

ECOAgropecuaria

Revista Científica Ecológica Agropecuaria

Evaluación del efecto de la especie nativa de *Trichoderma afroharzianum* en el desarrollo de plántulas de arroz (*Oryza sativa* L.), var. SFL 011.

Evaluation of the effect of *Trichoderma afroharzianum* native species on the development of rice seedlings (*Oryza sativa* L.), var. SFL011

Autor 1: Gardenia Guadalupe Gonzales Manjarrez^{1*} ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2648-9014>

Autor 2: Vicente Frijoth Painii Montero² ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8849-1830>

Autor 3: Víctor Manuel Figueroa³ ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6623-1336>

Autor 4: Milton Senen Barcos Arias⁴ ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0863-6778>

Autor 1: gardenia.gonzalesm@ug.edu.ec; Universidad de Guayaquil. Facultad de Ciencias Agrarias

Autor 2: vicente.painiim@ug.edu.ec; Universidad de Guayaquil. Facultad de Ciencias Agrarias

Autor 3: vm.figueroa@uea.edu.ec;

Autor 4: milton.barcosa@ug.edu.ec; Universidad de Guayaquil. Facultad de Ciencias Agrarias

* Autor correspondencia: gardenia.gonzalesm@ug.edu.ec

Recibido: 03/marzo/2026

Aprobado: 31/mayo/2026

Publicado: 15/junio/2026

Resumen

El uso de microorganismos benéficos constituye una alternativa sostenible para mejorar la producción agrícola y reducir la dependencia de agroquímicos. El objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de una cepa nativa de *Trichoderma afroharzianum* sobre el desarrollo inicial de plántulas de arroz (*Oryza sativa* L.) variedad SFL 011. El estudio se realizó en condiciones de invernadero mediante dos ensayos independientes establecidos en diferentes fechas de siembra. Se utilizó un diseño completamente al azar con cuatro tratamientos: testigo absoluto (T0), formulación líquida de *T. afroharzianum* (T1), suspensión de esporas de *T.*

afroharzianum (T2) y un producto comercial a base de *Trichoderma* (T3), con tres repeticiones por tratamiento. Se evaluaron variables biométricas relacionadas con el crecimiento vegetal: altura de planta, longitud de raíz, peso seco de raíz, peso seco de follaje, número de hojas y longitud de lámina foliar. Los datos fueron sometidos a pruebas de normalidad y homogeneidad de varianzas, seguidas de análisis de varianza y pruebas de comparación de medias. Los resultados mostraron diferencias significativas únicamente para el peso seco de raíz ($p = 0,0238$) y la longitud de lámina foliar ($p = 0,0154$). El tratamiento T3 presentó los mayores incrementos en ambas variables



ECOAgropecuaria

Revista Científica Ecológica Agropecuaria

respecto al testigo, mientras que la suspensión de esporas (T2) mostró tendencias favorables en la longitud foliar. Se concluye que la respuesta de las plántulas de arroz a *T. afroharzianum* depende de la formulación aplicada y de las condiciones de siembra, evidenciando su potencial como bioestimulante en el cultivo de arroz.

Palabras clave: *Trichoderma*, Arroz, Biomasa, Plántulas, Macollos.

Abstract

The use of beneficial microorganisms represents a sustainable alternative to improve agricultural production and reduce dependence on agrochemicals. The objective of this study was to evaluate the effect of a native strain of *Trichoderma afroharzianum* on the early development of rice seedlings (*Oryza sativa* L.), cultivar SFL 011. The experiment was conducted under greenhouse conditions through two independent trials established at different sowing dates. A completely randomized design was used with four treatments: absolute control (T0), liquid formulation of *T. afroharzianum* (T1), *T. afroharzianum* spore suspension (T2), and a commercial *Trichoderma*-based product (T3), with three replicates per treatment. Growth-related biometric variables were evaluated, including plant height, root length, root dry weight, shoot dry weight, number of leaves,

and leaf blade length. Data were subjected to normality and homogeneity tests, followed by analysis of variance and mean comparison tests. The results showed significant differences only for root dry weight ($p = 0.0238$) and leaf blade length ($p = 0.0154$). Treatment T3 exhibited the greatest increases in both variables compared to the control, whereas the spore suspension treatment (T2) showed favorable trends in leaf blade length. It is concluded that the response of rice seedlings to *T. afroharzianum* depends on the formulation applied and sowing conditions, highlighting its potential as a biostimulant in rice cultivation.

Keywords: *Trichoderma*, Rice, Biomass, Seedlings, Tillers.

Introducción

En todo el mundo, el arroz (*Oryza sativa* L.) es un cultivo básico que proporciona sustento a una parte importante de la población, en particular en Asia. Optimizar la producción de arroz mediante métodos agrícolas eficientes y sostenibles es esencial para satisfacer la creciente demanda mundial de alimentos. En este sentido, el uso de microorganismos beneficiosos, como las especies de *Trichoderma*, se convierte en un sustituto viable de los agroquímicos tradicionales (Hernández et al., 2021).



ECOAgropecuaria

Revista Científica Ecológica Agropecuaria

Encontrar un equilibrio entre la productividad agrícola y la sostenibilidad ambiental constituye uno de los principales desafíos en la producción de arroz. Aunque los métodos convencionales basados en agroquímicos han contribuido significativamente al aumento de los rendimientos, su uso continuo ha generado preocupación debido a sus efectos adversos sobre los ecosistemas y la salud humana. En este contexto, se han intensificado los esfuerzos por desarrollar alternativas ecológicas que permitan mantener la productividad de los cultivos sin comprometer la calidad ambiental. Entre estas alternativas, el empleo de microorganismos benéficos, particularmente especies del género *Trichoderma*, ha despertado un creciente interés por su capacidad para mejorar la absorción de nutrientes, estimular el crecimiento vegetal y proteger a las plantas frente a diversas enfermedades transmitidas por el suelo (Meza y Rodríguez, 2022). En particular, *Trichoderma afroharzianum* representa una estrategia prometedora para el manejo sostenible del cultivo de arroz debido a su potencial para incrementar la productividad agrícola; sin embargo, su eficacia puede verse influenciada por diversos factores, entre ellos la compatibilidad con la variedad de arroz utilizada, las condiciones edáficas y las interacciones con otros microorganismos presentes en el agroecosistema.

Conocido por su capacidad para promover el crecimiento vegetal y funcionar como agente de biocontrol contra enfermedades vegetales, *Trichoderma* es un género de hongos filamentosos que se encuentra en diversos hábitats (Larrea et al., 2023). Estos hongos interactúan con las plantas de diversas maneras, incluyendo la producción de fitohormonas, la solubilización de nutrientes y el desarrollo de resistencia sistémica. Además, *Trichoderma afroharzianum* mejora la estructura del suelo al aumentar la disponibilidad de nutrientes esenciales como el nitrógeno y el fósforo.

Estudios de diversos autores han demostrado que las especies de *Trichoderma* tienen alta influencia benéfica para el desarrollo del sistema radicular, mejoran la absorción de agua y nutrientes, incrementan la tolerancia al estrés hídrico y contribuyen al control biológico de hongos fitopatógenos de importancia agrícola, entre ellos especies de *Fusarium* y *Rhizoctonia solani* (Asghar et al., 2024; Gutiérrez-Moreno et al., 2025; Hnini et al., 2024). Estos efectos se relacionan con la capacidad de *Trichoderma* para colonizar la rizosfera, producir fitohormonas, inducir mecanismos de defensa en las plantas y generar metabolitos con actividad antifúngica, lo que favorece el crecimiento vegetal y la sostenibilidad de los sistemas agrícolas. *Trichoderma* es esencial para la rizosfera porque coloniza las raíces de las plantas y



ECOAgropecuaria

Revista Científica Ecológica Agropecuaria

establece una relación simbiótica que fomenta su crecimiento. La síntesis de fitohormonas como auxinas, giberelinas y ácido salicílico, que regulan el crecimiento vegetal al promover la elongación celular, la formación de raíces laterales y la resistencia al estrés abiótico, es uno de sus principales mecanismos de acción. Además, al solubilizar minerales esenciales como el hierro y el fósforo, las especies de *Trichoderma* mejoran la nutrición vegetal al aumentar la disponibilidad de nutrientes en el suelo y facilitar su absorción (Hernández et al., 2021). La capacidad de *Trichoderma* para generar resistencia sistémica en las plantas, lo que desencadena mecanismos de defensa que refuerzan su resistencia a enfermedades y circunstancias ambientales desfavorables, es otra característica significativa. Las especies de *Trichoderma* producen compuestos antimicrobianos y estimulan la producción de enzimas de defensa en la planta, lo que ayuda a reducir la prevalencia de enfermedades causadas por hongos fitopatógenos como *Rhizoctonia solani*, *Pythium* y *Fusarium*. Dado que prepara a la planta para reaccionar con mayor eficacia ante futuros ataques de patógenos, este mecanismo es similar al de las vacunas animales (Sánchez et al., 2024). *Trichoderma*, un hongo con estructuras microscópicas y macroscópicas mejora el crecimiento de plantas de arroz mediante el aumento la altura de las plántulas, biomasa y número de macollos. Sin embargo, la

especie, dosis, hábitat y genotipo del arroz pueden afectar la reacción de la planta a *Trichoderma*, y es necesaria más investigación para evaluar sus efectos en la productividad y optimizar su uso en diferentes entornos agrícolas (Atuesta y Mejía, 2024). En este sentido, es necesario profundizar en el estudio de los efectos de *Trichoderma* en condiciones de cultivo específicas, en particular en diversas fechas de siembra que puedan alterar la respuesta fisiológica del arroz. A pesar del creciente interés en los bioestimulantes, existen deficiencias en su rendimiento relativo en ciertos momentos fenológicos. Por lo tanto, el presente estudio se diseñó con el objetivo general de evaluar el impacto de *Trichoderma afroharzianum* en el crecimiento inicial de plantas de arroz (*Oryza sativa* L.) considerando dos fechas de siembra en condiciones controladas (Martínez, 2023).

Materiales y Métodos

Ubicación

La investigación se realizó en el año 2023 en el invernadero de la Escuela Politécnica del Litoral (ESPOL), ubicado en el cantón Guayaquil de la provincia del Guayas. Esta región se caracteriza por un clima tropical monzónico con temperaturas medias anuales que oscilan entre 25 y 27 °C, una humedad relativa superior al 80 % y una precipitación anual de aproximadamente 1200 mm, lo que proporciona condiciones



ECOAgropecuaria

Revista Científica Ecológica Agropecuaria

ideales para el cultivo del arroz (Chávez Vergara et al., 2020; INEC, 2022). En cuanto a las condiciones edáficas, los suelos más comunes en la zona son los francos arcillosos, con buen drenaje y un pH ligeramente ácido (pH 5,8-6,2), lo que los hace ideales para el desarrollo del arroz en sus primeras etapas (Marín et al., 2021).

Para ello, se analizaron diversas variables relacionadas con el crecimiento y desarrollo inicial de las plántulas de arroz variedad SFL 011, tales como la altura de las plántulas, la longitud de la raíz, el número de hojas por plántula, la longitud de la lámina foliar y el peso seco de raíces y follaje.

Análisis Estadístico

En esta sección, se aplicó estadística descriptiva por variable para comparar los distintos períodos de tiempo en los que se realizaron las pruebas. Se examinaron los promedios y las diferencias porcentuales de cada variable para evaluar el comportamiento de las plántulas durante ambos períodos de siembra e identificar posibles variaciones en su desarrollo.

Para ello, se analizaron las variables relacionadas con el crecimiento y desarrollo inicial de las plántulas de arroz, altura de plántulas (ADP), peso seco de raíces (PSR), peso seco de follaje (PSF), longitud de la lámina foliar (LLF), longitud de raíz (LR) y número de hojas por plántula (NDH).

Diseño Experimental

La investigación se desarrolló mediante dos ensayos independientes realizados en diferentes fechas de siembra. En cada ensayo se utilizó un Diseño Completamente al Azar (DCA) con cuatro tratamientos y tres repeticiones por tratamiento.

Los tratamientos evaluados fueron:

T0: Testigo absoluto.

T1: Formulaci3n líquida de *Trichoderma afroharzianum* (1.375.000 UFC/mL).

T2: Soluci3n de esporas de *Trichoderma afroharzianum* (2.085.000 UFC/mL).

T3: Producto comercial Mico Fert.

Cada unidad experimental estuvo constituida por una bandeja de germinaci3n con sustrato estéril y sembradas con semillas de arroz variedad SFL 011.

En total se evaluaron 24 unidades experimentales distribuidas en dos ensayos independientes (12 unidades por ensayo).

Estructura del Diseño Experimental

Diseño general: Diseño Completamente al Azar (DCA) con cuatro tratamientos y tres repeticiones por ensayo.

Cada época se manejó como un bloque independiente con sus 12 unidades experimentales (parcelas), como lo muestra la tabla 1:



ECOAgropecuaria

Revista Científica Ecológica Agropecuaria

Tabla 1. Estructura del diseño experimental

Época	Trat.	Rep 1	Rep 2	Rep3
E1	T1	Parcela 1	Parcela 2	Parcela 3
E1	T2	Parcela 4	Parcela 5	Parcela 6
E1	T3	Parcela 7	Parcela 8	Parcela 9
E1	T0	Parcela 10	Parcela 11	Parcela 12
E2	T1	Parcela 13	Parcela 14	Parcela 15
E2	T2	Parcela 16	Parcela 17	Parcela 18
E2	T3	Parcela 19	Parcela 20	Parcela 21
E2	T0	Parcela 22	Parcela 23	Parcela 24

Procesos estadísticos realizados

1. *Análisis descriptivo*

Se calcularon medias y diferencias porcentuales para cada variable en ambos ensayos, con el fin de describir el comportamiento de los tratamientos en las distintas fechas de siembra.

2. *Verificación de supuestos*

Se evaluó la normalidad de los residuos mediante la prueba de Shapiro-Wilk y la homogeneidad de varianzas mediante la prueba de Levene.

3. *Análisis de la varianza*

Se realizó un análisis de varianza (ANOVA) de una vía para determinar el efecto de los tratamientos sobre cada variable evaluada.

4. *Comparación de medias*

Cuando el ANOVA mostró diferencias significativas ($p \leq 0,05$), se aplicó la prueba de Tukey (HSD) para comparar los tratamientos y la prueba de Dunnett para contrastar cada tratamiento respecto al testigo.

Especie de *Trichoderma* evaluada:

El laboratorio del Centro de Investigación Biotecnológica del Ecuador (CIBE – ESPOL), aisló y describió la especie nativa de *Trichoderma*, que se determinó como *Trichoderma afroharzianum*. La selección de esta cepa en particular estuvo respaldada por una sólida evidencia científica, ya que la identificación se realizó como parte de un proyecto de tesis de doctorado que implicó el muestreo de suelos de arroz de tres regiones ecuatorianas.

Además, en el estudio, se agregó un producto biológico que contiene esporas del hongo *Trichoderma spp.*, que actúa como controlador biológico y que ha demostrado eficacia en el manejo de patógenos del suelo y la promoción del crecimiento de las plantas.

Reactivación de la cepa de *Trichoderma afroharzianum*:

Estas fueron, reactivadas y purificadas en medio Agar Dextrosa y Papa

- (PDA) (BD BIOXON) e incubadas a 28 °C en oscuridad constante.



ECOAgropecuaria

Revista Científica Ecológica Agropecuaria

- Una suspensión de conidios en cada especie de *Trichoderma* fue realizada mediante el raspado de esporas a partir de cepas puras de siete días de crecimiento.
- Se inoculó esporas de *T. afroharzianum* en placas de Petri con medio PDA y se incuban a 25-28°C durante 7 días.

Ante lo mencionado, el estudio se llevó a cabo mediante dos ensayos experimentales. El primero se sembró el 14 de julio de 2023 y se evaluó el 8 de agosto de 2023, mientras que el segundo se sembró el 24 de agosto de 2023 y se evaluó el 18 de septiembre de 2023.

Inoculación de semillas de arroz con suspensión de esporas de *Trichoderma afroharzianum*

Las semillas de arroz fueron desinfectadas superficialmente con hipoclorito de sodio al 1% durante 2 min y lavadas tres veces con agua destilada estéril. Posteriormente, se inocularon mediante inmersión en una suspensión de esporas de *Trichoderma afroharzianum* durante 12 h. Después de este tiempo, las semillas fueron secadas a temperatura ambiente en condiciones estériles y sembradas inmediatamente en sustratos estéril en bandejas germinadoras (Swain et al., (2021)

La diferencia entre una formulación y una solución de esporas radica principalmente

en su composición y estabilidad, en este caso particular, también en la concentración de unidades formadoras de colonias (UFC/mL), tabla 2.

Tabla 2. Propiedades de la concentración de esporas usadas en este trabajo

Aspecto	Formulación	Solución de esporas
Composición	Esporas + portadores/aditivos	Esporas en medio líquido
Concentración en este estudio	1,375,000 UFC/mL	2,085,000 UFC/mL
Estabilidad	Mayor estabilidad en almacenamiento	Menor, susceptible a degradación rápida
Liberación de esporas	Controlada o gradual	Inmediata
Vida útil	Prolongada	Limitada

Resultados y Discusión

Estadísticas descriptivas por variable

El análisis descriptivo permitió comparar el comportamiento de las variables evaluadas entre los dos ensayos realizados en diferentes fechas de siembra, mientras que el análisis inferencial se efectuó considerando el efecto de los tratamientos sobre cada variable (Tabla 3)



ECOAgropecuaria

Revista Científica Ecológica Agropecuaria

Tabla 3. Pruebas de normalidad y homogeneidad de varianzas

Variable	Shapiro-Wilk (p)	Normalidad	Levene (p)	Homogeneidad
Altura de planta	0.3879	Cumple	0.5048	Cumple
Peso seco raíz	0.7858	Cumple	0.4483	Cumple
Peso seco follaje	0.4372	Cumple	0.7706	Cumple
Longitud de hoja	0.5591	Cumple	0.5293	Cumple
Longitud de raíz	0.7786	Cumple	0.9898	Cumple
Número de hojas	0.1768	Cumple	0.8687	Cumple

Asegurado que se cumplen los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianza para todas las variables, se realiza el ANOVA (Tabla 4)

Tabla 4. Resultados del ANOVA para las variables evaluadas

Variable	F	P-valor	Significancia
Altura de planta	0.075	0.9720	NS
Peso seco raíz	4.545	0.0238	*
Peso seco follaje	0.109	0.9530	NS
Longitud de hoja	5.225	0.0154	*
Longitud de raíz	2.527	0.1070	NS
Número de hojas	0.664	0.5900	NS

NS = No significativo ($p > 0,05$)
* = Significativo ($p < 0,05$)

El análisis de varianza mostró diferencias significativas entre tratamientos únicamente para las variables peso seco de raíz ($p = 0,0238$) y longitud de hoja ($p = 0,0154$).

Para las demás variables en estudio no se detectaron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos ($p > 0,05$), indicando que la aplicación de *Trichoderma afroharzianum* y del producto comercial no modificó significativamente dichas características bajo las condiciones del ensayo.

Variables con diferencias significativas *Comparación de medias para peso seco de raíz (Tukey)*

La prueba de Tukey indicó que únicamente el tratamiento T3 presentó un peso seco de raíz significativamente superior al T0 ($p = 0,0233$). No se observaron diferencias estadísticas entre las dos suspensiones de *Trichoderma* y el T3 (Tabla 5).

Tabla 5. Prueba de Tukey para peso seco de raíz

Comparación	Diferencia	p ajustado
T1 – T0	0.0084	0.9368
T2 – T0	0.0261	0.3207
T3 – T0	0.0494	0.0233*
T2– T1	0.0177	0.6267
T3 – T1	0.0410	0.0635
T3 – T2	0.0233	0.4094



ECOAgropecuaria

Revista Científica Ecológica Agropecuaria

Comparación con el testigo para peso seco de raíz (Dunnett)

Al comparar directamente cada tratamiento con el T0, únicamente T3 produjo un incremento significativo en el peso seco de raíz ($p = 0,0134$), sugiriendo un efecto positivo sobre el desarrollo radicular (Tabla 6).

Tabla 6. Prueba de Dunnett para peso seco de raíz (comparación con T3)

Comparación	Estimación	p
T1 vs T0	0.0084	0.8896
T2vs T0	0.0261	0.2223
T3 vs T0	0.0494	0.0134*

Comparación de medias para longitud de lámina foliar

La tabla 7 muestra la prueba de Tukey mostró que únicamente T3 presentó una longitud foliar significativamente superior al T0 ($p = 0,0139$). Aunque la T2mostró una tendencia favorable, esta no alcanzó significancia estadística ($p = 0,0530$).

Tabla 7. Prueba de Tukey para longitud de hoja

Comparación	Diferencia	p ajustado
T1 – T0	0.9175	0.3658
T2 – T0	1.5850	0.0530
T3 – T0	2.0000	0.0139*
T2 – T1	0.6675	0.6173
T3 – T1	1.0825	0.2396
T3 – T2	0.4150	0.8671

Comparación con el testigo para longitud de lámina foliar

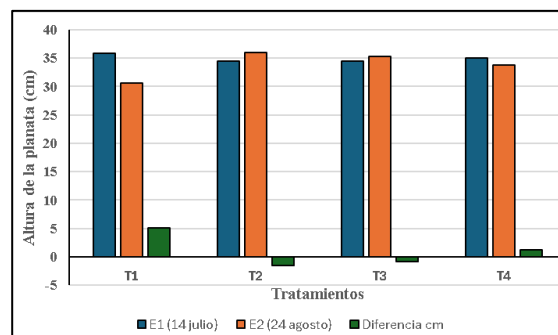
La prueba de Dunnett evidenció que tanto la Suspensión 2 ($p = 0,0316$) como Mico Fert ($p = 0,0081$) superaron significativamente al testigo en longitud de hoja. El mayor efecto correspondió a Mico Fert, que registró el incremento más alto respecto al control (Tabla 8).

Tabla 8. Prueba de Dunnett para longitud de hoja

Comparación	Estimación	p
T1 vs T0	0.9175	0.2587
T2vs T0	1.5850	0.0316*
T3 vs T0	2.0000	0.0081**

Altura de plántula (cm)

Se observaron diferencias numéricas entre tratamientos y fechas de evaluación; sin embargo, el análisis de varianza no detectó diferencias estadísticas significativas ($p = 0,972$) (Figura 1) (Liu et al. (2023). Meza y Rodríguez (2022).



ECOAgropecuaria

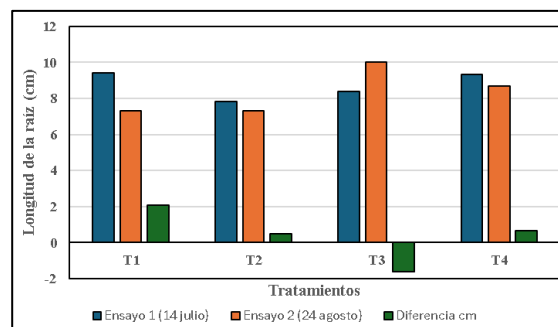
Revista Científica Ecológica Agropecuaria

Longitud de raíz (cm)

El análisis de la longitud de raíz entre los ensayos muestra variaciones numéricas, reflejando cómo las condiciones de evaluación y los tratamientos afectan el desarrollo radicular. En el tratamiento 1, la longitud de raíz disminuyó en 2,07 cm, equivalente a una reducción de 28,24% (Figura 2).

Esto puede estar asociado a condiciones menos favorables en el ensayo 2, como una menor disponibilidad de agua o nutrientes. Larrea et al. (2023) resaltan que las variaciones en la temperatura y la humedad del suelo pueden influir directamente en el desarrollo radicular, especialmente en las etapas iniciales de crecimiento. El tratamiento 2 registró una disminución más leve de 0,5 cm, representando un 6,82% menos en la longitud de raíz entre los ensayos.

El tratamiento 3 presentó una disminución en la longitud de raíz de -1,6 cm, equivalente a una variación de 16,00% (Figura 2). Asghar et al. (2024) mencionan que la interacción con microorganismos mejora en la absorción de nutrientes pueden estimular el crecimiento de las raíces. La respuesta de este tratamiento resalta su potencial en escenarios donde las condiciones del suelo y el manejo agronómico optimizan el desarrollo radicular.



Peso seco de raíces (g)

El estudio revela diferencias significativas en el peso seco de las raíces entre tratamientos y experimentos, con disminuciones notables en tres de los cuatro tratamientos. En el tratamiento 1, el peso seco disminuyó en un 36,11%, posiblemente debido a una menor capacidad de absorción de nutrientes o agua debido a factores de estrés.

En el tratamiento 2, la reducción fue menos severa, a -31.25%, lo que indica una competencia ligera entre las plantas por los recursos disponibles. En el tratamiento 3, el peso seco aumentó en un 67.57%, lo que sugiere una respuesta adaptativa positiva de las plantas contra las condiciones experimentales (Tabla 9).

Varela et al. (2024) sugieren que un aumento en el peso seco podría ser una estrategia física para explorar recursos limitados, explicando el comportamiento observado en este tratamiento.

ECOAgropecuaria

Revista Científica Ecológica Agropecuaria

Por otro lado, el tratamiento 4 mostró la mayor disminución, a -65.94%, posiblemente debido al manejo inadecuado del tratamiento, como lo destacan Martínez (2023), quienes enfatizan la importancia del equilibrio de suministro de nutrientes en el desarrollo de la raíz.

Tabla 9. Peso seco de raíces (g)

Tratamiento	Ensayo 1	Ensayo 2	Diferencia (g)	Diferencia (%)
T0	0,037	0,062	-0,025	67,57
T1	0,072	0,046	0,026	-36,11
T2	0,112	0,077	0,035	-31,25
T3	0,138	0,047	0,091	-65,94

Peso seco de follaje (g)

Con respecto al follaje, el tratamiento 2 mantuvo estabilidad (0 %), mientras que los tratamientos 1, 3 y 4 disminuyeron entre un 34,07 % y un 44,90 % (Tabla 10). Este resultado sugiere que la suspensión de esporas de *Trichoderma afroharzianum* favoreció la conservación de la biomasa aérea bajo diferentes condiciones de evaluación. Sin embargo, Swain et al. (2021) reportaron incrementos significativos en la biomasa de plantas de arroz tratadas con *Trichoderma*.

Las diferencias observadas podrían atribuirse a factores como la cepa utilizada, la concentración del inóculo y las condiciones ambientales, los cuales influyen en la eficacia del microorganismo

como promotor del crecimiento vegetal (Gutiérrez-Moreno et al., 2025).

Tabla 10. Peso seco del follaje (g)

Tratam	Ensayo 1	Ensayo 2	Diferencia g	Diferencia (%)
T1	0,098	0,054	0,044	-44,90
T0	0,091	0,06	0,031	-34,07
T2	0,082	0,082	0	0,00
T3	0,085	0,055	0,03	-35,29

Número de hojas por plántulas

El análisis del número de hojas por plántula en las estructuras vegetativas revela variaciones numéricas según las condiciones ambientales y el tratamiento. En el Tratamiento 1, la distancia promedio entre 4,33 y 3,67 hojas por plántula, o -15,45%, podría indicar estrés lumínico o hídrico. El segundo tratamiento mostró una reducción más notable de -23,08%, que podría estar relacionada con la disponibilidad limitada de nutrientes. Según Martínez (2023) la estabilidad del desarrollo vegetativo podría deberse a interacciones beneficiosas entre los microorganismos del suelo y la fauna, que favorecen una regulación eficaz del crecimiento. Con una reducción del recuento de hojas del -30,76 %, el Tratamiento 4 presentó las circunstancias desfavorables más severas o una severa limitación de recursos (Tabla 11). Según Melgar et al. (2025) factores de estrés como la competencia por nutrientes o los cambios



ECOAgropecuaria

Revista Científica Ecológica Agropecuaria

bruscos de temperatura pueden causar pérdidas significativas en el desarrollo vegetativo, lo cual concuerda con los resultados analizados.

Tabla 11. Número de hojas por plántulas

Tratam	Ensayo 1	Ensayo 2	Diferencia	Dif (%)
T0	4,000	4,000	0	0,00
T1	4,333	3,667	0,666	-15,37
T2	4,333	3,333	1	-23,08
T3	4,333	3,000	1,333	-30,76

Longitud de lámina foliar (cm)

El análisis de la longitud de la lámina foliar entre los ensayos muestra que no se observaron diferencias entre fechas de siembra dentro de cada tratamiento; sin embargo, el ANOVA evidenció diferencias significativas entre tratamientos cuando se analizaron conjuntamente. En el tratamiento 1, la longitud de la lámina foliar permaneció en 24,000 cm en ambos ensayos, sin diferencia en valor absoluto ni en porcentaje (0,00%). Esto podría indicar que las condiciones ambientales y el manejo agronómico no generaron cambios significativos en el desarrollo foliar de las plantas bajo este tratamiento (Tabla 12). Medina et al. (2024) plantean que, bajo determinadas condiciones, el crecimiento foliar puede estabilizarse debido a una interacción equilibrada entre el suministro de nutrientes y la actividad fisiológica de las plantas. El tratamiento 4 también registró valores

constantes de 26,500 cm en ambos ensayos, sin diferencia en cm ni en porcentaje. Esta estabilidad puede estar relacionada con una uniformidad en las condiciones del suelo y la luz, factores clave para evitar fluctuaciones en el desarrollo de las hojas.

Tabla 12. Longitud de lámina foliar (cm)

Tratam	Ensayo 1	Ensayo 2	Diferencia (cm)	Dif (%)
T0	25,50	25,50	0	0,00
T1	24,00	24,00	0	0,00
T2	25,33	25,33	0	0,00
T3	26,50	26,50	0	0,00

Conclusiones

La inoculación con la cepa nativa de *Trichoderma afroharzianum* bajo condiciones de invernadero influyó en el desarrollo biométrico temprano de plántulas de arroz, evidenciando que la respuesta fisiológica de la planta varía en función del momento de la siembra.

En contraste, el primer ensayo, llevado a cabo entre el 14 de julio y el 8 de agosto, registró valores superiores en altura de plántula y número de hojas, aunque con una mayor variabilidad entre tratamientos.

Comparando ambos ensayos indica que las condiciones agroclimáticas durante la siembra podrían haber influido en la respuesta fisiológica de las plantas, lo que subraya la importancia de ajustar el



ECOAgropecuaria

Revista Científica Ecológica Agropecuaria

calendario de siembra al aplicar bioestimulantes como *Trichoderma*.

Bajo las condiciones de este estudio, las diferencias estadísticas significativas entre tratamientos se observaron únicamente en el peso seco de raíz y la longitud de lámina foliar. El tratamiento T3 (Mico Fert) mostró los efectos más consistentes sobre estas variables, mientras que la solución de esporas (T2) presentó tendencias favorables en algunas variables de crecimiento. Estos resultados sugieren que la respuesta de las plántulas de arroz depende de la formulación utilizada y de las condiciones de evaluación.

Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existe conflicto de interés en la elaboración de este artículo.

Contribución de los autores:

Gardenia Gonzales, aislamiento e identificación de *Trichoderma afroharzianum*, Vicente Painii, manejo del ensayo, Víctor Figueroa, análisis estadístico y Milton Barcos, búsqueda de información para la elaboración de artículo científico.

Referencias bibliográficas

Asghar, W., Craven, K., Kataoka, R., Mahmood, A., Asghar, N., Raza, T., & Iftikhar, F. (2024). The application of *Trichoderma spp.*, an old but new useful fungus, in sustainable soil health intensification: A comprehensive strategy for addressing challenges. *Plant Stress*, 12,

100455.

<https://doi.org/10.1016/j.stress.2024.100455>

Atuesta, G. C. P., & Mejía, D. V. (2024). La rizósfera del arroz: una biofábrica de posibilidades para su defensa contra *Burkholderia glumae*. *Universidad de Tolima*, 176.

Chávez Vergara, J. A., Torres García, C. A., Espinoza Vera, E. A., Zambrano Pazmiño, D. E., Villafuerte Barreto, A. G., Zambrano Gavilanes, F. E., & Velázquez Vincés, J. A. (2020). Efectos de la cepa nativa de *Trichoderma sp.* Y lixiviado de vermicompost bovino sobre el crecimiento foliar y contenido de clorofila en arroz (*Oryza sativa* L.) en fase de semillero. 7(2). <https://doi.org/https://doi.org/10.36331/revista.v7i2.104>

Gutiérrez-Moreno, K., Olguín-Martínez, A. I., Montoya-Martínez, A. C., & de los Santos-Villalobos, S. (2025). *Trichoderma* in Sustainable Agriculture and the Challenges Related to Its Effectiveness. *Diversity*, 17(10), 734. <https://doi.org/10.3390/d17100734>

Hernández, F., Vercellino, R. B., Iberlucea Saglietto, A., Kruger, D., Fontana, L., Crepy, M. A., & Presotto, A. D. (2021). Detrás del origen del arroz maleza en Argentina. <https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/186157>

Hnini, M., Rabeh, K., & Oubohssaine, M. (2024). Interactions between beneficial soil



ECOAgropecuaria

Revista Científica Ecológica Agropecuaria

microorganisms (PGPR and AMF) and host plants for environmental restoration: A systematic review. *Plant Stress*, 11, 100391. <https://doi.org/10.1016/j.stress.2024.100391>

INEC. (2022). Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua (ESPAC).

<https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web->

[inec/Estadisticas_agropecuarias/espac/espac-](https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_agropecuarias/espac/espac-)

[2021/Bolet%C3%ADn%20t%C3%A9cnico.pdf](https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_agropecuarias/espac/espac-2021/Bolet%C3%ADn%20t%C3%A9cnico.pdf)

Larrea, C. N. M., Rodas, G. A. B., Sandoval-Espínola, W. J., Rios, D. F., & Arrúa, A. A. (2023). *Trichoderma* un aliado de la agricultura. *Reportes Científicos de La FACEN*, 14(2), 183–189. <https://doi.org/10.18004/RCFACEN.2023.14.2.183>

Liu, R., Guzmán, J. L., García-Mañas, F., & Li, M. (2023). Estrategia de control selectivo de temperatura y humedad para un invernadero solar chino con un enfoque basado en eventos. *Revista Iberoamericana de Automática e Informática Industrial*, 20(2), 150–161. <https://doi.org/10.4995/RIAI.2022.18119>

Marín, D., Urioste, S., Celi, R., Castro, M., Pérez, P., Aguilar, D., Labarta, R. A., & Andrade, R. S. (2021). Caracterización del sector arrocero en Ecuador 2014-2019: ¿Está cambiando el manejo del cultivo? <https://hdl.handle.net/10568/113781>

Martínez, S. I. (2023). *Pyricularia oryzae* en trigo: Patología emergente en Argentina. <https://doi.org/10.35537/10915/158127>

Medina, N. B., Sagnay-Ramírez, B., & Leon-Reyes, A. (2024). Memorias del VI Simposio en Fitopatología, Control Biológico e Interacciones Planta-Patógeno. *Archivos Académicos USFQ*, 51. <https://doi.org/10.18272/ARCHIVOSACADEMICOS.VI51.3308>

Melgar, G. D. A., Guamán, M., Marcelo, P., & Ramón, B. (2025). Evaluación de diferentes propiedades fisicoquímicas del suelo en cuatro diferentes coberturas vegetales en una zona altoandina. Universidad de Cuenca. <https://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/45950>

Meza, L. E., & Rodríguez, A. G. (2022). 210 recursos naturales y desarrollo Soluciones basadas en la naturaleza y la bioeconomía Contribución a una transformación sostenible e inclusiva de la agricultura y a la recuperación pos-COVID-19. *Cepal*, 107. www.cepal.org/apps

Sánchez, C. K. J., De, C., De, T. S., En, N., Raíz, L. A., Agave, D., Johana, K., & Castell, S. (2024). Aislamiento y selección de cepas de *Trichoderma afroharzianum*. Antagonistas a *Fusarium oxysporum* causante de la necrosis en la raíz de la agave angustifolia.

<http://riaa.uaem.mx/xmlui/handle/20.500.12055/4587>



ECOAgropecuaria

Revista Científica Ecológica Agropecuaria

Swain, H., Adak, T., Mukherjee, A. K., Sarangi, S., Samal, P., Khandual, A., Jena, R., Bhattacharyya, P., Naik, S. K., Mehetre, S. T., Baite, M. S., Kumar, M. S., & Zaidi, N. W. (2021). Seed biopriming with *Trichoderma* strains isolated from tree bark improves plant growth, antioxidative defense system in rice and enhance straw degradation capacity. *Frontiers in Microbiology*, 12, 633881. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2021.633881>

Varela, P. R. A., Pardo, A. V., Roberto, E., Codirectora, W., Claudia, D., López, C., Codirectora, L., & Mónaco, D. C. (2024). Aislamiento, selección y estudio de cepas de *Trichoderma afroharzianum*. y hongos entomopatógenos nativos para el control de *Botrytis cinerea*, *Sclerotinia sclerotiorum* (Helotiales: Sclerotinaceae) y *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) en cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum*). <https://doi.org/10.35537/10915/170950>

