

Biofertilizantes en el crecimiento de estragón (*Artemisia dracunculus* L.) en condiciones de invernadero

Yonger Tamayo-Aguilar¹, Porfirio Juárez-Lopez^{1,*}, José Antonio Chávez-García¹, Irán Alia-Tejacal, Dagoberto Guillén-Sánchez¹, Jesús Orlando Pérez-González², Víctor López-Martínez¹ y María Claudia Rueda-Barrientos¹

¹ Posgrado en Ciencias Agropecuarias y Desarrollo Rural. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Autónoma del Estado de Morelos. Avenida Universidad 1001, Cuernavaca, Morelos, México. CP. 62210

² Universidad Tecnológica del Sur del Estado de Morelos. Carretera Puente de Ixtla- Mazatepec, km 2.35, Col, 24 de febrero, Morelos, México. CP. 62665

Resumen

El estragón (*Artemisia dracunculus* L.) es una planta perenne y aromática con potencial de producción en México. El objetivo fue evaluar el efecto simple y combinado de *Trichoderma harzianum*, *Bacillus subtilis* y *Glomus cubense* en el crecimiento de estragón en condiciones de invernadero. Se utilizó un diseño completamente al azar con seis repeticiones. Los tratamientos fueron: 1) Testigo (sin inoculaciones), 2) *Trichoderma harzianum*, 3) *Bacillus subtilis*, 4) *Glomus cubense*, 5) *Trichoderma harzianum* + *Bacillus subtilis*, 6) *Trichoderma harzianum* + *Glomus cubense*, 7) *Bacillus subtilis* + *Glomus cubense*, 8) *Trichoderma harzianum* + *Bacillus subtilis* + *Glomus cubense*. Se midió el efecto acumulado en el crecimiento de estragón, a través de tres cortes de tallos comerciales, en los que se evaluó: biomasa fresca y seca, área foliar, número de tallos comerciales, longitud y grosor de los tallos, largo y ancho de las hojas, lecturas SPAD y la extracción de N, P, K, Ca y Mg. Las plantas de estragón coinoculadas con *T. harzianum* + *G. cubense* tuvieron un incremento de 66 % en el crecimiento con respecto al testigo y de 53 % en comparación con inoculaciones simples y el tratamiento con los tres microorganismos. Además, se obtuvo un incremento de 57 % en el crecimiento de las plantas con la combinación de *T. harzianum* + *B. subtilis* respecto al testigo y un aumento de 33 % con el resto de los tratamientos. Los biofertilizantes *T. harzianum* + *G. cubense* y *T. harzianum* + *B. subtilis*, pueden ser una alternativa para el manejo orgánico de estragón.

Palabras clave: *Trichoderma harzianum*, *Bacillus subtilis*, *Glomus cubense*, bioinoculantes, planta aromática.

Biofertilizers in the growth of tarragon (*Artemisia dracunculus* L.) under greenhouse conditions

Abstract

Tarragon (*Artemisia dracunculus* L.) is a perennial and aromatic plant with production potential in Mexico. The objective was to evaluate the simple and combined effect of *Trichoderma harzianum*, *Bacillus subtilis* and *Glomus cubense* on the growth of tarragon under greenhouse conditions. A completely ran-

* Autor para correspondencia: porfirio.juarez@uaem.mx

domized design with six replications was used. The treatments were: 1) Control (without inoculations), 2) *Trichoderma harzianum*, 3) *Bacillus subtilis*, 4) *Glomus cubense*, 5) *Trichoderma harzianum* + *Bacillus subtilis*, 6) *Trichoderma harzianum* + *Glomus cubense*, 7) *Bacillus subtilis* + *Glomus cubense*, 8) *Trichoderma harzianum* + *Bacillus subtilis* + *Glomus cubense*. The cumulative effect on the growth of tarragon was measured through three cuts of commercial stems, in which it was evaluated: fresh and dry biomass, leaf area, number of commercial stems, length and thickness of the stems, length and width of the leaves, SPAD readings and the extraction of N, P, K, Ca and Mg. The tarragon plants co-inoculated with *T. harzianum* + *G. cubense* had an increase of 66 % in growth with respect to the control and of 53 % in comparison with simple inoculations and the treatment with the three microorganisms. In addition, a 57 % increase in plant growth was obtained with the combination of *T. harzianum* + *B. subtilis* compared to the control and a 33 % increase with the rest of the treatments. The biofertilizers *T. harzianum* + *G. cubense* and *T. harzianum* + *B. subtilis*, can be an alternative for the organic management of tarragon.

Keywords: *Trichoderma harzianum*, *Bacillus subtilis*, *Glomus cubense*, bioinoculants, aromatic plant.

Introducción

Las hierbas aromáticas y medicinales (HAM s) dentro del sector agrícola tienen un rol importante en el bienestar social y económico de los productores. Estas especies se han destacado en las últimas décadas por sus aceites esenciales en la industria de la perfumería, por sus productos nutracéuticos en la farmacéutica y también con productos frescos y secos en la industria alimenticia; para muchos países son fuentes de prevención y primeros auxilios de enfermedades, además de ser utilizados en costumbres culinarias por la población (Juárez-Rosete et al., 2013; Ramírez Monsalve et al., 2019).

Entre 60 % y 80 % de las personas en países en desarrollo, dependen de medicinas tradicionales o populares a base de HAM s para satisfacer sus necesidades de atención médica. India y China son los países con mayor uso en sus sistemas tradicionales de medicina y cocina oriental con alrededor de 7000 y 5000 especies, respectivamente (Farnsworth y Soejarto, 1991; Balick et al., 1996). En los últimos años, los estudios de mercado han demostrado que existe una tendencia creciente en los productos derivados de las HAM s (Niazian et al., 2019). De acuerdo con Zengin et al. (2018), de los 252 medicamentos básicos y

esenciales considerados por la Organización Mundial de la Salud (OMS), 11 % son exclusivamente de origen de las HAM s.

México cuenta con alto potencial para la producción de hierbas finas, entre las cuales está el estragón (*Artemisia drancunculus* L.) también conocido como tarragón o dragoncillo; es una especie aromática que se utiliza tanto en fresco como en seco en la cocina a nivel global (Villegas Espinoza et al., 2013). De acuerdo con reportes de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) los estados de Baja California y Baja California Sur son los más destacados en la producción de esta hierba fina con un rendimiento que oscila entre 2,8 t ha⁻¹ y 3,16 t ha⁻¹ y un valor de la producción entre 60.523 y 90.950 pesos por tonelada, de exportación en fresco, congelada y deshidratada, esta última es la preferida por el mercado (CONAGUA, 2018 y 2019).

Por otra parte, las plantas han desarrollado numerosas estrategias para hacer frente a los diversos cambios bióticos y abióticos en su hábitat de crecimiento. Una de ellas son las relaciones simbióticas mutualistas benéficas que establecen con los biofertilizantes microbianos (Rivera et al., 2020), que al interactuar con el hospedero estimulan los procesos fisiológicos de las plantas reflejados en el rendimiento por unidad de superficie, y que re-

presentan alternativas sustentables en la nutrición de los cultivos encaminada hacia una agricultura rentable y ecológica (Tamayo-Aguilar et al., 2020).

Las interacciones simbióticas de los microorganismos rizosféricos al promover el volumen radical, permiten una mayor absorción y traslocación de agua y nutrientes esenciales, asimismo, actúan en la solubilización de magnesio, fósforo, hierro y manganeso, como promotores del crecimiento vegetal e inductores de resistencia contra factores bióticos y abióticos, entre otras funciones (Hernández-Melchor et al., 2019a,b; Chiquito-Contreras et al., 2020).

El uso de los microorganismos benéficos integrados por hongos micorrízicos arbusculares (HMA), *Trichoderma harzianum* y *Bacillus subtilis* dentro del manejo orgánico en el cultivo del estragón, podría ser una alternativa viable para disminuir enfermedades e incrementar el crecimiento y la producción por unidad de superficie de esta hierba aromática reduciendo el uso de fertilizantes sintéticos. Por lo anterior, el objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto simple y combinado de *Trichoderma harzianum*, *Bacillus subtilis* y *Glomus cubense* en el crecimiento de estragón en condiciones de invernadero.

Material y métodos

La investigación se desarrolló en un invernadero tipo túnel con cubierta plástica de color blanquecino con 30 % de sombreo y con mallas antiáfidos en las paredes laterales, ubicado en la Facultad de Ciencias Agropecuarias del Estado de Morelos, localizada en Cuernavaca, Morelos, México (18° 58' 51" N, 99° 13' 55" O) a una altitud de 1,866 m. Durante la etapa experimental, se registraron los datos climáticos con un registrador de datos ambientales (Hobo®, modelo MX2301A); la temperatura promedio fue de 22,41 °C y 52,98 % de humedad relativa, respectivamente.

Trasplante y aplicación de los biofertilizantes

El trasplante se realizó el 1 de marzo 2020 en macetas de plástico de 20,32 cm que contenían 2,8 kg de suelo agrícola. Se utilizaron esquejes enraizados de estragón de 10 cm de altura producidas en bandejas de unisel de 200 cavidades, adquiridas en la empresa Fusión Mexicana Agropecuaria S.A. de C.V. ubicada en Jojutla de Juárez, Morelos. El suelo que se usó en el experimento se obtuvo a profundidad de 0-20 cm en la empresa antes mencionada, tenía textura arcillo limoso, con las siguientes características químicas: 6,32 de pH; capacidad de intercambio catiónico (CIC) alta de 27,1 mEq 100 g⁻¹, contenidos normales de: materia orgánica (MO) 2,3 %; conductividad eléctrica (CE) 2,7 dS m⁻¹; nitrógeno total 0,6 y fósforo disponible (Bray-Kurtz) 5,1 ppm, contenidos altos: 7,4 cmol kg⁻¹; 107,0 cmol kg⁻¹ y 14,7 cmol kg⁻¹ de K, Ca y Na, respectivamente, presencia baja de: 9,0 cmol kg⁻¹ de Mg y normales: 0,03 cmol kg⁻¹; 0,07 cmol kg⁻¹; 0,04 cmol kg⁻¹ y 0,39 cmol kg⁻¹ de Cu, Mn, Zn y B, respectivamente. El suelo se esterilizó por solarización (Katan y Gamliel, 2012), para esto, se cubrió con plástico transparente y se expuso a la luz solar durante 30 días. La inoculación de las plántulas de estragón con las especies *T. harzianum* y *B. subtilis* obtenida en la Universidad Tecnológica del Sur del Estado de Morelos (UTSEM), se realizó alrededor del pie del tallo, las cuales previo a la inoculación se conservaron en medios de cultivos PDA y agar nutriente a una temperatura de 25 ± 2 °C; la primera inoculación se realizó en el momento del trasplante y 30 días después, a concentración de 1 x 10⁵ esporas mL⁻¹ y 1 x 10⁵ bacterias mL⁻¹ preparada con agua destilada estéril en un vaso de precipitado de 1000 mL, posteriormente aplicada con un spray modelo Batlle 730061UNID de 1000 mL que garantizó la uniformidad de la aplicación en todas las plantas. La especie *G. cubense* con 70 esporas gramo⁻¹ de inoculante y 50 % de colonización radical, no tóxico y libre de pa-

tógenos obtenidas a través del Consejo Estatal de Fertilizantes Orgánicos (CEFO) ubicado en el estado de Oaxaca, México, se preparó en un recipiente plástico en el cual se sumergieron las raíces en una pasta fluida del inoculante micorrícico con una dosis de 0,5 kg ha⁻¹ del producto por 800 mL de agua destilada en el momento del trasplante (Fernández et al., 2000).

Riego y nutrición mineral

Se aplicó el riego a cada maceta con 1 L de solución nutritiva de Steiner al 50 % de concentración, cada dos días. La solución se preparó a partir de fertilizantes comerciales solubles: Ca(NO₃)₂, KNO₃, MgSO₄, K₂SO₄ y KH₂PO₄ (Steiner, 1984). El pH de la solución

nutritiva se ajustó entre 5,5 y 5,7 con ácido sulfúrico al 95 %. Como fuente de micronutrientes se utilizó el producto ultrasol Micro Mix, SQM® a dosis de 20 g por cada 500 L de solución nutritiva.

Diseño experimental y tratamientos

Se utilizó un diseño completamente al azar con seis repeticiones. Los tratamientos fueron: 1) Testigo (sin inoculaciones), 2) *Trichoderma harzianum*, 3) *Bacillus subtilis*, 4) *Glomus cubense*, 5) *Trichoderma harzianum* + *Bacillus subtilis*, 6) *Trichoderma harzianum* + *Glomus cubense*, 7) *Bacillus subtilis* + *Glomus cubense*, 8) *Trichoderma harzianum* + *Bacillus subtilis* + *Glomus cubense* (Tabla 1). La unidad experimental fue una maceta que contenía una planta de estragón.

Tabla 1. Descripción de los tratamientos.
Table 1. Description of the treatments.

Tratamiento	Concentración de los inóculos
Testigo	Sin inoculaciones
TH	1 x 10 ⁵ UFC mL ⁻¹
BS	1 x 10 ⁵ UFC mL ⁻¹
GC	70 esporas g ⁻¹ de suelo
TH + BS	1 x 10 ⁵ UFC mL ⁻¹ + 1 x 10 ⁵ UFC mL ⁻¹
TH + GC	1 x 10 ⁵ UFC mL ⁻¹ + 70 esporas g ⁻¹ de suelo
BS + GC	1 x 10 ⁵ UFC mL ⁻¹ + 70 esporas g ⁻¹ de suelo
TH + BS + GC	1 x 10 ⁵ UFC mL ⁻¹ + 1 x 10 ⁵ UFC mL ⁻¹ + 70 esporas g ⁻¹ de suelo

UFC = Unidad de formación de colonias. TH = *Trichoderma harzianum*, BS = *Bacillus subtilis*, GC = *Glomus cubense*.

Cosecha de estragón y variables evaluadas

Debido a que el estragón es una planta herbácea perenne, se realizaron tres cortes de todos los tallos en el periodo experimental.

El primer corte fue el 29 de abril de 2020, es decir, 60 días después del trasplante; el segundo corte fue el 24 de mayo y el tercer corte fue el 18 de junio del mismo año. Se seleccionaron con interés comercial, aquellos

tallos que presentaron características de 18 cm a 35 cm de largo, buen vigor, hojas largas y de coloración verde oscura. En ellos, se midieron las variables descritas a continuación para evaluar el efecto acumulado de los tres cortes: número de tallos comerciales. La longitud del tallo se determinó con una regla de 0,01 cm de precisión, desde la base del tallo hasta el ápice. El grosor del tallo se determinó 1 cm por encima del corte del tallo comercial con un vernier digital (Traceable® Modelo 97152-16, USA). El largo y ancho de las hojas, se midieron por debajo del primer entrenudo de los tallos cortados con vernier digital. La concentración relativa de clorofila (lecturas SPAD) se determinó con un equipo portátil SPAD (Minolta® Modelo 502 Plus, Japón) en hojas maduras y extendidas. El área foliar se determinó al quitar todas las hojas de la rama o tallo y fueron colocadas en un medidor de área foliar (LI-COR® Modelo LI-3100C, USA). El peso de biomasa fresca y seca se obtuvieron con una balanza digital (OHAUS® Modelo Scout Pro SP401, USA), en cada corte de tallos comerciales, separando hojas y tallos. Una vez obtenido el peso fresco, los órganos antes mencionados se colocaron en bolsas de papel estraza, en una estufa con circulación de aire forzado (Luzeren® Modelo DHG9070A, China) a 60 °C, durante tres días, para obtener el peso seco. Posteriormente en cada órgano se determinó la concentración de los macronutrientes N, P, K, Ca y Mg. Para N se utilizó el método micro-Kjeldahl (Alcántar y Sandoval, 1999), mientras que el P, K, Ca y Mg se realizó mediante digestión húmeda con una mezcla de ácido perclórico y nítrico en relación 2:1 (Alcántar y Sandoval, 1999). El incremento (%) para las variables descritas anteriormente, se estimó con los datos obtenidos de los tratamientos con biofertilizantes y el testigo sin inoculaciones [(tratamientos biofertilizantes – tratamientos sin inoculaciones) /tratamientos sin inoculaciones] × 100. La extracción de macronutrientes se obtuvo a

partir de la biomasa seca de cada órgano (hojas y tallos) y sus correspondientes concentraciones de cada macroelemento considerado (% N, P, K, Ca y Mg) por la siguiente fórmula:

Extracción de macronutrientes (kg ha⁻¹) = [Materia seca (MS) parte aérea (g planta⁻¹) x concentración (%) del elemento en la MS de la parte aérea] × 10.

Análisis estadístico

Los análisis estadísticos se realizaron con el software estadístico IBM SPSS® Statistics para Windows vs 25 (IBM Corp, Armonk, Nueva York, USA). Se comprobó la normalidad y homogeneidad de varianza mediante el test de Levene y Kolmogorov-Smirnov. Posteriormente, se procedió al análisis de varianza y a la prueba de comparación de medias de Tukey ($p \leq 0,05$).

Resultados y discusión

Biomasa fresca y seca

En cuanto a la biomasa fresca y seca de estragón, hubo diferencias ($p \leq 0,05$) en los tratamientos evaluados (Figura 1). En la biomasa fresca hubo incremento del 55 % y 46 % en plantas coinoculadas con *T. harzianum* + *G. cubense* y *T. harzianum* + *B. subtilis* en comparación al testigo, respectivamente; asimismo, estas combinaciones presentaron aumento del 20 % con respecto a los demás tratamientos. La biomasa seca presentó un incremento del 90 % y 72 % con las combinaciones anteriormente mencionadas con respecto al testigo, respectivamente.

Los resultados sugieren que los inoculantes incrementan las funciones metabólicas relacionadas con el crecimiento y desarrollo de las plantas, al interactuar directamente con la

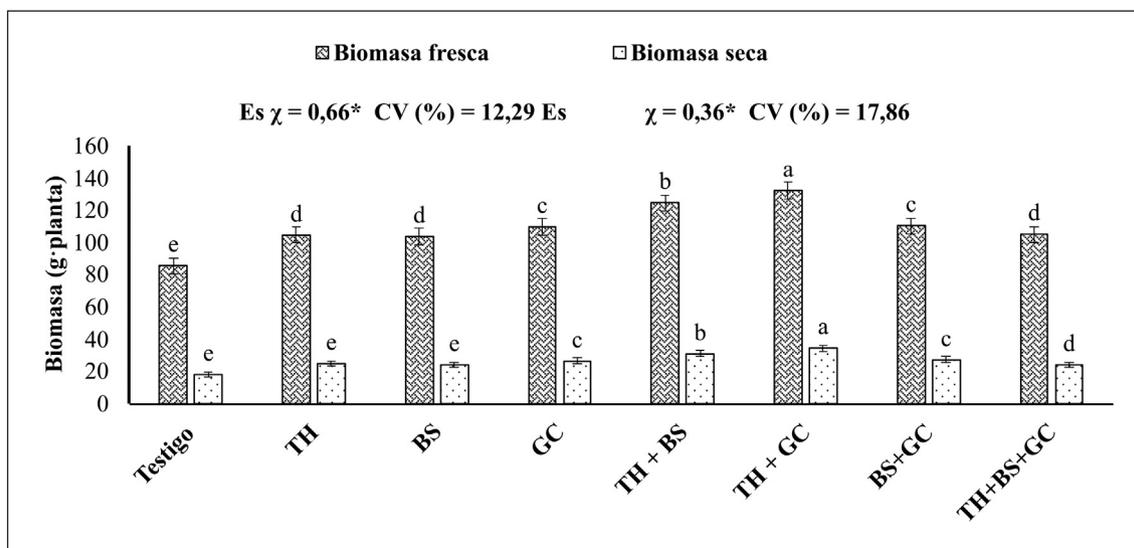


Figura 1. Biomasa fresca y seca de plantas de estragón.

TH = *Trichoderma harzianum*; BS = *Bacillus subtilis*; GC = *Glomus cubense*; Es χ = error estándar de la media; CV = Coeficiente de variación. Las barras indican error estándar. Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas según prueba de rangos múltiples de Tukey ($p \leq 0,05$).

Figure 1. Fresh and dry biomass of tarragon plants.

TH = *Trichoderma harzianum*; BS = *Bacillus subtilis*; GC = *Glomus cubense*; Es χ = standard error of the mean; CV = coefficient of variation. Bars indicate standard error. Different letters in the same column indicate significant differences according to Tukey's multiple range test ($p \leq 0.05$).

rizosfera y estimular la asimilación de algunos nutrientes esenciales para su crecimiento (Tamayo-Aguilar et al., 2020).

Eke et al. (2016) plantearon que las aplicaciones de microorganismos en plantas se pueden realizar con una sola especie determinada, sin embargo, la aplicación de consorcios o la inoculación combinada de estos simbioses son más eficientes para la promoción del crecimiento, efectos antagonistas y productividad de las plantas. No obstante, consideran que la eficiencia de un consorcio o la coinoculación entre ellos depende de la interacción intraespecífica y simbiótica de los microorganismos y el huésped involucrado. Álvarez et al. (2018) indican que los inóculos microbianos coinoculados o aplicados en con-

sorcios en plantas vegetales, favorece su crecimiento a través de los múltiples beneficios que les proporcionan; sin embargo, los efectos entre los inóculos son diferentes, acorde a la naturaleza de cada uno de ellos y la función que realiza en el metabolismo de las plantas.

Por otra parte, el resultado ascendente de la biomasa en los tratamientos coinoculados (*T. harzianum* + *G. cubense*; *T. harzianum* + *B. subtilis*) pudo deberse a la especificidad de los microorganismos en su acción simbiótica con las plantas de estragón, aunado con cortes de los tallos comerciales realizados escalonadamente durante la etapa experimental, con un coeficiente de variación entre el 87,71 % y 82,14 %, respectivamente. Estos argumentos coinciden con lo reportado por

Chiquito-Contreras et al. (2019), quienes encontraron que la inoculación mixta entre micorrizas y la bacteria *Stenotrophomonas rhizophila* estimulan los procesos funcionales que intervienen en el crecimiento morfológico de las plantas.

Por su parte, Riahi et al. (2020) observaron que las bacterias promotoras del crecimiento vegetal (PGPR) mejoraron significativamente los parámetros relacionados con el crecimiento, la biomasa de hojas y raíces en comparación con el control, en plantas de *Pelargonium graveolens* L'Hér. Además, reportaron un incremento en el peso de la biomasa con la inoculación dual de las rizobacterias en comparación al testigo, efectos atribuidos a la producción de sideróforos, solubilización de minerales y difusión de sustancias que promueven el crecimiento directo de las plantas.

Área foliar

En el área foliar de estragón hubo diferencias ($p \leq 0,05$) entre los tratamientos evaluados (Figura 2). Los tratamientos *T. harzianum*, *B. subtilis* y la combinación de los tres microorganismos no mostraron diferencias entre sí, de igual manera se comportó *G. cubense* y la coinoculación de *B. subtilis* + *G. cubense*. Sin embargo, se observó una tendencia ascendente del área foliar con la interacción sinérgica entre la coinoculación de *T. harzianum* + *G. cubense* y *T. harzianum* + *B. subtilis* del 83 % y 74 %, respectivamente, en comparación al testigo.

Estos resultados indican que se estableció la simbiosis tripartita entre el hongo-bacteria y hospedero, la cual podría influir en la capacidad de las plantas de absorber del suelo agua y ma-

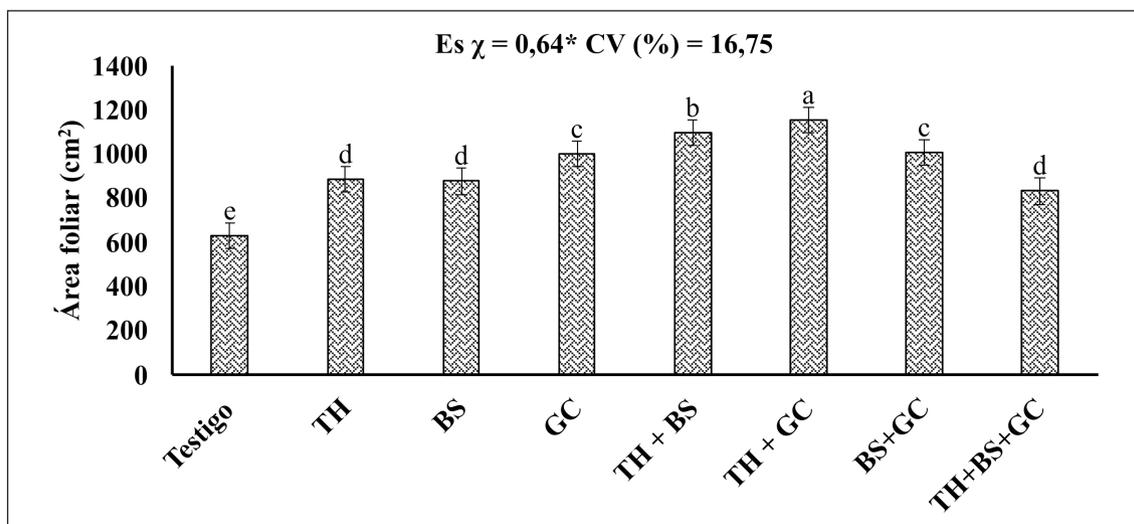


Figura 2. Área foliar de plantas de estragón.

TH = *Trichoderma harzianum*; BS = *Bacillus subtilis*; GC = *Glomus cubense*; Es χ = error estándar de la media; CV = Coeficiente de variación. Las barras indican error estándar. Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas según prueba de rangos múltiples de Tukey ($p \leq 0,05$).

Figure 2. Leaf area of tarragon plants.

TH = *Trichoderma harzianum*; BS = *Bacillus subtilis*; GC = *Glomus cubense*; Es χ = standard error of the mean; CV = coefficient of variation. Bars indicate standard error. Different letters in the same column indicate significant differences according to Tukey's multiple range test ($p \leq 0.05$).

cronutrientes como el nitrógeno, fósforo, potasio y microelementos, sumado a la producción de metabolitos que producen los microorganismos (enzimas, compuestos promotores del crecimiento vegetal, ácidos orgánicos, entre otros). En este sentido, Leal-Almanza et al. (2018) indican que *Trichoderma* spp. y otras especies de hongos benéficos propios de la rizosfera, benefician el desarrollo radical, la producción de ácidos orgánicos y metabolitos secundarios que interactúan en la estimulación del crecimiento vegetal.

Esquivel-Quispe (2020), al evaluar el efecto de diferentes consorcios de hongos micorrízicos arbusculares en especies anuales y perennes, concluyó que el incremento de los indicadores evaluados se debió a los procesos microbiológicos y ecológicos que las micorizas desarrollaron en el suelo, en simbiosis con la planta huésped, debido a las acciones que ejercen en la descomposición, reciclado y asimilación de nutrientes minerales. Asimismo, Rivera et al. (2020) indican que el área foliar de *Pennisetum purpureum* y *Nicotiana tabacum* L. aumentó gracias a los beneficios que los inoculantes micorrízicos ejercen en las plantas micorrizadas expuestas a diferentes condiciones edáficas y ambiente.

En relación a las respuestas contrastantes entre los tratamientos inoculados, pudo deberse a que los microorganismos benéficos no siempre tienen las mismas respuestas en plantas, debido a la funcionalidad y principios de cada uno de ellos con el hospedero y el medio edáfico; sin embargo, cuando son combinados correctamente, son más eficientes en el crecimiento de las plantas (Tian et al., 2020).

Variables morfológicas

Se encontraron diferencias ($p \leq 0,05$) entre las variables morfológicas de las plantas de estragón inoculadas con microorganismos benéficos (Tabla 2). Para todas las variables, el mejor tratamiento fue la coinoculación de *T.*

harzianum + *G. cubense* con un incremento promedio de 25 %, seguido de *T. harzianum* + *B. subtilis*, con un aumento de 17 % en comparación con los demás tratamientos. *G. cubense* y la combinación de *B. subtilis* + *G. cubense* mostraron una respuesta similar en las variables evaluadas. La aplicación conjunta de los tres biofertilizantes (*T. harzianum*, *B. subtilis* y *G. cubense*) y los tratamientos de *T. harzianum* y *B. subtilis* fueron estadísticamente similares entre ellos. Al mismo tiempo, en todas las variables se reflejó que la aplicación de los microorganismos superó al tratamiento control. En este orden, la estimulación de brotes nuevos, debido a los tres cortes escalonados de tallos comerciales durante el desarrollo del experimento y los beneficios de *T. harzianum* + *G. cubense* y *T. harzianum* + *B. subtilis*, son combinaciones que permiten aumentar en número y calidad comercial los tallos de estragón. Estos resultados coinciden con los parámetros ya descritos en las Figuras 1 y 2. La simbiosis que existió entre los inoculantes y el huésped, propiciaron el intercambio de sustancias entre ellos, donde las plantas absorben agua y minerales del suelo captados a través de las estructuras de los microorganismos, mientras que este último obtiene compuestos carbonados producto de la fotosíntesis de las plantas, lo que coincide con Arango et al. (2012) quienes indicaron que las plantas aromáticas son beneficiadas con las inoculaciones de los microorganismos benéficos (hongos y bacterias) al incrementar su rendimiento de biomasa aérea y el contenido de aceites esenciales, en comparación con plantas no inoculadas. En contraste, la selección no adecuada de rizobacterias en un cultivo, puede inhibir el crecimiento provocado por la deficiencia o exceso de la concentración de fitohormonas, comportamiento similar con la especificidad entre los hongos benéficos, la planta y el suelo (Rivera et al., 2020).

Los resultados del presente estudio son similares a los reportados por Chiquito-Contreras

Tabla 2. Variables morfológicas evaluadas en estragón.
Table 2. Morphological variables evaluated in tarragon.

Tratamiento	Número de tallos comerciales	Longitud del tallo (cm)	Grosor del tallo (mm)	Largo de hojas (mm)	Ancho de hojas (mm)
Testigo	15,88 e	23,27 e	3,69 e	52,85 f	6,39 e
TH	18,14 d	26,96 d	4,32 d	64,92 de	7,34 d
BS	18,20 d	26,48 d	4,21 d	62,43 e	7,26 d
GC	20,45 c	28,81 c	4,65 c	68,00 cd	7,58 c
TH + BS	23,74 b	33,08 b	5,09 b	77,32 b	8,07 b
TH + GC	25,98 a	32,27 a	5,63 a	82,20 a	8,52 a
BS+ GC	20,46 c	28,59 c	4,70 c	69,47 c	7,65 c
TH + BS + GC	18,20 d	26,35 d	4,37 d	63,21 e	7,35 d
Es χ	0,62*	0,47*	0,07*	1,14*	0,38*
CV (%)	15,95	13,05	12,38	13,00	7,92

TH = *Trichoderma harzianum*; BS = *Bacillus subtilis*; GC = *Glomus cubense*; Es χ = error estándar de la media; CV = Coeficiente de variación. Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas según prueba de rangos múltiples de Tukey ($p \leq 0,05$).

et al. (2019) en plantas de *Ocimum basilicum* L. inoculadas con micorrizas y bacterias, donde encontraron un aumento de todas las variables morfológicas con la combinación de ambos microorganismos comparado con el tratamiento control.

En este contexto, Mohamed et al. (2019), en un ensayo realizado en condiciones de invernadero, demostraron el efecto de las inoculaciones únicas o combinadas de micorrizas, *Bacillus subtilis* y *Pseudomonas fluorescens* en *Phaesolus vulgaris* L. Estos autores refieren que los tratamientos combinados con los microorganismos resultaron significativos con respecto a los tratamientos individuales para las variables de crecimiento y de componentes del rendimiento; asimismo, la absorción de P y Fe fue estimulada en los tratamientos combinados.

Makarov et al. (2020) mencionan que el crecimiento de las plantas inoculadas con bio-

fertilizantes aumenta exponencialmente con respecto a las plantas no inoculadas, independientemente del medio donde se establezcan, debido al aumento de la actividad de las exoenzimas de los microorganismos que estimulan el metabolismo vegetal.

Concentración relativa de clorofila

La concentración relativa de clorofila en hojas enteras y extendidas de estragón mediante lecturas SPAD (Figura 3) mostró diferencias ($p \leq 0,05$) entre los tratamientos, con un incremento acumulado del 89 % en las plantas inoculadas comparada con el testigo. Se observó un incremento de 69 % y 71 % con las combinaciones de *T. harzianum* + *G. cubense* y *T. harzianum* + *B. subtilis*, respecto a las inoculaciones simples y la aplicación conjunta de los tres inoculantes. Esto indica la afinidad que existió entre el huésped y la

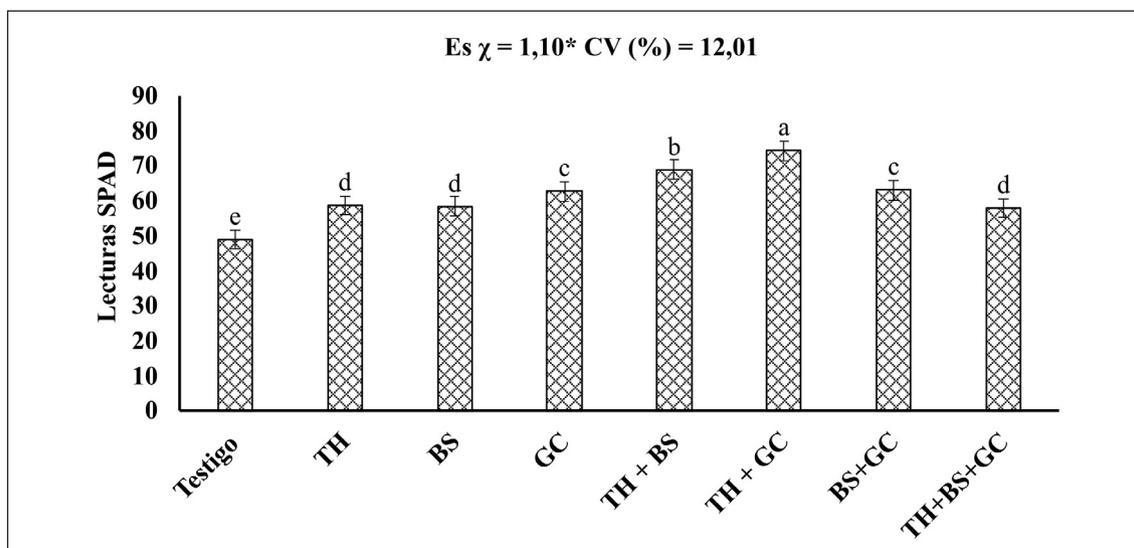


Figura 3. Contenido relativo de clorofila (Lectura SPAD) de las hojas de estragón.

TH = *Trichoderma harzianum*; BS = *Bacillus subtilis*; GC = *Glomus cubense*; Es χ = error estándar de la media; CV = Coeficiente de variación. Las barras indican error estándar. Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas según prueba de rangos múltiples de Tukey ($p \leq 0,05$).

Figure 3. Relative chlorophyll content (SPAD reading) of tarragon plants leaves.

TH = *Trichoderma harzianum*; BS = *Bacillus subtilis*; GC = *Glomus cubense*; Es χ = standard error of the mean; CV = coefficient of variation. Bars indicate standard error. Different letters in the same column indicate significant differences according to Tukey's multiple range test ($p \leq 0.05$).

interacción sinérgica entre los hongos benéficos y la bacteria promotora del crecimiento vegetal que al interactuar con *T. harzianum*, estimularon la captación de los macronutrientes esenciales como el nitrógeno y fósforo importantes en el proceso fotosintético de las plantas (Villarreal- Delgado et al., 2018). Las lecturas SPAD en los tratamientos de *G. cubense* y *B. subtilis* + *G. cubense* fue similar entre ellos, pero superior a las inoculaciones simples. Es evidente que los beneficios de los inoculantes biológicos en las plantas de estragón se vieron reflejados en la concentración de clorofila. Estos resultados coinciden con lo reportado por Vafadar et al. (2014) quienes en plantas de *Stevia rebaudiana* Bertoni encontraron que la inoculación simple de hongos micorrícicos arbuscu-

lares y PGPR, fue superior en todas las variables estudiadas en comparación al testigo. Tales efectos aumentaron de manera significativa con la mezcla de inoculantes compatibles duales con estrecha sinergia entre ellos. Estos mismos autores descartaron el efecto positivo de las combinaciones triples de los inoculantes en comparación con las duales, debido a la competencia entre los microorganismos que pudo reducir sus efectividads simbióticas.

En relación a lo anterior, Chiquito-Contreras et al. (2019) reportaron diferencias significativas en la concentración de clorofila en plantas de albahaca inoculadas con consorcios de micorrizas y PGPR, es decir, esta variable aumenta debido al incremento de la bio-

masa vegetal promovida por los efectos positivos de la inoculación de hongos benéficos y las bacterias.

Choudhary et al. (2019) determinaron que la promoción del crecimiento de las plantas inoculadas con PGPR y HMA, se debe a la sinergia mutualista entre ellos. La síntesis de hormonas producidas por las PGPR, como el ácido indol acético (IAA), citoquinina y giberelinas intervienen en la división, extensión y diferenciación celular. Y, por otro lado, los mecanismos y estructuras de los hongos que penetran en el interior de las células corticales de las raíces actúan como mediadores del intercambio de metabolitos entre el hongo y el citoplasma del huésped.

Parihar et al. (2020) refirieron que la simbiosis micorrízica en plantas inoculadas inicia de forma asimbiótica en condiciones favorables como niveles adecuados de humedad del suelo, pH, fertilidad entre otros, sin el requie-

rimiento de la planta huésped; después, se establece la fase presimbiótica entre las estructuras del hongo y las raíces de las plantas de forma sinérgica; y por último, las hifas del hongo penetran intra y extrarradicalmente en la célula epidérmica de la raíz e inicia el proceso simbiótico. En este sentido, las hifas intrarradicales comienzan a moverse en la célula cortical, mientras que el micelio extrarradical se mueve en la zona rizosférica. Estos argumentos explican a grandes rasgos las respuestas encontradas en el estragón sometidas a inoculaciones simples y combinadas con *G. cubense*.

Extracción de macronutrientes

Se observó que la coinoculación de *T. harzianum* + *G. cubense* en plantas de estragón mostraron valores superiores en la extracción de macronutrientes (Tabla 3), con diferencias ($p \leq 0,05$), seguido por el tratamiento dual de

Tabla 3. Extracción de macronutrientes de estragón.
Table 3. Extraction of macronutrients in tarragon.

Tratamiento	N	P	K	Ca	Mg
Testigo	2,13 e	0,33 e	6,59 e	0,73 f	0,34 e
TH	3,79 d	0,59 d	11,71 d	1,31 e	0,57 d
BS	3,51 d	0,56 d	12,88 d	1,26 e	0,54 d
GC	5,51 c	1,13 c	20,97 c	1,90 d	0,56 d
TH +BS	7,44 b	1,25 b	27,27 b	2,91 b	0,87 b
TH + GC	11,69 a	1,91 a	35,40 a	3,82 a	1,05 a
BS+ GC	5,85 c	1,18 c	21,16 c	2,28 c	0,70 c
TH + BS + GC	5,14 c	1,13 c	21,92 c	2,38 c	0,73 c
Es χ	0,33*	0,01*	1,07*	0,05*	0,01*

TH= *Trichoderma harzianum*; BS= *Bacillus subtilis*; GC= *Glomus cubense*; Es χ = error estándar de la media. Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas según prueba de rangos múltiples de Tukey ($p \leq 0,05$).

T. harzianum + *B. subtilis*. La respuesta encontrada en esta variable coincidió con las descritas anteriormente, con relación a que las plantas de estragón establecieron una relación directa entre las aplicaciones mixtas de los inoculantes (*T. harzianum*, *B. subtilis* y *G. cubense*) a diferencia de las inoculaciones simples y de las combinaciones triples.

La extracción de N y K fueron superiores al resto de los macroelementos, dado a que son partes de los elementos esenciales para las plantas y que se requieren en grandes cantidades para el crecimiento y desarrollo de las plantas. A su vez, se encontró que el elemento potasio fue el más extraído por la especie aromática, lo que pudo estar atribuido por su participación en procesos de la fotosíntesis, la respiración, traslocación de fotosintatos, síntesis de proteínas y activación de enzimas claves para varias funciones bioquímicas en las plantas (Delgado-Ospina et al., 2012). También, los microorganismos a través de sus beneficios directos en las plantas, ejercieron efecto sobre las extracciones de los macronutrientes en estragón, lo que concuerda con criterios que los microorganismos también participan en el suministro y extracción de nutrientes por las plantas (Bordoloi y Shukla, 2020).

Estudios realizados por Delgado-Ospina et al. (2012), indican que la extracción de macronutrientes puede variar de acuerdo a las especies y a las fases fenológicas del cultivo. En este orden, reportaron el K como elemento de mayor requerimiento de extracción foliar y con menores demandas el P y Mg en plantas de *Lippia organoides* H.B.K cultivadas en invernadero.

En relación al uso de la solución Steiner al 50 % en plantas aromáticas, se ha reportado incremento de la biomasa vegetal, así como en la concentración y extracción de nutrientes acumulados a través del tiempo en *Coriandrum sativum* L. y de *Origanum vulgare* L. en la secuencia K N P (Cruz-Crespo et al.,

2017; Juárez-Rosete et al., 2019); estos aspectos están relacionados con los resultados obtenidos, independientemente de la acción de los bioinoculantes aplicados.

Borba et al. (2021) encontraron en plantas de *Plectranthus amboinicus* (Lour.) Spreng extracciones de K y N superiores al resto de los macros y micronutrientes en el tejido foliar de las plantas, y atribuyen estos resultados a la disponibilidad en la solución del suelo y la capacidad de las plantas de absorber en mayor proporción estos elementos.

Conclusiones

Se obtuvo un incremento de 66 % en el crecimiento de las plantas de estragón con la coinoculación de *Trichoderma harzianum* + *Glomus cubense* comparado con el testigo y 53 % con respecto a los demás tratamientos. Además, hubo un incremento de 57 % en el crecimiento de las plantas con la combinación de *T. harzianum* + *B. subtilis* en comparación con el testigo y un aumento de 33 % con el resto de los tratamientos. Todo lo anterior se ha reflejado en un incremento de biomasa fresca y seca, del área foliar, de los parámetros morfológicos, concentración relativa de clorofila y extracción de macronutrientes. El empleo de la coinoculación de microorganismos biológicos *T. harzianum* + *G. cubense* y *T. harzianum* + *B. subtilis* puede ser una alternativa para el manejo orgánico y sostenible en la producción de estragón cultivado en invernadero.

Agradecimientos

El primer autor agradece al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) de México por el apoyo recibido mediante la beca nacional 2019-2 (CVU) 1010338 para realizar estudios de Doctorado.

Referencias bibliográficas

- Alcántar GG, Sandoval VM (1999). Manual de análisis químico de tejido vegetal. Guía de muestreo, preparación, análisis e interpretación. Publicación especial Núm. 10. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, A. C. Chapingo, México. 155 pp.
- Álvarez M, Tucta F, Quispe E, Meza V (2018). Incidence of the inoculation of beneficial microorganisms in the strawberry (*Fragaria* sp.) crop. *Scientia Agropecuaria* 9(1): 33-42. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2018.01.04>.
- Arango MC, Ruscitti MF, Ronco MG, Beltrano J (2012). Mycorrhizal fungi inoculation and phosphorus fertilizer on growth, essential oil production and nutrient uptake in peppermint (*Mentha piperita* L.). *Revista Brasileira de Plantas Medicinai* 14(4): 692-699. <https://doi.org/10.1590/S1516-05722012000400018>.
- Balick MJ, Elisabetsky E, Laird SA (1996). Medicinal resources of the tropical forest: biodiversity and its importance to human health. Columbia University Press, New York. 440 pp.
- Borba ER de C, Mubárack TC, Luz TRSA, Silveira DPB, Silva AZ, Figueiredo P de MS, Monteiro O dos S, Fernandes YML, Paula ML, Vilanova CM, Coutinho DF (2021). Características nutricionais do solo e das folhas no cultivo de *Plectranthus amboinicus* (Lour.) Spreng. *Research, Society and Development* 10(1): e30810111715. <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i1.11715>.
- Bordoloi A, Shukla AK (2020). Effect of mycorrhizal application on plant growth and nutrient uptake of *Piper mullesua* plantlets under sterilized, unsterilized and field soil condition. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences* 9(5): 2948-2960. <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2020.905.338>.
- Chiquito-Contreras RG, Solís-Palacios R, Reyes-Pérez JJ, Reyes J, Murillo-Amador B, Alejandro-Rosas J, Hernández-Montiel LG (2019). Promoción del crecimiento de plantas de albahaca utilizando hongos micorrícicos arbusculares y una bacteria marina. *Acta Universitaria* 28(6): 68-76. <https://doi.org/10.15174/au.2018.2086>.
- Chiquito-Contreras RG, Reyes-Pérez JJ, Chiquito-Contreras CJ, Vidal-Hernández L, Hernández-Montiel LG (2020). Efecto de rizobacterias y dosis reducidas de fertilizantes sintéticos sobre la expresión morfo productiva de tomate en invernadero. *ITEA-Información Técnica Económica Agraria* 116(1): 19-29. <https://doi.org/10.12706/itea.2019.015>.
- Choudhary M, Meena, VS, Yadav RP, Parihar M, Pattanayak A, Panday SC, Mishra PK, Bisht JK, Yadav MR, Nogia M, Samal SK, Ghasal PC, Choudhary J, Choudhary M (2019). Does PGPR and mycorrhizae enhance nutrient use efficiency and efficacy in relation to crop productivity? En: *Field Crops: Sustainable Management by PGPR* (Ed. D.K. Maheshwari y S. Dheeman), pp. 45-68. Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-30926-8_3.
- CONAGUA (2018). Estadísticas Agrícolas de las Unidades de Riego. Año agrícola 2016-2017. Comisión Nacional del Agua. México. 925 pp. Disponible en: <https://files.conagua.gob.mx/conagua/publicaciones/Publicaciones/SGIH-3-18.pdf> (Consultado: 11 noviembre 2020).
- CONAGUA (2019). Estadísticas Agrícolas de las Unidades de Riego. Año agrícola 2017-2018. Comisión Nacional del Agua. México. 902 pp. Disponible en: https://files.conagua.gob.mx/conagua/publicaciones/Publicaciones/EAUR_2017-2018.pdf (Consultado: 22 noviembre 2020).
- Cruz-Crespo E, Can Chulim Á, Loera Rosales LJ, Aguilar Benítez G, Pineda Pineda J, Bugarín Montoya R, Cruz Crespo E, Can Chulim Á, Loera Rosales LJ, Aguilar Benítez G, Pineda Pineda J, Bugarín Montoya R (2017). Extracción de N-P-K en *Coriandrum sativum* 'Pakistan' en hidroponía. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 8(2): 355-367. <https://doi.org/10.29312/remexca.v8i2.56>.
- Delgado-Ospina J, Menjivar-Flores JC, Bonilla-Correa CR (2012). Effect of fertilization on dry matter production and extraction of nutrients in three accessions of *Lippia organoides* H.B.K. *Acta Agronómica* 61(4): 302-308.
- Eke P, Chatue Chatue G, Wakam LN, Kouipou RMT, Fokou PVT, Boyom, FF (2016). Mycorrhiza consortia suppress the fusarium root rot (*Fusarium solani* f. sp. *Phaseoli*) in common bean (*Phaseolus* sp.).

- lus vulgaris* L.). Biological Control 103: 240-250. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2016.10.001>.
- Esquivel-Quispe R (2020). Propagación de hongos micorrizógenos arbusculares nativos y su influencia en la producción de maíz amiláceo en Paquecc-Ayacucho. Segunda parte: Hacia una agricultura sostenible. Journal of the Selva Andina Biosphere 8(1): 53-63. <https://doi.org/10.36610/j.jsab.2020.080100053>.
- Farnsworth NR, Soejarto DD (1991). Global importance of medicinal plants. En: The Conservation of Medicinal Plants (Ed. Akerele O, Heywood V, Synge H.), pp 25-51. Cambridge University Press, Cambridge, U.K.
- Fernández F, Gómez R, Vanegas LF, Martínez MA, de la Noval BM, Rivera R (2000). CU22641 - Producto inoculante micorrizógeno. Oficina Nacional de Propiedad Industrial. (Patent No. 22641). La Habana, Cuba.
- Hernández-Melchor DJ, Ferrera-Cerrato R, Alarcón A (2019a). Review. *Trichoderma*: Agricultural and biotechnological importance, and fermentation systems for producing biomass and enzymes of industrial interest. Agrociencia 35(1): 98-112. <https://doi.org/10.4067/S0719-38902019005000205>.
- Hernández-Melchor DJ, Ferrera-Cerrato R, Alarcón, A (2019b). *Trichoderma*: Importancia agrícola, biotecnológica, y sistemas de fermentación para producir biomasa y enzimas de interés industrial. Chilean Journal of Agricultural & Animal Sciences 35(1): 98-112. <https://doi.org/10.4067/S0719-38902019005000205>.
- Katan J, Gamliel A (2012). Chapter 5. Soil solarization for the management of solborne pests: the challenges, historical perspective, and principles. En: Soil Solarization: Theory and Practice (Ed. Gamliel A, Katan J), pp. 45-52. The American Phytopathological Society. St Paul Minnesota. USA. <https://doi.org/10.1094/9780890544198.007>.
- Juárez-Rosete C, Aguilar-Castillo J, Juárez-Rosete M, Bugarín-Montoya R, Juárez-López P, Cruz Crespo E (2013). Hierbas aromáticas y medicinales en México: Tradición e innovación. Revista Bio Ciencias 2(3): 119-129. <https://doi.org/10.15741/revbio.02.03.06>.
- Juárez-Rosete CR, Aguilar-Castillo JA, Aburto-González CA, Alejo-Santiago G (2019). Biomass production, nutritional requirement of nitrogen, phosphorus and potassium, and concentration of the nutrient solution in oregano. Revista Chapingo. Serie Horticultura 25(1): 17-28. <https://doi.org/10.5154/r.rchsh.2018.02.006>.
- Leal-Almanza J, Gutiérrez-Coronado MA, Castro-Espinoza L, Lares-Villa F, Cortes-Jiménez JM, Santos-Villalobos S (2018). Microorganismos promotores de crecimiento vegetal con yeso agrícola en papa (*Solanum tuberosum* L.) bajo casa sombra. Agrociencia 52(8): 1149-1159.
- Makarov MI, Malysheva TI, Kadulin MS, Verkhovtseva NV, Sabirova RV, Lifanova VO, Zhuravleva AI, Karpukhin MM (2020). The effect of ericoid mycorrhizal and ectomycorrhizal plants on soil properties of grass meadow in tundra of the Khibiny Mountains. Eurasian Soil Science 53(5): 569-579. <https://doi.org/10.1134/S1064229320050087>.
- Mohamed I, Eid KE, Abbas MHH, Salem AA, Ahmed N, Ali M, Shah GM, Fang C (2019). Use of plant growth promoting Rhizobacteria (PGPR) and mycorrhizae to improve the growth and nutrient utilization of common bean in a soil infected with white rot fungi. Ecotoxicology and Environmental Safety 171: 539-548. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2018.12.100>.
- Niazian M, Sadat-Noori SA, Tohidfar M, Galuszka P, Mortazavian SMM (2019). Agrobacterium-mediated genetic transformation of ajowan (*Trachyspermum ammi* L.) Sprague: An important industrial medicinal plant. Industrial Crops and Products 132: 29-40. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2019.02.005>.
- Parihar M, Chitara M, Khati P, Kumari A, Mishra PK, Rakshit A, Rana K, Meena VS, Singh AK, Choudhary M, Bisht JK, Ram H, Pattanayak A, Tiwari G, Jatav SS (2020). Arbuscular mycorrhizal fungi: abundance, interaction with plants and potential biological applications. En: Advances in Plant Microbiome and Sustainable Agriculture: Diversity and Biotechnological Applications (Eds. A.N. Yadav, A.A. Rastegari, N. Yadav, y D. Kour), pp. 105-143. Springer. https://doi.org/10.1007/978-981-15-3208-5_5.

- Ramírez Monsalve JM, Cortes Rodríguez M, Hincapié Llanos CA (2019). Optimization of the process of freeze-drying and comparison with convective drying of Russian tarragon (*Artemisia dracunculus* L.). *Acta Agronómica* 68(3): 167-174. <https://doi.org/10.15446/acag.v68n3.75296>.
- Riahi L, Cherif H, Miladi S, Neifar M, Bejaoui B, Chouchane H, Masmoudi AS, Cherif A (2020). Use of plant growth promoting bacteria as an efficient biotechnological tool to enhance the biomass and secondary metabolites production of the industrial crop *Pelargonium graveolens* L'Hér. Under semi-controlled conditions. *Industrial Crops and Products* 154: 112721. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2020.112721>.
- Rivera RA, Martin GM, Simó JE, Pentón G, Garcia-Rubido M, Ramirez JF, Gonzalez PJ, Joao JP, Ojeda L, Tamayo-Aguilar Y, Bustamante C (2020). Benefits of joint management of green manure and mycorrhizal inoculants in crop production. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 23(3): 1-18.
- Steiner AA (1984). The universal nutrient solution. 6 International Congress on Soilless Culture, 29 Apr-5 May de 1984, Lunteren, Netherlands, pp. 633-650.
- Tamayo-Aguilar Y, Juarez-Lopez P, Capdevila-Bueno W, Lescaille-Acosta J, Terry-Alfonso E (2020). Bioproductos en el crecimiento y rendimiento de *Phaseolus vulgaris* L. var. Delicia 364. *Terra Latinoamericana* 38(3): 667-678. <https://doi.org/10.28940/terra.v38i3.672>.
- Tian L, Lin X, Tian J, Ji L, Chen Y, Tran L, Tian C (2020). Research advances of beneficial microbiota associated with crop plants. *International Journal of Molecular Sciences* 21(1792): 2-18. <https://doi.org/10.3390/ijms21051792>.
- Vafadar F, Amooaghaie R, Otroshy M (2014). Effects of plant-growth-promoting rhizobacteria and arbuscular mycorrhizal fungus on plant growth, stevioside, NPK, and chlorophyll content of *Stevia rebaudiana*. *Journal of Plant Interactions* 9(1): 128-136. <https://doi.org/10.1080/17429145.2013.779035>.
- Villarreal-Delgado MF, Villa-Rodríguez ED, Cirachávez LA, Estrada-Alvarado MI, Parra-Cota FI, De los Santos-Villalobos S (2018). El género *Bacillus* como agente de control biológico y sus implicaciones en la bioseguridad agrícola. *Revista Mexicana de Fitopatología* 36(1): 95-130. <https://doi.org/10.18781/R.MEX.FIT.1706-5>.
- Villegas Espinoza JA, Briseño Ruíz SE, Aguilar García M, Sosa y Silva Carballo RA (2013). Guía de cultivo de tarragón francés. Edit. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. La Paz, Baja California sur, México. 30 pp.
- Zengin G, Mollica A, Aumeeruddy MZ, Rengasamy KRR, Mahomoodally MF (2018). Phenolic profile and pharmacological propensities of *Gynandrisis sisyrrinchium* through *in vitro* and *in silico* perspectives. *Industrial Crops and Products* 121: 328-337. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2018.05.027>.
- (Aceptado para publicación el 23 de agosto de 2021)