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

FRESA *(FRAGARIA)* VARIEDAD FRONTERA EN UN SISTEMA ACUAPÓNICO EN SIMBIOSIS CON *Trichoderma* PARA UNA AGRICULTURA SUSTENTABLE

Pablo Román Rivera Cortez[1]; Héctor Ángel Jaral Hernandez[1]; Keyla Alejandra Piñones Ramírez[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

El presente estudio evaluó el desarrollo de la fresa (*Fragaria*) variedad Frontera en un sistema acuapónico de baja intensidad (SABI) en simbiosis con *Trichoderma yunnanense*, con el objetivo de analizar su comportamiento vegetativo bajo un modelo de agricultura sustentable. El experimento se llevó a cabo en el Tecnológico Nacional de México, campus Roque, utilizando un diseño completamente al azar con 48 plantas, de las cuales 24 fueron inoculadas con *Trichoderma* y 24 no recibieron inoculación. Se evaluaron variables de crecimiento durante seis semanas, considerando altura de planta, grosor de tallo, número de hojas y floración. Los resultados del análisis de varianza indicaron que el factor fecha presentó efectos significativos en altura, grosor de tallo y número de hojas ($P \leq 0.05$ y $P \leq 0.01$), mientras que el tratamiento con *Trichoderma* y la interacción fecha × tratamiento no mostraron diferencias estadísticamente significativas. En la comparación de medias, se observó una disminución en las variables de crecimiento entre la primera y segunda evaluación. En conclusión, el sistema acuapónico permitió el establecimiento del cultivo, con la inoculación con *Trichoderma yunnanense*.

Palabras claves: *Fresa (Fragaria), sistema acuapónico, Trichoderma, agricultura sustentable, control biológico*

ABSTRAC

This study evaluated the growth performance of strawberry (*Fragaria*) cultivar Frontera in a low-intensity aquaponic system in symbiosis with *Trichoderma yunnanense*, aiming to analyze its vegetative development under a sustainable agriculture model. The experiment was conducted at Tecnológico Nacional de México, Roque campus, using a completely randomized design with 48 plants; 24 were inoculated with *Trichoderma* and 24 served as non-inoculated controls. Growth variables including plant height, stem diameter, number of leaves, and flowering were assessed over a six-week period. Analysis of variance showed that the evaluation date had a significant effect on plant height, stem diameter, and leaf number ($p<0.05$ and $p<0.01$). However, *Trichoderma*

treatment and the interaction between date and treatment were not statistically significant. Mean comparisons revealed a reduction in growth parameters between the first and second evaluations. In conclusion, the aquaponic system supported crop establishment, although *Trichoderma yunnanense* inoculation.

Keywords: Strawberry (*Fragaria*), aquaponic system, *Trichoderma*, sustainable agriculture, biological control.

INTRODUCCIÓN

La fresa (*Fragaria)* es una planta perene de la familia rosacea, valorada por su contenido nutricional, es uno de los frutos rojos con mayor importancia a nivel mundial debido a su sabor, valor nutricional y demanda en fresco e industria. México se posiciona como el tercer productor mundial, con 700 mil toneladas en el año 2025; Siendo Baja California, Michoacán y Guanajuato los principales estados productores, (*Blueberries Consulting,* 2025). Las variedades comerciales más utilizadas son Camarosa, Festival y Albion, clasificadas por su respuesta al fotoperiodo en día corto y día neutro, sin embargo para este proyecto utilizamos la variedad Frontera que tiene el mismo ciclo que las otras variedades comerciales. La producción enfrenta retos fitosanitarios importantes, principalmente hongos como *fusarium, Phytophthora y Verticillium* que reducen rendimiento y calidad (Ficha técnica Frontera 1, s.f.).

La acuaponía combina acuicultura e hidroponía, donde los desechos de los peces son transformados por bacterias nitrificantes en nutrientes para las planta, este sistema biointegrador de recirculación, es una alternativa sustentable porque reduce hasta 90% el uso de agua comparado con agricultura tradicional y elimina el uso de fertilizantes sintéticos. En cultivos hortícolas como lechuga y albahaca ha mostrado resultados positivos, sin embargo, su implementación en frutillas como la variedad de fresa que se transplantó es reciente y presenta desafíos por la alta demanda nutrimental del cultivo. Este sistema acuapónico incluye un estanque de peces, biofiltros y tubos de cultivo, que funcionan en un ciclo cerrado y eficiente (Portillo, s.f.). El estudio de Fernandez-Cabanas et al., 2022, evalúa la producción temprana de fresa en sistemas acuapónicos utilizando bandas hidropónicas comerciales. Analiza el desempeño del cultivo dentro de un sistema de economía circular, destacando la eficiencia en el uso de recursos y la viabilidad técnica del sistema. Concluye que la acuaponía puede ser una alternativa sostenible para la producción de fresa bajo condiciones controladas. En otro estudio se evaluó el cultivo de fresa en sistemas acuapónicos con diseño factorial, analizando el efecto de la suplementación con boro y el uso de sustrato. Se analizaron parámetros de crecimiento y composición mineral. Los resultados muestran que el sistema acuapónico puede sostener el desarrollo del cultivo y modificar la composición nutrimental del fruto dependiendo del manejo del sistema, Romano & Fischer, 2022.

Trichoderma yunnanense es un hongo benéfico que actúa como agente de control biológico, que mejora el crecimiento vegetal y protege contra patógenos. Este es un hongo benéfico de vida libre. Tambien, actúa por micoparasitismo, antibiosis, competencia por espacio/nutrientes e inducción de resistencia sistémica en la planta. En fresa se ha reportado que *T. harzianum* y *T. asperellum* reducen la incidencia de *Fusarium oxysporum* y *Botrytis cinerea* además de incrementar biomasa, contenido de clorofila y rendimiento de fruto. Su uso en sistemas acuapónicos es poco estudiado, pero representa una alternativa para manejar patógenos sin químicos (Revista Cultivar, s.f.). En un estudio se evaluó varias especies de *Trichoderma* contra patógenos causantes de pudrición de raíz en fresa (*Fusarium*, *Rhizoctonia*, *Macrophomina*). Los tratamientos redujeron significativamente la incidencia y severidad de la enfermedad, además de mejorar parámetros de crecimiento y rendimiento, (El-Fiki & Ahmed, 2017), por lo tanto el objetivo de este trabajo fue conocer como se desarrolla la fresa (*fragaria*) variedad Frontera en un sistema acuapònico y la importancia del uso de microorganismos benéficos como Trichoderma representan una alternativa innovadora. Este trabajo analiza la integración de ambos enfoques en el cultivo de la fresa, destacando sus beneficios, funcionamiento y relevancia actual, para apoyar a la agricultura organica sostenible y sustentable, dandole una otra alternativa mas para la soberania agroalimentaria.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente proyecto se realizo dentro de las instalaciones del Tecnológico Nacional de Mexico, campus Roque es una institución de educación superior localizado en Roque, en Celaya, Gto; en una area compartida con el CETAC (Centro de Estudios Tecnológico de Aguas Continentales).,en un sistema acuapònico de baja intensidad (SABI), en el cuál se sembraron 48 plantas de fresa (*fregaria)* de la variedad Frontera, en vasos de 8 onzas a los cuales se les hicieron orificios y se les agregó tres tipos de sustratos que fueron tezontle, fibra de coco y perlita, posteriomente se transplantó la fresa en un diseño experimental completamente al azar en donde 24 plantas se inocularon con *trichoderma yunnanense* y 24 plantas se les dejaron sin el hongo y de ahi se hicieron observaciones fenológicas un día a la semana por las siguientes tres semanas para contabilizar su crecimiento y desarrollo, posteriormente se realizó una segunda inoculación y se repitio el proceso de observacion fenológica.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de varianza (ANOVA) permitió evaluar el efecto de la fecha de evaluación, el tratamiento con *Trichoderma yunnanense* y su interacción, sobre las variables de crecimiento: altura de planta, grosor de tallo, número de hojas y presencia de floración.

Cuadro 1. Análisis de Varianza wn wl desarrollo de fresa variedad Frontera con agua de acuaponía.

Fuente	gl	Altura planta	Grosor tallo	Hojas	Flor
Fecha	1	21615.13031**	109.3369016*	564.7567233**	0.08148893ns
Tratamiento	1	1199.23724ns	3.8208762ns	0.5529016ns	0.08148893ns
Fecha*Tratamiento	1	490.22138ns	2.9882647ns	21.2535386ns	0.08148893ns

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).

Se observaron diferencias altamente significativas entre fechas para las variables altura de planta ($p<0.01$) y número de hojas ($p<0.01$), así como diferencias significativas en grosor de tallo ($p<0.05$). En contraste, la variable floración no presentó diferencias significativas ($p>0.05$). El factor tratamiento no mostró efecto estadísticamente significativo en ninguna de las variables evaluadas, al igual que la interacción fecha × tratamiento.

Cuadro 2. Comparación de medias por fecha en el cultivo de fresa variedad frontera.

Fecha	Altura planta	Grosor tallo	Hojas	Flor
1	93.363 a	4.990 a	17.375 a	2.18 a
2	58.950 b	2.547 b	11.853 b	2.00 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.

En la comparación de medias por fecha, se identificó que en la primera evaluación las plantas presentaron valores superiores en altura (93.36), grosor de tallo (4.99) y número de hojas (17.37), en comparación con la segunda evaluación, donde se registraron valores menores (altura: 58.95; grosor: 2.54; hojas: 11.85). En el caso de la floración, no se detectaron diferencias estadísticamente significativas entre fechas. Cuadro 2

Cuadro 3. Comparación de medias por tratamiento en el desarrollo de fresa variedad frontera.

Fecha	AP	GT	H	F
TE	82.436 a	4.156 a	15.056 a	2.3750 a
T1	72.924 a	3.595 a	14.632 a	2.0000 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.

Respecto a la comparación de medias por tratamiento, no se observaron diferencias significativas entre las plantas inoculadas con *Trichoderma* (TE) y las plantas sin inoculación (T1). Aunque numéricamente el tratamiento TE presentó valores ligeramente superiores en altura, grosor de tallo, número de hojas y floración, estas diferencias no fueron estadísticamente significativas. Cuadro 3.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Segun Mixquititla-Casbis et al. (2020), que hace una evaluacion del cultivo de la fresa en acuaponia el indica que en el resultado de varianza hay un efecto positivo sobre las diferentes variables de crecimiento en el cual coincide con las mediciones que se dieron a lo largo de su tratamiento esto nos dice que los resultados son similares a las variables que se utilizaron en este caso las cuales fueron altura de planta ,grosor de tallo, altura de tallo y numero de hojas estas obtuvieron resultados positivos ya que en este caso se utilizo *trichoderma yunnanense,* ademas auque no se muestrea estadisticamente se obtuvieron varios frutos.

El cultivo de fresa (Fragaria) variedad Frontera en sistema acuapónico de baja intensidad mostró un desarrollo vegetativo influenciado principalmente por el factor temporal. De acuerdo a los resultados sugieren que el sistema acuapónico es viable para el establecimiento del cultivo, y que la integración de microorganismos benéficos representa una estrategia potencial dentro de modelos de agricultura sustentable. Se recomienda ampliar el tiempo de evaluación, incluir variables de rendimiento y análisis microbiológicos del sustrato y agua, con el fin de determinar con mayor precisión el impacto de la simbiosis entre el sistema acuapónico y *Trichoderma* en el desarrollo y productividad del cultivo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Blueberries Consulting. (2025, febrero 11). *Se prevé que la producción de berries de México aumente en 2025 y las exportaciones alcancen las 752 mil toneladas métricas*. Blueberries Consulting. https://blueberriesconsulting.com/se-preve-que-la-produccion-de-berries-de-mexico-aumente-en-2025-y-las-exportaciones-alcancen-las-752-mil-toneladas-metricas/

El-Fiki, I. A. I., & Ahmed, M. F. A. (2017). Effect of biological control of root rot diseases of strawberry using *Trichoderma* spp. *Research Journal of Applied Sciences, 7*(3), 482–492.

Fernandez-Cabanas, V. M., Delgado, A., Lobillo-Eguíbar, J. R., & Pérez-Urrestarazu, L. (2022). Early production of strawberry in aquaponic systems using commercial hydroponic bands. *Aquacultural Engineering, 97*, 102242. https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2022.10224

Ficha técnica frontera 1. (s. f.). Scribd. https://es.scribd.com/document/744496572/FICHA-TECNICA-FRONTERA-1

Mixquititla-Casbis, G., Villegas-Torres, O. G., Andrade-Rodríguez, M., Sotelo-Nava, H., & Cardoso-Taketa, A. T. (2020). *Crecimiento, rendimiento y calidad de fresa por efecto del régimen nutrimental*. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, 11(6), 1337-1348. https://doi.org/10.29312/remexca.v11i6.2329

Portillo, G. (s.f.). *Descubre el potencial de la acuaponía: cómo funciona y sus beneficios*. Renovables Verdes. https://www.renovablesverdes.com/acuaponia/

Revista Cultivar. (s.f.). *Trichoderma yunnanense*. Revista Cultivar. https://revistacultivar-es.com/fitossanidade/trichoderma-yunnanense

Romano, N., & Fischer, H. (2022). Aquaponic production of strawberries and their mineral and sugar composition when supplemented with or without boron and cultured with or without media. *Preprints*. https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-1939072/v1