

BIOFERTILIZACIÓN CON CEPAS DE *Trichoderma* sp. SOBRE LA NUTRICIÓN DE QUINUA (*Chenopodium quinoa* Willd) VAR. SALCEDO INIA EN INVERNADERO

Nora Ortiz-Calcina¹, Betsabe Leon-Ttacca², Luis Pauro-Flores¹, Rodrigo Borja-Loza³, Paul P. Mendoza-Coari⁴ y Luis Alfredo-Palao¹

RESUMEN

La quinua es un cultivo con alto potencial económico y social en la Región Puno, Perú; sin embargo, su producción está afectada por la baja fertilidad de los suelos. Una forma de enfrentar este problema sin afectar el ambiente es mediante el uso de microorganismos benéficos. El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de cepas de *Trichoderma* sp. en la nutrición de la quinua var. Salcedo INIA y en las características químicas del suelo. La investigación se desarrolló en el Laboratorio de Fitopatología e instalaciones de la Escuela Profesional de Ingeniería Agronómica, ubicado en la ciudad de Puno durante los meses de enero a julio de 2015. Se emplearon cinco cepas de *Trichoderma* sp. para la inoculación en plantas de quinua mediante la aplicación al suelo o usando semilla peletizada. Al final del ciclo del cultivo (seis meses) se evaluaron los niveles de N, P y K tanto en el tejido vegetal como en el suelo. No se detectaron efectos de la inoculación con *Trichoderma* en los niveles de los nutrientes en el suelo, pero las plantas inoculadas mostraron contenidos de P y K superiores a los del testigo ($P \leq 0.05$). Los resultados no lograron sustentar la tesis del efecto solubilizador de *Trichoderma* sobre los nutrientes del suelo, pero sí la idea de que la planta mejoró su eficiencia en la absorción de nutrientes atribuido al mayor crecimiento del sistema radical.

Palabras clave adicionales: Fertilidad de suelos, fósforo, microorganismos benéficos, nitrógeno, potasio

ABSTRACT

Biofertilization with *Trichoderma* strains on nutrition of quinoa (*Chenopodium quinoa* willd) Salcedo INIA under greenhouse Quinoa is a crop with high economic and social potential in the Puno Region, Peru; however, its production is affected by low soil fertility. One way to deal with this problem, without affecting the environment, is through the use of beneficial microorganisms. The objective of the study was to evaluate the effect of *Trichoderma* sp. on N, P and K levels in plants and soil. The research was carried out in the Phytopathology Laboratory and greenhouse of the Professional School of Agricultural Engineering in the city of Puno, from January to July 2015. Five strains of *Trichoderma* sp. were inoculated in quinoa var. Salcedo-INIA plants by soil application or using pelleted seed. At the end of the crop cycle (six months), the levels of N, P and K were evaluated both in the plant tissue and in soil. No effects of *Trichoderma* inoculation on soil nutrient levels were detected, but the inoculated plants showed higher P and K contents than the control ($p \leq 0.05$). The results did not support the thesis of the solubilizing effect of *Trichoderma* on soil nutrients, but support the idea that the plant improved its efficiency in nutrient absorption attributed to the greater growth of the root system.

Additional keywords: Beneficial microorganisms, nitrogen, phosphorus, potassium, soil fertility

INTRODUCCIÓN

En la Región Puno, Perú, en los últimos años, se ha incrementado considerablemente el área de cultivo de quinua, en donde se ha alcanzado un rendimiento promedio de 1118 kg·ha⁻¹ y una producción total de 5490 Mg (DRA-Puno, 2015). Entre las diferentes variedades de quinua, una de las más cultivadas es la Salcedo-INIA, material de grano grande (2,0 mm de diámetro), precoz (160

días de periodo vegetativo), alto contenido proteico (15,8%) y rendimiento de 1,87 Mg·ha⁻¹ (Soto et al., 2020).

Ambientalmente, se ha observado que la quinua presenta tolerancia a la sequía, atribuido a su sistema radicular muy ramificado y profundo. En cuanto a la temperatura, en las fases de desarrollo vegetativo la planta se adapta a diferentes climas, incluyendo aquellos fríos y secos del altiplano, pero en la las fases de

Recibido: Noviembre 11, 2022

Aceptado: Abril 3, 2023

¹Escuela de Agronomía, Facultad Ciencias Agrarias, Universidad Nacional del Altiplano de Puno, Ciudad Universitaria. Puno, Perú. e-mail: nortiz@unap.edu.pe; lpauro@unap.edu.pe; luispalao@unap.edu.pe

²Escuela Profesional de Agronomía, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Cañete, San Vicente de Cañete, Lima, Perú. e-mail: bleon@undc.edu.pe (autor de correspondencia)

³Escuela de Posgrado, Universidad Nacional del Altiplano de Puno, Ciudad Universitaria. Puno-Perú. e-mail: Rodrigob1207@gmail.com

⁴Instituto Nacional de Innovación Agraria-INIA. Puno, Perú. e-mail: paulmendozac@gmail.com

floración y formación del grano tanto las altas como las bajas temperaturas pueden originar la esterilidad del polen y afectar el desarrollo y crecimiento de la planta; dependiendo de la variedad, las temperaturas óptimas están en el rango de 15 a 25 °C (Gómez y Aguilar, 2016).

En el aspecto nutricional, la aplicación de productos orgánicos ha producido resultados variables. Por ejemplo, Mateu (2019) encontró que el abonado orgánico con guano y gallinaza produjo un incremento significativo en el rendimiento de la quinua. Por el contrario, Mamani y Aliaga (2017) no hallaron resultados consistentes de la planta con aplicación del biofertilizante conocido como biol.

La quinua es uno de los cultivos con mayor potencial económico y social. En los últimos años, más del 80 % de la producción se ha destinado a la exportación, lo que demuestra un gran mercado de consumo; sin embargo, los índices de producción no son muy alentadores por los bajos rendimientos que son afectados por diversos factores, entre ellos la baja fertilidad de suelo. El uso excesivo de fertilizantes químicos para superar este problema no es un método amigable con el ambiente y cada vez se hace menos eficaz, y se estima que, en algunos casos, se abusa del uso de fertilizantes en un 30-60% (Naciones Unidas, 2017; Ye et al., 2020). Por tal razón es necesario investigar sobre la utilización de diversos microorganismos beneficiosos, dirigidos a la producción ecológica del cultivo.

Entre los microorganismos benéficos que pueden ayudar a la producción de los cultivos se encuentran las especies de hongos del género *Trichoderma*, pertenecientes a la familia Hypocreaceae. Muchos de estos hongos son beneficiosos para las plantas y son ampliamente utilizados como agentes de control biológico, y más recientemente, como promotores del crecimiento de los cultivos. De hecho, en los últimos años se ha publicado considerable información del efecto del *Trichoderma* sobre el crecimiento vegetal (Bhandari et al., 2021; Rakibuzzaman et al., 2021). *Trichoderma harzianum* promovió el incremento del área foliar, índice de verdor y biomasa seca en el cultivo de estragón (*Artemisia dracunculus* L.) (Chávez et al., 2023). Asimismo, el hongo actuó como potenciador del efecto de las bacterias promotoras de crecimiento en papa (Purwantisari et al., 2022).

Cepas de *Trichoderma* spp., inoculadas al cultivo, ayudan a la degradación de la materia orgánica, a la vez que liberan sustancias reguladoras del crecimiento vegetal y pueden dar protección frente a fitopatógenos (Dehariya et al., 2018). Por su parte, Vinale et al. (2008) indican que el hongo puede producir cambios en la composición de la microflora del suelo, promover la solubilización de los nutrientes, mejorar su absorción y acelerar el crecimiento de la raíz.

El objetivo de esta investigación fue determinar el efecto de la inoculación de cepas de *Trichoderma* sp. en la nutrición de plantas de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) var. Salcedo INIA y en las características químicas del sustrato suelo en invernadero.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en el Laboratorio de Fitopatología e instalaciones de la Escuela Profesional de Ingeniería Agronómica de la Universidad Nacional del Altiplano, en Puno, Perú, a 15°49' Sur, 70°01' W y 3824 msnm.

Se utilizaron semillas de quinua de la variedad Salcedo-INIA, provenientes del Instituto Nacional de Investigación Agraria Illpa, Puno. El análisis de la semilla mostró una humedad de 11,0 %, pureza varietal de 99,13 % y poder germinativo de 98,0 %.

Las cepas de *Trichoderma* sp. fueron proporcionadas por el Laboratorio de Fitopatología de la Escuela Profesional de Ingeniería Agronómica (Cuadro 1) luego que fueron colectadas a partir de hojas, tallos y rizosfera de plantas quinua en el CIP-Camacani e Illpa. Las cepas, conservadas a -10°C en una solución de glicerol al 2 % según metodología rutinaria del laboratorio, fueron reactivadas en placas Petri con papa-sacarosa-agar (PSA) y luego multiplicadas colocando parte del contenido de las placas en un sustrato de arroz sin cascarilla en bolsas de polietileno a 25 °C.

La siembra de la quinua se realizó en una mezcla de suelo agrícola, materia orgánica y arena a una proporción de 2:1:1 en bolsas de polietileno negro de 40 x 20 cm, empleando tres semillas por bolsa y luego de la emergencia se dejó sólo la plántula más vigorosa. Se usaron tres bolsas por unidad experimental y el ensayo fue conducido en condiciones de invernadero. Se aplicó riego de 0,5

L por bolsa tres veces por semana con agua potable. El análisis químico del suelo empleado en la mezcla se presenta en el Cuadro 2.

Cuadro 1. Procedencia de las cinco cepas de *Trichoderma* sp. colectados en tallos de plantas de quinua y cacao

Cepa	Cultivo/Variiedad	Localidad	Región
T.E.5	Quinua/Kankolla	Puno	Puno
T.E.7	Quinua/Salcedo- INIA	Pusi	Puno
T.E.3	Quinua/Salcedo- INIA	Camacani	Puno
T.E.55	Cacao/n.e	Cusco	Cusco
T.E.120	Cacao/n.e	Cusco	Cusco

T.E: Cepa de *Trichoderma*; n.e: no especificado

Cuadro 2. Características físicas y químicas del suelo en los contenedores con las plantas de quinua

a	A	MO	N	pH	CE	P	K	Ca	Mg	CIC
%	%	%	%		dS·m ⁻¹	mg·kg ⁻¹	mg·kg ⁻¹	me·100 g ⁻¹	me·100 g ⁻¹	me·100 g ⁻¹
33	29	4,23	0,18	6,8	3,24	11,42	245	14,44	3,18	18,22

a: arena, A: arcilla, CE: conductividad eléctrica, CIC: capacidad de intercambio catiónico

La aplicación de las cinco cepas de *Trichoderma* sp. (suspensión de conidias 1×10^7 ufc por gramo de arroz) a las plantas de quinua, se realizó mediante la impregnación de la semilla (peletización) o por inyección al sustrato de la suspensión (vía *drench*). El resto de detalles metodológicos involucrados en el desarrollo de la investigación fueron señalados en una publicación previa (León et al., 2022).

Para la evaluación del estado nutricional de las plantas se colectaron 50 hojas sanas, jóvenes maduras, por tratamiento, a los 188 días después de la siembra. Las muestras fueron secadas en estufa por 2 días a 60 °C y luego trituradas utilizando un molino Wiley con malla 20. El análisis nutricional incluyó los macronutrientes nitrógeno, fósforo y potasio. El nitrógeno fue determinado mediante el procedimiento de microkjeldahl. El fósforo se determinó mediante el método colorimétrico del vanadato-molibdato, y el potasio por fotometría de llama; previamente, ambos nutrientes habían pasado por un proceso de extracción con ácidos nítrico y perclórico.

Para evaluar el contenido de estos macronutrientes en el sustrato luego de la cosecha de la quinua, los sustratos en las macetas fueron mezclados y homogenizados por cada tratamiento. Se recogió una submuestra de 1 kg de muestra de sustrato por tratamiento. La determinación del N-P-K se realizó en el Laboratorio de Aguas y Suelos de la Escuela Profesional de Ingeniería

Agronómica. El ensayo se instaló mediante un diseño completamente al azar con cinco cepas de *Trichoderma* sp. y un testigo (sin *Trichoderma*) para un total de seis tratamientos, con dos formas de inoculación y cinco repeticiones. Debido a la similitud de los resultados mediante estas dos formas de inoculación (peletización o vía *drench*), sin diferencias significativas entre ellas y con coeficientes de variación inferiores a 10 %, los valores fueron luego considerados como repeticiones para el análisis de las cepas. Los valores de N-P-K obtenidos se presentan gráficamente utilizando estadística descriptiva mediante promedios y su error estándar. Adicionalmente, se compararon los grupos de plantas con inoculación y sin inoculación mediante la prueba de Fisher al 5 % de probabilidad utilizando el programa Statistix 8. Cuando se encontraron resultados con valores cero, los datos fueron convertidos mediante la transformación $x+1$.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las plantas cumplieron su ciclo de vida entre los meses de enero y mayo, período en el cual las temperaturas disminuyeron paulatinamente, como corresponde a una zona ubicada en el hemisferio sur (Figura 1). Se observa que de forma puntual la máxima temperatura (29,9 °C) se alcanzó en el mes de febrero y la mínima (4,8 °C) en el mes de

mayo, lapso durante el cual la media se mantuvo dentro del rango considerado óptimo para la quinua (Gómez y Aguilar, 2016).

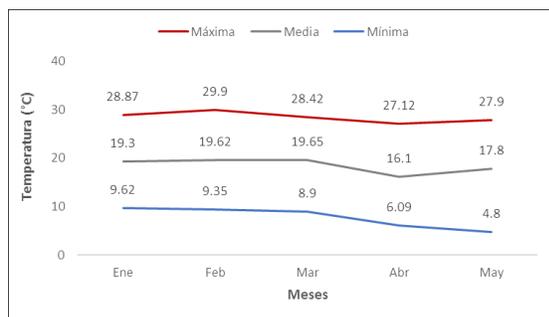


Figura 1. Temperaturas registradas dentro del invernadero con el cultivo de quinua inoculado con cepas de *Trichoderma*

Influencia de cepas de *Trichoderma* sp. en las concentraciones de N, P y K en el suelo con plantas de quinua var. Salcedo INIA. Para las condiciones del presente ensayo, no se encontraron diferencias significativas en el efecto de la inoculación con las cinco cepas de *Trichoderma* con respecto al testigo en los contenidos residuales del nitrógeno, fósforo y potasio en el suelo (Cuadro 3). En la Figura 2 se observa que, para el caso de N, los valores fluctuaron entre 2,0 y 2,3 g·kg⁻¹, incluyendo al tratamiento testigo. El P varió entre 9,24 y 10,72 mg·kg⁻¹, y el K entre 216,5 y 250,5 mg·kg⁻¹. En la parte inferior de la figura se observa que los coeficientes de variación en los tres macronutrientes y las cinco cepas más el testigo en ningún caso superaron el 10 %, indicando poca variabilidad entre ellos. De hecho, las barras error en P y K son apenas perceptibles y sólo en el caso del N son un poco más notorias, particularmente en las cepas TE55, TE3 y el testigo. Lo anterior permitió utilizar los promedios entre ambas formas de inoculación para la interpretación de los resultados.

La concentración de nitrógeno se encontró en valores considerados bajos a moderados (Havlin et al., 2013). El N en los suelos se halla mayormente en forma orgánica, a partir de proteínas y sus derivados; su disponibilidad para la quinua podría mejorar mediante la aplicación de abonos verdes y rotación con leguminosas o cultivos de alta fertilización.

En el caso del fósforo en los suelos, cerca del

50 % se encuentra en forma orgánica y el resto a partir de las formas inorgánicas H₂PO₄⁻ y HPO₄⁼. Los valores de alrededor de 10 mg·kg⁻¹ encontrados se consideran bajos ya que el rango deseable debería estar entre 25 y 50 mg·kg⁻¹ (Kreuser, 2015). Por su parte, en lo referente al potasio, la principal forma del nutriente en el suelo es la intercambiable, retenida en las arcillas y la materia orgánica, en donde se mantiene esencialmente en forma mineral. El rango deseable para este nutriente es de 40-80 mg·kg⁻¹ de manera que los valores de 200 a 250 mg·kg⁻¹ encontrados se consideran altos, lo cual pudiera ser adecuado para la quinua cuyos requerimientos de K son también altos; por ejemplo, su extracción a partir de los granos y partes vegetativas de la planta se ha calculado en 41,0 g·kg, valor mucho mayor que los 7,0 y 25,0 g·kg que corresponden, respectivamente, a P y N (Gómez y Aguilar, 2016). Según estos autores, la quinua absorbe potasio en grandes cantidades y se puede apreciar que la mayor parte del nutriente absorbido queda en el tallo el cual puede ser reciclado por medio de incorporación del rastrojo.

Cuadro 3. Concentraciones de N, P y K residual en el suelo con quinua var. Salcedo-INIA inoculada o no con cepas de *Trichoderma*

<i>Trichoderma</i>	N P K		
	(mg·g ⁻¹)		
- Con inocul.	2,19 a	10,04 a	225,0 a
- Sin inocul.	2,00 a	10,72 a	235,5 a
<i>P</i> -value	0,242 ns	0,284 ns	0,394 ns
C.V.	9,14	7,60	6,72

Prueba de F ($P \leq 0.05$)

Dado que la inoculación con las diferentes cepas de *Trichoderma* no afectó el contenido residual de N, P y K en el suelo (Cuadro 3), nuestros resultados no lograron sustentar los hallazgos de Vinale et al. (2008), quienes mencionan que este hongo puede incrementar la solubilidad de los nutrientes en el suelo con lo que logran mejorar su absorción por las raíces de las plantas. Tampoco los de Halifu et al. (2019), quienes indican que la inoculación con *Trichoderma* logró aumentar los contenidos de N y P en el suelo y lo atribuyeron a la habilidad del hongo para descomponer las macromoléculas de los nutrientes y convertirlas en fracciones fácilmente utilizables por la planta.

Es conocido que la disponibilidad de nutrientes es afectada por el pH del suelo (Havlin et al.,

2013) y en el caso de la quinua la planta prospera muy bien en un rango de pH de 5,5 a 7,8. En nuestro estudio, el valor original del suelo no se vio afectado al final del ensayo y se mantuvo en

6.8 por lo que se considera que no afectó la disponibilidad de nutrientes para la planta (Kreuser, 2015; Gómez y Aguilar, 2016).

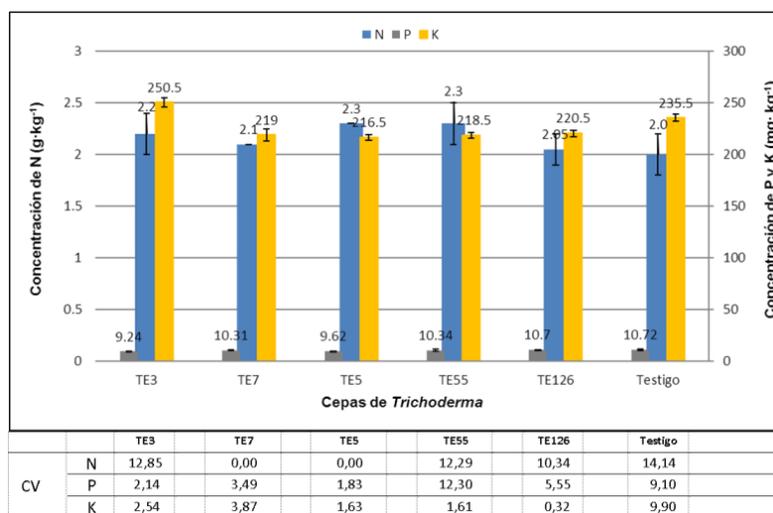


Figura 2. Concentración de los macronutrientes NPK en el suelo con plantas de quinua var. Salcedo INIA inoculadas con cepas de *Trichoderma*. Las cifras sobre las columnas indican los valores promedio, y las barras el error estándar

Influencia de cepas de *Trichoderma* sp. en las concentraciones de N, P y K del tejido foliar de plantas de quinua var. Salcedo INIA

En la Figura 3 se observa que, a excepción del potasio en las cepas TE126 y testigo, los valores entre las dos formas de inoculación fueron muy similares, tal y como lo muestra la corta longitud de las barras de error. Las plantas tratadas con *Trichoderma* sp. mostraron, en promedio, contenidos de fósforo y potasio significativamente superiores ($P \leq 0,05$) a los del tratamiento testigo (Cuadro 4). Para el caso del nitrógeno, sin embargo, no se detectaron diferencias entre las plantas tratadas y no tratadas.

Los valores de nitrógeno fluctuaron entre 15,1 y 18,2 $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$, incluyendo al tratamiento testigo, valores que, en general, son considerados bajos para cultivos de granos (Bryson et al., 2014). Así mismo, son inferiores a los señalados por Basantes et al. (2015), quienes reportaron en quinua un valor máximo de 49 $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ que luego bajó a 24 $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$, atribuido a la traslocación hacia el grano. El P varió entre 2,45 y 3,05 $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$, y el K entre 18,1 y 29,4 $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$, en el límite inferior del rango considerado adecuado. Asimismo, los coeficientes de variación en los tres macronutrientes y las

cinco cepas más el testigo en la gran mayoría de los casos fueron inferiores al 20 % (Figura 3).

Es muy notorio el resultado que muestra que las cepas de *Trichoderma* no lograron modificar el contenido en el suelo de ninguno de los nutrientes N, P y K (Cuadro 3). No obstante, al mismo tiempo, se encontró que la planta logró incrementar los contenidos de P y K en el tejido foliar (Cuadro 4). Esto sugiere que la inoculación con *Trichoderma* mejoró la eficiencia del sistema radical para captar estos nutrientes, es decir, ante una misma concentración de nutrientes en el suelo las plantas inoculadas mejoraron su capacidad de absorción. La cepa que sobresalió tanto en la absorción de fósforo como de potasio fue la identificada como TE7, seguida por la TE3 (Figura 3).

López et al. (2015) mencionan que al aplicar cepas de *Trichoderma* a diferentes cultivos, el hongo actúa primeramente como bioestimulante del crecimiento radicular, mediante la secreción de fitohormonas que permiten una mejor asimilación de nutrientes. Aunque el contenido de nitrógeno en el suelo es considerado de moderado a bajo y que la inoculación con *Trichoderma* no mejoró los niveles del nutriente en el tejido foliar,

la planta no mostró el color verde pálido o amarillo en las hojas, es decir, el síntoma más

común para reconocer la deficiencia de nitrógeno en quinua.

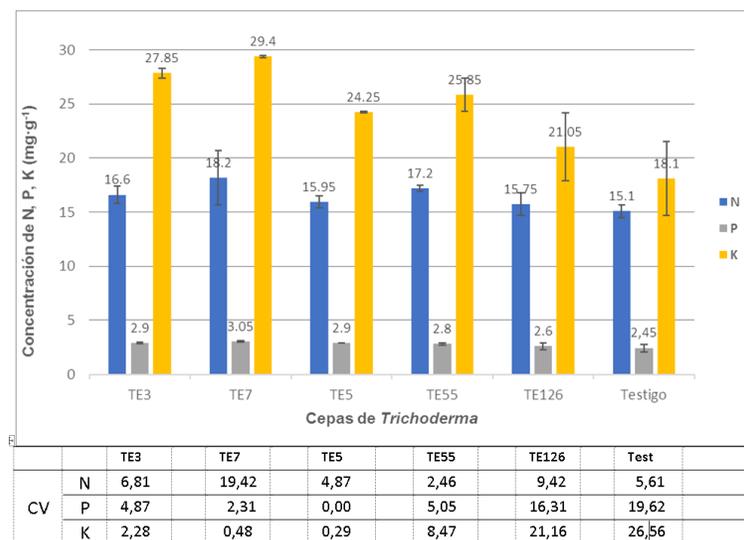


Figura 31. Concentración de los macronutrientes NPK en el tejido de plantas de quinua var. Salcedo-INIA inoculadas con diferentes cepas de *Trichoderma*

Cuadro 4. Concentraciones de N, P y K ($\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$) en tejido foliar de quinua var. Salcedo-INIA con o sin inoculación de cepas de *Trichoderma*

<i>Trichoderma</i>	N	P	K
- Con inocul.	16,74 a	2,88 a	25,68 a
- Sin inocul.	15,10 a	2,44 b	18,10 b
<i>P</i> -value	0,213 ns	0,0225*	0,227*
C.V.	9,69	7,42	14,90

Prueba de F ($P \leq 0.05$)

López et al. (2015) mencionan que al aplicar cepas de *Trichoderma* a diferentes cultivos, el hongo actúa primeramente como bioestimulante del crecimiento radicular, mediante la secreción de fitohormonas que permiten una mejor asimilación de nutrientes. Aunque el contenido de nitrógeno en el suelo es considerado de moderado a bajo y que la inoculación con *Trichoderma* no mejoró los niveles del nutriente en el tejido foliar, la planta no mostró el color verde pálido o amarillo en las hojas, es decir, el síntoma más común para reconocer la deficiencia de nitrógeno en quinua.

El fósforo es absorbido por la planta casi en su totalidad en las primeras fases de desarrollo, utilizado principalmente en la formación de un buen sistema radicular. De esta manera, el efecto de la inoculación se potenciaría al promover el crecimiento de raíces que, a su vez, aumenta la

superficie radical para la absorción del nutriente (Yáñez, 2021). La inoculación con *Trichoderma* ha incrementado, no sólo el crecimiento de las raíces, sino también la absorción de potasio en tomate (Khoshmanzar et al., 2020).

López et al. (2022), al evaluar cinco cepas de *Trichoderma*, hallaron que todas fueron productoras de fitohormonas (auxinas, giberelinas) las cuales actúan como inductoras de crecimiento vegetal. Diferentes autores han obtenido resultados satisfactorios al aplicar el hongo como estimulador de crecimiento en cultivos de lechuga (Méndez, 2006) y papaya (Mesa et al., 2006), y afirman, que varias especies del género *Trichoderma* son capaces de producir sustancias estimuladoras del crecimiento y actúan como aceleradores de los tejidos meristemáticos primarios propiciando su reproducción celular y un rápido desarrollo.

En los últimos años, se ha observado que *Trichoderma* puede actuar como promotor del crecimiento vegetal en diferentes cultivos (Purwantisari et al., 2022). Diferentes especies de *Trichoderma* han promovido el crecimiento de las raíces en cultivos como melón (Diénez et al., 2018), soya (Freitas et al., 2019), tomate y pimentón (Sánchez et al., 2020), maracuyá (Díaz et al., 2020), *Capsicum chinense* (Cristóbal et al., 2021) y centeno (Banjac et

al., 2021). Los autores destacan que el hongo mejora el crecimiento radicular, incrementa la formación de pelos absorbentes, y estimula el crecimiento general porque libera metabolitos que promueven los procesos de desarrollo de la planta.

Nuestros resultados indican que la inoculación con *Trichoderma* tuvo poco efecto sobre los nutrientes del suelo (Cuadro 3), pero definitivamente logró mejorar la absorción del fósforo y potasio (Cuadro 4), lo cual se atribuye a la mayor longitud y peso del sistema de raíces, como ya se demostró en una experiencia previa con el mismo grupo de cepas (Cuadro 5) (León et al., 2022). En consecuencia, se concluye que, al promover el crecimiento radical de la quinua, *Trichoderma* mejoró la eficiencia de la planta en absorber el fósforo y potasio, independientemente de que los niveles de estos nutrientes permanecieron inalterables en el suelo.

Cuadro 5. Longitud y peso de raíces de quinua var. Salcedo-INIA inoculadas con cepas de *Trichoderma* (adaptado de León et al., 2022).

Cepa	Longitud de raíz (cm)	Peso seco de raíz (g.planta ⁻¹)
TE-5	46,07 b	1,201 a
TE-7	48,32 a	1,053 a
TE-3	40,11 d	1,049 a
TE-55	43,16 c	1,158 a
TE-126	45,40 b	1231 a
Control	29,67 e	0,784 b

Prueba de Tukey ($P \leq 0,05$)

CONCLUSIONES

Los contenidos de nitrógeno, fósforo y potasio en el suelo no fueron modificados por la inoculación de las plantas de quinua con las cepas de *Trichoderma* sp. Sin embargo, las plantas pudieron incrementar los niveles de fósforo y potasio en el tejido foliar con relación al testigo.

Los resultados no logaron sustentar la tesis del efecto solubilizador de *Trichoderma* sobre los nutrientes del suelo, pero sustentan la idea que la planta mejoró su eficiencia en la absorción de nutrientes atribuido al mayor crecimiento de las raíces.

LITERATURA CITADA

- Banjac, N., R. Stanisavljević, I. Dimkiz., N. Veljević, M. Sokovi, y A. Ćirić, 2021. *Trichoderma harzianum* IS005-12 promotes germination, seedling growth and seedborne
- fungi suppression in Italian ryegrass forage. *Plant, Soil and Environment* 67(3): 130-136.
- Basantes, E., D. Lazo y D. Obando 2015. Extracción del nitrógeno y calcio en dos variedades quinua (*Chenopodium quinua*), El Prado-Sangolquí. Congreso de Ciencia y Tecnología ESPE 10(1): 1-6.
- Bhandari, S., K.R. Pandey, Y.R. Joshi y S. K. Lamichhane. 2021. An Overview of Multifaceted Role of *Trichoderma* spp. For Sustainable Agriculture. *Archives of Agriculture and Environmental Science* 6(1):72-79.
- Bryson, G., H. Mills, D. Sasseville, J.B. Jones (Jr.) y A. Barker. 2014. *Plant Analysis Handbook III*. Micro-Macro Pub. Athens, GA.
- Chávez-García, J.A., C. Aguilar-Carpio, P. Juárez-López, J.A.S. Escalante-Estrada, M.C. Rueda-Barrientos y Y. Tamayo-Aguilar. 2023. Growth analysis of tarragon (*Artemisia dracunculus* L.) in response to *Trichoderma harzianum* and *Glomus cubense*. *Bioagro* 35(1): 75-80.
- Cristóbal-Alejo, J., F.A. Moo-Koh, J.M. Tun-Suárez, A. Reyes-Ramírez y M. Gamboa-Angulo. 2021. Efecto de la interacción dual de especies de *Trichoderma* en el crecimiento de *Capsicum chinense* Jacq. *Agrociencia* 55: 681-693.
- Dehariya, K., I.A. Sheikh, D. Vyas y A. Shukla. 2018. *Trichoderma* and arbuscular mycorrhizal fungi based biocontrol of *Fusarium udum* Butler and their growth promotion effects on pigeon pea. *J. Agric. Sci. Technol.* 17: 505-517.
- Diáñez, F., M. Santos, F. Carretero y F. Marín 2018. Biostimulant activity of *Trichoderma saturnisporum* in melon (*Cucumis melo*). *Hortscience* 53: 810-815.
- Díaz, G., G. Rodríguez, L. Montana, T. Miranda, C. Basso y M. Arcia 2020. Efecto de la aplicación de bioestimulantes y *Trichoderma* sobre el crecimiento en plántulas de maracuyá (*Passiflora edulis* Sims) en vivero. *Bioagro* 32(3): 195-204.
- DRA-Puno (Dirección Regional Agraria, Puno) 2015. Diagnóstico de las cadenas productivas de los cultivos de quinua, cañihua, habas, tarwi forrajeras, papa, café y frutales. Puno-Perú. 277 p. <https://n9.cl/c91w5> (consulta de enero 9, 2023).

11. Freitas-Chagas Jr, A., L.F. Borges-Chagas, L. de Oliveira-Miller y J.C. de Oliveira, 2019. Efficiency of *Trichoderma asperellum* UFT 201 as plant growth promoter in soybean. Afr. J. Agric. Res. 14(5): 263-271.
12. Gómez-Pando, L. y E. Aguilar-Castellanos 2016. Guía de cultivo de la quinua. FAO y Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima. 130 p. <https://www.fao.org/3/i5374s/i5374s.pdf>
13. Halifu, S., X. Deng, X. Song y R. Song. 2019. Effects of two *Trichoderma* strains on plant growth, rhizosphere soil nutrients, and fungal community of *Pinus sylvestris* var. Mongolica annual seedlings. Forests 10: 758.
14. Havlin, J., S. Tisdale, W. Nelson y J. Beaton. 2013. Soil Fertility and Fertilizers. Pearson. Boston, MA.
15. Khoshmanzar, E., N. Aliasgharzag, M.R: Neyshabouri, B. Khoshru, M. Arzanlou y B. Asgari-Lajayer. 2020. Effects of *Trichoderma* isolates on tomato growth and inducing its tolerance to water-deficit stress. Int. J. Environ. Sci. Technol. 17: 869-878
16. Kreuser, W.C. 2015. Simplifying soil test interpretations for turf professionals. University of Nebraska–Lincoln (UNL) Extension public. <http://turf.unl.edu/NebGuides/g2265.pdf>.
17. León-Ttacca, B., N. Ortiz Calcina, L. Pauro-Flores, R. Borja-Loza, P. Mendoza-Coari y L.A. Palao-Iturregui. 2022. Métodos de inoculación de cepas nativas de *Trichoderma* sp. y su efecto sobre el crecimiento y rendimiento de quinua. Rev. Fac. Agron. (LUZ) 39(4): e223955.
18. López-Bucio, J., R. Pelagio-Flores y A. Herrera-Estrella, A. 2015. *Trichoderma* as biostimulant: Exploiting the multilevel properties of a plant beneficial fungus. Sci. Hortic. 196: 109-123.
19. López-Valenzuela, B., O. Tzintzun-Camacho, A. Armenta-Bojórquez, F. Valenzuela-Escoboza, G. Lizárraga-Sánchez, J. Ruelas-Islas y D. González-Mendoza. 2022. Microorganismos del género *Trichoderma* productores de fitohormonas y antagonistas de fitopatógenos. Bioagro 34(2): 163-172.
20. Mamani-Reynoso, F. y S. Aliaga-Zeballos 2017. Efectos de aplicación con biol en la producción de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd). Apthapi (UMSA) 3(3): 713-717.
21. Mateu-Mateo, W. 2019. Fuentes y dosis de abonos orgánicos en el rendimiento de *Chenopodium Quinoa* Willd. Canaán 2750 msnm. Revista Investigación 27(1): 61-66.
22. Méndez, J. 2006. Efecto de la aplicación de *Trichoderma harzianum* y *Paecilomyces lilacinus* en el rendimiento de lechuga orgánica. Escuela Agrícola Panamericana El Zamorano – Honduras. 10 -231.
23. Mesa, R.J., C.J. Gómez, C.O. Rodríguez, S.E. Parets y O.R Soto. 2006. Efecto de *Trichoderma* y micorrizas en la producción de posturas de *Carica papaya* L. Centro Agrícola. Universidad de Cienfuegos–Cuba 33(3): 75-81.
24. Purwantisari, S., R.S Ferniah, Y. Nurchayati y S.N. Jannah. 2022. Effects of plant growth-promoting rhizobacteria and *Trichoderma* sp. on potato growth on medium plains. KnE Life Sciences 2022: 513-520.
25. Rakibuzzaman, M., M.H. Akand, M. Siddika y A.F. Uddin. 2021. Impact of *Trichoderma* application as bio-stimulator on disease suppression, growth and yield of potato. J. of Bioscience and Agriculture Research 27(1): 2252-2257.
26. Sánchez-Montesinos, B. F. Diáñez, A. Moreno-Gavira, F.J. Gea y M. Santos. 2020. Role of *Trichoderma aggressivum* f. *europaeum* as plant-growth promoter in horticulture. Agronomy 10(7): 1004.
27. Soto, M., R. Allende y V. Romero. 2020. Estudio comparativo en rendimiento y calidad de 12 variedades de quinua orgánica en la comunidad campesina de San Antonio de Manallasac, Ayacucho. Revista Campus 25(29): 57-66.
28. Vinale, F.; K. Sivasithamparam; E.L Ghisalberti; R. Marra; S.L. Woo y M. Lorito. 2008 *Trichoderma*-plant-pathogen interactions. Soil Biology & Biochemistry 40:1-10.
29. Yáñez, L.E. 2021. Plantas y microorganismos rizosféricos: Una vía sostenible para generar crecimiento vegetal. Revista Científica Interdisciplinaria Investigación y Saberes 11(3): 102-122.
30. Ye, L., X. Zhao, E. Bao, J. Li, Z. Zou y K. Cao. 2020. Bio-organic fertilizer with reduced rates of chemical fertilization improves soil fertility and enhances tomato yield and quality. Scientific Reports 10(1): 1-11.