

EFFECTO DE DIFERENTES SUSTRATOS, MICROORGANISMOS Y BIOESTIMULANTES EN LA REPRODUCCIÓN DE PLÁNTULAS DE FRESA (*Fragaria L.*)

EFFECT OF DIFFERENT SUBSTRATES, MICROORGANISMS, AND BIOSIMULANTS ON THE REPRODUCTION OF STRAWBERRY SEEDLINGS (*Fragaria L.*)

García López Luis Adolfo¹, Ortega López Eric¹, Solís Gordillo Luis Arturo¹,
Márquez Juárez Jorge², Espinosa Velasco Sergio³

<https://doi.org/10.61117/ipsumtec.v9i1.452>

¹Tecnológico Nacional de México/ Instituto Tecnológico de Comitán, luisgar213347@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0008-3739-9760>

¹Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Comitán, ej25034@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0009-2654-0623>

¹Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Comitán, luis.sg@comitan.tecnm.mx, <https://orcid.org/0000-0003-2486-7162>

²Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Comitán, jorge.mj@comitan.tecnm.mx, <https://orcid.org/0009-0005-5690-592X>

³Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Comitán, sergio.ev@comitan.tecnm.mx, <https://orcid.org/0000-0003-0986-4027>

Resumen -- En el Laboratorio de Innovación Tecnológica en Agricultura (Lab-ITA), Instituto Tecnológico de Comitán, se evaluó el efecto de tres sustratos (S1: 10% humus + 70% suelo agrícola + 20% tierra de monte; S2: 20% humus + 60% suelo agrícola + 20% tierra de monte; S3: 10% humus + 80% suelo agrícola + 10% tierra de monte), dos bioestimulantes (Raizorg® y GreenFish®) y dos microorganismos (micorrizas arbusculares y *Rhizobium* spp.). El diseño experimental fue completamente al azar con arreglo factorial 3x2x2, con 12 tratamientos y 14 repeticiones. Las variables evaluadas fueron: número de hojas, diámetro de corona, altura de planta, longitud y volumen radicular, biomasa en peso fresco y seco, y porcentaje de colonización de micorrizas en raíz.

Los datos se analizaron mediante ANOVA y prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$ y 0.10) en el software R. El tratamiento 7 (S2 + Raizorg + micorrizas) destacó con los mayores valores en altura (15.38 cm), número de hojas (12.77), peso fresco (28.95 gr) y peso seco (6.88 gr). El tratamiento 11 (S3 + Raizorg + micorrizas) registró la mayor longitud radical (20.92 cm) y colonización micorrízica (60%). Las micorrizas superaron significativamente a *Rhizobium* en promoción de altura y biomasa aérea ($p = 0.0284$). La interacción entre factores fue clave: la combinación Raizorg + micorrizas maximizó el desarrollo, mientras que Raizorg + *Rhizobium* resultó en los desempeños más bajos.

Palabras Clave-- Bioestimulantes, colonización, desarrollo, micorrizas, plántulas, sustratos.

Abstract -- At the Laboratory of Technological Innovations in Agriculture (Lab-ITA), Technological Institute of Comitán, the combined effect of three substrates (S1: 10% humus + 70% agricultural soil + 20% forest soil; S2: 20% humus + 60% agricultural soil + 20% forest soil; S3: 10% humus + 80% agricultural soil + 10% forest soil), two biostimulants (Raizorg® and GreenFish®) and two microorganisms (arbuscular mycorrhizae and *Rhizobium* spp.) A completely randomized design with a 3x2x2 factorial arrangement, 12 treatments, and 14 replicates was used. Evaluated variables included number of leaves, plant height, crown diameter, root length and volume, fresh and dry biomass, and mycorrhizal colonization percentage.

Data were analyzed by ANOVA and Tukey's test ($\alpha = 0.05$ and 0.10) using R software. Treatment T7 (S2 + Raizorg + mycorrhizae) achieved the highest values for plant height (15.38 cm), number of leaves (12.77), fresh weight (28.95 g), and dry weight (6.88 g). Treatment T11 (S3 + Raizorg + mycorrhizae) recorded the greatest root length (20.92 cm) and mycorrhizal colonization (60%). Mycorrhizae significantly outperformed *Rhizobium* in promoting plant height and aerial biomass ($p = 0.0284$). Factor interactions were critical: Raizorg + mycorrhizae maximized growth, whereas Raizorg + *Rhizobium* yielded the poorest performance.

Key words-- Biostimulants, colonization, development, mycorrhizae, seedlings, substrates.

INTRODUCCIÓN

La agricultura se enfrenta a graves problemas de degradación de suelos, el sistema de cultivo intensivo, así como el desequilibrio en el uso de fertilizantes son los factores principales que provocan desbalance de nutrientes, disminuyen la fertilidad del suelo, bajan la productividad y reducen la calidad de los alimentos [1]. La transición hacia sistemas agrícolas sostenibles exige la integración de insumos biológicos que mejoren la eficiencia del uso de recursos y reduzcan la dependencia de productos químicos [2]. En este contexto, los sustratos alternativos, microorganismos benéficos y bioestimulantes emergen como pilares fundamentales para el fortalecimiento de la agroecología [3]. Una consideración primordial para la producción sostenible y la seguridad alimentaria se refiere al impacto negativo del calentamiento global o cambio climático. El impacto adverso de esta emergencia sobre la seguridad alimentaria es resultado de las modificaciones en los extremos de temperatura y la distribución de precipitaciones y humedad atmosférica que hemos atestado desde hace años, los cuales causan estrés en los cultivos.

Para mitigar estos efectos adversos se ha recomendado hacer uso y promover los mecanismos naturales de que disponen las plantas para aclimatarse a los cambios ambientales y sortear el estrés [1].

El cultivo de fresa (*Fragaria* L.) ha incrementado su relevancia en México por su alto valor comercial y nutricional, siendo el tercer exportador mundial de fresa fresca y abasteciendo el 87.79% de las importaciones de Estados Unidos [4]. Por lo anterior, es necesario ampliar la producción de plántulas de fresa libres de patógenos. La razón se basa en que la obtención de plántulas sanas proviene de un almácigo donde encuentran las condiciones físico - químicas y nutrientes necesarios para su desarrollo, que garantiza la obtención de una producción significativa [5]. Sin embargo, la calidad de las plántulas iniciales es un factor limitante en la productividad, ya que depende de un “vivero” bien gestionado con condiciones óptimas. Los sustratos influyen directamente en el anclaje radicular y la disponibilidad de nutrientes [6]. Materiales locales como tierra de monte y humus de lombriz ofrecen ventajas en retención de humedad y materia orgánica, reduce costos y fomenta la circularidad de recursos agrícolas [7].

Actualmente, el uso de sustratos, microorganismos y bioestimulantes en las diferentes modalidades y

finde de producción son solo una fracción del conjunto de técnicas y herramientas con las que contamos durante esta transición mencionada hacia una agricultura sostenible [4]. Los bioestimulantes se definen como material orgánico o microorganismos que mejoran la eficiencia nutricional, rasgos de calidad y crecimiento de las plantas, adicionalmente, brindan protección ante diversas situaciones de estrés. El efecto positivo que los bioestimulantes generan en los cultivos se debe principalmente a los compuestos bioactivos que contienen y que tienen influencia directa en la mejora del crecimiento vegetal [8]. Una consideración primordial para la producción sostenible y la seguridad alimentaria se refiere al impacto desfavorable del calentamiento global o cambio climático, que muchos científicos califican de emergencia climática. Para mitigar estos efectos adversos se ha recomendado hacer uso y promover los mecanismos naturales de que disponen las plantas para aclimatarse a los cambios ambientales y sortear el estrés [2].

Por su parte, los microorganismos promotores del crecimiento vegetal, como las micorrizas, mejoran la absorción de fósforo y confieren tolerancia al estrés abiótico [9]. Las rizobacterias, aunque tradicionalmente asociadas a las leguminosas, también han mostrado efectos positivos en cultivos no leguminosos, incluyendo fresa [10]. Además, los bioestimulantes contienen compuestos bioactivos que modulan la fisiología vegetal, potencian el enraizamiento, la fotosíntesis y la síntesis de biomasa [2-8]. Las comunidades microbianas en los suelos conducen entre 80 y 90% de los procesos biológicos desarrollados en el suelo, debido a sus múltiples nichos ecológicos, entre los que destacan la mitigación de alteraciones exógenas, promoción del crecimiento vegetal, actividad de biocontrol, ciclo de nutrientes, producción de biomasa vegetal, estructura y fertilidad del suelo, y la degradación de compuestos tóxicos [11]. Estudios recientes han demostrado que la inoculación con *Rhizobium* y *Phyllobacterium* incrementa el número de estolones, el tamaño del fruto y la concentración de vitamina C en fresa [10]. Por su parte, los sustratos influyen directamente en el anclaje radicular y la disponibilidad de nutrientes [6]. Materiales locales como tierra de monte y humus de lombriz ofrecen ventajas en retención de humedad y materia orgánica, reducen costos y fomentan la circularidad de recursos agrícolas [7]. Según [7], la tierra de monte también conocido como mantillo forestal, reduce la insolación, disminuye la evapotranspiración superficial y aumenta la materia orgánica y la actividad biológica cerca de la superficie, favoreciendo una mayor proliferación de raíces. Por su parte, el humus de lombriz aporta N (1-2.6%), P (2-8%), K (1-2.25%) y un pH neutro

(6.8-7.2), lo que lo convierte en una enmienda orgánica altamente valorada [12].

El suelo agrícola, aunque tradicionalmente utilizado como medio de cultivo directo, también puede emplearse como componente principal en mezcla de sustrato para la producción de plántulas, siempre que se complemente con materia orgánica.

En el presente estudio, el suelo agrícola fue recolectado en la Ranchería Pamala en Comitán de Domínguez, Chiapas siendo este del tipo franco-arcilloso-limoso, con buena capacidad de retención de nutrientes, pero limitada porosidad y baja materia orgánica. Por ello, se combinó con humus de lombriz y tierra de monte para mejorar su estructura física, aireación y actividad biológica como lo recomienda [7]. Este enfoque permite aprovechar recursos locales, reducir costos de producción y fomentar sistemas de producción más sostenibles, especialmente en zonas rurales donde los sustratos comerciales (como turba o fibra de coco) son de difícil acceso o económicamente inviables [5,6]. En Chiapas, las condiciones agroclimáticas son adecuadas para el cultivo de fresa [13], pero persisten desafíos relacionados con la baja calidad de plántulas y el uso excesivo de agroquímicos en muchas partes del país [4]. Aunque existen antecedentes del uso individual de estos insumos, son escasos los estudios integrados que evalúen sus interacciones en condiciones locales.

Por lo tanto, el objetivo del estudio fue evaluar el efecto de diferentes sustratos, microorganismo y bioestimulantes en el desarrollo de plántulas de fresa.

DESARROLLO

Metodología

El experimento se desarrolló en condiciones de malla sombra en el Lab-ITA del Instituto Tecnológico de Comitán (16°13'31"N, 92°05' 21"O; 1,582 msnm) como se muestra en la Figura 1.

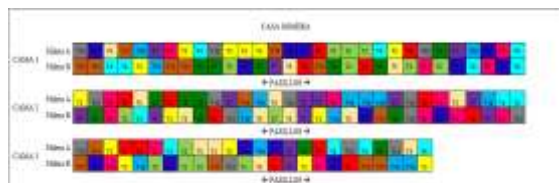


Figura 1. Croquis del diseño experimental.

Fuente: Elaboración propia (2026)

Se utilizó un diseño completamente al azar con arreglo factorial 3x2x2, donde el factor A fue sustrato (S1: 10% humus + 70% suelo agrícola + 20% tierra de monte; S2: 20% humus + 60% suelo agrícola + 20% tierra de monte; S3: 10% humus +

80% suelo agrícola + 10% tierra de monte), el factor B bioestimulante (Raizorg® y GreenFish®) y el factor C microorganismos (micorrizas, Rhizobium). Se generaron 12 tratamientos con 14 repeticiones cada uno, es decir 168 unidades experimentales, cada unidad constó de una bolsa de polietileno de 17x17 cm con una planta. La relación de los tratamientos evaluados se muestra en la tabla 2.

Tabla 1. Relación de tratamientos evaluados.

Tratamientos	Abreviación
(T1) Sustrato 1 + Greenfish + Micorrizas	S1 + B1 + M1
(T2) Sustrato 1 + Greenfish + Rhizobium	S1 + B1 + M2
(T3) Sustrato 1+ Raizorg + Micorrizas	S1 + B2 + M1
(T4) Sustrato 1+ Raizorg + Rhizobium	S1 + B2 + M2
(T5) Sustrato 2+ Greenfish + Micorrizas	S2 + B1 + M1
(T6) Sustrato 2+ Greenfish + Rhizobium	S2 + B1 + M2
(T7) Sustrato 2 + Raizorg + Micorrizas	S2 + B2 + M1
(T8) Sustrato 2+ Raizorg + Rhizobium	S2 + B2 + M2
(T9) Sustrato 3 + Greenfish + Micorrizas	S3 + B1 + M1
(T10) Sustrato 3 + Greenfish + Rhizobium	S3 + B1 + M2
(T11) Sustrato 3 + Raizorg + Micorrizas	S3 + B2 + M1
(T12) Sustrato 3 + Raizorg + Rhizobium	S3 + B2 + M2

Fuente: Elaboración propia (2026)

Descripción del material genético

La variedad utilizada fue Albión, pertenece a un grupo con una menor respuesta al fotoperiodo, es decir, requieren de temperatura adecuadas (sobre 12°C en suelo) para desarrollar yemas florales [13].

Esta variedad posee alta resistencia a condiciones meteorológicas adversas y a enfermedades como antracnosis, *Verticillium* y *Phytophthora*, y plagas como araña roja [13]. Además, presenta crecimiento inicial lento, pero estable, con frutos de color rojo intenso, pulpa firme y alto contenido de azúcares (10-14° Brix) características deseables para mercados internacionales [14].

Manejo de cultivo o experimento

Previo al establecimiento del experimento, el área fue desmalezada mediante la aplicación de herbicidas (glifosato y paraquat a 10 mL·L⁻¹ y atrazina a 1 mL·L⁻¹) días después se cubrió con ground cover. Los estolones de fresa variedad Albión se recolectaron de plantaciones madre en el Lab-ITA del Instituto Tecnológico de Comitán y, antes del trasplante del semillero, se sumergieron en una solución enraizante (Nutri Root, Alga Root, Fulvidal y Turbo Amino). Posteriormente se trasplantaron a un semillero propio del Lab-ITA y se fertilizaron con una forma 20-30-10 a 5000 ppm a la semana de ser colocados. De manera preventiva, se hicieron dos aplicaciones de Azubec (10 mL·L⁻¹) de manera de foliar.

Preparación de sustratos

Los sustratos utilizados fueron recolectados de zonas específicas: la tierra de monte en la Independencia, Chiapas; el humus de lombriz adquirido de un productor de San Antonio el Milagro, Comitán; y el suelo agrícola (franco-arcilloso-limoso) de la Ranchería Pamala también del municipio de Comitán siendo este del tipo. Todos los sustratos fueron cribados para eliminar impurezas y mezclados en proporciones definidas:

- S1: 10% humus + 70% suelo agrícola + 20% tierra de monte
- S2: 20% humus + 60% suelo agrícola + 20% tierra de monte
- S3: 10% humus + 80% suelo agrícola + 10% tierra de monte

Cada unidad experimental consistió en una bolsa de polietileno de 17x17 cm, pesada en una balanza digital de la marca Truper (capacidad de 5 kg), para garantizar uniformidad de volumen y en seguida se trasplantaron los estolones previamente aclimatados. El riego se aplicó mediante sistema por goteo (una piqueta por bosa).

La fertilización inicial se realizó a los 13 días después del trasplante con una relación N-P-K de 2-3-1 (MAP, NKS Y Aporta N-30), seguida por una relación 3-1-1 a partir de la semana 4.

Control fitosanitario

Se instalaron 9 trampas cromáticas amarillas untadas con miel. Se aplicaron insecticidas

(cipermetrina, imidacloprid, spirotetramat) y fungicidas (Trikoplant®, Serenade®, carbendazim/Benomilo, Curabac y ExterBac) de forma preventiva y curativa. Entre las plagas monitoreadas destacan trips (*Frankliniella spp.*), ácaro araña (*Tetranychus urticae*) y mosca blanca (*Bemisia tabaci*), mientras que las enfermedades incluyeron *Botrytis Cinerea*, *Phytophthora cactorum* y antracnosis (*colletotrichum acutatum*).

Programa de aplicación de tratamientos

Las aplicaciones de los bioestimulantes y microorganismos se realizaron según cronogramas específicos: Raizorg® vía drench, 1-2 L·ha⁻¹ cada 10 días; GreenFish® en aplicaciones alternas foliar/drench 2 L·ha⁻¹ cada 10 días; micorrizas 3 kg·ha⁻¹ aplicadas a los 16 días después del trasplante y refuerzos cada 10 días; y *Rhizobium* 1L en 20L de agua (pH ajustado), aplicado cada 20 días vía drench.

Variables evaluadas

A los 61-65 días después del trasplante se midieron: número de hojas, diámetro de corona (vernier digital), altura de planta usando una (regla graduada), longitud, y volumen radicular este fue determinado con el método de desplazamiento de agua usado por [15], para determinar biomasa fresca y seca se pesaron las plantas en una balanza analítica marca Adam LAB 254i; y se llevaron a una estufa Universal UN de Memmert por 72 hrs a 65 °C, hasta alcanzar un peso constante siguiendo la metodología de [16], finalmente el porcentaje de colonización micorrízica fue determinado por el método de [17]; y para la cuantificación del porcentaje de colonización micorrízica se usó el método de [18] con la siguiente fórmula: Colonización (%) = $\frac{\text{Segmentos colonizados}}{\text{Segmentos observados}} \times 100$.

Análisis estadístico

Los datos se analizaron mediante Software R [19] ANOVA y prueba de Tukey $p \leq 0.05$ y 0.10 [20]; se verificaron los supuestos de normalidad (Shapiro-Wilk) y homocedasticidad de varianzas (Levene).

DISCUSIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

Los resultados del experimento confirman que el desarrollo vegetativo de las plántulas no responde de forma aditiva a los valores evaluados, sino que depende críticamente de sus interacciones específicas.

La figura 2 ($\alpha = 0.05$) muestra una interacción significativa entre bioestimulante y microorganismo (fb x fc) en peso seco. Las líneas cruzadas indican que el efecto de Raizorg depende del tipo de microorganismo aplicado, con micorrizas, Raizorg

eleva la altura a 15.38 cm y el peso seco a 6.88 gr (T7), sin embargo, cuando se aplica junto a Rhizobium reduce la biomasa a 1.30gr en peso seco (T4).

Esta incompatibilidad entre el producto Raizorg y el cóctel de Rhizobium sugiere una posible competencia fisiológica o antagonismo funcional en cultivos no leguminosos. Esto es coherente con la

especialización de Rhizobium en la formación de nódulos en leguminosas, donde fija nitrógeno atmosférico. En fresa, especie no nodulante, su efecto promotor del crecimiento es limitado en comparación con las micorrizas, que forman estructuras simbióticas (arbuscúlos) que amplían la superficie de absorción radical [21],

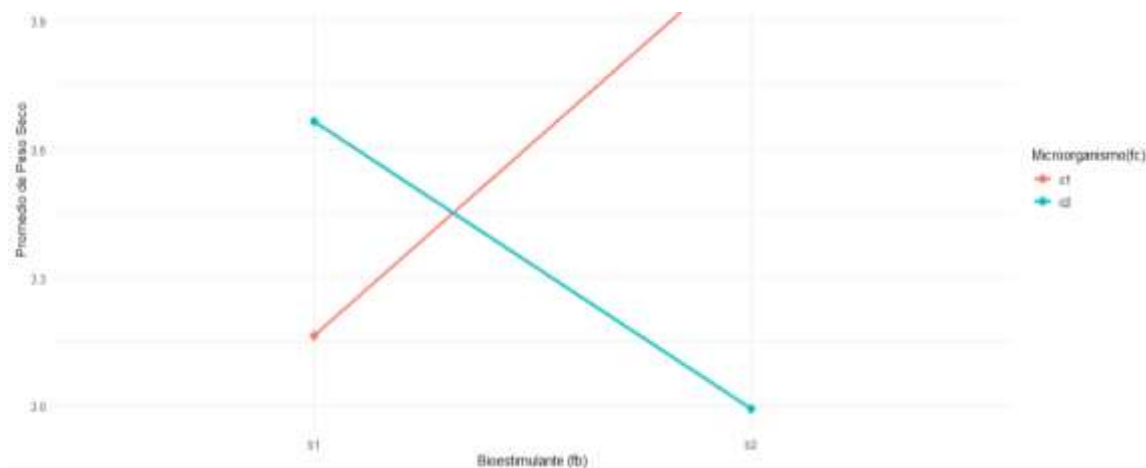


Figura 2. Interacción entre bioestimulante (fb) y microorganismo (fc) en el promedio de peso seco de plántulas de fresa.

Fuente: Elaboración propia (2026).

La superioridad de las micorrizas ($p = 0.0284$ en altura) respalda lo documentado por [21] quien menciona que la fresa es una especie altamente micotrofica, cuya respuesta fisiológica a Rhizobium es limitada, dado que este género está especializado en leguminosas [22].

Rhizobium maximiza el volumen radical (8.20 cm^3 en T6), tal como lo reportan [23]. En contraste, Raizorg + Rhizobium dio los valores más bajos.

De manera similar se observa que la figura 3 ($\alpha = 0.10$) revela que la combinación GreenFish +

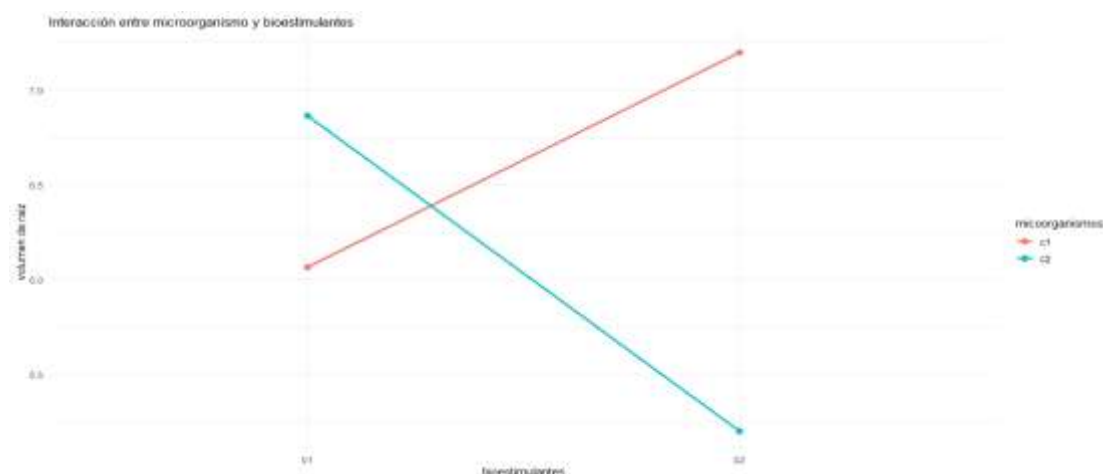


Figura 3. Gráfica de interacción entre Raizorg (B2) y Rhizobium (M2)

Fuente: Elaboración propia (2026)

El tratamiento 11 destacó en longitud radical (20.92 cm) y colonización micorrízica (60%), lo que sugiere una estrategia de exploración activa de suelo bajo condiciones de menor disponibilidad de materia orgánica. Este hallazgo es congruente con [24], quienes observaron respuestas radiculares superiores en frijol inoculado bajo estrés salino.

Aunque no se alcanzó significancia estadística en el número de hojas ($p=0.0764$), el tratamiento T3 (S1

+ Raizorg + Micorrizas) registró el promedio más alto (12.77 hojas), mientras que T4 (S1+ Raizorg + Rhizobium) fue el más bajo (10.22 hojas), sugiriendo que las micorrizas podrían favorecer el desarrollo foliar.

La tabla 2 presenta la matriz de correlación de Pearson entre las variables morfológicas y biométricas. Estas altas correlaciones confirman una fuerte integración funcional entre el sistema radical y aéreo: un mayor volumen radical facilita la absorción de agua y nutrientes como lo demuestra [25], lo que se traduce en mayor biomasa aérea, como lo demuestra [26]. Sin embargo, la colonización micorrízica no correlacionó con la longitud de raíz ($r=0.004$, $p=0.973$), pero sí mostró asociaciones positivas con las variables aéreas (peso fresco= 0.45 y seco 0.48), esto indica que la simbiosis micorrízica mejora la eficiencia funcional del sistema radicular más que su extensión física, lo cual es consistente con la literatura sobre hongos micorrízicos arbusculares (HMA), que destacan su rol en la optimización del uso de recursos [26].

Tabla 2. Correlación entre variables de estudio

COEFICIENTES DE CORRELACIÓN								
Variable	Altura	dc	nh	pf	ps	ve	lr	Colonización
Altura	1.000	164	187	16	27	-47	-326	219
dc	164	1.000	651	454	462	318	431	-13
nh	187	651	1.000	492	410	265	296	-59
pf	16	454	492	1.000	958	943	590	138
ps	27	462	410	958	1.000	969	573	214
ve	-47	318	265	943	969	1.000	534	278
lr	-326	431	296	590	573	534	1.000	4
Colonización	219	-13	-59	138	214	278	4	1.000

Nota: los valores de correlación de Pearson se expresan en porcentaje. Los valores de correlación de Pearson se expresan en porcentaje. Los valores de correlación de Pearson se expresan en porcentaje.

Fuente: Elaboración propia (2026).

CONCLUSIONES

El desarrollo vegetativo de las plántulas de fresa variedad Albión no responde de manera aditiva a la aplicación individual de insumos, sino que depende críticamente de las interacciones específicas entre sustrato, bioestimulante y microorganismo. Se concluye que la combinación de Raizorg® con micorrizas arbusculares maximiza el crecimiento

vegetativo, destacando el tratamiento T7 (S2 + Raizorg + Micorrizas) con los mayores valores en altura, número de hojas y biomasa (fresca y seca), mientras que el tratamiento T11 (S3 + Raizorg + Micorrizas) optimizó la arquitectura radical con la mayor longitud de raíz y porcentaje de colonización (60%).

La composición del sustrato influyó en la distribución de biomasa: un mayor contenido de humus (S2) favoreció la parte aérea, mientras que una mayor proporción de suelo agrícola (S3) incentivó la exploración radical. Asimismo, se determinó que las micorrizas superaron significativamente a Rhizobium spp. en la promoción de altura y biomasa aérea, lo cual es consistente con la naturaleza no leguminosa de la fresa. Se identificó una incompatibilidad fisiológica o antagonismo funcional entre el bioestimulante Raizorg® y Rhizobium, resultando en los desempeños más bajos cuando se combinaron, lo que sugiere evitar esta asociación en cultivos de fresa. Finalmente, la colonización micorrízica mostró una correlación positiva con variables aéreas, confirmando que la simbiosis mejora la eficiencia funcional del sistema radicular más que su extensión física.

Como líneas de investigación futura, se recomienda evaluar el efecto de los tratamientos óptimos identificados (T7 y T11) durante la etapa de producción de fruto, para determinar si los beneficios observados en la fase de plántula se traducen en mayor rendimiento y calidad de fruto. Asimismo, es necesario validar estos resultados bajo condiciones de campo que permitan considerar la interacción con factores ambientales variables.

Evaluar el efecto de los tratamientos óptimos identificados (T7 y T11) durante la etapa de producción de fruto, para determinar si los beneficios observados en la fase de plántula se traducen en mayor rendimiento y calidad de fruto.

Realizar estudios bajo condiciones de campo que permitan validar los resultados obtenidos en condiciones controladas de malla sombra, considerando la interacción con factores ambientales variables.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al Instituto Tecnológico de Comitán por el apoyo logístico, infraestructura y financiamiento para la realización de este estudio.

A los asesores Dr. Luis Arturo Solís Gordillo y Ing. Sergio Espinoza Velasco por su orientación

académica y al Ing. Jorge Márquez Juárez, Al Instituto Tecnológico de Comitán por el espacio y recursos para la investigación. Así mismo, al equipo del Lab-ITA por su colaboración técnica.

BIBLIOGRAFÍA

[1] Álvarez, M., Tucta, F., Quispe, E., & Meza, V. (2018). Incidencia de la inoculación de microorganismos benéficos en el cultivo de fresa (*Fragaria* sp.). *Scientia Agropecuaria*, 9(1), 33-42. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2018.01.04>

[2] Benavides Mendoza A. (2021) Bioestimulantes agrícolas: Importancia y definición. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/354423869_Bioestimulantes_agricolas_importancia_y_definicion

[3] Chan Escalante Z.F. (2021) Efecto De Bioestimulantes En El Crecimiento Vegetativo Y Colonización De Bemisia Tabaci En Chile Habanero [Tesis de maestría, Instituto Tecnológico de Conkal]. Repositorio Institucional- Instituto Tecnológico de México.

[4] Comité Estatal de Sanidad Vegetal de Guanajuato (2023) *Manual De Plagas Y Enfermedades En Fresa*. Secretaria de Desarrollo Agroalimentario y Rural.

[5] Ortega-Martínez, L. D., Sánchez-Olarte, J., Díaz-Ruiz, R., & Ocampo-Mendoza, J. (2010). EFECTO DE DIFERENTES SUSTRATOS EN EL CRECIMIENTO DE PLÁNTULAS DE TOMATE (*Lycopersicum esculentum* MILL). *Ra Ximhai*, 6(3), 365-372.

[6] Pastor Sáez, J. Narciso (1999) Utilización de sustratos en viveros. *Terra Latinoamericana*, vol. 17, (núm. 3), pp. 231-235

[7] Acosta-Peñaloza, D. y C. M. Acosta-Durán (2017) VALORACIÓN AMBIENTAL DE LA TIERRA DE MONTE. *Investigación Agropecuaria* 14(2): 117-128. Abr-Jul 2017. ISSN: 2007-1353. www.investigacionagropecuaria.com.mx

[8] García, S. D. 2017. Bioestimulantes Agrícolas, Definición, Principales Categorías y Regulación a Nivel Mundial. *Serie Nutrición Vegetal* Núm. 94. Artículos Técnicos de INTAGRI. México. 4. <https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/bioestimulantes-agricolas-definicion-y-principales-categorias>

[9] Hernández Martínez J.B. y Vázquez Naranjo M. (2020) Cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) inoculado con hongos micorrízicos en sustrato con sulfato de sodio e irrigadas con agua alotropizada, en condiciones de invernadero. [Tesis de ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México]. UNAM - Dirección General de Bibliotecas.

[10] Flores Félix J.D., Martínez Molina E., Silva R.L., Velázquez E. y Rivas R. (2021) Biofertilizantes en base a *Rhizobium* y

Phyllobacterium. *Tecno Agro*, Vol 21, núm. 152, p. 28

[11] Cruz Cárdenas C.I., Zelaya Molina L.X, Sandoval Cansino G., Santos Villalobos S., Rojas Anaya E., Chávez Díaz I.F y Ruíz Ramírez S. (2021) Utilización de microorganismos para una agricultura sostenible en México: consideraciones y retos. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, volumen 12 (5), pp 899-913.

[12] Lara Montalvo, E. (2020). *Manual de abonos orgánicos y lombricompostaje* (1.ª ed.). Grupo de Ingeniería y Desarrollo Rural Sustentable (Grupo INDERS).

https://www.academia.edu/71725617/Manual_de_abonos_org%C3%A1nicos_y_lombricompostaje_Ed_uardo_Lara_Montalvo

[13] Lira O.R. y Ruíz R.M. 2023. Producción de plantas con calidad genética, fisiológica y fitosanitaria. Folleto Técnico Núm. 37. SADER INIFAP-CIRPAC. Campo Experimental Uruapan. Uruapan, Michoacán, México. 36 p.

[14] Santoyo Juárez J.A. (2009) Paquete Tecnológico para la producción de fresa. [Folleto]. Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación.

[15] Cerero Cruz L., Velasco Velasco V.A., Sandoval Villa M., Ruiz Luna J., y Valle Enríquez J.R. (2023). Cultivo de fresa (*Fragaria ananassa* Duch.) en sistemas hidropónicos con mezclas de sustratos. *Acta Agronómica*, 72(1), 70-77. Epub May

[16] Cruz Hipólito J. P. (2018.) Respuesta agronómica y fisiológica de la fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) A la aplicación de silicio [Tesis de maestría, colegio de postgraduados]. Repositorio Institucional-COLPOS

[17] Vierheilig, H., Coughlan, A. P., Wyss, U., & Piché, Y. (1998). Ink and vinegar, a simple staining technique for arbuscular-mycorrhizal fungi. *Applied and Environmental Microbiology*, 64(12), 5004–5007. <https://doi.org/10.1128/AEM.64.12.5004-5007.1998>

[18] Giovannetti, M., & Mosse, B. (1980). An evaluation of techniques for measuring vesicular-arbuscular mycorrhizal infection in roots. *New Phytologist*, 84(3), 489–500. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.1980.tb04556.x>

[19] R Core Team (2025). *_R: A Language and Environment for Statistical Computing_*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <https://www.R-project.org/>

[20] de Mendiburu F (2023). *_agricolae: Statistical Procedures for Agricultural Research_*. doi:10.32614/CRAN.package.agricolae

[21] Blancas Espejel B. (2019) Producción de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) utilizando potencializadores orgánicos y minerales en

condiciones protegidas. [Tesis de Maestría, Colegio de Postgraduados]. Repositorio Institucional-COLPOS.

[22] López Alcocer J.J., Lápiz Ildefonso R., González Eguarte D.R., Rodríguez Macías R., López Alcocer E. y Olalde Portugal V. (2017) Caracterización Morfológica Y Bioquímica De Cepas De Rhizobium Colectadas En Frijol Común Silvestre Y Domesticado. Revista Fitotecnia Mexicana, vol. 40, núm. 1, 2017, pp. 73-81

[23] Flores Félix J.D., Martínez Molina E., Silva R.L., Velázquez E. y Rivas R. (2021) Biofertilizantes en base a Rhizobium y Phyllobacterium. Tecno Agro, Vol 21, núm. 152, p. 28

[24] Hernández Martínez J.B. y Vázquez Naranjo M. (2020) Cultivo de frijol (Phaseolus vulgaris L.) inoculado con hongos micorrízicos en sustrato con sulfato de sodio e irrigadas con agua alotropizada, en condiciones de invernadero. [Tesis de ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México]. UNAM - Dirección General de Bibliotecas.

[25] Lemus Soriano B.A., Venegas González E. y Pérez-López M.A (2021) Efecto de bioestimulantes radiculares sobre el crecimiento en plantas de aguacate. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, 12 (6). 1139-1144. <https://doi.org/10.29312/remexca.v12i6.2725>

[26] F. T. Davies, Jr., V. Olalde-Portugal, M. J. Alvarado, H. M. Escamilla, R. C. Ferrera-Cerrato & J. I. Espinosa (2000) Alleviating phosphorus stress of chile ancho pepper (Capsicum annum L. 'San Luis') by arbuscular mycorrhizal inoculation, The Journal of Horticultural Science and Biotechnology, 75:6, 655-661, DOI: 10.1080/14620316.2000.11511303

TABLA DE ROLES DE CONTRIBUCIÓN

Rol	Autor (es)
Conceptualización	Luis Arturo Solís Gordillo
Curación de datos	Luis Adolfo García López «igual» Eric Ortega López «igual» Jorge Márquez Juárez «que apoya».
Metodología	Luis Adolfo García López «igual» Eric Ortega López «igual» Luis Arturo Solís Gordillo «igual» Jorge Márquez Juárez «que apoya»

	Sergio Espinosa Velasco «que apoya»
Administración del proyecto	Luis Adolfo García López «igual» Eric Ortega López «igual»
Recursos	Luis Adolfo García López «igual» Eric Ortega López «igual» Luis Arturo Solís Gordillo «igual»
Software	Jorge Márquez Juárez
Supervisión	Luis Arturo Solís Gordillo «igual» Jorge Márquez Juárez «igual» Sergio Espinosa Velasco «igual»
Validación	Luis Arturo Solís Gordillo «principal» Jorge Márquez Juárez «igual» Sergio Espinosa Velasco «igual»
Visualización	Luis Adolfo García López «igual» Eric Ortega López «igual» Luis Arturo Solís Gordillo «que apoya»
Redacción (Borrador Original)	Luis Adolfo García López «igual» Eric Ortega López «igual»
Redacción (Revisión y edición)	Luis Adolfo García López «igual» Eric Ortega López «igual»

Esta obra está bajo una licencia internacional Creative Commons Atribución 4.0

