

***Bacillus subtilis* y *Trichoderma* sp. como promotores de crecimiento y producción del tomate en un biohuerto urbano**

*Bacillus subtilis* and *Trichoderma* sp. as promoters of tomato growth and production in an urban biogarden

**Manuel Jorge Castillo - Nole<sup>1</sup>, Manuel Vega -Ronquillo <sup>2</sup>, Juan Manuel Pechu - Santisteban<sup>3</sup>, Miltao Edelio Campos - Albornoz\***

1 Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, Cerro de Pasco, Perú.

2 Universidad Nacional Agraria la Selva, Tingo María, Perú.

3 Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, Cerro de Pasco, Perú.

4 Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, Cerro de Pasco, Perú.

\*Autor correspondiente: [mcamposa@undacl.edu.pe](mailto:mcamposa@undacl.edu.pe) (M. Campos).

Manuel Jorge Castillo Nole :  <https://orcid.org/0000-0002-4814-8405>

Manuel Vega Ronquillo:  <https://orcid.org/0000-0002-4766-8505>

Juan Manuel Pechu Santisteban  <http://orcid.org/0009-0008-0995-9986>

Miltao Edelio Campos Albornoz  <https://orcid.org/0000-0003-0356-9799>

## RESUMEN

El aprovechamiento de espacios urbanos, como es el caso de las azoteas de viviendas para ocupar en la producción de hortalizas es sin duda un desafío, porque se trata de manejar sistemas antropizados con mayor presencia de grupos sensibles al uso de pesticidas o agroquímicos; entonces se evaluó el efecto de los microorganismos promotores de crecimiento *B. subtilis* y *Trichoderma* sp. en los días a la floración, cosecha y rendimiento del tomate en un biohuerto urbano. En un diseño completo al azar, siendo los tratamientos la dosis máxima y mínima según recomendación técnica de los productos cuyo contenido fue el complejo de *Trichoderma harzianum*, *T. viride*, *T. asperellum* (84 g.L-1 y 42 g.L-1) y el producto que contiene *Bacillus subtilis* (36 mL.L-1 y 19 mL.L-1). Se ha evidenciado, que el complejo *Trichoderma* spp. aplicado a la dosis mayor influye significativamente en la precocidad de la floración del tomate con  $49,11 \pm 0,38$  días, seguido de dosis menor con  $51,56 \pm 0,38$  días a la floración, siendo el testigo sin aplicación el más tardío con  $62,11 \pm 0,38$  días a la floración. Fue notorio la promoción en la cantidad de frutos por planta  $20,10 \pm 0,74$  y  $18,10 \pm 0,74$  frutos respectivamente.

**Palabras clave:** Bacillus, biohuerto, crecimiento, tomate, *Trichoderma*, urbano

## ABSTRACT

The use of urban spaces, such as the roofs of houses, to occupy in the production of vegetables is undoubtedly a challenge, because it involves managing anthropized systems with a greater presence of groups sensitive to the use of pesticides or agrochemicals; then the effect of the growth-promoting microorganisms *B. subtilis* and *Trichoderma* sp. was evaluated. in the days to the flowering, harvest and yield of tomatoes in an urban biogarden. In a complete randomized design, the treatments were the maximum and minimum dose according to the technical recommendation of the products whose content was the complex of *Trichoderma harzianum*, *T. viride*, *T. asperellum* (84 g.L-1 and 42 g.L-1) and the product containing *Bacillus subtilis* (36 mL.L-1 and 19 mL.L-1). It has been shown that the *Trichoderma* spp. Applied at the highest dose, it significantly influences the precocity of tomato flowering with  $49.11 \pm 0.38$  days, followed by the lowest dose with  $51.56 \pm 0.38$  days to flowering, with the control without application being the latest. with  $62.11 \pm 0.38$  days to flowering. The promotion in the number of fruits per plant was notable,  $20.10 \pm 0.74$  and  $18.10 \pm 0.74$  fruits respectively.

**Keywords:** Bacillus, biogarden, growth, tomato, Trichoderma, urban

---

Recibido: 10 de octubre de 2024

Aceptado: 12 de diciembre 2024

## INTRODUCCIÓN

El tomate (*Solanum lycopersicum* L.), es una hortaliza considerada la segunda especie más cultivada y consumida en el mundo después de la papa (FAO, 2022). Según el reporte del Ministerio del Ambiente el Perú posee 14 de las 17 especies de tomate y una superficie de 4.832 hectáreas con una producción anual de 201.951 toneladas (Morelli et al., 2023). Es importante en la dieta por sus contenidos de carotenoides: licopeno y el  $\beta$ -caroteno con actividad antioxidante (Barone et al., 2018), rica fuente de polifenoles, flavonoides y demás metabolitos secundarios (Gonzali y Perata, 2020; Tommonaro et al., 2021; Morelli et al., 2023). Se cultivan en espacios abiertos o bajo invernaderos (semi intensivos e intensivos) (Luna-Fletes et al., 2018) con aplicación masiva de formulados

químicos sintéticos para nutrir al suelo y controlar las plagas (Solaymani, 2018; Ray et al., 2019).

Otro sistema reciente y de interés es la agricultura urbana o periurbana en espacios reducidos (Fantini, 2023; Lee et al., 2023) cultivados en las azoteas de las casas en las ciudades (Llorach-Massana et al., 2023; Brocki, 2023) donde el uso de fertilizantes químicos y pesticidas es menor, aplicando un manejo más amigable con el ambiente (Luna-Fletes et al., 2018; Márquez-Zambrano et al., 2023; Abdulkarimovna et al., 2023).

El uso de hongos y bacterias promotoras del crecimiento vegetal y antagonista de los patógenos resulta ser una buena alternativa (Morelli et al., 2023; Olowe et al., 2022;

Chowdappa et al., 2013) que promueven el crecimiento e inducen respuestas de defensa sistémica (Chowdappa et al., 2013; Abbamondi et al., 2016). *Trichoderma* spp. (Helaly et al., 2022; Baca et al., 2023), al situarse entre las raíces induce la regulación positiva de genes, expresiones de pigmentos para mejorar la capacidad fotosintética de las plantas, optimiza la perfecta absorción de nutrientes, su actividad antagonista del *Trichoderma* implica micoparasitismo, antibióticos, competencia por nutrientes y también induce resistencia sistémica en las plantas, interactúan directamente con los patógenos y desencadenan la expresión genética en el hospedero, permitiéndoles defenderse de los patógenos invasores (Ureña y Beriguete, 2018; Bunbury-Blanchette y Walker, 2019; Harman et al., 2021).

Diversos estudios que han demostrado los múltiples beneficios de inocular los cultivos con *Trichoderma*, (Singh et al., 2018; Daliakopoulos et al., 2019; León et al., 2022). Se ha comprobado su rol de generar

fitohormonas: auxinas, citoquininas, ácido abscísico, giberelinas, y estimular a un conjunto de genes que codifican proteínas potencialmente involucradas en la biosíntesis y señalización de fitohormonas (Guzmán-Guzmán et al., 2019) estimulación a las defensas del hospedero (Khan y Mohiddin, 2018). Por otra parte, la bacteria *Bacillus* sp. inhibe fitopatógenos al producir una amplia gama de metabolitos que inducen la respuesta inmunitaria de la planta hospedero y también produce una amplia variedad de antifúngicos (Boulahouat et al., 2023).

En Perú la experiencia en el uso de *Trichoderma* y *Bacillus* es escasa, no se han encontrado reportes de éxito, esto ha dificultado su adopción y ha limitado su uso. El presente estudio evaluó el efecto de los microorganismos promotores de crecimiento *B. subtilis* y *Trichoderma* sp. en los días a la floración, cosecha y rendimiento del tomate en un biohuerto urbano.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se desarrolló en una azotea de un área de 160 m<sup>2</sup> ubicada en el centro de la ciudad de Huánuco, Perú (9° 56' 30" S y 76° 14' 25" O), 1.890 msnm. La variedad de tomate que se utilizó fue Rio grande. El sustrato agrícola empleado para el cultivo de tomate y la inoculación de los microorganismos fue la combinación de 3: 2: 1: 1: 1 de guano descompuesto de ovino, guano de isla, humus de lombriz, cascarilla de arroz y diatomea contenidas en bolsas de polietileno 30 x 30 cm, de 5 kg. La siembra de la semilla fue manual depositando 4 semillas por cada bolsa de sustrato. Luego se les cubrió con una pequeña porción del sustrato. El cultivo recibió cuatro aplicaciones de fertilización foliar

compuesto por macronutrientes (NPK) 20-20-20 a una cantidad de 100 gramos por mochila fumigadora con capacidad de 20 litros.

El diseño experimental fue completamente al azar con cinco tratamientos y 10 repeticiones, con una población total de 50 plantas. Los tratamientos estuvieron conformados por la dosis máxima y mínima según recomendación técnica del producto comercial cuyo contenido es el complejo de *Trichoderma harzianum*, *T. viride*, *T. asperellum* (84 g.L-1, 42 g.L-1) y el producto comercial que contiene *Bacillus subtilis* (36 mL.L-1, 19 mL.L-1) más un testigo (agua). Los productos fueron asperjados directamente al sustrato en 8

aplicaciones, a partir de los 15 días de la siembra y en intervalos de 15 días.

Para prevenir los daños y controlar la presencia del insecto plaga *Bemisia* sp. se colocaron trampas amarillas a los 15 días después de la siembra y se mantuvieron durante toda la etapa del desarrollo del cultivo.

Las variables evaluadas fueron el tiempo de desarrollo de la planta (días a la floración,

días a la cosecha), el rendimiento del cultivo (número de frutos, peso de frutos).

El análisis de los resultados se realizó con pruebas paramétrica previa comprobación de los supuestos del análisis de la varianza (ANADEVA) y las pruebas de medias de Duncan para comparar los tratamientos, a través del software estadístico infostat 2013.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Días a la floración y cosecha

El tratamiento *Trichoderma* sp. aplicado a la dosis de 84 g.L<sup>-1</sup> influyó positivamente en la precocidad de la floración tal como se observa en la tabla 1, con 49,11± 0,25 días en promedio, seguido del *Trichoderma* sp. 42 g.L<sup>-1</sup> con promedios de 51,56 ± 0,25 días a la floración, en contraste con el tratamiento testigo que presenta 62,11 ± 0,25 días a la floración, siendo este último el más tardío. Similar comportamiento quedó registrado para días a la cosecha de los frutos, con 77,00± 0,25 días con el complejo *Trichoderma* sp. 84 y 89±0,25 días en el tratamiento testigo respectivamente; por lo que existe una variación de tiempo diferencial de 12 días aproximadamente. Cierta similitud de comportamiento fue registrada por Alvarado-Aguayo (2019) al analizar el efecto de *Trichoderma* en el beneficio - costo del cultivo de pepino, ocurriendo el inicio de la floración entre los días 30 y 32 posterior a la siembra, fructificación entre 46 y 48 días y la cosecha entre los 75 y 80 días del cultivo, en comparación con el tratamiento testigo que alcanzó días más largos para cada fase fenológica, 36 días, 50 días y 82 días respectivamente. Por su parte

Chagas Junior et al. (2022) al evaluar la eficiencia de *Trichoderma* sp. como promotor del crecimiento vegetal de plántulas de *Astronium urundeuva*, aplicados a los 50 y 100 días después de la siembra (DDS) registraron una variación de crecimiento de 25,4 % a 92, 5% en comparación con el tratamiento testigo. : De igual manera, Silva et al., (2023) comprobaron los beneficios de *B. subtilis* y *Trichoderma harzianum* inoculados para el desarrollo inicial de plantas de maíz, y se plantean la hipótesis de que la bacteria *B. subtilis* y el hongo *T. harzianum* actúan a través de varios mecanismos relacionados con una mayor disponibilidad de nutrientes y mediante el efecto fitoestimulante de los microorganismos.

Otra investigación importante es de Muhammad Syafiq et al. (2021) al comprobar la eficiencia de la bacteria *Bacillus cereus* y el hongo *Trichoderma asperellum* como promotores de crecimiento de las raíces y el crecimiento aéreo de la planta en los cultivos de palma aceitera. Los autores señalan que el efecto se debe a la capacidad potencial de estos microorganismos para producir ácido indol acético (IAA), una hormona vegetal natural

*Bacillus subtilis* y *Trichoderma* sp. como promotores de crecimiento y producción del tomate en un biohuerto urbano

de la clase de las auxinas, compuestos quelantes de hierro o sideróforos y la solubilización de fosfato, considerada una de las más importantes (Muhammad Syafiqet et al., 2021). Con relación a *Bacillus subtilis*, esta bacteria puede promover el crecimiento de los vegetales mediante diferentes mecanismos que

inducen resistencia al estrés por patógenos o por periodos de sequía, temperatura, contaminantes; alternativa ecológica para mejorar el crecimiento del fruto y aumento del rendimiento de los cultivos (Macías, 2021).

Tabla 1. Efecto de los bio productos en los días a la floración y cosecha del tomate en un biohuerto urbano temporada agosto-setiembre 2022.

Tratamientos	Promedios± E.E Floración (DD)	Distribución de grupos 0,05	Promedios ± E.E Cosecha (DD)	Distribución de grupos 0,05
<i>Trichoderma</i> sp. 84 g.L-1	49,11± 0,25	a	77,00 ±0,42	a
<i>Trichoderma</i> sp 42 g.L-1	51,56 0,25	b	79,10 ±0,42	b
<i>B. subtilis</i> 36 mL.L-1	53,00 0,25	bc	80,90 ±0,42	bc
<i>B. subtilis</i> 19 mL.L-1	55,30 0,25	cd	84,10 ±0,42	cd
Testigo	62,10 0,25	e	88,90 ±0,42	e
p-valio	<0,0001		<0,0001	
CV %	1,47		1,66	

Nota. DD: Días, CV: Coeficiente de varianza, E.E: error estándar. Letras distintas en la misma columna representan diferencias significativas

#### Fase reproductiva

Se puede evidenciar que con el tratamiento *Trichoderma* sp 84 g.L-1 influye con mayor énfasis en el aumento de la cantidad de frutos de tomate por planta, obteniéndose hasta 20,10 ±0,48 frutos en promedio, seguido por *Trichoderma* sp 42 g.L-1 con 18,10 ±0,48 frutos, es necesario mencionar también la influencia de los tratamientos *B. subtilis* 36 mL.L-1 y *B. subtilis* 19 mL.L-1 con 15,4±0,48 y 12,60±0,48 frutos por planta respectivamente que, comparados con el testigo, superan en la cantidad de frutos por planta. Resultados similares

fueron reportados por Senger et al. (2023) al evaluar la eficiencia del *Trichoderma asperelloides* (FT10), en la capacidad de promover el crecimiento de la soja (*Glycine max*), en el estudio se pudo comprobar que los parámetros número y masa de nódulos, biomasa aérea y radical fueron superiores al testigo ( $p<0,05$ ), y en cuanto al rendimiento de grano se pudo observar diferencias entre 8,9 y 15,1% en comparación con el control. Siqueira et al. (2020) quienes utilizando varios aislados de *Trichoderma* sp. nativos, inoculados en plántulas de tomate mejoraron significativamente las características vegetativas y reproductivas, con relación a las plantas testigo no

inoculadas. La explicación para tal efecto está basada en que las plantas inoculadas aumentan la expresión de  $\beta$ -glucuronidasa (cuyo acrónimo es GUS) inducida por auxina, y con ello se confirma que *Trichoderma* sp. induce la expresión génica regulada por auxina, además de producir ácido indol-3-acético (IAA) constituyéndose como promotores de crecimiento de plantas (Siqueira et al., 2020). Referido a *B. subtilis*, Peterson et al. (2023) al evaluar la promoción del

crecimiento del tomate mediada por *Bacillus licheniformis* y *B. subtilis* en combinación o individualmente afirma que estas bacterias son capaces de producir el ácido IAA.

El aumento de peso de frutos es superior con *Trichoderma* sp 84 g.L-1, con promedio de 45,89 $\pm$ 0,44 g con relación a los otros tratamientos, diferenciándose del testigo que alcanza el 35,11 $\pm$ 0,44 g en promedio, como se muestra en la tabla 2.

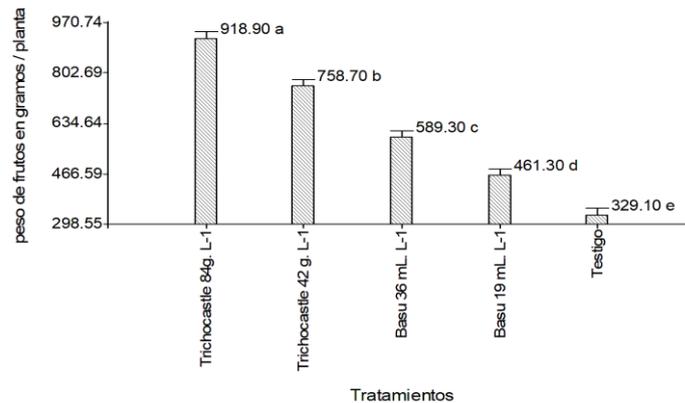
Tabla 2. Efecto de los bio productos en rendimiento del tomate en un biohuerto urbano agosto-setiembre 2022.

Tratamientos	Número de tos por planta $\pm$ E.E	Significancia 0,05	Peso de frutos (g) $\pm$ E.E	Significancia 0,05
<i>Trichoderma</i> sp. 84 g.L-1	20,10 $\pm$ 0,48	a	45,89 $\pm$ 0,44	a
<i>Trichoderma</i> sp 42 g.L-1	18,10 $\pm$ 0,48	b	42,11 $\pm$ 0,44	b
<i>B. subtilis</i> 36 mL.L-1	15,20 $\pm$ 0,48	c	38,78 $\pm$ 0,44	c
<i>B. subtilis</i> 19 mL.L-1	12,60 $\pm$ 0,48	d	36,44 $\pm$ 0,44	d
Testigo	9,40 $\pm$ 0,48	e	35,11 $\pm$ 0,44	d
p-valio	<0,0001		<0,0001	
CV %	9,97		3,66 %	

Queda demostrado la ganancia de peso de frutos por planta influenciado por estos microorganismos, siendo el tratamiento Trichocastle 84 g.L-1 superior a los demás tratamientos con un promedio para peso de frutos de por planta de 918,90 $\pm$ 33,19 gramos, con una diferencia frente al testigo que logra producir apenas 329,10 $\pm$ 33,19 gramos de frutos/ planta. Aunque aún no se han evidenciado más reportes de Trichocastle para incrementar los rendimientos en los cultivos de tomate tal como se muestra en la figura 1, Monge y Loría-Coto (2019) señalaron que el peso de

fruto fue de 58,73 y 48,92 g respectivamente al aplicar la dosis de 120 g.L-1 de Trichocastle. Viera et al. (2020) al inocular 5 g.L-1 de *Trichoderma asperellum* en la base de las plantas de mora (*Rubus glaucus*) registraron un aumento en el peso individual de la fruta y el vigor de la planta con rendimientos promedio de 973 g.planta-1.mes-1, significativamente superior al testigo que obtuvo apenas 689 g planta-1.mes-1, y la ganancia de peso mayor fue de 6,3 g.fruto-1 en contraste con el testigo que obtuvo solamente 5,2 g.fruto-1.

Figura 1. Rendimiento promedio de frutos de tomate por planta en un biohuerto urbano agosto-setiembre 2022



Letras distintas en la misma columna representan diferencias significativas.

## CONCLUSIONES

Se concluye que el complejo de *Trichoderma harzianum*, *T. viride*, *T. asperellum* y *B. subtilis* ejercieron un efecto significativo como promotor de crecimiento al influenciar en el desarrollo y madurez precoz de las plantas de tomate, así como el desarrollo de frutos y cantidad de estos, comparados con el testigo sin inocular. Este

hecho demuestra la conveniencia de usar microorganismos bifuncionales para enriquecer los suelos de la agricultura urbana promover el crecimiento y desarrollo de plantas. Actividad que se suma a la mejora de los modelos urbanos de agricultura sostenible

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abbamondi, G. R., Tommonaro, G., Weyens, N., Thijs, S., Sillen, W., Gkorezis, P., & Vangronsveld, J. (2016). Plant growth-promoting effects of rhizospheric and endophytic bacteria associated with different tomato cultivars and new tomato hybrids. *Chemical and Biological Technologies in Agriculture*, 3(1), 1-10. <https://doi.org/10.1186/s40538-015-0051-3>
- Abdukarimovna, A. M., Muhiddinovna, K. A., & Faxriddinovich, M. S. (2023). Tomato pests. *Finland International Scientific Journal of Education*, Social Science & Humanities, 11(2), 427-430. <https://doi.org/10.5281/zenodo.764882>
- Alvarado-Aguayo, A., Pilaloe-David, W., Torres-Sánchez, S., & Torres-Sánchez, K. (2019). Efecto de *Trichoderma harzianum* en el control de mildiu (*Pseudoperonospora cubensis*) en pepino. *Agronomía Costarricense*, 43(1), 101-111. <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/agrocost/article/view/35672/36302>
- Baca, S., Jiménez, O. R., González, D., Huete-Pérez, J. A., Trabanino, R., & Avellaneda, M. C. (2023). Genetic

- polymorphisms of seven *Trichoderma* spp. strains, their potential as biological control agent and growth promoter in tomato. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-2565600/v1>
- Barone, D., Cito, L., Tommonaro, G., Abate, A. A., Penon, D., De Prisco, R., ... & Giordano, A. (2018). Antitumoral potential, antioxidant activity and carotenoid content of two Southern Italy tomato cultivars extracts: San Marzano and Corbarino. *Journal of cellular physiology*, 233(2), 1266-1277. <https://doi.org/10.1002/jcp.25995>
- Boulahouat, S., Cherif-Silini, H., Silini, A., Bouket, A. C., Luptakova, L., Alenezi, F. N., & Belbahri, L. (2023). Biocontrol Efficiency of Rhizospheric *Bacillus* against the Plant Pathogen *Fusarium oxysporum*: A Promising Approach for Sustainable Agriculture. *Microbiology Research*, 14(3), 892-908. <https://doi.org/10.3390/microbiolres14030062>
- Brocki, M. (2023). Growing on the roof. <https://stud.epsilon.slu.se/18846/1/bricki-m-230517.pdf>
- Bunbury-Blanchette, A. L. y Walker, A. K. (2019). *Trichoderma* species show biocontrol potential in dual culture and greenhouse bioassays against *Fusarium* basal rot of onion. *Biological Control*, 130, 127–135. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2018.11.007>
- Chagas Junior, A. F., Dias, P. C., Santos, G. R. dos, Ribeiro, A. S. N., Sousa, K. Â. O. de, & Chagas, L. F. B. (2022). *Trichoderma* as a growth promoter in *Astronium urundeuva* (M. Allemão). *Engl. Scientia Plena*, 18(5). <https://doi.org/10.14808/sci.plena.2022.056201>
- Chowdappa, P., Kumar, S. M., Lakshmi, M. J., & Upreti, K. K. (2013). Growth stimulation and induction of systemic resistance in tomato against early and late blight by *Bacillus subtilis* OTPB1 or *Trichoderma harzianum* OTPB3. *Biological control*, 65(1), 109-117. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2012.11.009>
- Daliakopoulos, I. N., Apostolakis, A., Wagner, K., Deligianni, A., Koutskoudis, D., Stamatakis, A., & Tsanis, I. K. (2019). Effectiveness of *Trichoderma harzianum* in soil and yield conservation of tomato crops under saline irrigation. *Catena*, 175, 144-153. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2018.12.009>
- Fantini, A. (2023). Urban and peri-urban agriculture as a strategy for creating more sustainable and resilient urban food systems and facing socio-environmental emergencies. *Agroecology and Sustainable Food Systems*, 47(1), 47-71. <https://doi.org/10.1080/21683565.2022.2127044>
- FAO. (2022). *Faostat: FAO Statistical Databases*. Food & Agriculture Organization of the United Nations

*Bacillus subtilis* y *Trichoderma* sp. como promotores de crecimiento y producción del tomate en un biohuerto urbano

- (FAO). Disponible en: <https://www.fao.org/faostat/en/#home>
- Gonzali, S., & Perata, P. (2020). Anthocyanins from purple tomatoes as novel antioxidants to promote human health. *Antioxidants*, 9(10), 1017. <https://doi.org/10.3390/antiox9101017>
- Guzmán-Guzmán, P., Porrás-Troncoso, M. D., Olmedo-Monfil, V., & Herrera-Estrella, A. (2019). *Trichoderma* species: Versatile plant symbionts. *Phytopathology*. American Phytopathological Society. <https://doi.org/10.1094/PHYTO-07-18-0218-RVW>
- Harman, G. E., Doni, F., Khadka, R. B., & Uphoff, N. (2021). Endophytic strains of *Trichoderma* increase plants' photosynthetic capability. *Journal of applied microbiology*, 130(2), 529-546. <https://doi.org/10.1111/jam.14368>
- Helaly, A. A., Mady, E., Salem, E. A., & Randhir, T. O. (2022). Stimulatory effects of growth-promoting bacteria on growth, nutritional composition, and yield of kale plants. *Journal of Plant Nutrition*, 45(16), 2465-2477. <https://doi.org/10.1080/01904167.2022.2046084>
- Khan, M. R., & Mohiddin, F. A. (2018). *Trichoderma*: Its Multifarious Utility in Crop Improvement. In *New and Future Developments in Microbial Biotechnology and Bioengineering: Crop Improvement through Microbial Biotechnology* (pp. 263–291). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-63987-5.00013-X>
- Lee, S., Shin, S., Lee, H., & Park, M. S. (2023). Which urban agriculture conditions enable or constrain sustainable food production?. *International Journal of Agricultural Sustainability*, 21(1), 2227799. <https://doi.org/10.1080/14735903.2023.2227799>
- León, Y. G., Bernal, J. O., Reyes, M. A. A., & Flores, Y. M. (2022). *Bacillus subtilis* y *Trichoderma*: Características generales y su aplicación en la agricultura. *TIP Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas*, 25, 2. <https://doi.org/10.22201/fesz.23958723e.2022.520>
- Llorach-Massana, P., Cirrincione, L., Sierra-Perez, J., Scaccianoce, G., La Gennusa, M., Peña, J., & Rieradevall, J. (2023). Environmental assessment of a new building envelope material derived from urban agriculture wastes: the case of the tomato plants stems. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 1-15. <https://doi.org/10.1007/s11367-023-02152-2>
- Luna-Fletes, J. A., Can-Chulim, Á., Cruz-Crespo, E., Bugarín-Montoya, R., & Valdivia-Reynoso, M. G. (2018). Intensidad de raleo y soluciones nutritivas en la calidad de tomate cherry. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 41(1), 59-66. <https://doi.org/10.35196/rfm.2018.1.59-66>
- Macías Palma, K. J. (2021). Estudio de *Bacillus subtilis* como bacteria promotora de crecimiento vegetal en cultivos hortícolas en Los Ríos (Bachelor's thesis, BABAHOYO: UTB).

- Márquez-Zambrano, B. E., Prado-Carpio, E., Montealegre, V. J. G., & Romero, H. C. (2023). Sistema de producción sustentable de tomates cherry (*Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme*): riego permanente y cultivo alternativo. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(1), 9832-9847. [https://doi.org/10.37811/cl\\_rcm.v7i1.5093](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i1.5093)
- Monge Pérez, J. E., & Loría-Coto, M. (2019). Tomate (*Solanum lycopersicum* L.) cultivado bajo invernadero: Correlaciones entre variables. *Revista Tecnología en Marcha*, 32(3), 37-54. <https://doi.org/10.18845/tm.v32i2.4478>
- Morelli, C. F., Cutignano, A., Speranza, G., Abbamondi, G. R., Rabuffetti, M., Iodice, C., & Tommonaro, G. (2023). Taste Compounds and Polyphenolic Profile of Tomato Varieties Cultivated with Beneficial Microorganisms: A Chemical Investigation on Nutritional Properties and Sensory Qualities. *Biomolecules*, 13(1), 117. <https://doi.org/10.3390/biom13010117>
- Muhammad Syafiq, T. H. T., Nusaibah, S. A., & Rafii, M. Y. (2021). Effectiveness of Bioinoculants *Bacillus cereus* and *Trichoderma asperellum* as Oil Palm Seedlings Growth Promoters. *Pertanika Journal of Tropical Agricultural Science*, 44(1).
- Olowe, O. M., Nicola, L., Asemoloye, M. D., Akanmu, A. O., & Babalola, O. O. (2022). *Trichoderma*: Potential bio-resource for the management of tomato root rot diseases in Africa. *Microbiological Research*, 257, 126978. <https://doi.org/10.1016/j.micres.2022.126978>
- Peterson, P. S., de Medeiros, F. H. V., de Oliveira, T. S., de Almeida Zago, J. R., & Bettiol, W. (2023). *Bacillus subtilis* and *Bacillus licheniformis* promote tomato growth. *Brazilian Journal of Microbiology*, 54(1), 397–406. <https://doi.org/10.1007/s42770-022-00874-3>
- Ray, D. K., West, P. C., Clark, M., Gerber, J. S., Prishchepov, A. V., & Chatterjee, S. (2019). Climate change has likely already affected global food production. *PLoS ONE*, 14(5). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0217148>
- Senger, M., Urrea-Valencia, S., Nazari, M. T., Vey, R. T., Piccin, J. S., & Martin, T. N. (2023). Evaluation of *Trichoderma asperelloides*-based inoculant as growth promoter of soybean (*Glycine max* (L.) Merr.): a field-scale study in Brazil. *Journal of Crop Science and Biotechnology*. Springer. <https://doi.org/10.1007/s12892-022-00177-x>
- Silva, P. H. V., Souza, A. G. V., de Araujo, L. D., Frezarin, E. T., de Souza, G. V. L., da Silveira, C. M., & Rigobelo, E. C. (2023). *Trichoderma harzianum* and *Bacillus subtilis* in association with rock powder for the Initial development of maize plants. *Agronomy*, 13(3).

- <https://doi.org/10.3390/agronomy13030872>
- Singh, A., Shukla, N., Kabadwal, B. C., Tewari, A. K., & Kumar, J. (2018). Review on plant-Trichoderma-pathogen interaction. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 7(2), 2382-2397.
- Siqueira, A. C. O., Mascarin, G. M., Gonçalves, C. R. N. C. B., Marcon, J., Quecine, M. C., Figueira, A., & Delalibera, Í. (2020). Multi-trait biochemical features of *Metarhizium* species and their activities that stimulate the growth of tomato plants. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 4. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2020.00137>
- Solaymani, S. (2018). Impacts of climate change on food security and agriculture sector in Malaysia. *Environment, Development and Sustainability*, 20(4), 1575–1596. <https://doi.org/10.1007/s10668-017-9954-4>.
- Tommonaro, G., Abbamondi, G. R., Nicolaus, B., Poli, A., D'Angelo, C., Iodice, C., & De Prisco, R. (2021). Productivity and nutritional trait improvements of different tomatoes cultivated with effective microorganisms technology. *Agriculture*, 11(2), 112. <https://doi.org/10.3390/agriculture11020112>
- Ureña, P. C., & Beriguete, P. F. (2018). Efecto de reguladores de crecimiento, de *Trichoderma harzianum* y de elementos minerales sobre rebrotes de café (*Coffea arabica* L.) en Acosta, San José, Costa Rica. *Revista AgroInnovación En El Trópico Húmedo*, 1(1), 3–9. <https://revistas.tec.ac.cr/index.php/agroinn/article/view/3922>
- Viera, W., Noboa, M., Martínez, A., Jácome, R., Medina, L., & Jackson, T. (2020). *Trichoderma* application increases yield and individual fruit weight of blackberries grown by small farmers in Ecuador. *Acta Horticulturae*, 1277, 287–292. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2020.1277.42>