dogliotti (2021), Slamini *et al.* (2022) y Barzallo *et al.* (2025), quienes resaltaron la importancia de la irrigación adecuada y el biol en la productividad de cultivos.

## Conclusiones

La caracterización microbiológica de los microorganismos nativos de montaña mostró una predominancia de colonias con forma circular, borde irregular, superficie lisa y mayoritariamente elevación plana, salvo la cepa S5, que presentó una superficie rugosa. La mayoría de las cepas fueron gramnegativas y catalasa positivas.

La combinación de biol con la lámina de riego al 100 % de la ETc aumentó el peso total y comercial de las plantas de nabo, lo que resulta en un rendimiento por hectárea de 64 795 kg ha<sup>-1</sup>. Sin embargo, no se observaron variaciones significativas en los demás parámetros evaluados.

La aplicación de biol mejoró notablemente la eficiencia productiva, especialmente cuando se combinó con la lámina de riego al 50 % de ETc, ya que alcanzó una eficiencia de 94.84 kg mm<sup>-1</sup>. Esto sugiere que el biol puede optimizar el uso del agua y aumentar la producción en condiciones de riego limitado.

## Referencias

- Abanto-Rodríguez, C.; Farias, W.; Cardoso, P.; Da Silva, R.; Alves, E.; Gonçalves, M.; García, J.; Tadashi, R.; Lopes, J.; Maffei, M.; Souza, C. y Paes, L. (2020). Determinación de evapotranspiración y coeficiente de cultivo de *Myrciaria dubia* (Kunth) McVaugh para su domesticación y conservación en suelos de tierra firme. *Revista Chapingo. Serie horticultura*, 26(3), 175-188. <https://doi.org/10.5154/r.chsh.2019.10.020>
- Abasolo-Pacheco, F.; Ojeda-Silvera, C.; Cervantes-Molina, J.; Moran-Villacreses, E.; Vera-Aviles, D.; Ganchozo-Mendoza, E. y Mazón-Suástegui, J. (2020). Respuesta agronómica del nabo (*Brassica napus* L.) a la aplicación de medicamentos homeopáticos. *Terra Latinoamericana*, 38(1), 181-196. <https://www.redalyc.org/journal/573/57363014017/html/>
- Alam, K.; Mazumder, A.; Sikdar, S.; Zhao, Y.; Hao, J.; Song, C.; Wang, Y.; Sarkar, R.; Islam, S.; Zhang, Y. y Li, A. (2022). *Streptomyces*: The biofactory of secondary metabolites. *Frontiers in Microbiology*, 13, e968053. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2022.968053>
- Bardales-Vásquez, C. B.; Vidal-Fernández, J. L.; Gil-Ramírez, L. A.; Rodríguez-Salvatierra, A. D.; Medina-Vásquez, M. E.; Jara-Huacacolqui, E. L.; Julca-Bacon, H. J. y León-Torres, C. A. (2024). Evaluation of nitrogen, phosphorus, and potassium of biol biofertiliser produced from sludge from *Oreochromis niloticus* breeding. *Journal of Environmental Protection and Ecology*, 25(4), 1051-1059. [https://www.researchgate.net/publication/387062301\\_EVALUATION\\_OF\\_NITROGEN\\_PHOSPHORUS\\_AND\\_POTASSIUM\\_OF\\_BIOL\\_BIOFERTILISER\\_PRODUCED\\_FROM\\_SLUDGE\\_FROM\\_Oreochromis\\_niloticus\\_BREEDING](https://www.researchgate.net/publication/387062301_EVALUATION_OF_NITROGEN_PHOSPHORUS_AND_POTASSIUM_OF_BIOL_BIOFERTILISER_PRODUCED_FROM_SLUDGE_FROM_Oreochromis_niloticus_BREEDING)
- Barzallo, D.; Lazo, R.; Yugsan, F. y Sevilla, J. (2025). Enhancing turnip cultivation with plant growth-promoting bacteria in organic fertilizer. *Revista Caatinga*, 38, e12843. <https://doi.org/10.1590/1983-21252025v38i12843rc>
- Cedeño, A. y Canchignia, H. (2022). Empleo de bacterias como alternativa de biorremediación en suelos contaminados con mercurio (Hg), zinc (Zn), aluminio (Al) y cobre (Cu) con empleo de bacterias. Universidad Técnica Estatal de Quevedo. <https://repositorio.uteq.edu.ec/server/api/core/bitstreams/9e6fcbd3-980b-4af9-a192-306979d84fb1/content>
- Di Rienzo, J.; Casanoves, F.; Balzarini, M.; González, L.; Tablada, M. y Robledo, C. (2020). *InfoStat versión 2020*. <http://www.infostat.com.ar>
- Ding, B.; Cao, H.; Bai, Y.; Guo, S.; Zhang, J.; He, Z.; Wang, B.; Jia, Z. y Liu, H. (2024). Effect of biofertilizer addition on soil physicochemical properties, biological properties, and cotton yield under water irrigation with different salinity levels in Xinjiang, China. *Field Crops Research*, 308, 109300. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2024.109300>
- Du, X.; Zhou, Z. y Huang, D. (2024). Influence of spatial scale effect on UAV remote sensing accuracy in identifying Chinese cabbage (*Brassica rapa* subsp. *pekinensis*) plants. *Agriculture*, 14(11), 1871. <https://doi.org/10.3390/agriculture14111871>
- Fan, J.; Lu, X.; Gu, S. y Guo, X. (2020). Improving nutrient and water use efficiencies using water-drip irrigation and fertilization technology in Northeast China. *Agricultural Water Management*, 241, 106352. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2020.106352>
- Galecio-Julca, M.; Neira-Ojeda, M.; Chanduvi-García, R.; Peña-Castillo, R.; Álvarez-Bernaola, L.; Granda-Wong, C.; Lindo-Seminario, D.; Saavedra-Alberca, E.; Javier-Alva, J. y Morales-Pizarro, A. (2023). Efecto de la eficacia de los microorganismos nativos y la composta en tres pisos altitudinales en el cultivo de quinua (*Chenopodium quinoa*) variedad INIA 415-Pasankalla. *Terra Latinoamericana*, 41, e1622. <https://doi.org/10.28940/terra.v41i0.1622>
- Gao, J.; Li, L.; Ding, R.; Kang, S.; Du, T.; Tong, L.; Kang, J.; Xu, W. y Tang, G. (2025). Grain yield and water productivity of maize under deficit irrigation and salt stress: Evidences from field experiment and literatures. *Agricultural Water Management*, 307, 109260. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2024.109260>
- Hayashi, R. y Dogliotti, S. (2021). Water productivity in maize, at different levels of deficit irrigation in humid climate. *Agrociencia Uruguay*, 25(1), e390. <https://doi.org/10.31285/agro.25.390>
- Jácome-Pilco, C.; Del Pozo-Camacho, I. M. y Oyato-Chacha, D. J. (2024). Potentiality of biol for the agroecological management of stevia cultivation: A review. *African Journal of Biological Sciences*, 6(Si2), 1740-1771. <https://doi.org/10.33472/AFJBS.6.Si2.2024.1740-1771>
- Jang, Y.; Kim, J.; Lee, J.; Lee, S.; Jung, H. y Park, G.-H. (2024). Drought tolerance evaluation and growth response of Chinese cabbage seedlings to water deficit treatment. *Agronomy*, 14(2), 279. <https://doi.org/10.3390/agronomy14020279>
- Jara-Samaniego, J.; Gallegos, J. y Cruz, A. (2021). Elaboración y caracterización de bioles de residuos orgánicos. *InterSedes*, 22(45), 189-203. <http://dx.doi.org/10.15517/iuscr.v22i45.46013>
- Mocniak, L. E.; Elkin, K. R.; Dillard, S. L.; Bryant, R. B. y Soder, K. J. (2023). Building comprehensive glucosinolate profiles for *Brassica* varieties. *Talanta*, 251, 123814. <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2022.123814>
- Mora-López, M.; López-Restrepo, D. A.; Osorio-Echeverri, V. M. y Botero-Botero, L. R. (2023). Isolated yeasts from bioferments of mountain microorganisms, an option for plant nutrition. *Agronomía Mesoamericana*, 34(3), 52527. <https://doi.org/10.15517/am.2023.52527>
- Nur, M. M. A.; Mahreni, S. W.; Setyoningrum, T. M.; Hadi, F.; Widayati, T. W.; Jaya, D.; Sulistyawati, R. R. E.; Puspitaningrum, D. A.; Dewi, R. N.; Hadiyanto y Hasanuzzaman, M. (2025). Innovative strategies for utilizing microalgae as dual-purpose biofertilizers and phycoremediators in agroecosystems. *Biotechnology Reports*, 45, e00870. <https://doi.org/10.1016/j.btre.2024.e00870>
- Pardede, E.; Siahaan, F. y Hayati, R. (2024). Consumer liking of steamed green Chinese cabbage (*Brassica rapa* ssp. *chinensis*) cultivated in formulated vegetable waste-based organic hydroponic solutions. *Comunicata Scientiae*, 16, e4291. <https://doi.org/10.14295/cs.v16.4291>
- Peña-Murillo, R. F.; Manobanda-Teneda, M.; Arias-Torres, A. S.; Abrajan-Tasinchana, K. y Cevallos-Guano, D. G. (2024). Determination of the water requirement of the Chinese turnip (*Brassica rapa* subsp. *pekinensis*). *Polo del Conocimiento*, 9(5), 2176-2196. <https://polodelconocimiento.com/ojs/index.php/es/article/view/7316/html>
- Rajesaheb, K. S.; Subramanian, S.; Boominathan, P.; Thenmozhi, S. y Gnanachitra, M. (2025). Bio-stimulant in improving crop yield and soil health. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 56(3), 464-499. <https://doi.org/10.1080/00103624.2024.2416925>
- Ruesta-López, M.; Zurita-Chinguel, L.; Lizano-Pintado, M.; Delgado-Vite, M.; Zapata-Durand, D.; Jiménez-Castillo, J.; Peña-Castillo, R.; Galecio-Julca, M.; Chanduvi-García, R.; Morales-Pizarro, D. A. (2024). Biostimulant and imbibition times on passion fruit (*Passiflora edulis* S., Passifloraceae) seed



- germination. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 27(2), 1-14. <https://doi.org/10.56369/tsaes.5199>.
- Sarula, H.; Zhang, R.; Li, Y.; Meng, F. y Ma, J. (2022). Impact of drip irrigation and nitrogen fertilization on soil microbial diversity of spring maize. *Plants*, 11(23), 3206. <https://doi.org/10.3390/plants11233206>
- Schenk, P.; Batool, M.; Mirzaee, H. y Abbott, A. (2024). Customized plant growth promotion with soil- and cultivar-compatible microbial biofertilizers. *Agronomy*, 14(9), 1915. <https://doi.org/10.3390/agronomy14091915>
- Slamini, M.; Sbaa, M.; Arabi, M. y Darmous, A. (2022). Review on partial root-zone drying irrigation: Impact on crop yield, soil and water pollution. *Agricultural Water Management*, 271, 107807. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2022.107807>
- Strahsburger, E.; Retamales, P.; Estrada, J. y Seeger, M. (2016). Microdot method: Used with chromogenic agar is a useful procedure for sanitary monitoring in aquaculture. *Latin American Journal of Aquatic Research*, 44(4), 742-749. <http://dx.doi.org/10.3856/vol44-issue4-fulltext-9>
- Vélez-Sánchez, J.; Molina-Ochoa, M. y Rodríguez-Hernández, P. (2021). Effect of regulated deficit irrigation (RDI) on the vegetative growth of pear variety Triunfo de Viena (*Pyrus communis* L.). *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 24(2), e2007. <https://doi.org/10.31910/rudca.v24.n2.2021.2007>
- Wang, Z.; Yan, Q.; Yang, T. y Kong, C. (2024). Overview of biofertilizers and its application in Chinese cabbage. *Scientific Research Timelines Journal*, 2(6), 103-107. <https://scientificrtj.com/index.php/srtj/article/view/39/37>
- Wonglom, P.; Suwannarach, N.; Lumyong, S.; Matsui, S.; Ito, K. y Sunpapao, A. (2019). *Streptomyces angustmyceticus* NR8-2 as a potential microorganism for the biological control of leaf spots of *Brassica rapa* subsp. *pekinensis* caused by *Colletotrichum* sp. and *Curvularia lunata*. *Biological Control*, 138, 104046. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2019.104046>
- Zhang, Z.; Xu, M.; Fan, Y.; Zhang, L. y Wang, H. (2024). Using microalgae to reduce the use of conventional fertilizers in hydroponics and soil-based cultivation. *Science of The Total Environment*, 912, 169424. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.169424>
- Zhou, Y.; Liu, D.; Li, F.; Dong, Y.; Jin, Z.; Liao, Y.; Li, X.; Peng, S.; Delgado-Baquerizo, M. y Li, X. (2024). Superiority of native soil core microbiomes in supporting plant growth. *Nature Communications*, 15(1), 6599. <https://doi.org/10.1038/s41467-024-50685-3>