Sociedad Mexicana de Ciencia y Tecnología Agropecuaria ISSN: 2448-6620

FRESA *(Fragaria x ananassa)* VAR. VALIANT EN UN SISTEMA ACUAPÓNICO, SIMBIOSIS CON *Trichoderma* PARA UNA AGRICULTURA SOSTENIBLE

Guillermo Enrique Cruz Nicanor[1]; Héctor Ángel Hernández Jaral[1]; Keyla Alejandra Piñones Ramírez[1]; Pablo Román Rivera Cortez[1]; Mabiel Reyes Fuentes[2]; Anabel Flores Lee[3]; Berenice Rivera Cortez[2]

[1]Estudiante de Ingeniería en Innovación Agrícola Sustentable, Tecnológico Nacional de México, Roque, Celaya, Guanajuato, C.P 38110, México. [2]Maestría en Ciencias, Tecnológico Nacional de México, Roque, Celaya, Guanajuato, C.P 38110, México, [3]Maestría en Ciencias Instituto Tecnológico Superior de Abasolo, Abasolo, Guanajuato CP. 36976, México, [2]Maestría en Tecnología Informática Educativa, Tecnológico Nacional de México, Roque, Celaya, Guanajuato, C.P 38110, México, Autor de correspondencia: berenice.rc@roque.tecnm.mx

RESUMEN

La fresa (*fragaria x ananassa*) comercial es un híbrido entre especies de Chile y Norteamérica. En México es un cultivo muy importante, Guanajuato aporta el 15.5% de la producción nacional, destacando la var. Valiant debido a su resistencia y firmeza es ideal para la exportación, ante el estrés hídrico que afecta al 72% del territorio mexicano, la acuaponía surge como solución sostenible, ahorrando hasta un 90% de agua respecto a la agricultura tradicional, permitiendo obtener pescado y vegetales en un mismo sistema, las fresas requieren nutrientes específicos según su etapa fenológica, fósforo y calcio en trasplante, nitrógeno en crecimiento, potasio en floración y fructificación, el hongo benéfico Trichoderma favorece la absorción de nutrientes y protege raíces de patógenos. El objetivo de este estudio fue evaluar cómo la inoculación con Trichoderma afecta el desarrollo fenológico y la supresión de enfermedades radiculares en fresas var. Valiant cultivadas en un sistema acuaponía de recirculación cerrada. El análisis estadístico mostró que el factor fecha de muestreo tuvo un efecto altamente significativo sobre la altura y el grosor del tallo, con la Fecha 1 registrando valores superiores (86.8 cm y 6.65 cm) respecto a la Fecha 2 (44.2 cm y 1.57 cm). No se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos con y sin Trichoderma para ninguna variable. Se concluye que las condiciones asociadas al momento de evaluación influyeron marcadamente en el crecimiento vegetativo, mientras que la inoculación con Trichoderma en las dosis y tiempos aplicados no generó una respuesta diferenciable en el desarrollo de las plantas.

Palabras clave: *fresa (fragaria x ananassa) var. Valiant, Trichoderma, acuaponía, nutrientes,desarrollo fenologico*

ABSTRACT

The commercial strawberry is a hybrid between species from Chile and North America. In Mexico, it is a very important crop; Guanajuato contributes 15.5% of national production, highlighting the Valiant variety due to its resistance and firmness, making it ideal for export. Faced with water stress that affects 72% of Mexican territory,

aquaponics emerges as a sustainable solution, saving up to 90% of water compared to traditional agriculture, allowing the obtaining of fish and vegetables in the same system. Strawberries require specific nutrients according to their phenological stage: phosphorus and calcium in transplanting, nitrogen in growth, potassium in flowering and fruiting. The beneficial fungus *Trichoderma* promotes nutrient absorption and protects roots from pathogens. The objective of this study was to evaluate how inoculation with Trichoderma affects the phenological development and suppression of root diseases in Valiant strawberry varieties grown in a closed recirculation aquaponics system. The sampling date factor significantly affected plant height and stem thickness (Date 1: 86.8 cm and 6.65 cm vs. Date 2: 44.2 cm and 1.57 cm), while no significant differences were found between treated and untreated plants for any variable. The results indicate that environmental conditions linked to the evaluation period strongly influenced vegetative growth, whereas Trichoderma application at the tested dose and frequency did not produce a measurable effect on plant development.

Keywords: strawberry (Fragaria x ananassa) var. Valiant, Trichoderma, aquaponics, nutrients, phenological development.

INTRODUCCIÓN

Las variedades cultivadas comercialmente son por lo general híbridos entre la especial (*Fragaria x chiloensis*) originaria de chile y cultivada por los mapuches antes de la conquista y la especie (*Fragaria virginiana)* nativa de Norteamérica, de sabor intenso, ambas llegaron a Europa en los siglos XVI y XVII, el hibrido (*fragaria x ananassa*) surgió accidentalmente en Francia en la década de 1760 (Pineda-Rojas, 2025), el cultivo de fresa (*fragaria x ananassa*) en México representa una actividad agrícola de alta relevancia económica, la producción de fresa en México fue de 696, 113 t, siendo Guanajuato el tercer lugar, contribuyendo con el 15.5% de la producción total (SIAP, 2024), dentro de las variedades adaptadas a condiciones templadas y de alta demanda comercial destaca la var. Valiant, reconocida por su resistencia a enfermedades foliares, frutos de gran tamaño y firmeza, ideales para el mercado internacional de exportación, donde Estados Unidos es el principal socio comercial (CFIA, 2023).

En México la acuaponía está tomando relevancia como una solución innovadora, debido a la problemática como es el estrés hídrico que afecta al 72% del territorio y la necesidad de producir alimentos de manera sostenible, uno de los beneficios claves son que ahorra hasta un 90% en comparación con la agricultura tradicional (Sánchez-Morales, 2024), la acuaponía produce alimentos sin químicos y permite obtener dos fuentes de ingreso en un mismo espacio peces y vegetales, los sistemas acuapónicos demandan un control de calidad del agua menor frecuencia en comparación con la hidroponía, esto se debe a que la alimentación diaria de los peces aporta un flujo constante de nutrientes a las plantas, lo que evita la necesidad de vaciar y reemplazar

soluciones nutritivas o de ajustar los niveles de nutrientes, como si ocurre en los sistemas hidropónicos (Ayipio, 2019).

Las etapas fenológicas de la fresa comprenden desde el establecimiento hasta la cosecha, cumpliendo un ciclo productivo de 9 a 10 meses, las fases abarcan y necesitan principalmente los siguientes nutrientes: trasplante/establecimiento: fosforo, calcio, desarrollo vegetativo: nitrógeno, magnesio, calcio, floración: potasio, nitrógeno, calcio, magnesio, fructificación y cosecha: potasio, fosforo, nitrógeno, las etapas pueden tener variación en duración, siendo la fase de fructificación y engrosamiento una de las que toma más tiempo (Dixon, 2023). (*Trichoderma yunnanense*) es un género de hongos benéficos que viven de manera natural en el suelo. Se emplean con frecuencia en la agricultura como bioestimulantes y para el control biológico de plagas. Estos hongos resguardan las raíces de las plantas mediante tres acciones principales: combatiendo hongos dañinos a través del microparasitismo, favoreciendo la asimilación de nitrógeno, fosforo, potasio y promoviendo el desarrollo de las raíces (Patloková, 2024). Por lo cual el objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de la inoculación con Trichoderma determinando los efectos sobre el desarrollo fenológico y supresión de patógenos radiculares en plantas de fresa var. Valiant cultivadas en un sistema acuapónico de recirculación cerrada. Por lo anterior, determinar la interdependencia de la aplicación de Trichoderma sobre la incidencia de enfermedades radiculares en el sistema de recirculación y confirmar si la variedad tolera la saturación hídrica constante y cuantificar el rendimiento de frutos en las plántulas inoculadas.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo en el área acuícola en el complejo ubicado en la unidad SABI (sistema acuapónico de baja intensidad) del Tecnológico Nacional de México Campus Roque (TecNM-Roque), ubicado en el estado de Guanajuato, México 20.583556500427132, -100.82715532276465.

Se trasplantaron 38 plántulas con la inoculación del *Trichoderma yunnanense* de fresa var. Valiant en vasos de plastico previamente desinfectados con 3 tipos diferentes de sustratos (fibra de coco, perlita, tezontle), este sistema cuenta con un tanque con 20 peces de la especie tilapia que proporcionaran los nutrientes como lo son nitrógeno y fosforo los cuales se transforman en una solución nutritiva completa para las plántulas, donde las plantas testigo se dejaron sin tratamiento, la primer semana, las otras 35 plantas inocularon con Trichoderma cada 20 días y se observaron durante las siguientes 6 semanas.

Se evaluó cepa de *Trichoderma yunnanense* con una dosis de dos granos por vaso, se pusieron en el sistema de recirculación cerrado, después se observó el desarrollo fenológico de las plántulas, para analizar su crecimiento y la toma de datos de las variables de rendimiento. En un diseño experimental completamente al

azar, se evaluaron las siguientes variables: número de plantas, longitud de planta, numero de hojas, diámetro de tallo, flores y frutos, la longitud de planta se tomó con un vernier, el número de hojas se realizó enumeración manual, diámetro de tallo se utilizó vernier, flores por medio de recuento manual y frutos se efectuó inspección visual con conteo, las evaluaciones se hicieron semanalmente.

Variables evaluadas. Basado en los resultados del procedimiento GLM (Modelo Lineal General) se evaluaron cuatro variables dependientes: ALTPLN (Altura de planta, GROTALL (Grosor del tallo), HOJAS (Numero de hojas) y FLOR (numero de Flores). Los factores fueron FECHAS 1 y 2, TRATAMIENTO T1 y TE y su interacción.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las variables que mostraron diferencias significativas (P > F < 0.05) para al menos un factor son: Altura de la planta (ALTPLN), factor FECHA, altamente significativo (P > F < 0.0001), Factor TRATAMIENTO. El factor fecha mostro un efecto altamente significativo (p < 0.01) sobre la altura de planta y el grosor del tallo, mientras que el factor tratamiento no fue significativo para ninguna de as variedades evaluadas. Estos hallazgos coinciden con lo reportado por barros Mainardi et al. (2015), quienes señalaron que al variar la fecha de plantación se modifica significativamente el crecimiento vegetativo y el desarrollo de nuevas coronas frutillas, debido a la interacción del genotipo con las condiciones térmicas y fotoperiódicas. Asimismo, López Ramírez et al. (2023) destacan la complejidad de la respuesta de la fresa a estímulos ambientales documentando que no todas las variables morfológicas responden de la misma manera ante un mismo factor. Por otro lado, la ausencia de diferencias significativas entre tratamientos TE y T1 es un hallazgo relevante, aunque no inusual, en un estudio sobre fertilización orgánica en fresa, se encontró que, si bien el numero de hojas mostro una variación altamente significativa, otras características de crecimiento también puede presentar variaciones no significativas dependiendo de la naturaleza de los tratamientos y la variedad dentro de los grupos (Mutua et al. 2024).

Cuadro 1. Análisis de Varianza de la aplicación de *Trichoderma* en fresa.

Fuente	Gl	AP	GT	H	F
Fecha	1	18741.32009**	264.2730195**	7.79545455ns	0.12698413ns
Tratamiento	1	123.92251ns	64.3352417ns	14.86616162ns	1.14285714ns
Error	39	491.47396	27.630882	15.7072650	0.94505495
C.V.		32.6	19.2	42.9	64.8

FV = Fuente de variación; gl = Grados libertad; 1 = Plantas con *Tricoderma*; T1= Plantas sin *Tricoderma*; AP= Altura de planta; GT = Grosor de Tallo; H = Hojas; F = Flores.; CV (%) = Coeficiente de variación; * = Diferencias estadísticas significativas (P ≤ 0.05): ** = Diferencias altamente significativas (P ≤ 0.01); ns = No significativo (P≥ 0.05)

La prueba de comparación de medias revelo que la fecha 1 fue superior a la fecha 2. La altura de la planta alcanzo 86.8 cm en la fecha 1 frente a 44. 2 cm en la fecha 2, mientras que el grosor del tallo fue 6.65 cm contra 1.57 cm. Estos resultados demuestran que las condiciones agrupadas en la Fecha 1 favorecieron un crecimiento vegetativo más vigoroso. La relación directa entre un tallo más grueso y una mayor capacidad de

la planta para sostener biomasa (hojas, flores y frutos) está bien documentada. Por ejemplo, se ha reportado que las plantas hijas de fresa provenientes de estolones con mayor diámetro de tallo resultan en un diámetro de corona mayor y un mayor desarrollo floral después del trasplante (Durner et al., 2000).

La marcada diferencia en el grosor del tallo (aproximadamente cuatro veces mayor) sugiere que la Fecha 1 permitió que las plantas alcanzaran un estado de desarrollo estructural más avanzado. Este parámetro es un indicador robusto de vigor y capacidad productiva potencial. Las plantas con tallos más gruesos suelen tener sistemas vasculares más desarrollados, lo que facilita un mejor transporte de agua y nutrientes, impactando positivamente en el crecimiento general y el rendimiento futuro. La superioridad de la Fecha 1 es consistente con los hallazgos de Khalid et al. (2016) en el estudio "Cultivar and planting date effects on the growth, yield and quality of strawberries in the Western Cape, South Africa", donde se observó que la fecha de plantación afectaba significativamente el número de coronas, flores y el rendimiento, dependiendo de la variedad utilizada.

Cuadro 2: Cuadro de comparación de medias por fecha de aplicación.

Fecha	AP	GT	H	F
1	86.829a	6.650a	9.750a	1.5714 a
2	44.174b	1.574b	8.579a	1.0000 a

Los valores en la misma columna con las diferentes letras son estadísticamente significativos; 1 = Plantas con *Tricoderma*; T1= Plantas sin *Tricoderma*; AP= Altura de planta; GT = Grosor de Tallo; H = Hojas; F = Flores.

No se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos TE y T1 para ninguna de las variables analizadas. Aunque numéricamente el tratamiento TE presentó valores más altos en Altura de planta (73.47 cm vs 63.63 cm) y Grosor de tallo (6.38 cm vs 2.85 cm), la alta variabilidad dentro de los grupos impidió que estas diferencias fueran estadísticamente significativas. Esto implica que, bajo las condiciones experimentales de este estudio, ambos tratamientos produjeron un desempeño equivalente en las variables vegetativas y reproductivas evaluadas. Esta falta de respuesta podría deberse a que las concentraciones o los momentos de aplicación de los tratamientos no fueron lo suficientemente diferenciales para superar la heterogeneidad presente en el material vegetal o las condiciones de cultivo. Es posible que las dosis empleadas estuvieran por debajo de un umbral mínimo para generar una respuesta discernible, o que los caracteres medidos no sean los más sensibles a la naturaleza específica de estos tratamientos. Investigaciones previas han utilizado ANOVA y pruebas post-hoc como Tukey para comparar medias entre tratamientos en fresa, encontrando a menudo que no todas las concentraciones o tipos de aplicaciones generan diferencias significativas en todos los parámetros de crecimiento (Sison & Marcelino, 2024). En el estudio de Mutua et al. (2024), por ejemplo, aunque se detectaron efectos significativos generales del tratamiento, no todos los pares de tratamientos mostraron diferencias significativas entre sí, resaltando la importancia de realizar comparaciones múltiples para identificar tratamientos con desempeño estadísticamente similar.

Cuadro 3: Cuadro de comparación de medias por tratamientos

Tratamiento	AP	GT	H	F
TE	73.474a	6.379ª	9.895ª	1.8571 a
T1	63.633a	2.846b	8.708ª	1.2222 a

Los valores en la misma columna con las mismas letras son estadísticamente iguales; TE = Plantas con *Tricoderma*; T1= Plantas sin *Tricoderma*; AP= Altura de planta; GT = Grosor de Tallo; H = Hojas; F = Flores.

CONCLUSIONES

El principal factor que influyó en el crecimiento vegetativo, medido como altura de la planta y grosor del tallo, fue la fecha de muestreo, siendo la Fecha 1 la que presentó condiciones significativamente más favorables para un mayor desarrollo. Este hallazgo sugiere que el momento de evaluación o las condiciones ambientales asociadas a la Fecha 1 fueron críticas para el crecimiento inicial. Los tratamientos evaluados (T1 y TE) no generaron diferencias estadísticamente significativas en ninguna de las variables de crecimiento y desarrollo analizadas. Por lo tanto, no se puede recomendar un tratamiento sobre el otro basándose en los parámetros medidos en este estudio.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Agencia Canadiense de Inspección de Alimentos (CFIA). (2023). UCD Valiant [Descripción de variedad vegetal. Número de solicitud: 21-10409]. https://active.inspection.gc.ca/english/plaveg/pbrpov/cropreport/str/app00012052e.shtml.

Ayipio, E., Wells, D. E., McQuilling, A., & Wilson, A. E. (2019). Comparisons between aquaponic and conventional hydroponic crop yields: A meta-analysis. Sustainability, 11(22), 6511.

Barros Mainardi, C., et al. (2015). Comportamiento productivo de variedades de frutilla (Fragaria × ananassa Duch.) en función de la fecha de plantación. Agrociencia Uruguay, 19(1), 1-9. https://www.scielo.edu.uy/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2301-15482015000100001.

Demera Martínez, D. M. (2024). *Diferentes métodos de siembra hidropónica y sus beneficios* (Bachelor's thesis, BABAHOYO: UTB, 2024).

Dixon, E., Strik, B., Fernandez-Salvador, J., & DeVetter, L. W. (2023). Guía de manejo de nutrientes para el cultivo de fresa en Oregon y Washington (EM 9234-S). Oregon State University Extension Service.Calderón, M. Á. A. (2022). *Control de plagas y enfermedades en cultivos acuapónicos: Perspectivas y oportunidades para una producción limpia* (Doctoral dissertation, Universidad Militar Nueva Granada).

Durner, E. F., Poling, E. B., & Maas, J. L. (2000). Strawberry daughter plant size alters transplant growth and development. HortScience, 35(3), 469-472.

Enrique, B. M. L. (2024). alternativas ecológicas en la producción hidropónica de lechuga (Lactuca sativa L) bajo un sistema nft (Doctoral dissertation, universidad agraria del ecuador).

Fernández, C. R. (2025). Acuaponía acoplada y desacoplada: Tipos, Beneficios y Usos en la Producción Sostenible.

Figueroa, F. L., Abdala, R. T., Korbee, N., Medrano, E., Bautista, B., García-Márquez, J., & Arijo, S. Usos de microalgas y bacterias en la producción de piensos funcionales para la acuaponía desacoplada de peces, plantas y microalgas.

Khalid, S., et al. (2016). Cultivar and planting date effects on the growth, yield and quality of strawberries in the Western Cape, South Africa. South African Journal of Plant and Soil, 33(4), 271-277.

López Ramírez, M. et al. (2023). Respuesta morfológica de plántulas de fresa a diferentes dosis de bioestimulante. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, 14(1), 10-20.

Mutua, F., et al. (2024). Influence of organic fertilization on growth and yield of strawberry (Fragaria × ananassa) in Kabete and Mbooni areas, Kenya. Journal of Agriculture and Food Research, 15, 100912.

Patloková, K., & Pokluda, R. (2024). Optimization of Plant Nutrition in Aquaponics: The Impact of Trichoderma harzianum and Bacillus mojavensis on Lettuce and Basil Yield and Mineral Status. Plants, 13(2), 291.

Pineda-Rojas, T. V., Rangel-Castillo, A. E., Figueroa-Vega, N. G., Hernández-Ruiz, J., Ángel-Hernández, A., & Ruiz-Nieto, J. E. (2025). Fragaria: la variedad genética detrás de la fresa. Jóvenes en la Ciencia, 34, 1-7.

Sánchez-Morales, D. J., Rubiños-Panta, J. E., Crespo-Pichardo, G., Mendoza-Pérez, C., Pérez-Ávila, M. de L., Peralta-Inga, M., & Rubiños-Hernandez, C. E. (2024). Evaluación del Sistema Acuapónico de Pequeña Escala para la Producción de Tilapia y Lechuga. Terra Latinoamericana, 42.

Serna-Lagunes, R., de la Luz-Morales, G., Merino, MC, García-Martínez, M. Á., Bañuelos-Hernández, KP, del Rosario-Arellano, JL, ... & Andres-Meza, P. (2026). Desarrollo de chayote verde liso [Sechium edule (Jacq.) Sw. var. virens levis] y quelite blanco silvestre (Amaranthus hybridus L.) en un sistema acuapónico con tilapia (Oreochromis niloticus) y acocil (Procambarus veracruzanus). Biotecnia, 28, e2458-e2458.

SIAP (2024). Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Retrieved from Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera: https://www.google.com/search?q=SIAP&rlz=1C1CHBF_esMX1050MX1050&oq=SIAP&gs_lcrp=EgZjaHJvbWUyDggAEEUYJxg5GIAEGIoFMg0IARAuGK8BGMcBGIAEMgcIAhAAGIAEMgoIAxAAGLED GIAEMgcI BBAAGIAEMgYIBRBFGDwyBggGEEUYPDIGCAc QRRg80gEIMjMwNmowajeoAgCwAgA&sourceid=chrome&ie=UTF-8

Sison, P., & Marcelino, J. (2024). Growth and Yield of Strawberry (Fragaria ananassa) 'Sweet Charlie' Variety as Influenced by Gibberellic and Salicylic Acids. Journal of Interdisciplinary Perspectives, 3(6), 1-12.