Articulo de investigación

Influencia de microorganismos benéficos y sustancias húmicas y fúlvicas en el crecimiento de plántulas de cacao

Influence of beneficial microorganisms and humic and fulvic substances on the growth of cacao seedlings

Carlos Oswaldo Valarezo Beltrón[1] https://orcid.org/0000-0002-6476-139X
José Andrés Santana Álvarez[1] https://orcid.org/0009-0000-0933-3862
José Javier Mendoza Vargas[1] https://orcid.org/0000-0002-3614-7106
Sergio Miguel Vélez Zambrano[1] https://orcid.org/0000-0003-3785-7457
Saskia Valeria Guillén Mendoza[1] https://orcid.org/0000-0002-1725-8548

[1]Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López: Calceta, Ecuador / CP-130250

cvalarezo@espam.edu.ec

https://doi.org/10.26423/rctu.v13i1.1480
Páginas: 19- 28

Resumen

El presente estudio se realizó en el vivero de la carrera de Ingeniería Agrícola de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí, Ecuador, con el objetivo de evaluar el efecto de microorganismos benéficos y sustancias húmicas sobre el crecimiento y calidad de plántulas de cacao (*Theobroma cacao L.*) en condiciones de vivero y a su vez, la hipótesis fue la aplicación individual y combinada de microorganismos benéficos y sustancias húmicas mejora el crecimiento y calidad de las plántulas de cacao. Se empleó un Diseño Completamente al Azar (DCA) con 4 repeticiones y 8 tratamientos, que incluyeron la aplicación singular y combinada de *Trichoderma spp., Bacillus subtilis* y ácidos húmicos y fúlvicos, además de un tratamiento testigo con agua. Se evaluaron variables de crecimiento aéreo y radicular. El análisis de varianza y la prueba de Tukey ($p<0,05$) no evidenciaron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos; sin embargo, varios de ellos presentaron mayores promedios numéricos en comparación con el testigo. Se concluye que algunos bioestimulantes evaluados muestran potencial para mejorar el desarrollo de plantines de T. cacao, por lo que se recomienda realizar investigaciones adicionales que permitan confirmar su efecto en la calidad de planta. .

Palabras clave: *Bacillus subtillis*, Bioestimulante, cacao, sustancias húmicas, *Trichoderma spp*.

Abstract

This study was conducted in the nursery of the Agricultural Engineering program at the Higher Polytechnic School of Agriculture of Manabí, Ecuador, with the objective of evaluating the effect of beneficial microorganisms and humic substances on the growth and quality of cacao (*Theobroma cacao L.*) seedlings under nursery conditions. The hypothesis was that the individual and combined application of beneficial microorganisms and humic substances would improve the growth and quality of cacao seedlings. A Completely Randomized Design (CRD) with four replicates and eight treatments was used. These treatments included the single and combined application of *Trichoderma spp., Bacillus subtilis*, and humic and fulvic acids, as well as a control treatment with water. Aerial and root growth variables were evaluated. The analysis of variance and Tukey's test ($p<0,05$) did not reveal statistically significant differences between treatments; however, several treatments showed higher numerical averages compared to the control. It is concluded that some of the biostimulants evaluated show potential to improve the development of T. cacao seedlings, so it is recommended that further research be carried out to confirm their effect on plant quality.

Keywords: *Bacillus subtilis*, Biostimulant, cacao, humic substances, *Trichoderma spp.*

Recepción: 30 de enero 2026 | Aprobación: 5 de junio 2026 | Publicación: 30 junio 2026

1. Introducción

El cacao (*Theobroma cacao L.*) constituye uno de los cultivos de mayor importancia económica y social en las regiones tropicales, debido a su aporte a la seguridad alimentaria, generación de ingresos y sostenibilidad de pequeños [1]. La calidad de las plántulas en etapa de vivero representa un factor determinante para el establecimiento exitoso del cultivo en campo, debido a que las plantas vigorosas y bien desarrolladas demuestran mayor capacidad de adaptación, crecimiento y productividad [2, 3]. En este sentido, el manejo correcto de las condiciones nutricionales y sanitarias durante las fases iniciales es fundamental para asegurar un óptimo desarrollo vegetativo y radicular [4, 5].

En vivero, las plántulas de cacao pueden verse afectadas por distintos factores limitantes, entre ellos la baja disponibilidad de nutrientes, el uso incorrecto de fertilizantes, enfermedades radiculares y condiciones ambientales desfavorables, las cuales reducen el vigor y la calidad fisiológica de las plantas [6, 7]. Estas limitaciones afectan de manera directa la absorción de agua y nutrientes, comprometiendo el crecimiento inicial y el establecimiento posterior del cultivo [8]. El uso incorrecto de agroquímicos en sistemas convencionales ha sido relacionado con impactos negativos en la salud de los agricultores y en la calidad ambiental, incluyendo la reducción de la biodiversidad microbiana y la alteración de procesos ecológicos esenciales [9, 10]. Por ello, actualmente existe interés en implementar alternativas sostenibles que puedan mejorar el desarrollo de las plántulas mediante el uso de bioestimulantes y microorganismos benéficos [11, 12, 13].

Los microorganismos benéficos, como *Trichoderma spp.* Y *Bacillus subtilis*, han demostrado efectos positivos en el crecimiento vegetal y en la protección de las plantas frente a diversos factores de estrés [14, 15, 16, 17]. *Trichoderma* favorece el desarrollo radicular mediante la producción de fitohormonas y la estimulación de procesos fisiológicos relacionados con la absorción de nutrientes, además de ejercer control biológico frente a fitopatógenos del suelo [18, 19, 20]. Por su parte, *B. subtilis* participa en la solubilización de nutrientes, producción de metabolitos promotores del crecimiento y estimulación de mecanismos de defensa vegetal [21, 22].

Adicionalmente, las sustancias húmicas y fúlvicas constituyen compuestos orgánicos derivados de la descomposición de la materia, ampliamente reconocidos por su capacidad bioestimulante sobre las plantas [[23, 24]. Estas sustancias mejoran la estructura del suelo, incrementan la retención de humedad favoreciendo la disponibilidad y absorción de nutrientes, contribuyendo al crecimiento y desarrollo vegetal [25]. Además, estimulan la actividad microbiana del suelo y fortalecen el desarrollo radicular, aspectos relevantes durante la producción de plántulas en vivero [26].

Diversos estudios reportan efectos favorables de microorganismos benéficos y sustancias húmicas aplicados de forma independiente sobre el crecimiento de cultivos agrícolas [[27, 28]. Sin embargo, aún existe información limitada relacionada con los efectos de su aplicación combinada en plántulas de cacao bajo condiciones de vivero, en especial en relación con variables agronómicas asociadas al crecimiento inicial y calidad vegetal [29].

En este contexto, el objetivo de la presente investigación fue evaluar el efecto de microorganismos benéficos y sustancias húmicas sobre el crecimiento y calidad de plántulas de cacao (*Theobroma cacao L.*) en condiciones de vivero y a su vez, la hipótesis fue la aplicación individual y combinada de microorganismos benéficos y sustancias húmicas mejora el crecimiento y calidad de las plántulas de cacao.

2. Materiales y Métodos

Ubicación de la zona de estudio

El presente trabajo se realizó en la Unidad de Docencia, Investigación y Vinculación Ecológica de la carrera de Ingeniería Agrícola de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, ubicada en el sitio El Limón, parroquia Calceta, cantón Bolívar, provincia de Manabí, situada geográficamente a 00° 49´23´´ Latitud sur y 80°11´01´´ de latitud oeste, a 15 msnm.

Material Vegetal

Se utilizaron semillas de cacao (Theobroma cacao L) del clon CCN-51, seleccionado por su alta productividad, vigor vegetativo y tolerancia relativa a plagas y enfermedades. Las semillas fueron obtenidas de frutos fisiológicamente maduros y sometidas a un proceso de observación para garantizar sus condiciones sanitarias.

Preparación del sustrato y manejo experimental

El sustrato utilizado estuvo compuesto por suelo agrícola y cascarilla de arroz en proporción 3:1. La mezcla fue homogenizada manualmente y colocada en fundas de polietileno de 30x20 cm. La siembra se realizó de forma directa en vivero. Posteriormente, las plántulas permanecieron bajo condiciones controladas de humedad y manejo agronómico durante el periodo experimental.

Tratamientos

Se evaluaron 8 tratamientos correspondientes a la aplicación individual y combinada de microorganismos benéficos y sustancias húmicas y fúlvicas (Tabla 1).

Tabla 1: Tratamientos y dosis aplicadas en plántulas de cacao.

Tratamientos	Dosis
T1 *Trichoderma spp*	1,5 ml l-1
T2 *Bacillus subtilis*	5 ml 1l
T3 Ácidos húmicos y fúlvicos	10 ml 1l
T4 (*Trichoderma*) + (*Bacillus subtillis*)	2,2ml+15ml 1l
T5 (*Bacillus subtilis*) + (Ácidos húmicos y fúlvicos)	7,5ml+15ml 1l
T6 (*Trichoderma spp*) + (Ácidos húmicos y fúlvicos)	2,2ml+15ml 1l
T7 (*Trichoderma spp*) + (*Bacillus subtilis*) + (Ácidos húmicos y fúlvicos)	1,5ml+5ml+10ml 1l
T8 (Testigo - Agua)	1l

Diseño experimental

Se utilizó un Diseño Completamente al Azar (DCA), con 8 tratamientos y 4 repeticiones. Cada unidad experimental estuvo conformada por 10 plántulas, para un total de 320 plantas evaluadas.

Los tratamientos fueron aplicados mediante drench cada 15 días durante 4 meses, empezando 15 días posteriores a la germinación.

Variables evaluadas

Las variables evaluadas fueron: altura de planta (cm), longitud radicular (cm), número de hojas, peso seco de raíz y de planta (g), área foliar (cm2) y ritmo de crecimiento diario (g día -1).

La altura de planta y longitud radicular se determinaron con el uso de una cinta métrica graduada. El número de hojas se registró de manera manual en cada plántula. Para determinar el peso seco, las muestras vegetales fueron sometidas a secado en estufa a 65 °C hasta alcanzar peso constante y luego, pesarlas en una balanza digital de precisión. El área foliar fue estimada mediante medición directa de las hojas completamente expandidas.

Ritmo de crecimiento diario

Para la evaluación del crecimiento se calculó el ritmo de crecimiento diario (RCD) propuesta por Cahyaningrum *et. al.* (2024), mediante la siguiente expresión [30]:

Fórmula 1. Ritmo de crecimiento diario.

$$RCD = \frac{\text{PSf - PSi}}{\text{tf - ti}} = gdia^{-1} \quad (1)$$

Donde:

RCD= Ritmo de crecimiento diario ($gdia^{-1}$)
PSf= Peso seco final (g)
Psi= Peso seco inicial (g)
tf-ti= Intervalo de tiempo evaluado (días)

Análisis estadístico

Los datos obtenidos fueron sometidos a análisis de varianza (ANOVA) para determinar diferencias estadísticas entre tratamientos. Previamente, se verificaron los de normalidad y homogeneidad de varianzas.

Cuando el ANOVA presentó diferencias significativas, se aplicó la prueba de comparación de medias de Tukey al 5 % de probabilidad. Para las pruebas estadísticas se utilizó el software InfoStat.

3. Resultados y Discusión

Variables agronómicas

En las plántulas de cacao CCN51 en vivero, con la combinación de microorganismos y ácidos húmicos y fúlvicos, aumenta la producción de biomasa y proporciona resistencia ante plagas y enfermedades [31]. Los resultados alcanzados en esta investigación permiten sugerir que la aplicación de los bioestimulantes a base de estos productos de forma balanceada ayudan en el crecimiento fisiológico, altura, longitud radicular, peso seco raíz, número de hojas, peso seco de la planta.

La aplicación de microorganismos benéficos y sustancias húmicas y fúlvicas mostró efectos variables sobre el crecimiento vegetativo y radicular. Sin embargo, de acuerdo con el análisis de varianza (ANOVA), no se detectaron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos (p>0,05) en ninguna de las variables evaluadas.

En la variable altura de planta, el tratamiento T2 (*Bacillus subtilis*) presentó el mayor promedio numérico con 44,17 cm, seguido de T3 (40) y T5 (41,75). No obstante, estas diferencias no fueron estadísticamente significativas, por lo que los tratamientos se consideran equivalentes al testigo.

Para la longitud radicular, el tratamiento T4(*Trichoderma spp. + Bacillus subtillis*) alcanzó el valor más alto con 36,88 cm, aunque sin diferencias significativas respecto a los demás (p=0,76). De forma general, el promedio de esta variable fue de 32,12 cm.

En lo que respecta el peso seco de raíz, el tratamiento T4 presentó el mayor promedio con 2,44 g, seguido de T2 y T7. Sin embargo, el análisis estadístico indica que no existen diferencias significativas entre tratamientos (p=0,75), lo que sugiere una respuesta homogénea de las plántulas ante las aplicaciones realizadas.

Respecto al número de hojas, el tratamiento T3 (ácidos húmicos y fúlvicos) demostró el mayor promedio con 24,75 hojas, aunque estadísticamente similar a los demás tratamientos (p=0,86). El valor general fue de 22,53 hojas.

En contextos generales, aunque algunos tratamientos evidenciaron valores numéricos superiores al testigo, no se evidenciaron diferencias significativas, lo que indica que los bioestimulantes evaluados no generaron efectos diferenciados bajo las condiciones experimentales del estudio.

Los resultados presentados en la Tabla 2 evidencian variabilidad numérica entre tratamientos para las variables agronómicas evaluadas. Sin embargo, el análisis estadístico mediante ANOVA mostró valores de p>0,05 en todas las variables, confirmando la ausencia de diferencias significativas entre tratamientos. El coeficiente de variación (CV) osciló entre 20,72 y 25,90 %, lo que indica una variabilidad experimental moderada a alta, probablemente vinculada a factores ambientales del vivero o la variabilidad biológica del material vegetal.

© 2026 Derechos de autor: Valarezo C.| Santana J. | Mendoza J. | Vélez S.| Guillén S.

Tabla 2: Efecto de tres productos a base de microorganismos, con ácidos húmicos y fúlvicos de las variables agronómicas de las plántulas de cacao a los 60 días después de la aplicación.

Tratamientos	Altura de planta (cm)	Longitud radicular (cm)	Peso seco de raiz (g)	Numero de hojas
	60 días	60 días	60 días	60 días
T1 T SPP	37,75	33,25	2,13	20,63
T2 BS	44,17	32,88	2,31	21,13
T3 ÁHF	40	32,38	2,01	24,75
T4 (T SPP) + (SB)	38,88	36,88	2,44	23,25
T5 (BS) + (ÁHF)	41,75	28,88	2,01	24,25
T6 (T SPP) + (ÁHF)	38,25	27,18	1,96	19,25
T7 (T SPP) + (BS) + (ÁHF)	39,63	32,38	2,31	23
T8 (AGUA)	35,81	33,13	2,28	24
Promedios	38,45	32,12	2,18	22,53
P-Valor ANOVA	0,96	0,76	0,75	0,86
C.V %	20,72	23,87	20,95	25,9

NS, *, ** no significativos al 5 % de probabilidad, significativos al 5 %. Medias dentro de columnas con letras distintas, difieren significativamente de acuerdo al test de Tukey al 5 % de probabilidad de error.

Variable de crecimiento rápido

En la variable peso seco de planta, evaluada a los 20,40 y 60 días después de la aplicación, se demostró un incremento progresivo en todos los tratamientos. A los 60 días, el T2 (*Bacillus subtilis*) presentó el mayor valor con 12,07 g, seguido de T5 (11,44) y T7 (5,62). No obstante, el análisis estadístico señaló que estas diferencias no fueron significativas (p>0,05) (Figura 1).

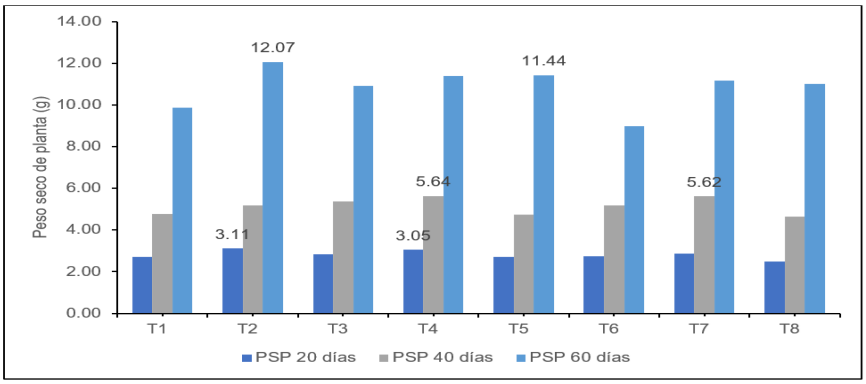

Figura 1: Efecto de microorganismos, con ácidos húmicos y fúlvicos en el crecimiento de plántulas de cacao en peso de seco de planta (g), a los 20, 40 y 60 días después de la aplicación.

En la variable área foliar, se observó una tendencia creciente en el transcurso del tiempo en todos los tratamientos evaluados. A los 60 días, el T7 (*Trichoderma spp.* + *Bacillus subtilis* + ácidos húmicos y fúlvicos) presentó el mayor promedio con 814,9 cm2, aunque sin diferencias significativas respecto al resto de tratamientos (Figura 2).

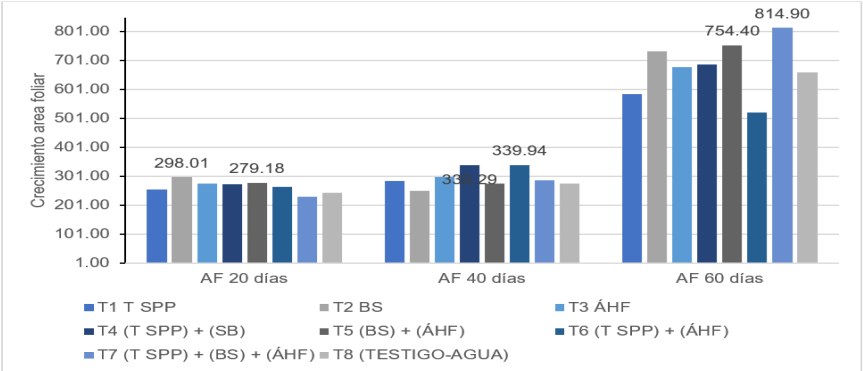

Figura 2: Efecto de interacción de microorganismos, con ácidos húmicos y fúlvicos sobre el crecimiento aéreo foliar plántulas de cacao (cm2), a los 20, 40 y 60 días después de la aplicación.

El ritmo de crecimiento diario (RCD) presentó un incremento progresivo desde los 20 hasta los 60 días en todos los tratamientos evaluados. A los 60 días, el T2 (*Bacillus subtilis*) mostró el valor más alto con 0,60 g día-1, seguido de T5 (0,57) y T7 (0,56) (Figura 3). Sin embargo, de acuerdo con el análisis estadístico, no se detectaron diferencias significativas entre tratamientos, lo que indica que los bioestimulantes no modificaron de manera comprobable la tasa de acumulación de biomasa.

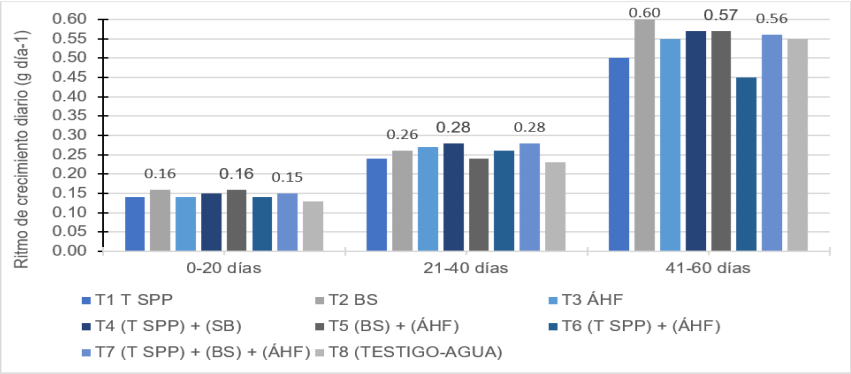

Figura 3: Efecto de interacción de microorganismos, con ácidos húmicos y fúlvicos sobre el ritmo de crecimiento diario de peso seco en plántulas de cacao (g día-1), a los 20, 40 y 60 días después de la aplicación.

Los resultados obtenidos en esta investigación evidenciaron variaciones numéricas entre tratamientos en las variables agronómicas evaluadas, sin embargo, el análisis de varianza no mostró diferencias estadísticas significativas ($p>0,05$). Estos hallazgos indican que, bajo las condiciones experimentales del estudio, la aplicación de microorganismos benéficos y sustancias húmicas no produjo respuestas diferenciadas estadísticamente en el crecimiento de las plántulas de cacao. No obstante, algunos tratamientos presentaron promedios numéricos superiores respecto al testigo, lo que podría sugerir una tendencia favorable que requiere mayor validación experimental.

Según Rodríguez *et al.* (2023), la aplicación de bioestimulantes favorece el crecimiento morfológico de plántulas de cacao en etapa de vivero, promoviendo respuestas positivas en variables con relación al desarrollo vegetativo [32]. De manera similar, Mientras que Cargua *et al.* (2020), reportaron que el uso de biofertilizates asociados a biochar, compuestos por consorcios microbianos, mejora significativamente el crecimiento y la calidad de plántulas de cacao en vivero, demostrando incrementos en las variables como el área foliar, biomasa y calidad de planta [33].

De manera complementaria, De Souza *et al.* 2021, señalaron que la aplicación de microorganismos benéficos puede favorecer el crecimiento inicial y el desarrollo fisiológico de las plantas mediante la estimulación radicular y mejora en la absorción de nutrientes. Estos antecedentes concuerdan levemente con las tendencias evidenciadas en el presente estudio, donde algunos tratamientos presentaron mayores promedios numéricos en variables de crecimiento respecto al testigo [34]. Estos resultados fortalecen el papel de los microorganismos benéficos en la promoción del desarrollo inicial del cacao bajo condiciones controladas.

En altura de planta y ritmo de crecimiento diario, el tratamiento con *Bacillus subtilis* presentó los mayores promedios numéricos. Este comportamiento podría estar asociado a la capacidad de esta bacteria para estimular procesos fisiológicos relacionados con la absorción de nutrientes y producción de metabolitos promotores de crecimiento vegetal [35]. González *et al.* 2019, evidencian que *B. subtilis* participa en mecanismos de bioestimulación vegetal mediante la síntesis de sustancias promotores del crecimiento y el mejoramiento de la disponibilidad nutricional en el suelo [16].

En las variables longitud radicular y peso seco de raíz, la combinación de *Trichoderma spp*. y *Bacillus subtilis* mostró los mayores valores numéricos. Carranza *et al.* 2025, reportaron incrementos en biomasa radicular y vigor inicial de plántulas de cacao tratadas con este microorganismo rizosférico. Destacando su potencial bioestimulante bajo condiciones de vivero [36]. De manera complementaria, Abasolo *et al.* (2025) evidenciaron que los microorganismos rizosféricos también promueven el crecimiento y desarrollo radicular en plántulas de cacao, reforzando la importancia de los biorreguladores microbianos en el cultivo [37].

Respecto al número de hojas y área foliar, los tratamientos que incluyeron sustancias húmicas y fúlvicas demostraron mayores promedios en comparación con el testigo. Las sustancias húmicas son reconocidas por favorecer la disponibilidad y absorción de nutrientes, mejorar la retención hídrica y estimular la actividad fisiológica vegetal [38, 39, 40]. Caballero *et al.* (2025) señalan que los ácidos húmicos poseen capacidad promotora sobre el crecimiento vegetal debido a su influencia en procesos fisiológicos y metabólicos relacionados con la absorción de nutrientes y el desarrollo radicular, lo que coincide parcialmente con las tendencias visualizadas en el presente estudio [41].

Sin embargo, a pesar de las tendencias numéricas observadas, las diferencias no alcanzaron estadísticas significativas. Esta respuesta podría estar relacionada con diversos factores experimentales. Los coeficientes de variación registrados en algunas variables fueron moderadamente altos, en especial en número de hojas y longitud radicular, lo cual evidencia una importante variabilidad biológica entre las plántulas evaluadas. Esta variabilidad puede reducir la sensibilidad de los análisis estadísticos y dificultar la detección de diferencias

© 2026 Derechos de autor: Valarezo C.| Santana J. | Mendoza J. | Vélez S.| Guillén S.

reales entre tratamientos.

Asimismo, el tiempo de evaluación posiblemente no fue lo suficiente para demostrar respuestas fisiológicas más marcadas derivadas de la aplicación de los bioestimulantes. Pineda *et al.* (2022) y Sauvu *et al.* (2020) indican que los efectos de microorganismos benéficos y sustancias húmicas pueden manifestarse con mayor claridad en etapas más avanzadas del desarrollo vegetal o bajo condiciones de estrés [42, 43].

Otro factor que pudo influir en la ausencia de diferencias significativas corresponde a las dosis aplicadas y a la posible interacción entre microorganismos y sustancias húmicas. Aunque ambos componentes presentan efectos bioestimulantes reconocidos, su interacción no necesariamente genera respuestas sinérgicas en todas las condiciones del cultivo. Variables relacionadas con la composición del sustrato, disponibilidad de nutrientes, condiciones ambientales del vivero y variabilidad fisiológica del material vegetal también pudieron influir en la respuesta de las plántulas.

Los resultados obtenidos tienen leve concordancia con Rojas *et al.* (2025), quienes reportaron respuestas favorables en el crecimiento inicial de plántulas de cacao mediante la aplicación de *Trichoderma spp.* en condiciones de vivero, destacando mejoras relacionadas con el vigor vegetal y la formación de raíces [5]. De manera similar, Chávez *et al.* (2022) observaron incrementos en variables agronómicas y crecimiento foliar en ecotipos de esta especie vegetal tratadas con cepas de este hongo biorregulador, sin embargo, los autores indican que las respuestas de las plantas pueden variar según las condiciones ambientales, el material vegetativo y el manejo agronómico. Estos antecedentes podrían explicar las tendencias numéricas observadas en el presente trabajo de investigación, a pesar de la ausencia de diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos [44]. En este mismo contexto, Carranza *et al.* (2025) también demostraron que la distribución de este microorganismo en la propagación de *Theobroma cacao L.*, bajo distintos sustratos mejora el desarrollo y la calidad de los plantines, favoreciendo su establecimiento germinativo [45].

Por lo general, aunque no se demostraron diferencias significativas, los resultados sugieren que algunos tratamientos podrían contribuir al crecimiento inicial de plántulas de cacao bajo determinadas condiciones de control. Por ello, se recomienda desarrollar futuras investigaciones considerando mayores periodos de monitoreo. Ajustes en las dosis aplicadas, incremento del número de repeticiones y evaluación de variables fisiológicas y microbiológicas complementarias que permitan comprender mejor la interacción entre microorganismos benéficos y sustancias húmicas y fúlvicas en vivero.

4. Conclusiones

La aplicación de microorganismos benéficos y sustancias húmicas y fúlvicas en plántulas de cacao, no generó diferencias estadísticas significativas en las variables agronómicas evaluadas bajo las condiciones experimentales del presente estudio. No obstante, algunos tratamientos presentaron mayores promedios cuantitativos respecto al testigo, em especial en variables relacionadas con altura de planta, longitud radicular y ritmo de crecimiento diario.

El tratamiento con *Bacillus subtilis* mostró los mayores promedios numéricos en altura de planta y ritmo de crecimiento diario, mientras que la combinación de *Trichoderma* spp. y *B. subtilis* presentó tendencias favorables en longitud radicular y peso seco de raíz. Asimismo, los tratamientos que incluyeron sustancias húmicas y fúlvicas evidenciaron respuestas cuantitativas superiores en variables foliares y desarrollo vegetativo.

Financiamiento:

La presente investigación se desarrolló con recursos propios de los autores y en el marco de las actividades académicas y de investigación de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López (ESPAM MFL), Ecuador. No se recibió financiamiento específico de agencias públicas, comerciales o entidades sin fines de lucro para la ejecución de este estudio.

Declaración sobre uso de inteligencia artificial generativa:

Los autores declaran que las herramientas de inteligencia artificial generativa fueron utilizadas únicamente como apoyo para la revisión lingüística, corrección de estilo y mejora de la redacción del manuscrito. La conceptualización del estudio, recopilación y análisis de datos, interpretación de resultados, elaboración de figuras y conclusiones fueron realizadas íntegramente por los autores, quienes asumen plena responsabilidad sobre el contenido científico del artículo.

Conflicto de intereses:

Los autores declaran que no existe ningún conflicto de intereses financiero, institucional, profesional o personal que pudiera haber influido en los resultados o interpretaciones presentadas en este estudio.

Declaración de disponibilidad de datos

Los datos que respaldan los resultados de este estudio se encuentran disponibles públicamente en el repositorio de la ESPAM MFL ubicado en este link: `https://repositorio.espam.edu.ec/items/09488a5b-9cdf-4bf5-9bd0-7dee052e043a`

Contribuciones de los autores (Taxonomía CRediT)

Carlos Valarezo Beltrón (40 %) contribuyó en conceptualización, metodología, conducción de la investigación, análisis formal, visualización, redacción del borrador original, validación, revisión y edición del manuscrito. Sergio Vélez Zambrano (20 %) contribuyó con el trabajo de campo, curación de datos, validación de resultados, interpretación de la información, revisión crítica del manuscrito y aportes conceptuales relacionados con cambio climático y gestión ambiental. José Mendoza Vargas (10 %) contribuyó con el trabajo de campo, curación de datos, validación de resultados, interpretación de la información, revisión crítica del manuscrito y aportes conceptuales relacionados con cambio climático y gestión ambiental. Saskia Guillén Mendoza (10 %) contribuyó en recopilación y organización de datos, apoyo en trabajo de campo, elaboración de figuras y tablas, revisión bibliográfica y del manuscrito. José Santana Álvarez (2 %) contribuyó em conceptualización, metodología, supervisión, administración del proyecto, análisis de datos, validación de resultados,

revisión crítica del manuscrito, edición científica y versión final del artículo.

5. Referencias

1. GUERRERO, F. Cultivo de Cacao (Theobroma cacao linnaeus) como Rubro para la Sustentabilidad de los Suelos (Investigación en Desarrollo). *Revista Scientific* [online]. 2019, vol. 4, n.º 13, págs. 78-89 [Consulta: 8 jun. 2026]. Disponible en: https://www.redalyc.org/journal/5636/563659492005/html/.
2. SUÁREZ, Y.; CASTAÑEDA, G.; DAZA, Y.; BUSTOS, F.; ESTRADA, G. y MOLINA, J. *Modelo productivo para el cultivo de cacao (Theobroma cacao L.) en el departamento de Santander (2a edición)* [online]. Editorial AGROSAVIA, 2025 [Consulta: 8 jun. 2026]. ISBN 978-958-740-553-8 978-958-740-552-1. Disp. desde DOI: 10.21930/agrosavia.model.7405538.
3. PACO, V.; y CONDORI, M. Microbiota del suelo agrícola y cambio climático: desafíos para la resiliencia productiva y tecnologías emergentes. una revisión. *Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales* [online]. 2025, vol. 12, n.º 3, págs. 79-89 [Consulta: 8 jun. 2026]. ISSN 2409-1618. Disp. desde DOI: 10.53287/ankv5531iq48p.
4. RIOS,D.; RODRÍGUEZ, F.; SALAZAR, J. Y RAMÍREZ, A. Factores asociados a la polinización del cultivo de cacao (Theobroma cacao L.) *Agronomía Mesoamericana* [online]. 2023, vol. 34, n.º 3, págs. 52280-52280 [Consulta: 8 jun. 2026]. ISSN 2215-3608. Disp. desde DOI: 10.15517/am.2023.52280.
5. ROJAS, G.; QUISPE, J.; PAYTAN, T.; QUISPE, A. y GASTELU, W. Producción de plantones de cacao (Theobroma cacao L.) con aplicación de Trichoderma, control de enfermedades en vivero: *Alfa Revista de Investigación en Ciencias Agronómicas y Veterinaria*. 2025, vol. 9, n.º 26, págs. 425-434. Disponible en: https://doi.org/10.33996/revistaalfa.v9i26.356.
6. VILLASMIL, R.; NAVA, J.; PÁEZ, E. y BARRIOS, E. Efecto del Manejo Agroecológico sobre el Crecimiento de Plántulas de Theobroma cacao L. en Fase de Vivero: *Rev. Téc. Fac. Ing. Univ. Zulia* [online]. 2022, vol. 45, n.º 1, págs. 16-25 [Consulta: 8 jun. 2026]. ISSN 2477-9377. Disp. desde DOI: 10.22209/rt.v45n1a02.
7. CARDOZA, R.; AREVALO, D.; PEÑA, R.; CHANDUVI, R.; QUIROZ, M. y MORALES, D. Sustratos Orgánicos Alternos en la Germinación y Crecimiento Inicial de Plántulas de Maíz (Zea mays L.) en Condiciones de Vivero [online]. 2024, vol. 42 [Consulta: 8 jun. 2026]. ISSN 2395-8030. Disp. desde DOI: 10.28940/terra.v42i0.1867.
8. ALCÍVAR, D.; CARRANZA, M. y ZAMBRANO, M. Interacción entre sustratos y Trichoderma harzianum en la germinación de Pseudosamanea guachapele bajo condiciones de vivero. *Multidisciplinary Collaborative Journal* [online]. 2025, vol. 3, n.º 3, págs. 30-57 [Consulta: 8 jun. 2026]. ISSN 3073-1356. Disp. desde DOI: 10.70881/mcj/v3/n3/68.
9. ARCE, I.; LEGORRETA, M. y CASTILLO, R. (Des)empoderamiento de agricultores: riesgos para la salud y el ambiente por plaguicidas altamente peligrosos. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental* [online]. 2025, vol. 41, págs. 137-150 [Consulta: 8 jun. 2026]. ISSN 0188-4999. Disp. desde DOI: 10.20937/RICA.55217.
10. SALAZAR, Y.; ALFONSO, J. y GALLARDO, A. Los bioestimulantes. Una alternativa para el desarrollo agroecológico cubano. *Ecovida: Revista científica sobre diversidad biológica y su gestión integrada* [online]. 2021, vol. 11, n.º 3, págs. 225-249 [Consulta: 8 jun. 2026]. ISSN 2076-281X. Disponible en: https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9439130.
11. SANTANA, W.; MONGE, M.; HERRERA, D.; DURAZNO, A. y CONDORI, J. Efecto de Sustratos Orgánicos en la Germinación de Semillas de Guanábana (annona muricata) en su Desarrollo Vegetativo Inicial: Effect of Organic Substrates on the Germination of Soursop Seeds (Annona muricata) in Its Initial Vegetative Development. *Revista Científica Multidisciplinar G-nerando* [online]. 2024, vol. 6, n.º 2, ág. 1557-1576 [Consulta: 8 jun. 2026]. ISSN 2806-5905. Disp. desde DOI: 10.60100/rcmg.v6i2.797.
12. ALCÍVAR, F.; MERO, K.; VELEZ, Y. Harnessing microbes: a new approach to carbon sequestration in cocoa agroforestry. *Visions for Sustainability* [online]. 2024, págs. 22, 10895, 455–466 [Consulta: 8 June 2026]. ISSN 2384-8677. Disp. desde DOI: 10.13135/2384-8677/10895.
13. VALVERDE, Y.; MORENO, J.; QUIJIJE, K.; CASTRO, A.; MERCHÁN, W. y GABRIEL, J. Los bioestimulantes: Una innovación en la agricultura para el cultivo del café (Coffea arábiga L). *Journal of the Selva Andina Research Society* [online]. 2020, vol. 11, n.º 1, págs. 18-28 [Consulta: 8 jun. 2026]. ISSN 2072-9294.

© 2026 Derechos de autor: Valarezo C.| Santana J. | Mendoza J. | Vélez S.| Guillén S.

Disp. desde DOI: 10.36610/j.jsars.2020.110100018.

14. SANTA CRUZ, A.; NÁPOLES, M. y MORALES, D. El déficit hídrico en los cultivos y la acción de los microorganismos | Cultivos Tropicales. *Cultivos Tropicales* [online]. 2022, vol. 43, n.º 3 [Consulta: 8 jun. 2026]. Disponible en: https://ediciones.inca.edu.cu/index.php/ediciones/article/view/1682.

15. MOROCHO, T. y MORA, M. Efficient microorganisms, functional properties and agricultural applications. 2019, vol. 46, n.º 2, págs. 93-103.

16. GONZÁLEZ, Y.; ORTEGA, J.; ANDUCHO, M. Angel y MERCADO, Y. Bacillus subtilis y Trichoderma: Características generales y su aplicación en la agricultura. *TIP Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas* [online]. 2022, vol. 25, n.º 1, págs. 1-14 [Consulta: 8 jun. 2026]. ISSN 2395-8723. Disp. desde DOI: 10.22201/fesz.23958723e.2022.520.

17. GUZMÁN, P.; KUMAR, A.; DE LOS SANTOS, S.; PARRA, F.; OROZCO, M.; FADIJI, A.; HYDER, S.; BABALOLA, O.; SANTOYO, G. Trichoderma Species: Our Best Fungal Allies in the Biocontrol of Plant Diseases—A Review. *Plants* [online]. 2023, vol. 12, no. 3, pág. 432 [Consulta: 8 June 2026]. ISSN 2223-7747. Disp. desde DOI: 10.3390/plants12030432.

18. HÉCTOR, E.; TORRES, A.; FOSADO, O.; PEÑARRIETA, S.; SOLÓRZANO, J.; JARRE, V.; MEDRANDA, F. y MONTOYA, J. Influencia de bioestimulantes sobre el crecimiento y el rendimiento de cultivos de ciclo corto en Manabí, Ecuador | Cultivos Tropicales. *Ediciones Inca* [online]. 2020, vol. 41, n.º 4 [Consulta: 8 jun. 2026]. Disponible en: https://ediciones.inca.edu.cu/index.php/ediciones/article/view/1566.

19. RODRÍGUEZ, N.; LÓPEZ, L. y JIMÉNEZ, J. EFECTO BIOESTIMULANTE DE DIGESTATO Y MICROORGANISMOS EFICIENTES SOBRE LACTUCA SATIVA EN SUELO CON Y SIN SALINIDAD. *Centro Azúcar Journal* [online]. 2024, vol. 51, n.º 3, e1075(19/07/2024)-e1075(19/07/2024) [Consulta: 8 jun. 2026]. ISSN 2223-4861. Disponible en: https://centroazucar.uclv.edu.cu/index.php/centro_azucar/article/view/808.

20. SANTANA, Y.; DEL BUSTO, A.; AGUIAR, I.; GONZÁLEZ, Y.; CARRODEGUAS, S.; PÁEZ, P. y DÍAZ, G. (PDF) Efecto de Trichoderma harzianum Rifai y FitoMas-E® como bioestimulantes de la germinación y crecimiento de plántulas de tomate. *Centro Agrícola* [online]. 2016, vol. 43, n.º 3, págs. 5-12 [Consulta: 8 jun. 2026]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/305434707_Efecto_de_Trichoderma_harzianum_Rifai_y_FitoMas-ER_como_bioestimulantes_de_la_germinacion_y_crecimiento_de_plantulas_de_tomate.

21. MORA, J.; REGALADO, Gr.; DE LA CRUZ, A. y FUNG CORRO, J. Evaluación del uso de Trichoderma sp. y microorganismos de montaña como bioestimulantes del crecimiento de Phaseolus sp. *Ciencia e Ingeniería* [online]. 2024, vol. 11, n.º 2, e12809589 [Consulta: 8 jun. 2026]. ISSN 2389-9484. Disp. desde DOI: 10.5281/zenodo.12809589.

22. HERRERA, R.; VÁSQUEZ, S.; GRANJA, F.; MOLINA, M.; CAPA, M. y GUAMÁN, A. Interacción de nitrógeno, fósforo y potasio sobre características del suelo, crecimiento y calidad de brotes y frutos de cacao en la Amazonía Ecuatoriana. *Bioagro* [online]. 2022, vol. 34, n.º 3, págs. 277-288 [Consulta: 8 jun. 2026]. ISSN 2521-9693. Disp. desde DOI: 10.51372/bioagro343.7.

23. GRAND, A. y MICHEL, V. Materia orgánica del suelo. *Best 4 Soil*. 2020, págs. 1-3. Disponible en: https://orgprints.org/id/eprint/43417/7/MATERIA%20ORGA%CC%81NICA%20DEL%20SUELO.pdf.

24. DE SANTOS, J.; PAULA, A. y FERRARI, F. Bioinsumos na agricultura: panorama tecnológico das patentes biológicas | Revista de Gestão e Secretariado. *Revista de Gestao e Secretariado* [online]. 2025, vol. 15, n.º 9 [Consulta: 8 jun. 2026]. Disponible en: https://ojs.revistagesec.org.br/secretariado/article/view/4137.

25. FRANCISCO, S.; PALMA, D.; SÁNCHEZ, R.; OBRADOR, J. y GARCÍA, P. Fertilidad edáfica y nutrición en el cultivo de cacao (Theobroma cacao L.) en tres suelos de Tabasco, México. *TERRA LATINOAMERICANA* [online]. 2023, vol. 41 [Consulta: 8 jun. 2026]. ISSN 2395-8030. Disp. desde DOI: 10.28940/terra.v41i0.1116.

26. NOGUEIRA, W.; FONSECA, N.; ALEDI, C.; ALMEIDA, T.; CASTRO, D. Evaluation of Trichoderma spp. Isolates in Cocoa Seed Treatment and Seedling Production. *Plants* [online]. 2021, vol. 10, no. 9, pág. 1964 [Consulta: 8 June 2026]. ISSN 2223-7747. Disp. desde DOI: 10.3390/plants10091964.

27. SWARNALI, D. Humic Acid-A Critical Review. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences* [online]. 2020, vol. 9, n.º 10, págs. 2236-2241 [Consulta: 8 jun. 2026]. ISSN 23197692, ISSN 23197706. Disp. desde DOI: 10.20546/ijcmas.2020.910.270.

28. SALDAÑA, S.; PALACIOS, S; PALACIOS, A.; CHÁVEZ, M. y AGUILAR, C. Trichoderma as a biological control agent: mechanisms of action, benefits for crops and development of formulations. *World Journal of Microbiology & Biotechnology*. 2023, vol. 39, n.º 10, pág. 269. ISSN 1573-0972. Disp. desde DOI: 10.1007/s11274-023-03695-0.

29. JIMÉNEZ, E.; SANTANA, D.; CARTAGENA, M.; RIVERA, M. y BUSTAMANTE, E. Bioestimulantes orgánicos en el cultivo del cacao (Theobroma cacao L.) *Conocimiento global* [online]. 2023, vol. 8, n.º 2, págs. 1-17 [Consulta: 8 jun. 2026]. ISSN 2665-5837. Disp. desde DOI: 10.70165/cglobal.v8i2.308.

30. CAHYANINGRUM, D.; MARGI, K.; SUGIYARTO; HARLIANINGTYAS, I.; FATKHU, G. Growth response of cocoa seedlings (Theobroma cacao L.) ICCRI 06 clone with application of manure and Trichoderma sp. *Agrovigor: Jurnal Agroekoteknologi* [online]. 2024, vol. 17, no. 2, págs. 55–63 [Consulta: 8 June 2026]. ISSN 2477-0353. Disp. desde DOI: 10.21107/agrovigor.v17i2.26989.

31. ZAMBRANO, D.; VINCES, R.; MURILLO, D.; MUÑOZ, J. y SOLORZANO, L. Ácidos húmicos y su influencia en la producción de cacao CCN-51. *Revista Científica Ciencia y Método* [online]. 2026, vol. 4, n.º 2, págs. 210-225 [Consulta: 8 jun. 2026]. ISSN 3103-1072. Disp. desde DOI: 10.55813/gaea/rcym/v4/n2/190.

32. RODRIGUEZ, T.; CAJAMARCA, K.; BARREZUETA, S.; LUNA, A. y VILLASEÑOR, D. Efectos de bioestimulantes en el crecimiento morfológico de plántulas de cacao en etapa de vivero. *Manglar* [online]. 2023, vol. 20, n.º 2, págs. 117-122 [Consulta: 8 jun. 2026]. ISSN 2414-1046, ISSN 2414-1046. Disp. desde DOI: 10.57188/manglar.2023.013.

33. CARGUA, J.; ECHEVERRIA, C. y CEDEÑO, G. Efectividad de biochar y biofertilizantes en el crecimiento y calidad de plántulas de cacao. *Revista ESPAMCIENCIA* [online]. 2020, vol. 11, n.º 2, págs. 95-100 [Consulta: 8 jun. 2026]. ISSN 1390-8103. Disp. desde DOI: 10.51260/revista_espamciencia.v11i2.224.

34. DE SOUSA, Wi.; BRITO, N.; FELSEMBURGH, C.; VIEIRA, T.; LUSTOSA, D. Evaluation of Trichoderma spp. Isolates in Cocoa Seed Treatment and Seedling Production. *Plants* [online]. 2021, vol. 10, no. 9, pág. 1964 [Consulta: 8 June 2026]. ISSN 2223-7747. Disp. desde DOI: 10.3390/plants10091964.

35. RUIZ, M.; ORNELAS, J.; OLIVAS, G.; ACOSTA, C.; SEPÚLVEDA, D.; PÉREZ, D.; RIOS, C.; SALAS, M. y FERNÁNDEZ, S. Efecto de Trichoderma spp. y hongos fitopatógenos sobre el crecimiento vegetal y calidad del fruto de jitomate. *Revista mexicana de fitopatología* [online]. 2018, vol. 36, n.º 3, págs. 444-456 [Consulta: 8 jun. 2026]. ISSN 0185-3309. Disp. desde DOI: 10.18781/r.mex.fit.1804-5.

36. CARRANZA, M.; CASTRO, Y.; GARCÍA, J.; RAMOS, R. y HERRERA, R. Sustratos ecológicos y Trichoderma spp. en la germinación y desarrollo inicial de Theobroma cacao L. *Multidisciplinary Collaborative Journal* [online]. 2025, vol. 3, n.º 4, págs. 178-204 [Consulta: 8 jun. 2026]. ISSN 3073-1356. Disp. desde DOI: 10.70881/mcj/v3/n4/98.

37. ABASOLO, F.; CASTILLO, D.; GARCÍA, V.; TIGRERO, G. y ROMERO, R. Evaluación de actinomicetos rizosféricos como bioestimulantes en plántulas de cacao (Theobroma cacao). *Código Científico Revista de Investigación* [online]. 2025, vol. 6, págs. 1007-1029 [Consulta: 8 jun. 2026]. ISSN 2806-5697. Disp. desde DOI: 10.55813/gaea/ccri/v6/nE2/1059.

38. ALVAREZ, S.; RESTREPO, M. y COSSÍO, J. Evaluación de bioestimulantes de vivero en plántulas de ají (Capsicum annum) en la subregión de Urabá. *Revista Urabá Ciencia y Desarrollo* [online]. 2024, vol. 4, n.º 1, págs. 43-50 [Consulta: 8 jun. 2026]. Disponible en: https://revistas.sena.edu.co/index.php/RUCD/article/view/6846/6494.

39. ORDUÑA, H.; KRUTOVSKY, K.; GAILING, O. Geographic distribution, conservation, and genomic resources of cacao Theobroma cacao L. *Crop Science* [online]. 2023, vol. 63, no. 4, págs. 1750–1778 [Consulta: 8 June 2026]. ISSN 1435-0653. Disp. desde DOI: 10.1002/csc2.20959.

40. DA SILVA, M.; GUERRA, N.; ELOI, I.; SUSSUMU, L. Influence of humic and fulvic substances on soil attributes. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* [online]. 2025, vol. 16, no. 4, e3644 [Consulta: 8 June 2026]. ISSN 2007-9230. Disp. desde DOI: 10.29312/remexca.v16i4.3644.

© 2026 Derechos de autor: Valarezo C.| Santana J. | Mendoza J. | Vélez S.| Guillén S.

41. CABALLERO, M.; VALERO, N. y PANTOJA, M. Revisión: Posibilidades de bioestimulación con ácidos húmicos en plantas utilizadas para fitorremediación. *Ciencia e Ingeniería* [online]. 2022, vol. 9, n.º 1, e6723403 [Consulta: 8 jun. 2026]. Disp. desde DOI: 10.5281/zenodo.6723403.

42. PINEDA, M.; RAMÍREZ, C.; PINEDA, L.; GONZALES, H.; ZENOBIO, Y.; RIMAC, O.; AGURTO, J. y ARONE, G. Efecto de aplicaciones de ácidos húmicos, microorganismos eficaces y Trichoderma asperellum, T. viride y T. harzianum en Capcicum annun. *QuantUNAB* [online]. 2022, vol. 1, n.º 1, e12-e12 [Consulta: 8 jun. 2026]. ISSN 2664-3014. Disp. desde DOI: 10.52807/qunab.v1i1.12.

43. SAUVU, J.; NÁPOLES, M.; FALCÓN, A.; LAMZ, A.; RUIZ, M. Bioestimulants in soybean (Glycine max (L.) Merrill) growing and yield. *Cultivos tropicales*. 2020, vol. 41, no. 3.

44. CHAVEZ, A.; LEIVA, S.; BOBADILLA, L.; VIGO, C.; ARCE, M.; OLIVA, M. Effect of Endophytic Trichoderma sp. Strains on the Agronomic Characteristics of Ecotypes of Theobroma cacao L. under Nursery Conditions in Peru. *International Journal of Agronomy* [online]. 2022, vol. 2022, no. 1, pág. 5297706 [Consulta: 8 June 2026]. ISSN 1687-8167. Disp. desde DOI: 10.1155/2022/5297706.

45. CARRANZA, M.; RIVERA, V.; MARÍN, V.; TORRES, A. y CEDEÑO, A. Trichoderma spp. en la propagación sostenible de Theobroma cacao L. bajo distintos sustratos. *Multidisciplinary Collaborative Journal* [online]. 2025, vol. 3, n.º 2, págs. 92-113 [Consulta: 8 jun. 2026]. ISSN 3073-1356. Disp. desde DOI: 10.70881/mcj/v3/n2/52.

Artículo de **libre acceso** bajo los términos de una ***Licencia Creative Commons Reconocimiento – NoComercial – CompartirIgual 4.0 Internacional.*** Se permite que otros remezclen, adapten y construyan a partir de su obra sin fines comerciales, siempre y cuando se otorgue la oportuna autoría y además licencien sus nuevas creaciones bajo los mismos términos.