



BIOESTIMULACIÓN DEL CRECIMIENTO INICIAL DEL CACAO CON *TRICHODERMA SPP.* Y SUSTRATOS ORGÁNICOS

BIOSTIMULATION OF EARLY COCOA GROWTH USING *TRICHODERMA SPP.* AND ORGANIC SUBSTRATES

Mercedes Susana Carranza-Patiño^{1*}

E-mail: mcarranza@uteq.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0917-0415>

Joselyn Nohelia Garcia-Conza¹

E-mail: joselyn.garciac2016@uteq.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-5664-5609>

Yosselin Ariana Castro-Mena¹

E-mail: yosselin.castro2016@uteq.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-5900-8279>

Lesly Johanna Romero-Peralta¹

E-mail: lesly.romero2016@uteq.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-7771-6442>

¹Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Quevedo, Los Ríos, Ecuador.

*Autor para correspondencia

Suggested citation (APA, seventh ed.)

Carranza-Patiño, M. S., Garcia-Conza, J. N., Castro-Mena, Y. A., & Romero-Peralta, L. J. (2026). Bioestimulación del crecimiento inicial del cacao con *Trichoderma spp.* y sustratos orgánicos. *Universidad y Sociedad* 18(3). e6106.

RESUMEN:

Trichoderma spp. es reconocido como agente bioestimulante en la producción de plántulas, aunque su interacción con sustratos orgánicos en *Theobroma cacao* L. (cacao) ha sido poco evaluada en condiciones locales. Este estudio evaluó el efecto de tres cepas (*T. harzianum*, *T. asperellum* y *T. reesei*) combinadas con mezclas de turba y tierra de montaña, sobre la germinación y el crecimiento inicial del clon CCN-51. En laboratorio se aplicó un diseño completamente al azar (cuatro tratamientos, cuatro repeticiones); en vivero, una factorial 3 × 4 con tres repeticiones. Las variables de respuesta incluyeron tasa y tiempo de germinación, longitud radicular, biomasa foliar y radicular, y número de hojas. Los datos se analizaron con ANOVA y prueba de Tukey ($p < 0,05$). Todos los tratamientos alcanzaron el 100 % de germinación. *T. reesei* registró el mayor peso fresco radicular (2,84 g) en la fase de germinación. En vivero, *T. asperellum* con 50 % turba y 50 % tierra de montaña, promovió el mayor número de hojas (10,89). *Trichoderma spp.* favorece el desarrollo inicial del cacao y representa una alternativa biotecnológica viable para viveros sostenibles. Esta investigación resulta fundamental para promover la producción del cacao en las zonas/países de alta producción como el Ecuador, donde la agricultura impacta en el empleo de familias. Todas las acciones en su favor resultan claves, por su aporte directo a mejorar la calidad de vida de poblaciones que se sostienen de ella, así como en aras de aportar

al cumplimiento de los objetivos de Desarrollo Sostenible trazados.

Palabras clave:

Bioestimulación, Control biológico, Crecimiento radicular, Turba, Producción Sostenible.

ABSTRACT:

Trichoderma spp. is recognized as a biostimulant agent in seedling production; however, its interaction with organic substrates in *Theobroma cacao* L. has been scarcely evaluated under local conditions. This study assessed the effect of three strains (*T. harzianum*, *T. asperellum*, and *T. reesei*) combined with peat and mountain soil mixtures on the germination and early growth of the CCN-51 clone. In the laboratory, a completely randomized design was applied (four treatments, four replicates); in the nursery, a 3 × 4 factorial arrangement with three replicates was used. Response variables included germination rate and time, root length, foliar and root biomass, and leaf number. Data were analyzed using ANOVA and Tukey's test ($p < 0.05$). All treatments achieved 100% germination. *T. reesei* recorded the highest fresh root weight (2.84 g) during the germination phase. In the nursery, *T. asperellum* combined with 50% peat and 50% mountain soil promoted the greatest number of leaves (10.89). *Trichoderma spp.* enhances the early development of cocoa and represents a viable biotechnological alternative for sustainable nursery



production. This investigation is fundamental to promote the production of the cocoa in the areas or countries of high production like it is in the Ecuador, where the agriculture favors the employment of families that sustains them. All the actions in favor of the agriculture are key, for the direct contribution to improve the quality of populations' life that directly are sustained of them, as well as for the sake of contributing to the execution of the objectives of Development Sustainable layouts. This investigation is fundamental to promote the production of the cocoa in the areas/countries of high production like the Ecuador, where the agriculture impacts in the employment of families. All the actions in their favor are key, for their direct contribution to improve the quality of populations' life that you/they are sustained of her, as well as for the sake of contributing to the execution of the objectives of Development Sustainable layouts.

Keywords: Biostimulation, Biological control, Root growth, Peat, Sustainable production.

INTRODUCCIÓN

Theobroma cacao L. es uno de los cultivos tropicales de mayor valor económico, social y ambiental a escala global, con especial relevancia en América Latina, África y Asia (González-Orozco & Pesca, 2022). El cacao sustenta en el Ecuador la economía de más de 100 mil familias vinculadas directa o indirectamente a su producción y comercialización (Avilés et al., 2023). La productividad del cacao enfrenta restricciones severas asociadas a enfermedades del suelo, variabilidad climática y deficiencias tecnológicas en la fase de vivero (Guamán et al., 2022). Las enfermedades del suelo y el manejo deficiente en vivero afectan directamente la calidad de las plántulas y comprometen el establecimiento exitoso del cultivo en campo (Angulo-Villacorta et al., 2021). La baja calidad del material vegetal en vivero constituye uno de los principales cuellos de botella para la cacaocultura sostenible (Sánchez-Montesinos et al., 2020; Silva Couto et al., 2021).

Trichoderma spp. es un género de hongos filamentosos con amplia aplicación agrícola, reconocido por su capacidad de estimular el crecimiento vegetal y suprimir patógenos del suelo (Nogueira de Sousa et al., 2021). Los hongos del género *Trichoderma* sintetizan metabolitos secundarios, enzimas líticas y compuestos orgánicos volátiles que promueven el desarrollo radicular y activan mecanismos de defensa sistémica en la planta (Tyśkiewicz et al., 2022). La inoculación con *Trichoderma* spp. en semillas de cacao incrementa el porcentaje y la velocidad de germinación, con efectos diferenciados según la cepa

empleada. Cahyaningrum et al. (2024) demostraron que cepas como *T. harzianum* y *T. virens* mejoran significativamente la emergencia y el desarrollo radicular en plántulas de cacao. La aplicación de *Trichoderma* spp. reduce además la incidencia de *Monilophthora roreri*, agente causal de la moniliasis del cacao, en más del 90 % bajo condiciones controladas (Guerrero et al., 2025).

El sustrato de crecimiento es un factor determinante en la calidad fisiológica de las plántulas de cacao en vivero (Vargas-Guillén et al., 2024). Los sustratos enriquecidos con materia orgánica mejoran significativamente la altura, el diámetro basal y la biomasa de plántulas de cacao en vivero. Las mezclas de vermicomposta y turba incrementan la actividad microbiana rizosférica y la absorción de fósforo en condiciones de invernadero (Ricárdez-Pérez et al., 2020). El volumen del sustrato incide directamente en el peso seco y el desarrollo total de las plántulas, con 1,5 kg como volumen óptimo para el crecimiento en vivero (Angulo-Villacorta et al., 2021; Harni et al., 2021). La combinación de *Trichoderma* spp. con sustratos orgánicos potencia la colonización radicular y amplifica los efectos bioestimulantes del hongo sobre el crecimiento vegetal (Sánchez-Montesinos et al., 2020).

La evaluación de *Trichoderma spp.* en cacao se ha concentrado en condiciones edafoclimáticas distintas a las de Ecuador, lo que limita la extrapolación de los resultados a materiales genéticos locales como el clon CCN-51 (Rodríguez-Lozano, 2020). La respuesta diferencial de las plántulas de cacao según la combinación cepa-sustrato no ha sido caracterizada de forma sistemática bajo condiciones de ecoinvernadero automatizado. La ausencia de protocolos locales estandarizados restringe la formulación de estrategias de producción sostenible adaptadas a las condiciones edafoclimáticas del Ecuador. La evaluación simultánea de múltiples cepas y sustratos bajo condiciones controladas representa una necesidad científica y tecnológica prioritaria para el sector cacaotero ecuatoriano.

El fortalecimiento de la producción de cacao mediante el uso de *Trichoderma spp.* y sustratos orgánicos representa un avance científico y tecnológico, además de ser una estrategia con profundas implicaciones sociales. La mejora en la calidad de las plántulas garantiza una mayor productividad y sostenibilidad del cultivo, que se traduce en ingresos más estables para miles de familias ecuatorianas que dependen de la cacaocultura. Al reducir las pérdidas ocasionadas por enfermedades y optimizar el manejo en vivero, se promueve la resiliencia económica de comunidades rurales, se fomenta la equidad social y se impulsa el desarrollo local. En este sentido, la

innovación agrícola aplicada al cacao se convierte en un motor de bienestar colectivo y en una herramienta clave para la construcción de un futuro más justo y sostenible.

El presente estudio evalúa el efecto de tres cepas de *Trichoderma* spp. (*T. harzianum*, *T. asperellum* y *T. reesei*) combinadas con mezclas de turba y tierra de montaña sobre la germinación y el crecimiento inicial de plántulas de cacao CCN-51 en un ecoinvernadero automatizado. La hipótesis central establece que la inoculación con *Trichoderma* spp. en combinación con sustratos orgánicos mejora significativamente las variables de germinación y crecimiento respecto al control sin inoculación. Los resultados contribuyen a la identificación de alternativas biotecnológicas sostenibles para la producción de material vegetal de alta calidad en viveros cacaoteros del Ecuador.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se desarrolló en la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, en el Ecuador, específicamente en el Campus Experimental "La María", ubicado en el kilómetro 7½ de la vía Quevedo–El Empalme. Los laboratorios se localizan en las coordenadas 1°4'50.69" S y 79°30'9.67" O, con una altitud de 71 m s. n. m., mientras que el área de campo se sitúa en 1°5'1.81" S y 79°29'53.77" O, con altitud de 66 m s. n. m.

En la fase de germinación se implementó un diseño completamente al azar (DCA) con cuatro tratamientos y cuatro repeticiones por tratamiento ($n = 16$). Cada repetición estuvo integrada por cinco plántulas que constituyeron unidades muestrales; el valor analizado por repetición correspondió a la media aritmética de las cinco plántulas, con la finalidad de evitar la pseudorreplicación y cumplir con el supuesto de independencia de las observaciones. Por consiguiente, el análisis de varianza se aplicó sobre las 16 observaciones independientes (4 tratamientos \times 4 repeticiones). En la Tabla 1 se detallan los tratamientos empleados en la germinación de cacao CCN-51 con *Trichoderma* spp.

Tabla 1. Tratamientos empleados en la germinación de cacao CCN-51 con *Trichoderma* spp.

Tratamiento	Descripción
T1	<i>Trichoderma harzianum</i> (2 mL) 1×10^8 conidios·mL ⁻¹
T2	<i>Trichoderma asperellum</i> (2 mL) 1×10^8 conidios·mL ⁻¹
T3	<i>Trichoderma reesei</i> (2 mL) 1×10^8 conidios·mL ⁻¹
T4	Control con agua destilada

Se implementó un diseño completamente al azar con arreglo factorial 3×4 , que correspondió a la combinación del Factor A (tres tipos de sustratos) con el Factor B (cuatro niveles de aplicación de *Trichoderma* spp.: tres cepas más control), con tres repeticiones por combinación ($n = 36$). Cada repetición estuvo conformada por cinco plántulas que actuaron como unidades muestrales, y la variable de respuesta se calculó como el promedio aritmético de las cinco plántulas de cada repetición; de este modo, el análisis de varianza se aplicó sobre las 36 medias independientes. En la Tabla 2 se presenta la interacción de los tratamientos evaluados.

Tabla 2. Tratamientos para la aplicación de *Trichoderma* spp. en plántulas de cacao con diferentes combinaciones de sustratos.

Tratamiento	Interacción	Descripción
T1	S1·T.h	S1 = Turba (50 %) + Tierra de montaña (50 %) <i>Trichoderma harzianum</i>
T2	S1·T.a	S1 = Turba (50 %) + Tierra de montaña (50 %) <i>Trichoderma asperellum</i>
T3	S1·T.r	S1 = Turba (50 %) + Tierra de montaña (50 %) <i>Trichoderma reesei</i>
T4	S1·C	S1 = Turba (50 %) + Tierra de montaña (50 %) Control
T5	S2·T.h	S2 = Turba (30 %) + Tierra de montaña (70 %) <i>Trichoderma harzianum</i>
T6	S2·T.a	S2 = Turba (30 %) + Tierra de montaña (70 %) <i>Trichoderma asperellum</i>
T7	S2·T.r	S2 = Turba (30 %) + Tierra de montaña (70 %) <i>Trichoderma reesei</i>
T8	S2·C	S2 = Turba (30 %) + Tierra de montaña (70 %) Control
T9	S3·T.h	S3 = Tierra de montaña (100 %) <i>Trichoderma harzianum</i>
T10	S3·T.a	S3 = Tierra de montaña (100 %) <i>Trichoderma asperellum</i>

Tratamiento	Interacción	Descripción
T11	S3-T.r	S3 = Tierra de montaña (100 %) <i>Trichoderma reesei</i>
T12	S3-C	S3 = Tierra de montaña (100 %) Control

Las semillas de cacao de la variedad CCN-51 fueron recolectadas en la zona de El Vergel (0°48' 33.7" S y 79°21' 55.8" O). Previamente al ensayo, las semillas de *Theobroma cacao* L. se sometieron a un proceso de escarificación durante 48 horas, con la finalidad de debilitar mecánicamente la testa y facilitar la absorción de agua, para promover una germinación más rápida y uniforme. Posteriormente, se desinfectaron mediante inmersión en una solución de hipoclorito de sodio al 5 % durante un minuto, con el propósito de eliminar posibles patógenos presentes en la superficie. Una vez finalizado este tratamiento, las semillas se colocaron en bandejas germinadoras sobre sustrato húmedo, donde permanecieron durante ocho días bajo condiciones controladas de temperatura y humedad. Transcurrido este tiempo, las plántulas que presentaron signos de germinación fueron trasplantadas a las unidades experimentales para la evaluación de su desarrollo inicial.

Las cepas de *Trichoderma* spp. utilizadas fueron reactivadas a partir de cultivos conservados en tubos inclinados del banco de germoplasma de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Dichas cepas habían sido previamente aisladas e identificadas por Carranza et al. (2025). Se preparó un medio de cultivo Agar Dextrosa de Papa (PDA), que se disolvió en agua destilada estéril y se esterilizó en autoclave a 120 °C durante 20 minutos. Tras su solidificación en cajas Petri, se colocó un disco con micelio activo de cada cepa en el centro de cada caja y se incubaron a 28 °C durante 48 horas para permitir el crecimiento micelial.

A continuación, las cepas desarrolladas se sembraron en sustrato de arroz previamente esterilizado y se mantuvieron durante cinco días en cámara húmeda construida con bolsas de polietileno, con el propósito de favorecer la esporulación. Finalmente, se preparó una suspensión de esporas para cada cepa, y se ajustó la concentración a 1×10^8 conidios·mL⁻¹ mediante conteo en cámara de Neubauer. Esta suspensión fue la que se utilizó en ambas fases del experimento.

Durante la fase de germinación, las semillas previamente desinfectadas se colocaron en bandejas germinadoras, donde se aplicó a cada semilla 2 mL de la suspensión esporal de *Trichoderma* spp. a 1×10^8 conidios·mL⁻¹, mediante atomización, con ello se aseguró una distribución homogénea del microorganismo.

En la fase de crecimiento inicial, el sustrato se extendió sobre plástico negro y se cubrió durante siete días, con el fin de controlar la humedad y evitar contaminación. Las plántulas se mantuvieron en un ecoinvernadero a temperaturas de 24 °C a 27 °C, sobre camas elevadas a 70 cm del suelo, con riego manual diario y condiciones sanitarias controladas. Se realizaron dos aplicaciones de *Trichoderma* spp.: la primera a los 15 días y la segunda a los 30 días posteriores al trasplante. En cada aplicación se atomizaron 2 mL de la suspensión esporal (1×10^8 conidios·mL⁻¹) dirigidos a la base de cada plántula. Este procedimiento tuvo por finalidad estimular el crecimiento vegetativo y mejorar la calidad fisiológica de las plántulas, mediante el efecto bioestimulante y antagonista del hongo frente a patógenos del suelo (Tabla 3).

Tabla 3. Sustratos empleados en la investigación.

Sustrato	Descripción
S1	Turba (50 %) + Tierra de montaña (50 %)
S2	Turba (30 %) + Tierra de montaña (70 %)
S3	Tierra de montaña (100 %)

En la fase de germinación se evaluaron: tasa de germinación, mediante el conteo del número de semillas germinadas en un período determinado (Nogueira de Sousa et al., 2021); tiempo hasta la germinación, definido como el número de días transcurridos desde la siembra hasta la emergencia visible de la plántula; porcentaje de germinación, calculado mediante la fórmula % germinación = (semillas germinadas/número total de semillas) × 100; longitud de la raíz, registrada en centímetros desde el cuello de la raíz hasta el ápice; peso fresco radicular, determinado inmediatamente después de la cosecha sin secado previo (Sukorini et al., 2021); y peso seco radicular, obtenido tras el secado de las raíces a 70 °C – 80 °C hasta peso constante.

En la fase de crecimiento inicial, las variables se evaluaron cada 15 días hasta los 45 días posteriores al trasplante. La altura de la planta se midió en centímetros desde el nivel del sustrato hasta la punta del tallo, con regla o cinta métrica.

El diámetro basal se determinó con calibrador digital en milímetros, a una distancia de 1 cm a 2 cm por encima del nivel del sustrato. El número de hojas correspondió al conteo de hojas totalmente desplegadas por plántula. El peso fresco foliar se obtuvo mediante pesaje inmediato de las hojas en balanza de precisión, y el peso seco foliar se obtuvo tras secar las hojas en horno a 65 °C durante 24 horas. Los pesos frescos y secos radiculares se determinaron bajo el protocolo descrito anteriormente. El índice de robustez se calculó mediante la relación entre la altura de la plántula (cm) y el diámetro basal del tallo (cm).

Previamente a la inferencia estadística se verificaron los supuestos de normalidad de los residuos (Shapiro-Wilk) y homogeneidad de varianzas (Levene). Los datos se sometieron a análisis de varianza (ANOVA) y, cuando se detectaron diferencias significativas, se aplicó la prueba de comparación de medias de Tukey al 95 % de probabilidad ($p < 0,05$). La tabulación se efectuó con Microsoft Excel 2019 y el procesamiento estadístico, con el software InfoStat versión 2020.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Respecto a la tasa y el porcentaje de germinación, todos los tratamientos (T1, T2, T3 y T4) alcanzaron el 100 % de germinación, sin evidenciarse variabilidad entre tratamientos, por ello no se aplicó inferencia estadística ante la ausencia de varianza. En cuanto al tiempo hasta la germinación, las semillas emergieron en un promedio de 3,00 días en T1, T2 y T4, mientras que T3 (*T. reesei*) registró un valor ligeramente mayor (4,00 días). No obstante, el análisis de varianza no evidenció diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos, ello indica que la aplicación de las distintas cepas no modificó de manera relevante el tiempo de germinación.

En relación con la longitud de la raíz, el peso fresco radicular y el peso seco radicular se identificaron diferencias estadísticas significativas en las dos primeras variables. El tratamiento T3 (*T. reesei*) presentó los mayores valores de longitud radicular (6,34 cm) y peso fresco radicular (2,84 g), seguido por el tratamiento T4 (control) con 5,74 cm y 2,83 g, respectivamente. Por otra parte, T2 (*T. asperellum*) exhibió los menores valores (4,84 cm y 2,44 g), y T1 (*T. harzianum*) valores intermedios (5,14 cm y 2,61 g). La variable peso seco radicular no muestra diferencias estadísticas entre tratamientos. En la Tabla 4 se presentan los valores promedio y las comparaciones estadísticas.

Tabla 4. Efecto de los tratamientos sobre la longitud radicular (LR), el peso fresco radicular (PFR) y el peso seco radicular (PSR) de plántulas de cacao en la fase de germinación.

Tratamiento	LR (cm)	PFR (g)	PSR (g)
T1 (<i>T. harzianum</i>)	5,14 ± 0,62 bc	2,61 ± 0,04ab	1,17 ± 0,03 a
T2 (<i>T. asperellum</i>)	4,84 ± 0,50 c	2,44 ± 0,06 b	1,19 ± 0,04 a
T3 (<i>T. reesei</i>)	6,34 ± 0,09a	2,84 ± 0,03 a	1,22 ± 0,06a
T4 (Control)	5,74 ± 0,41 ab	2,83 ± 0,05 a	1,21 ± 0,05 a
CV (%)	4,53	3,04	3,03

LR (Longitud de raíz), PFR (Peso fresco radicular), PSR (Peso seco radicular). Resultados presentados en medias aritméticas. Letras diferentes en una misma columna denotan diferencias significativas entre tratamientos según Tukey ($p < 0,05$).

En relación con los días de germinación, todas las semillas evaluadas germinan en un promedio de tres días, independientemente del sustrato empleado (S1: 50 % turba + 50 % tierra de montaña; S2: 30 % turba + 70 % tierra de montaña; S3: 100 % tierra de montaña). Asimismo, el porcentaje de germinación alcanza el 100 % en todas las combinaciones de sustrato, por ello no se aplicó inferencia estadística ante la ausencia de variabilidad.

La altura de planta muestra diferencias significativas a lo largo del período evaluado, influenciadas por la interacción entre las especies de *Trichoderma* spp. y los tipos de sustrato. Los valores promedio oscilaron entre 18,00 cm y 23,74 cm, con un patrón de respuesta variable según la combinación tratamiento–sustrato (Figura 1). Los tratamientos con *T. asperellum* y *T. reesei* presentan los mayores valores de altura en los tres sustratos, con el máximo en la mezcla S1 (50 % turba + 50 % tierra de montaña), donde se evidencia una diferencia estadísticamente significativa respecto al control. Por el contrario, el tratamiento control exhibe los menores valores, esto destaca la contribución positiva de los aislamientos de *Trichoderma* en la elongación de las plántulas.

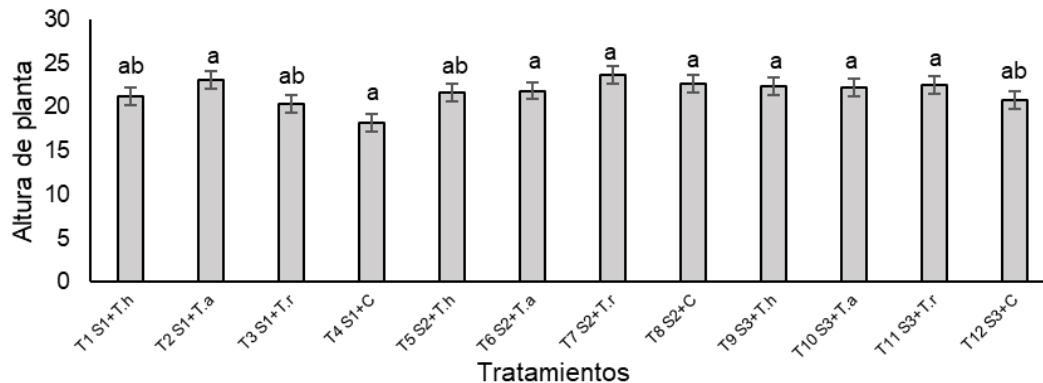


Fig 1. Efecto de los tratamientos sobre la altura de planta de plántulas de cacao.

Promedios con la misma letra no difieren estadísticamente según la prueba de Tukey ($p < 0,05$). Las barras de error representan la desviación estándar de cada tratamiento.

El diámetro basal del tallo no muestra diferencias estadísticas significativas entre sustratos (Factor A) ni para la mayoría de cepas (Factor B), con excepción del momento de 30 días, donde *T. reesei* y *T. harzianum* superan al control. Esta homogeneidad en la respuesta sugiere que el diámetro basal requiere un mayor tiempo de evaluación para expresar efectos diferenciales. En la Tabla 5 se presentan los valores promedio por factor.

Tabla 5. Efecto de los sustratos (Factor A) y las cepas de Trichoderma spp. (Factor B) sobre el diámetro basal del tallo (mm) de plántulas de cacao.

Factor	Inicial	15 días	30 días	45 días
Factor A (sustrato)				
S1 (50 % TU + 50 % TM)	2,34 ± 0,50 a	2,87 ± 0,81 a	3,58 ± 1,1 a	4,25 ± 0,91 a
S2 (30 % TU + 70 % TM)	2,44 ± 0,81 a	2,91 ± 0,91 a	3,69 ± 0,42 a	4,38 ± 1,32 a
S3 (100 % TM)	2,53 ± 0,42 a	2,95 ± 0,32 a	3,66 ± 0,76 a	4,45 ± 0,39 a
Factor B (cepa)				
<i>T. harzianum</i>	2,38 ± 0,3 a	2,95 ± 0,56 a	3,69 ± 0,6 ab	4,47 ± 0,27 a
<i>T. asperellum</i>	2,46 ± 0,52 a	2,92 ± 0,63 a	3,68 ± 0,89 ab	4,34 ± 0,62 a
<i>T. reesei</i>	2,54 ± 0,70 a	2,97 ± 0,72 a	3,77 ± 0,7 a	4,42 ± 0,57 a
Control	2,36 ± 0,90 a	2,80 ± 0,25 a	3,43 ± 0,82 b	4,19 ± 0,92 a
CV (%)	4,53	3,04	3,03	3,37

TU: turba; TM: tierra de montaña. Resultados presentados en medias aritméticas. Letras iguales en una misma columna denotan ausencia de diferencias significativas según Tukey ($p < 0,05$).

Respecto al número de hojas, se identifican diferencias estadísticas significativas determinadas por la interacción entre las cepas de Trichoderma spp. y los tipos de sustrato. El mayor promedio corresponde al tratamiento con *T. asperellum* en el sustrato S1 (50 % turba + 50 % tierra de montaña), con 10,89 hojas, seguido por *T. reesei* en el sustrato S2 (30 % turba + 70 % tierra de montaña). Por el contrario, el valor más bajo se registra en el control bajo el sustrato S1, con 7,28 hojas. La cepa *T. harzianum* muestra una respuesta estable entre los tres sustratos, con valores promedio entre 9,08 y 10,15 hojas (Figura 2).

Promedios con la misma letra no difieren estadísticamente según la prueba de Tukey ($p < 0,05$). Las barras de error representan la desviación estándar de cada tratamiento.

El peso fresco foliar presenta diferencias estadísticas significativas entre tratamientos, condicionadas por la interacción cepa-sustrato. El mayor valor promedio se registra con *T. harzianum* en el sustrato S2 (30 % turba + 70 % tierra de montaña), con 9,71 g por planta, cifra significativamente superior a la del control en S1 (50 % turba + 50 % tierra de

montaña), que alcanza 5,54 g. En *T. reesei* se obtienen valores altos en S2 (9,00 g), en tanto que *T. asperellum* mantuvo valores estables entre 7,63 g y 8,67 g en los tres sustratos (Figura 3).

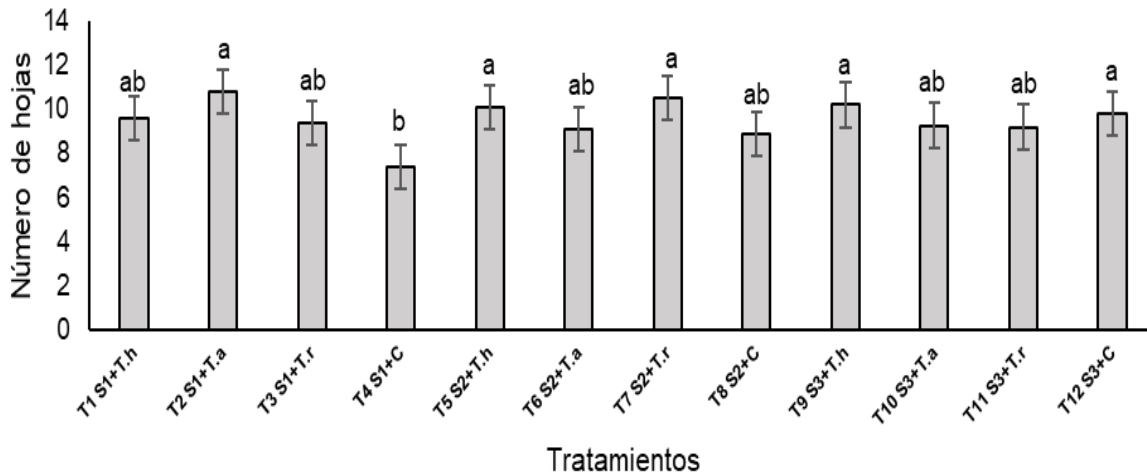


Fig 2. Efecto de los tratamientos sobre el número de hojas de las plántulas de cacao.

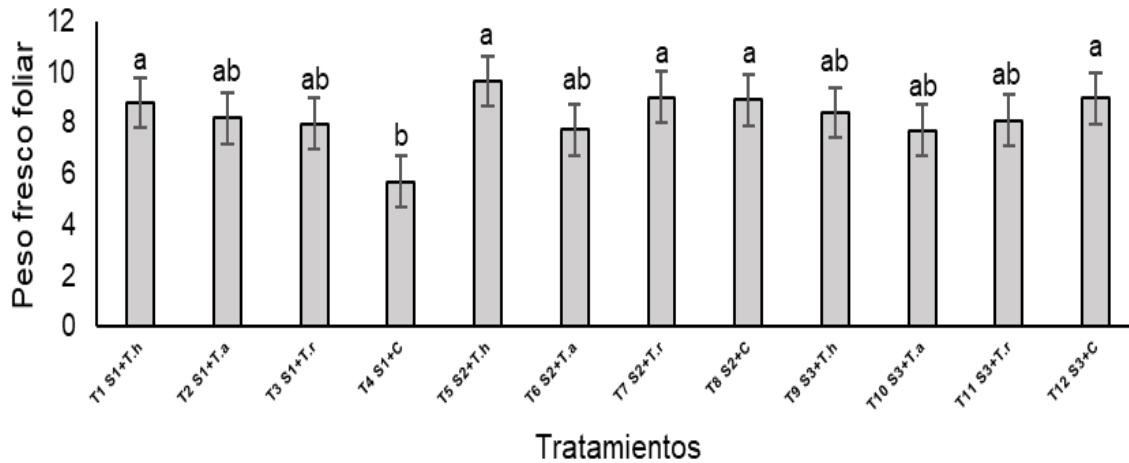


Fig 3. Efecto de los tratamientos sobre el peso fresco foliar de las plántulas de cacao.

Promedios con la misma letra no difieren estadísticamente según la prueba de Tukey ($p < 0,05$). Las barras de error representan la desviación estándar de cada tratamiento.

El peso seco foliar no evidencia diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos ni entre tipos de sustrato. El mayor valor promedio se observa con *T. harzianum* (4,59 g) en el sustrato S2, mientras que el menor valor corresponde al control en S1 (3,56 g). Aunque la diferencia numérica fue apreciable, el análisis estadístico no detecta significancia ($p > 0,05$), ello sugiere alta variabilidad intratratamiento o un tamaño muestral insuficiente para discriminar efectos (Tabla 6).

El peso fresco radicular presenta diferencias estadísticamente significativas, condicionadas por la interacción cepa-sustrato. El mayor valor se obtiene con *T. harzianum* en el sustrato S1 (50 % turba + 50 % tierra de montaña), con 3,52 g, frente a 1,53 g del control en el mismo sustrato ($p < 0,05$). Las cepas *T. asperellum* y *T. reesei* registraron promedios intermedios de 3,02 g y 2,52 g, respectivamente (Figura 4).

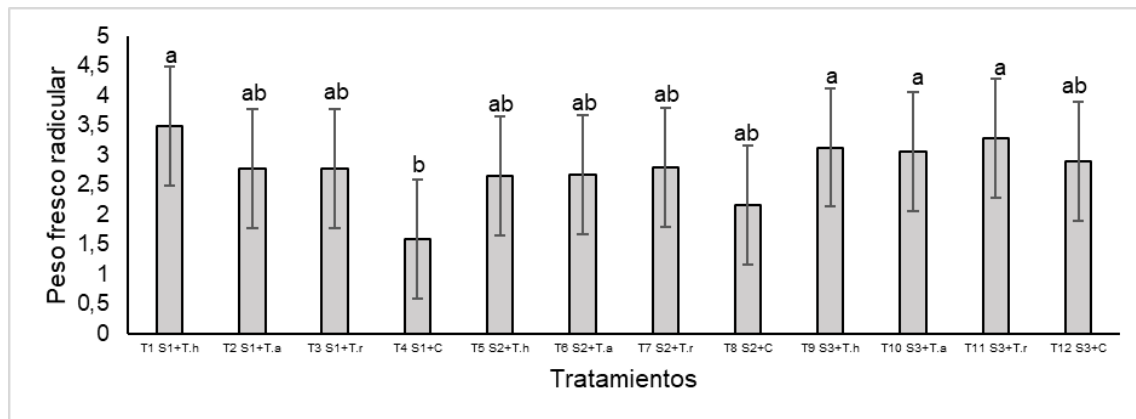


Fig 4. Efecto de los tratamientos sobre el peso fresco radicular de las plántulas de cacao.

Promedios con la misma letra no difieren estadísticamente según la prueba de Tukey ($p < 0,05$). Las barras de error representan la desviación estándar de cada tratamiento.

El peso seco radicular no evidencia diferencias estadísticas entre tratamientos ni entre tipos de sustrato ($p > 0,05$). El mayor promedio se observa en T1 (*T. harzianum*) con 1,44 g, y el menor en el control, con 0,91 g (Tabla 6).

Tabla 6. Efecto de los sustratos (Factor A) y las cepas de *Trichoderma* spp. (Factor B) sobre el peso seco foliar (PSF) y el peso seco radicular (PSR) de plántulas de cacao.

Factor	PSF (g)	PSR (g)
Factor A (sustrato)		
S1 (50 % TU + 50 % TM)	3,66 ± 0,37 a	1,22 ± 0,04 a
S2 (30 % TU + 70 % TM)	4,27 ± 0,45 a	1,19 ± 0,03 a
S3 (100 % TM)	4,13 ± 0,23 a	1,35 ± 0,04a
Factor B (cepa)		
<i>T. harzianum</i>	4,59 ± 0,35 a	1,44 ± 0,03 a
<i>T. asperellum</i>	4,06 ± 0,53 a	1,40 ± 0,02 a
<i>T. reesei</i>	3,85 ± 0,34 a	1,26 ± 0,06 a
Control	3,56 ± 0,44 a	0,91 ± 0,02 a
CV (%)	10,27	9,69

PSF (Peso seco foliar), PSR (Peso seco radicular); TU: turba; TM: tierra de montaña. Resultados presentados en medias aritméticas. Letras iguales en una misma columna denotan ausencia de diferencias significativas según Tukey ($p < 0,05$).

El índice de robustez no presenta diferencias estadísticas significativas entre tratamientos ni entre tipos de sustrato ($p > 0,05$). El mayor valor promedio se registra en T2 (*T. asperellum*) con 5,55, y el menor en T1 (*T. harzianum*) con 4,87.

DISCUSIÓN

Respecto a los resultados de germinación, todas las semillas de *Theobroma cacao* L. (variedad CCN-51), inoculadas o no con cepas de *Trichoderma* spp., alcanzan el 100 % de germinación. Este comportamiento confirma que la aplicación de estos hongos no afecta la viabilidad de las semillas, esto puede atribuirse a la alta calidad del material, a las condiciones controladas del invernadero y al proceso previo de desinfección. En concordancia con Carranza et al. (2025), la inoculación con *Trichoderma* no compromete la capacidad germinativa.

En relación con la rapidez de germinación, no se registraron diferencias significativas entre la mayoría de los tratamientos y el control. Las semillas germinan en aproximadamente tres días, con excepción de las tratadas con *T. reesei*, que tardan un día más. En esta línea, de Nogueira Sousa et al. (2021) reportan que, aunque *Trichoderma* puede

mejorar la calidad sanitaria y el vigor de las semillas, no necesariamente incrementa la velocidad de germinación; de hecho, algunos aislamientos no modificaron significativamente el tiempo hasta la emergencia de la radícula.

Por otra parte, lograr una germinación rápida y uniforme del 100 % en condiciones controladas implica la reducción de pérdidas de semillas y la disponibilidad de plántulas vigorosas para el trasplante, esto incrementa la eficiencia del vivero. Angulo-Villacorta et al. (2021) demuestran que, con buenas prácticas, es factible aproximarse al 98 % – 100 % de germinación en cacao bajo invernadero.

En cuanto al desarrollo radicular durante la germinación, la producción microbiana de auxinas y otras señales químicas, como compuestos orgánicos volátiles, favorece el desarrollo embrionario y de la plántula, y promueve tallos embrionarios más robustos. Asimismo, la colonización temprana de la radícula por *Trichoderma* estimula la formación de pelos absorbentes y raíces secundarias (Suárez-Palacios et al., 2023). Este mecanismo explicaría el mayor peso fresco radicular observado en T3 (*T. reesei*), con 2,84 g, en comparación con el testigo. Este incremento en la biomasa radicular inicial, aun sin diferencias notables en la longitud de la radícula, sugiere un sistema de raíces más denso o con mayor ramificación desde las etapas iniciales.

Respecto al efecto de los sustratos, los resultados obtenidos revelan que el tipo de sustrato no influye de manera notable en la germinación bajo las condiciones evaluadas. En todos los casos se alcanza el 100 % de germinación, con tiempos promedio homogéneos de aproximadamente tres días. Asimismo, el tratamiento pregerminativo de desinfección garantiza la ausencia de patógenos en cada sustrato.

Este hallazgo coincide con Angulo-Villacorta et al. (2021), quienes establecen que en viveros bien manejados las semillas de cacao germinan de forma uniforme con distintos sustratos, siempre que se mantengan condiciones adecuadas de humedad y temperatura. En contraste, Truta et al. (2020) observan en semillas forestales de *Picea abies* que ciertos tipos de sustrato influyen significativamente en los porcentajes de germinación y el desarrollo inicial, esto evidencia la variabilidad interespecífica. En el caso del cacao, Vargas-Guillén et al. (2024) señalan que los sustratos enriquecidos con materia orgánica tienden a mejorar el vigor y la salud de las plántulas en vivero, al proveer nutrientes y hospedar microorganismos beneficiosos.

En lo concerniente al desarrollo vegetativo, la combinación de sustratos y la inoculación con *Trichoderma* spp.

afecta de manera diferencial variables como altura, diámetro basal, número de hojas y biomasa. De manera general, la aplicación de *Trichoderma* favorece el crecimiento, con un grado de respuesta variable según el sustrato utilizado.

Respecto a la altura, se registran incrementos significativos con combinaciones específicas. La cepa *T. asperellum* en el sustrato S1 (50 % tierra de montaña – 50 % turba) promueve el mayor crecimiento (23,74 cm) y supera significativamente al control (18,00 cm). Por su parte, *T. reesei* exhibe el mejor desempeño en el sustrato S2, mientras que en S3 no se evidencian diferencias entre tratamientos. Estos resultados concuerdan con Hernández-Huerta et al. (2025), quienes demuestran que *T. asperellum* puede estimular el desarrollo vegetal mediante la síntesis de fitohormonas como el ácido indolacético, y favorecer la captación de nutrientes por las raíces. De forma similar, Tyśkiewicz et al. (2022) señalan que las especies de *Trichoderma* actúan como bioestimulantes vegetales que producen metabolitos con actividad hormonal capaces de promover el crecimiento del tallo y la parte aérea.

En relación con el diámetro basal del tallo, no se detectan diferencias significativas entre tratamientos con *Trichoderma* spp. en ninguno de los sustratos. Si bien se observan variaciones leves (mayor diámetro con *T. reesei* en S2 y menor con *T. asperellum* en S1), estas no alcanzan relevancia estadística. Este comportamiento sugiere que la variable diámetro basal requiere mayor tiempo de evaluación para manifestar efectos claros. En tal sentido, Tyśkiewicz et al. (2022) destacan que los beneficios de *Trichoderma* se reflejan primero en parámetros como longitud de raíz, biomasa o nutrición, mientras que características como el grosor del tallo pueden requerir interacciones más prolongadas o condiciones específicas.

En cuanto al número de hojas, se identifica una tendencia de mayor foliación en las plantas tratadas con ciertas cepas, particularmente en sustratos con mayor contenido de turba. En la mezcla S1, *T. asperellum* promueve el mayor número de hojas por planta (10,89 en promedio) de manera significativa respecto al control (7,28 hojas). Esta respuesta fisiológica positiva en la brotación y expansión foliar inicial podría asociarse con una mejor disponibilidad de nutrientes en presencia del hongo o con la producción de hormonas estimulantes del desarrollo foliar. Estos hallazgos son congruentes con Tyśkiewicz et al. (2022), quienes documentan que *Trichoderma* spp. induce respuestas hormonales mediante la producción de auxinas y otras fitohormonas que estimulan la división celular y el desarrollo vegetativo, incluida la formación de hojas.

Respecto a la biomasa foliar, las plántulas tratadas con *Trichoderma* superan en general a las no tratadas, con diferencias según la cepa. La cepa *T. harzianum* fue la que más favorece el peso fresco foliar, especialmente en S2 (30 % turba + 70 % tierra de montaña), con 9,71 g por planta, frente a 5,54 g del control. Las cepas *T. asperellum* y *T. reesei* registran valores intermedios, con una tendencia positiva al incrementarse la proporción de tierra en el sustrato. Estos resultados concuerdan con Cahyaningrum et al. (2024), quienes reportan que la aplicación de *Trichoderma* spp. mejora significativamente el peso fresco y seco de plántulas de cacao.

Un resultado destacado fue el efecto sobre el desarrollo radicular. La cepa *T. harzianum* en el sustrato S1 alcanza el mayor peso fresco de raíces (3,52 g), y supera significativamente al control (1,53 g). Las cepas *T. asperellum* y *T. reesei* también mejoran esta variable (3,02 g y 2,52 g, respectivamente), aunque en menor magnitud. Este hallazgo coincide con Sehim et al. (2023), quienes demostraron que *T. asperellum* incrementa notablemente la longitud y ramificación de raíces en tomate, gracias a la producción de auxinas y otros compuestos que favorecen la elongación celular. En el presente estudio, *T. harzianum* fue la cepa con mayor eficacia en este aspecto, ello converge con reportes que destacan su capacidad para sintetizar fitohormonas y solubilizar nutrientes en la rizósfera (Tyśkiewicz et al., 2022).

Finalmente, el índice de robustez fue más alto con *T. asperellum* en el sustrato S1 (5,55), superior al control (4,99). Aunque *T. harzianum* y *T. reesei* muestran valores ligeramente menores (4,87 a 5,04), todos superan al control. Este patrón indica que las plántulas tratadas crecen de manera equilibrada, sin comprometer la firmeza del tallo. Un índice de robustez elevado sugiere que, pese a un mayor desarrollo en altura y hojas, las plántulas inoculadas no sacrifican la fortaleza de su base.

Entre las limitaciones del presente estudio cabe mencionar el tamaño muestral acotado (tres observaciones por tratamiento en la fase de crecimiento inicial), que pudo reducir la sensibilidad estadística para discriminar diferencias en variables como el peso seco foliar, el peso seco radicular y el índice de robustez. Asimismo, el período de evaluación de 45 días posteriores al trasplante resulta corto para variables de respuesta lenta como el diámetro basal del tallo. Investigaciones futuras deberían ampliar el número de repeticiones, prolongar los tiempos de evaluación e incorporar mediciones bioquímicas (auxinas, actividad enzimática rizosférica) que permitan dilucidar los mecanismos fisiológicos subyacentes a las respuestas observadas.

Impacto social y perspectivas desde la sostenibilidad rural

Más allá de los efectos biofisiológicos documentados, los hallazgos de este estudio poseen implicaciones sociales significativas, particularmente para pequeños caocultores de sistemas agroforestales o de transición agroecológica. La capacidad de *Trichoderma* spp. (especialmente cepas como *T. harzianum* y *T. asperellum*) para mejorar indicadores clave como la altura de plántula, el número de hojas, la biomasa foliar y radical, incluso en sustratos con alta proporción de tierra de montaña (S3: 100 % TM), sugiere una oportunidad concreta para reducir la dependencia de insumos costosos como la turba o fertilizantes sintéticos. Esto es relevante porque, en contextos rurales de economías vulnerables, el acceso limitado a sustratos comerciales y la necesidad de maximizar la eficiencia del vivero son barreras estructurales para el establecimiento de cultivos perennes como el cacao. Al demostrar que la inoculación con *Trichoderma* puede compensar parcialmente las limitaciones de sustratos de menor costo (S3), se abre una vía para disminuir los costos de producción de plántulas, aumentar la resiliencia del vivero y reducir pérdidas postgerminativas, ello se traduce en una mejora de la seguridad alimentaria y los medios de vida de las familias productoras. Además, el uso de este tipo de bioinoculantes, alineado con los principios de la agricultura sostenible y la reducción de agroquímicos, puede fortalecer la cohesión comunitaria en torno a prácticas agroecológicas, reducir la exposición a insumos tóxicos y facilitar el acceso a mercados diferenciados (orgánicos, comercio justo). Por tanto, la transferencia tecnológica de estas cepas, acompañada de procesos de capacitación participativa y validación en finca, potencia el rendimiento agronómico, además de contribuir a la autonomía técnica, la equidad en el acceso a insumos biológicos y la construcción de sistemas productivos más justos y sustentables desde el vivero hasta el cultivo adulto. Investigaciones interdisciplinarias futuras deberían evaluar la adopción diferencial de estas tecnologías según género, tenencia de la tierra y organización social local, así como su impacto en la reducción de brechas productivas en territorios con alta vulnerabilidad socioambiental.

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos demuestran que todas las semillas de *Theobroma cacao* L. (variedad CCN-51) alcanzan el 100 % de germinación, tanto en los tratamientos inoculados con *T. harzianum*, *T. asperellum* o *T. reesei* como en el control, sin diferencias estadísticas entre tratamientos. Los sustratos evaluados no ejercen influencia sobre el

porcentaje ni sobre el tiempo de germinación, observándose germinación homogénea de aproximadamente tres días en todas las combinaciones. En la fase de germinación, la cepa *T. reesei* evidencia el mejor desempeño en el desarrollo radicular, al registrar el mayor peso fresco radicular (2,84 g). En la fase de crecimiento inicial, la combinación de *T. asperellum* con el sustrato 50 % turba + 50 % tierra de montaña genera el mayor número de hojas (10,89), mientras que *T. harzianum* en el mismo sustrato promueve el mayor peso fresco radicular (3,52 g). En conjunto, estos hallazgos evidencian que las combinaciones sustrato-cepa influyen positivamente en el crecimiento inicial de plántulas de cacao y perfilan a *Trichoderma* spp. como una alternativa biotecnológica viable para la producción sostenible de material vegetal en vivero.

El principal aporte social de este estudio es demostrar que cepas de *Trichoderma* spp. mejoran el crecimiento de plántulas de cacao incluso en sustratos de bajo costo como tierra de montaña sin turba. Esto reduce la dependencia de insumos comerciales costosos, fortalece la autonomía técnica de pequeños cacaocultores y favorece la adopción de prácticas agroecológicas accesibles, con impacto directo en la eficiencia del vivero, la resiliencia productiva y la calidad de vida de las familias rurales.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Angulo-Villacorta, C. D., Mathios-Flores, M. A., Racchumi-García, A., Bardales-Lozano, R. M., & Ayala-Montejo, D. (2021). Growing of cacao seedlings (*Theobroma cacao*) in the nursery, using different volumes of substrate. *Manglar*, *18*(3), 261-266.
- Avilés, D., Espinoza, F., Villao, L., Alvarez, J., Sosa, D., Santos-Ordóñez, E., & Galarza, L. (2023). Application of microencapsulated *Trichoderma* spp. against *Moniliophthora roreri* during the vegetative development of cocoa. *Scientia Agropecuaria*, *14*(4), 539-547. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2023.045>
- Cahyaningrum, D. G., Hayu, K., Siwi, M., Harlianingtyas, I., & Dinata, G. F. (2024). Growth response of cocoa seedlings (*Theobroma cacao* L.) ICCRI 06 clone with application of manure and *Trichoderma* sp. *Agrovigor: Jurnal Agroekoteknologi*, *17*(2), 55-63. <https://doi.org/10.21107/agrovigor.v17i2.26989>
- Carranza, M. S., Rivera, V. C., Marín, C. V., Torres, J. A., & Cedeño, Á. V. (2025). *Trichoderma* spp. en la propagación sostenible de *Theobroma cacao* L. bajo distintos sustratos. *Multidisciplinary Collaborative Journal*, *3*(2), 92-113. <https://doi.org/10.70881/mcj/v3/n2/52>
- González-Orozco, C. E., & Pesca, A. (2022). Regionalization of cacao (*Theobroma cacao* L.) in Colombia. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, *6*, Artículo 925800. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2022.925800>
- Guamán, M., Jaramillo, E., & Bernal, J. (2022). Control biológico de la mazorca negra (*Phytophthora palmivora* L.) en el cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.). *Revista Metropolitana de Ciencias Aplicadas*, *5*(3), 149-154. <https://doi.org/10.62452/54qhg79>
- Guerrero, R., Palma, R., Falquez, O., & Mónaco, C. (2025). Effect of native *Trichoderma* strains on *Moniliophthora roreri* infection in *Theobroma cacao* L. *Revista de Gestão Social e Ambiental*, *19*(2), 1-17. <https://doi.org/10.24857/rgsa.v19n2-087>
- Harni, R., Amaría, W., Ferry, Y., & Marhaeni, L. S. (2020). Effect of *Trichoderma* spp. and potassium fertilizer on *Phytophthora palmivora* infection in cacao seedlings. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, *418*(1), Artículo 012015. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/418/1/012015>
- Hernández-Huerta, J., Guerrero, B. I., Acevedo-Barrera, A. A., Balandrán-Valladares, M. I., Yañez-Muñoz, R. M., De Dios-Avila, N., & Gutiérrez-Chávez, A. (2025). Biostimulant effects of *Trichoderma asperellum* in hydroponic spinach production. *Life*, *15*(3), Artículo 428. <https://doi.org/10.3390/life15030428>
- Nogueira De Sousa, W., Fonseca Brito, N., Aledi Felsemburgh, C., Almeida Vieira, T., & Castro Lustosa, D. (2021). Evaluation of *Trichoderma* spp. isolates in cocoa seed treatment and seedling production. *Plants*, *10*(9), 1964. <https://doi.org/10.3390/plants10091964>
- Ricárdez-Pérez, J., Gómez-Álvarez, R., Álvarez-Solís, J., Pat-Fernández, J., Jarquín-Sánchez, A., & Ramos-Reyes, R. (2020). Vermicomposta y micorriza arbuscular, su efecto en la nutrición del cacao en fase de invernadero. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, *7*(3), 1-12. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/8202307.pdf>
- Rodríguez-Lozano, R. (2020). Efecto de la aplicación de biorreguladores para el control de *Moniliophthora roreri* y *Phytophthora palmivora* en cacao CCN-51 (*Theobroma cacao*). *Killkana Técnica*, *4*(2), 13-20. <https://doi.org/10.26871/killkanatecnica.v4i2.280>
- Sánchez-Montesinos, B., Diánez, F., Moreno-Gavira, A., Gea, F. J., & Santos, M. (2020). Role of *Trichoderma aggressivum* f. *europaeum* as plant-growth promoter in horticulture. *Agronomy*, *10*(7), 1004. <https://doi.org/10.3390/agronomy10071004>
- Sehim, A. E., Hewedy, O. A., Altammar, K. A., Alhumaidi, M. S., & Abd Elghaffar, R. Y. (2023). *Trichoderma asperellum* empowers tomato plants and suppresses *Fusarium oxysporum* through priming responses. *Frontiers in Microbiology*, *14*, Artículo 1140378. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2023.1140378>
- Silva Couto, A., Pereira, A., Abati, J., Camargo, M., Dias-Arieira, C. R., & Krohn, N. G. (2021). Seed treatment with *Trichoderma* and chemicals to improve physiological and sanitary quality of wheat cultivars. *Revista Caatinga*, *34*(4), 813-823. <https://doi.org/10.1590/1983-21252021v34n408rc>

Suárez-Palacios, C. W., Remache-Sánchez, N. M., Pico-Rosado, J. T., Paredes-Puga, E., Jiménez-Cumbicus, J., Andrade-Olaya, L., & Delgado-Párraga, A. G. (2023). Aislamiento y evaluación de cepas nativas de *Trichoderma* spp., como promotor de desarrollo radicular. *Ciencia UNEMI*, *16*(42), 45-54. <https://doi.org/10.29076/issn.2528-7737vol16iss42.2023pp45-54p>

Sukorini, H., Aigahayunindy, F. W., Septia, E. D., & Khewkhom, N. (2021). Exploration and effectiveness of *Trichoderma* sp. from Jember and Trenggalek, East Java, Indonesia cacao plantation as a biological control of *Phytophthora palmivora*. *E3S Web of Conferences*, *226*, 1-7. <https://doi.org/10.1051/e3s-conf/202122600022>

Truta, A. M., Viman, O., Dohotar, V. D., Singeorzan, S., Truta, P., & Holonec, L. (2020). The influence of certain types of substrate and biochemical substances in seed germination and plant development of spruce (*Picea abies*). *Bulletin of University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine Cluj-Napoca. Horticulture*, *77*(1), 128-135. <https://doi.org/10.15835/buasvmcn-hort:2020.0010>

Tyśkiewicz, R., Nowak, A., Ozimek, E., & Jaroszuk-Ścisel, J. (2022). *Trichoderma*: The current status of its application in agriculture for the biocontrol of fungal phytopathogens and stimulation of plant growth. *International Journal of Molecular Sciences*, *23*(4), Artículo 2329. <https://doi.org/10.3390/ijms23042329>

Vargas-Guillén, P. I., Tenesaca-Sumba, W. A., Centanaro-Quiróz, P. H., & Peña-Haro, C. A. (2024). Efecto de tres sustratos y dos fórmulas de fertilizantes en el crecimiento de plántulas de cacao (*Theobroma cacao* L.), Naranjal, provincia del Guayas. *Sathiri*, *19*(2), 164-177. <https://doi.org/10.32645/13906925.1287>

Universidad & Sociedad publica sus artículos bajo una licencia Creative Commons <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.es>



CONFLICTO DE INTERESES:

Los autores declaran no tener conflictos de intereses.

Contribución de los autores bajo taxonomía CRediT:

Autor	Roles
Mercedes Susana Carranza Patiño	Encargada de: Conceptualización, metodología, supervisión, administración de proyectos, redacción – revisión y edición.
Joselyn Nohelia Garcia Conza	Encargada de: Investigación, curación de datos, análisis formal, redacción – borrador original.
Yosselin Ariana Castro Mena	Encargada de: Investigación, metodología, visualización, redacción – borrador original.
Lesly Johanna Romero Peralta	Encargada de: Validación, investigación, recursos, redacción – revisión y edición.