

Revista Latinoamericana de Difusión Científica
Volumen 8 – Número 14
Depósito Legal ZU2019000058 - ISSN 2711-0494

Revista Latinoamericana de Difusión Científica



Volumen 8 - Número 14
Enero – Junio 2026
Maracaibo – Venezuela

Efecto del *Trichoderma asperellum* Samuels sobre el crecimiento y calidad del pasto Tanner (*Urochloa arrecta* Hack) en el estado Táchira, Venezuela

DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.18431118>

Emmanuel Camargo Pérez*
Carlos Chacón Labrador**
Luís Bautista Bayona***
José Sulbarán Vivas****

RESUMEN

En América Latina, la nutrición del ganado depende mayoritariamente de pastos y forrajes, siendo el pasto Tanner (*Urochloa arrecta* Hack) un recurso clave en Venezuela. Sin embargo, su producción enfrenta limitaciones como estacionalidad, bajo valor nutricional y manejo inadecuado. El hongo *Trichoderma asperellum* conocido por su acción biocontroladora y promotor de crecimiento vegetal, representa una solución ecológica para mejorar las pasturas tropicales pero la falta de investigación dificulta su implementación a gran escala. Este estudio evaluó el efecto de diferentes dosis de *T. asperellum* sobre el crecimiento y la calidad del pasto Tanner en la finca El Principio, Municipio García de Hevia, Estado Táchira. Se empleó un diseño experimental completamente al azar, con tres tratamientos: dos dosis del hongo (2 y 4 kg ha⁻¹) y un testigo sin aplicación. Se realizaron cuatro cortes cada 35 días, se evaluó altura, rendimiento de materia verde, colonización de raíces y análisis bromatológicos. Los resultados mostraron diferencias altamente significativas ($p < 0,05$) para todas las variables evaluadas, siendo la dosis de 4 kg ha⁻¹ la más efectiva. Se observó un aumento en el contenido de proteína y grasa cruda, así como una reducción del contenido de fibra. La colonización del hongo en las raíces alcanzó un 92 % en el tratamiento de mayor dosis, favoreciendo el crecimiento radicular y la absorción de nutrientes. Según lo anterior el *T. asperellum* es una alternativa viable como bioestimulante para mejorar la producción y calidad del pasto Tanner en zonas tropicales, contribuyendo a prácticas agrícolas más eficientes y ambientalmente responsables.

PALABRAS CLAVE: *Trichoderma asperellum*, Pasto Tanner, Bioestimulante, Producción forrajera.

*Profesor. Departamento de Ingeniería Agronómica. Universidad Nacional Experimental del Táchira (UNET), San Cristóbal, Venezuela. ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-7216-0501>. E-mail: emmanueljcamargo@hotmail.com

** Profesor. Departamento de Ingeniería Agronómica, UNET, San Cristóbal, Venezuela. ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-1124-613X>. E-mail: cachacon103@gmail.com

*** Profesor. Departamento de Ingeniería Agronómica, UNET, San Cristóbal, Venezuela. ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-0802-6635>. E-mail: lbautis@unet.edu.ve

**** Profesor. Departamento de Ingeniería Agronómica, UNET, San Cristóbal, Venezuela. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0764-8067>. E-mail: jsulbaran@unet.edu.ve

Effect of *Trichoderma asperellum* Samuels on the Growth and Quality of Tanner Grass (*Urochloa arrecta* Hack) in Táchira State, Venezuela

ABSTRACT

In Latin America, livestock nutrition largely depends on pastures and forage, with Tanner grass (*Urochloa arrecta* Hack) being a key resource in Venezuela. However, its production faces limitations such as seasonality, low nutritional value, and inadequate management. The fungus *Trichoderma asperellum*, known for its biocontrol and plant growth-promoting effects, represents an ecological solution to improve tropical pastures, but lack of research hinders its large-scale implementation. This study evaluated the effect of different doses of *T. asperellum* on the growth and quality of Tanner grass at El Principio farm, García de Hevia Municipality, Táchira State. A completely randomized design was used with three treatments: two fungus doses (2 and 4 kg ha⁻¹) and a control without application. Four harvests were performed every 35 days, assessing height, green biomass yield, root colonization, and bromatological analysis. The results showed highly significant differences ($p < 0,05$) for all evaluated variables, with the 4 kg ha⁻¹ dose being the most effective. Increases in protein and crude fat content were observed, along with a reduction in fiber content. Root colonization by the fungus reached 92 % in the highest dose treatment, promoting root growth and nutrient absorption. Based on these findings, *T. asperellum* is a viable bio-stimulant alternative to improve production and quality of Tanner grass in tropical areas, contributing to more efficient and environmentally responsible agricultural practices.

KEYWORDS: *Trichoderma asperellum*, Tanner grass, Biostimulant, Forage production.

Introducción

La producción pecuaria depende fundamentalmente del suministro de forrajes, los cuales constituyen la base nutricional de los animales y determinan indicadores productivos como el rendimiento en carne, leche y la eficiencia reproductiva. Diversos estudios cuantifican que el ganado bovino obtiene aproximadamente el 73 % de su dieta del forraje, mientras que en equinos esta proporción es cerca del 51 %, y en vacas lecheras varía entre 20 % y 80 %. El manejo adecuado del pastoreo y la renovación continua de pasturas contribuyen directamente a optimizar la calidad y disponibilidad de la dieta animal. En Latinoamérica, en países como México, Cuba, Costa Rica, Colombia y Venezuela, las pasturas son recursos clave para la ganadería ecológica, promoviendo la biodiversidad y sostenibilidad de los sistemas agropecuarios (WSU EXTENSION, 2020).

En Venezuela, los sistemas ganaderos extensivos se fundamentan en el consumo de pastos y forrajes locales, cuya diversidad favorece el desempeño productivo. No obstante, la producción de pasturas enfrenta limitantes importantes relacionadas con la estacionalidad climática, predominancia de especies nativas o degradadas, manejo inapropiado del pastoreo y deficiencias en fertilización, infraestructura y disponibilidad de semillas mejoradas (Urbano y Castro, 2008). Estas condiciones afectan la persistencia y rendimiento de las especies forrajeras, comprometiendo la nutrición animal y la sostenibilidad del sistema. La degradación de pasturas es un problema multifactorial que involucra manejo técnico deficiente, sobrepastoreo, quemas y agotamiento de nutrientes esenciales como nitrógeno, fósforo y azufre. Esta degradación no solo reduce la calidad y vigor de las plantas, sino que además facilita la invasión de malezas y la pérdida de productividad del suelo (Álvarez y Cruz, 2017).

En el marco de la agricultura sostenible, la mejora de pastizales mediante técnicas de fertilización equilibrada, riego y prácticas agroecológicas resulta esencial para mitigar el impacto ambiental y asegurar la productividad a largo plazo (Pineda, 2021). En este contexto, el uso de abonos orgánicos y microorganismos beneficiosos, como hongos del género *Trichoderma*, representa una alternativa prometedora. Estos hongos micorrícicos tienen valor agronómico y ambiental reconocido por su capacidad para controlar plagas y estimular el crecimiento vegetal (Martínez et al., 2013).

El hongo *Trichoderma*, especialmente la especie *T. asperellum* Samuels, Lieckf. y Nirenberg, se destaca como agente de control biológico y promotor vegetal gracias a su producción de fitohormonas y solubilización de nutrientes esenciales (Sánchez et al., 2021). Su diversidad genética y capacidad adaptativa le permiten antagonizar microorganismos patógenos, favorecer el crecimiento vegetativo y aumentar la resistencia a fitopatógenos (Youssef et al., 2016).

Dada la importancia del pasto Tanner (*Urochloa arrecta* Hack) como recurso forrajero en Venezuela, la aplicación del hongo *T. asperellum* como alternativa para mejorar su crecimiento y calidad es un área de investigación con potencial impacto agronómico y ambiental. Estudios previos, aunque limitados, han evidenciado que la inoculación con este hongo influye favorablemente en la composición y biomasa del pasto (Perozo et al., 2009). Por ello, el presente estudio tuvo como objetivo evaluar el efecto de diferentes dosis de *T.*

asperellum sobre variables de crecimiento y calidad del pasto Tanner (*U. arrecta*) en la finca El Principio, Municipio García de Hevia del estado Táchira.

1. Materiales y métodos

Esta investigación se llevó a cabo en la finca El Principio, ubicada en el kilómetro 91, Sector Toro Negro, camellón Caño Grande, vía Orope, Municipio García de Hevia del Estado Táchira, con coordenadas geográficas 8°21'51" latitud norte y 72°18'11.07" longitud oeste. La zona presenta características geoclimáticas propias de bosque húmedo tropical, con un régimen de lluvias que se extiende aproximadamente ocho meses al año, temperaturas cálidas que oscilaron entre 23 °C y 34 °C durante el periodo del estudio, y una altitud de 127 metros sobre el nivel del mar.

Para evaluar el efecto del hongo *T. asperellum* sobre el crecimiento del pasto Tanner, se empleó un diseño experimental completamente al azar (DCA) con tres tratamientos y tres repeticiones. Los tratamientos consistieron en la aplicación de una cepa comercial de *T. asperellum* en tres dosis diferentes: 4 kg ha⁻¹ de esporas diluidas en agua, 2 kg ha⁻¹ de esporas diluidas en agua y un testigo sin aplicación de tratamiento (Tabla 1).

Tabla 1. Esquema experimental para la promoción del crecimiento y desarrollo del pasto Tanner en condiciones de campo.

Tratamiento	Descripción	Unidad experimental	Repeticiones	Total
T1-CONTROL	Testigo sin aplicación de tratamiento	Parcela de 9 m ² con pasto Tanner.	3	3
T2- <i>T. asperellum</i> (1,8 x10 ⁷ esp/mL)	Aplicación de 2 kg ha ⁻¹ de <i>T. asperellum</i> (1,8x10 ⁷ esp/mL) diluidas en 400 L de agua por ha ⁻¹	Parcela de 9 m ² con pasto Tanner.	3	3
T3- <i>T. asperellum</i> (3,6 x10 ⁷ esp/mL)	Aplicación de 4 kg ha ⁻¹ de <i>T. asperellum</i> (3,6x10 ⁷) esp/mL diluidas en 400 L de agua por ha ⁻¹	Parcela de 9 m ² con pasto Tanner.	3	3
TOTAL				9

La unidad experimental consistió en parcelas de 9 m², cada una sembrada con pasto Tanner. Las parcelas estuvieron separadas por calles de 30 cm de ancho para evitar el efecto de bordes y permitir el manejo adecuado. El área total experimental abarcó 100 m² (Figura 1).



Figura 1. Área experimental de parcelas de pasto Tanner (*U. arrecta*) antes y después de la aplicación de los tratamientos. A) Parcela de 9 m² con de pasto Tanner. B) Parcela con pasto Tanner y aplicación cepa de *T. asperellum*. C) Crecimiento del pasto a los 35 días pos-tratamiento.

Durante el desarrollo del experimento se realizaron tres aplicaciones del hongo *T. asperellum* utilizando una asperjadora de espalda, manteniendo una altura aproximada de 5 cm sobre el suelo. Las esporas se diluyeron en agua y se aplicaron a cada parcela según el tratamiento en un volumen equivalente a 400 litros por hectárea.

Para el análisis de las variables físico-morfológicas y bromatológicas, se llevaron a cabo cuatro cortes de biomasa en los siguientes momentos: a) 35 días después de la aplicación de los tratamientos; b) 70 días; c) 105 días; y d) 140 días. Las muestras fueron recolectadas en el centro de cada parcela con tijeras de corte, a una altura promedio de 10 cm sobre el suelo, y almacenadas en bolsas plásticas para su posterior análisis en laboratorio. Las variables evaluadas incluyeron:

- a) Altura y crecimiento:** Se seleccionaron aleatoriamente seis plantas por parcela, midiendo la altura desde la base hasta la hoja más alta con una cinta métrica graduada.
- b) Rendimiento de materia verde:** Se utilizó el método del cuadrado propuesto por Paladines (1992), recolectando tres muestras por parcela con un marco metálico de 50 × 50 cm (0,25 m²). Cada muestra fue pesada para determinar el rendimiento extrapolado por hectárea.
- c) Colonización del hongo *T. asperellum* en raíces (%):** Para confirmar la colonización endofítica post-inoculación después de 140 días, se aplicó una metodología modificada de Russo et al. (2018). Las raíces, lavadas y desinfectadas con hipoclorito de sodio al 3 % durante tres minutos, fueron cortadas en fragmentos de 1 cm. Se colocaron 25 fragmentos en placas de Petri con medio PDA y cloranfenicol (0,1 g L⁻¹), incubadas a

22 °C ± 2 °C en oscuridad. Se registró el porcentaje de colonias de *T. asperellum* a los 4 y 7 días.

- d) Composición química del pasto:** Se tomaron dos muestras de 1 kg de material fresco por tratamiento, una a los 35 días y otra a los 140 días. Las muestras se llevaron al laboratorio de la UNET para análisis bromatológicos. La proteína bruta se determinó por método Kjeldahl, la grasa por Soxhlet, la ceniza por incineración a 600 °C según AOAC (1990), y la fibra ácido detergente (FAD) por la técnica de Van Soest et al., (1991).

Posterior al trabajo de campo, los datos obtenidos fueron sometidos a análisis de varianza (ANOVA) y comparación de medias mediante la prueba de Duncan. Las diferencias significativas se establecieron a un nivel de $p \leq 0,05$, previa evaluación de normalidad con la prueba de Shapiro-Wilks modificada (1965) y homocedasticidad con la prueba de Levene. El análisis estadístico se realizó con el software InfoStat/L 2020 para Windows.

2. Resultados y discusión

2.1. Altura de la planta (cm)

En la Figura 2 se presenta la altura del pasto Tanner evaluada en cuatro cortes a lo largo del experimento (35, 70, 105 y 140 días). El análisis de varianza (ANOVA) con un coeficiente de variabilidad (CV) que osciló entre 4,71 % y 7,86 % evidenció diferencias altamente significativas entre tratamientos en todos los cortes ($p < 0,001$).

En el primer corte a los 35 días se identificaron tres grupos heterogéneos (A, B y C) mediante la prueba de Duncan ($p < 0,05$). El tratamiento T3 (4 kg ha⁻¹ de *T. asperellum* a 3,6 x10⁷esp/mL) registró la mayor altura promedio con 64,06 cm, seguido por T2 (2 kg ha⁻¹ a 1,8 x10⁷esp/mL) con 48,06 cm, mientras que el tratamiento testigo (T1) alcanzó solo 39,33 cm. En el segundo corte (70 días), también se observaron diferencias significativas y se formaron dos grupos heterogéneos (A y B) según la prueba de Duncan con un nivel del 95 % de confianza. Los tratamientos T3- *T. asperellum* 3,6x10⁷esp/mL y T2- *T. asperellum* 1,8x10⁷esp/mL, mediante la aplicación de 4 y 2 kg ha⁻¹ mostraron alturas similares 63,78 cm y 62,67 cm respectivamente, ambas significativamente mayores que el tratamiento testigo

(T1), que alcanzó 51,39 cm.

De igual forma, al evaluar la altura del pasto en el tercer corte a los 105 días, según el ANOVA mantuvo diferencias significativas, con tres grupos heterogéneos (A, B y C) según la prueba de Duncan 5 % de probabilidad. La altura más alta correspondió nuevamente al tratamiento T3- *T. asperellum* 3,6x10⁷esp/mL con 74,78 cm, seguido por el tratamiento T2- *T. asperellum* 1,8x10⁷esp/mL con 66,44 cm y el tratamiento testigo (T1) alcanzó solo 54,00 cm. Finalmente, el análisis de la altura del pasto en el cuarto corte a los 140 días presentó diferencias significativas según el ANOVA; se identificó 3 grupos heterogéneos (A, B y C) según la prueba de Duncan con un nivel del 95 % de confianza, donde el tratamiento T3- *T. asperellum* 3,6x10⁷esp/mL, continuó superando a los demás tratamientos con 84,94 cm, seguido del tratamiento T2- *T. asperellum* 1,8x10⁷esp/mL con 73,22 cm y el tratamiento testigo T1-CONTROL obtuvo una menor altura con 56,78 cm.

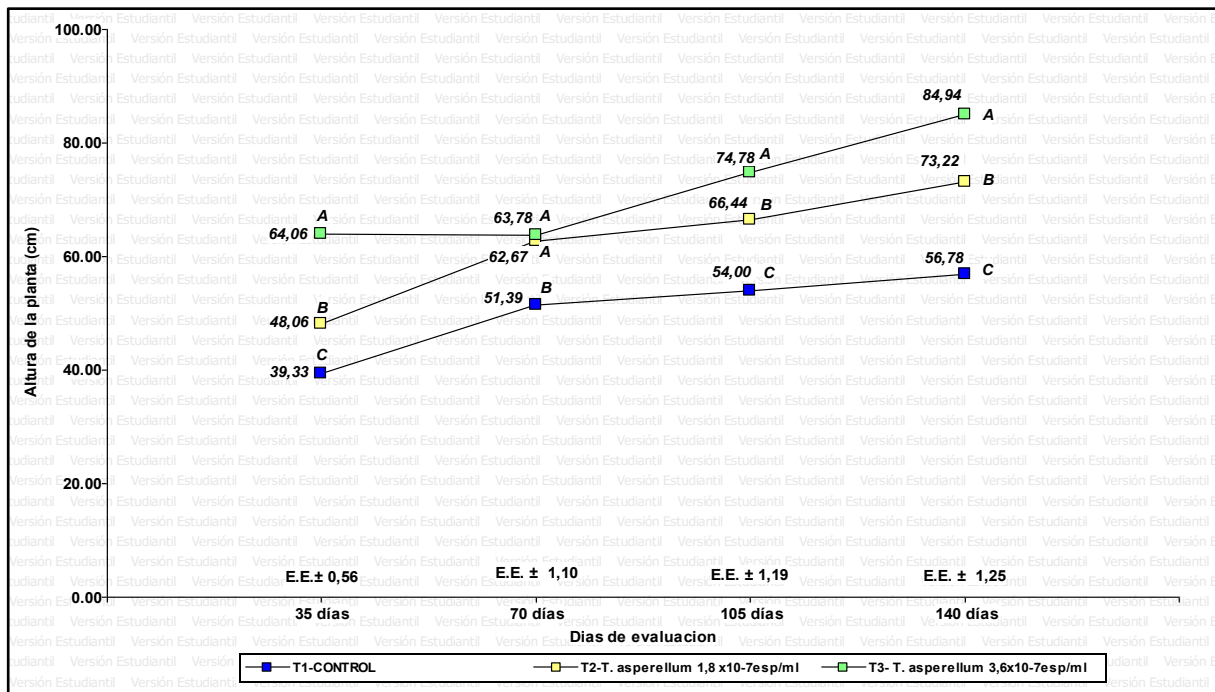


Figura 2. Efecto de la aplicación *T. asperellum* sobre la altura (cm) del pasto Tanner (*U. arrecta*) desde los 35 hasta los 140 días post-aplicación. Letras distintas indican diferencias estadísticas significativas según la prueba de Duncan ($p<0,05$).

Estos resultados sugieren que la aplicación de *T. asperellum* promueve un crecimiento significativo y sostenido del pasto Tanner. Esto concuerda con la función del

hongo como productor de fitohormonas y otros metabolitos que estimulan el desarrollo de tejidos meristemáticos, mejorando la vigorosidad y salud del pasto frente a limitantes agronómicas.

Estudios previos respaldan estos hallazgos, donde se han obtenido resultados prometedores en laboratorio, invernadero y campo para una producción sostenible, utilizando el *Trichoderma* spp., al mejorar la sanidad y productividad de los pastizales Kandula et al., (2008, 2015). Así mismo, la aplicación del *T. asperellum* ha producido efectos positivos sobre el crecimiento del pasto Galeano, (2008), a través del incremento en la absorción de nutrientes estimulado por los factores de crecimiento, tales como ácidos orgánicos y fitohormonas, debido a la colonización de la raíz (Harman et al., 2004; Harman, 2011; Cerdas y Vallejo, 2013; Prasad et al., 2022). Finalmente, la coinoculación de *T. asperellum* con *Bacillus subtilis* promovió un mayor aumento en altura del pasto *Urochloa brizantha* cv. Marandu, lo cual respalda la hipótesis de que las plantas de pasto solas o asociadas e inoculadas con bioestimulantes y aplicación de materia orgánica con dosis reducidas de fertilizantes minerales favorecen el crecimiento eficiente de este tipo de plantas (Acurio et al., 2017; Costa et al., 2022).

2.2. Rendimiento de materia verde (kg ha⁻¹)

El rendimiento (kg ha⁻¹) de materia verde del pasto Tanner respondió positivamente a la aplicación de *T. asperellum* en todos los cortes evaluados. En el primer corte a los 35 días, el análisis de varianza (ANOVA) mostró diferencias altamente significativas ($p < 0,007$) entre tratamientos en cada corte, con coeficientes de variabilidad de 15,36; se identificó 3 grupos heterogéneos (A, B y C) con la prueba de Duncan 5 % de probabilidad (Figura 3). El tratamiento T3-*T. asperellum* 3,6x10⁷esp/mL con la aplicación de 4 kg ha⁻¹ alcanzó el mayor rendimiento con 6.359,67 kg ha⁻¹, seguido por el rendimiento de 4.312,00 kg ha⁻¹ en el tratamiento T2-*T. asperellum* 1,8x10⁷esp/mL con la aplicación de 2 kg ha⁻¹ y el tratamiento testigo T1-CONTROL con 2.113,33 kg ha⁻¹.

En el segundo corte, a los 70 días el ANOVA determinó un efecto significativo ($p < 0,004$) con un coeficiente de variabilidad de 13,66, se identificaron 3 grupos heterogéneos (A, B y C) con la prueba de Duncan 5 % de probabilidad. El rendimiento máximo también correspondió al tratamiento T3- *T. asperellum* 3,6x10⁷esp/mL con la aplicación de 4 kg ha⁻¹ al mostrar el mayor promedio con 8.135,33 kg ha⁻¹ seguido por el

tratamiento T2- *T. asperellum* $1,8 \times 10^7$ esp/mL con el empleo de 2 kg ha^{-1} alcanzando un rendimiento promedio de $6.231,00 \text{ kg ha}^{-1}$, ambos superiores al tratamiento testigo T1-CONTROL que obtuvo un menor valor $4.302,00 \text{ kg ha}^{-1}$.

Para el tercer corte a los 110 días, según el ANOVA con un coeficiente de variabilidad de 4,57 indica diferencias estadísticas altamente significativas ($p < 0,002$) entre los tratamientos evaluados, además se identificó 3 grupos heterogéneos (A, B y C) con la prueba de Duncan 5 % de probabilidad. De acuerdo con la Figura 3, el tratamiento T3- *T. asperellum* $3,6 \times 10^7$ esp/mL con la aplicación de 4 kg ha^{-1} obtuvo un mayor rendimiento $18.215,33 \text{ kg ha}^{-1}$, seguido por el tratamiento T2- *T. asperellum* $1,8 \times 10^7$ esp/mL con el empleo de 2 kg ha^{-1} alcanzando un rendimiento de $14.706,67 \text{ kg ha}^{-1}$ en comparación con el tratamiento testigo T1-CONTROL que alcanzó un menor rendimiento $12.513,33 \text{ kg ha}^{-1}$. Finalmente, el análisis del rendimiento de materia verde del pasto Tanner en el cuarto corte a los 140 días presentó diferencias significativas ($p < 0,001$), según el ANOVA con 6,80 coeficiente de variabilidad, se identificó 3 grupos heterogéneos (A B y C) según la prueba de Duncan con un nivel del 95 % de confianza. Se aprecia en la Figura 3, que el tratamiento T3- *T. asperellum* $3,6 \times 10^7$ esp/mL con la aplicación de 4 kg ha^{-1} obtuvo mayor promedio con $19.984,33 \text{ kg ha}^{-1}$ seguido por el tratamiento T2- *T. asperellum* $1,8 \times 10^7$ esp/mL con el empleo de 2 kg ha^{-1} alcanzó un rendimiento de $16.470,67 \text{ kg ha}^{-1}$ en comparación con el tratamiento testigo T1-CONTROL que obtuvo un menor valor $13.815,33 \text{ kg ha}^{-1}$.

Estos resultados respaldan el efecto benéfico de *T. asperellum* en la promoción del crecimiento y rendimiento forrajero del pasto Tanner, como lo encontrado por Acurio et al., (2017), quienes sugieren que pasturas asociadas raygrass (*Lolium perenne*) y trébol blanco (*Trifolium repens*) con la aplicación del hongo *Trichoderma* spp. y la incorporación de materia orgánica favorece el crecimiento, aumentando el rendimiento del pasto, promoviendo la absorción de nutrientes, el desarrollo de microorganismos en el suelo, así como la reducción del uso de fertilizantes químicos. Las similitudes observadas en este experimento se atribuyen al potencial beneficio que ofrecen los microorganismos para el desarrollo de cultivos, principalmente en actividades fisiológicas y en la acumulación de nutrientes. Esta tecnología ha despertado un fuerte interés a nivel mundial debido a sus múltiples ventajas: es de bajo costo, fácil aplicación, ambientalmente amigable y promueve una intensificación sostenible de la agricultura moderna. Los microorganismos beneficiosos, como *Trichoderma* spp., contribuyen a mejorar la fertilidad del suelo, aumentar la absorción

de nutrientes por las plantas y promover el crecimiento vegetal mediante la producción de fitohormonas y compuestos bioactivos que favorecen la resistencia a enfermedades y al estrés abiótico (Andrade et al., 2020; Nascente et al., 2017; Singh et al., 2021).

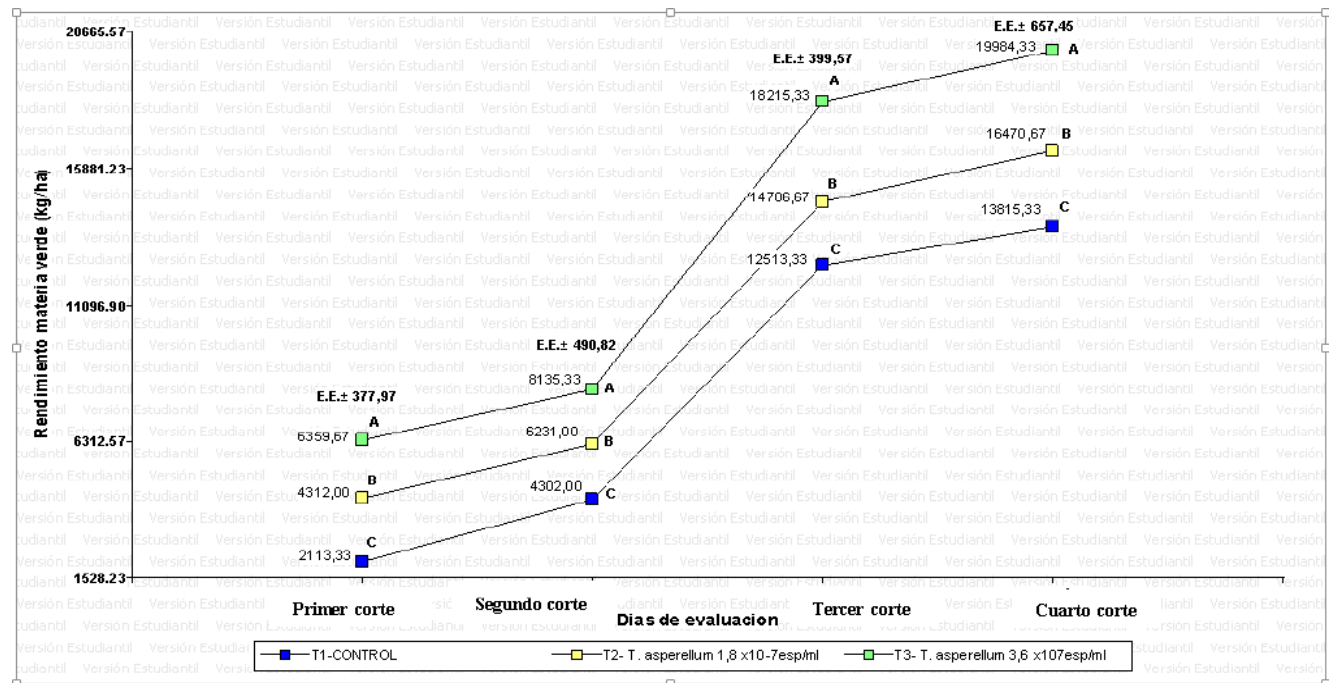


Figura 3. Efecto de la aplicación *T. asperellum* sobre el rendimiento de materia verde (kg/ha⁻¹) del pasto Tanner (*U. arrecta*) desde el primer corte (35 días) hasta el cuarto corte (140 días). Letras distintas en una misma hilera indican diferencias estadísticas según prueba de Duncan ($p<0,05$).

2.3. Análisis bromatológico

En la Figura 4 se muestran los resultados del análisis bromatológico correspondiente al contenido de proteína (%) del pasto Tanner evaluado en dos cortes (70 y 140 días) posteriores a la inoculación con *T. asperellum*. El análisis de varianza (ANOVA) indicó diferencias altamente significativas entre tratamientos en ambos cortes ($p<0,001$), con coeficientes de variabilidad de 6,66 y 4,88 para el segundo y cuarto corte, respectivamente. Los mayores porcentajes de proteína se observaron en el tratamiento T3- *T. asperellum* 3,6x10⁷esp/mL mediante la aplicación de 4 kg ha⁻¹, con valores de 8,10 % y 12,71 %, seguido por el tratamiento T2- *T. asperellum* 1,8x10⁷esp/mL con el empleo de 2 kg ha⁻¹ alcanzó 6,78 % y 11,08 % en los mismos cortes. El tratamiento testigo T1-CONTROL presentó los valores más bajos, con 5,67 % y 9,46 %, respectivamente.

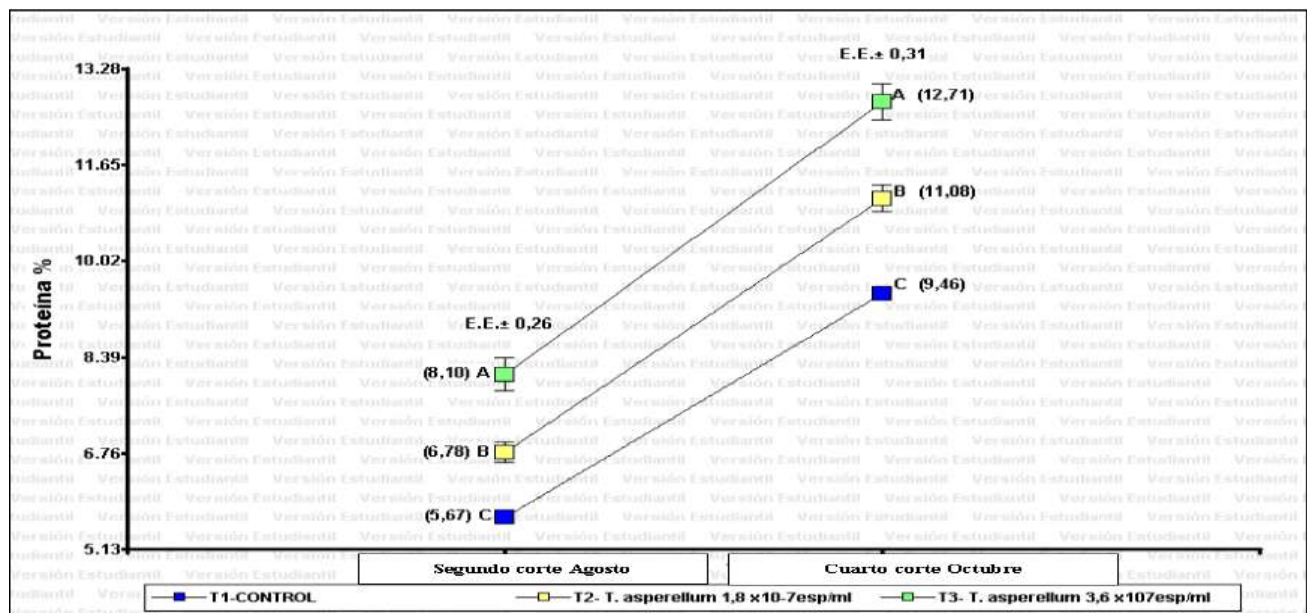


Figura 4. Comparación del contenido de proteína (%) en pasto Tanner (*U. arrecta*) inoculado y no inoculado con *T. asperellum*. Promedios seguidos con con letras distintas presentan diferencias estadísticamente significativas según la prueba de Duncan ($p \leq 0,05$).

Al evaluar la grasa cruda (%) de la planta al segundo y cuarto corte (70 y 140 días), el ANOVA con un coeficiente de variabilidad de 4,00 y 4,28 respectivamente, indica que si hay diferencias estadísticas altamente significativas ($p < 0,001$) entre los tratamientos, además se identificaron 3 grupos heterogéneos (A, B y C) con la prueba de Duncan 5 % de probabilidad (Figura 5). El tratamiento T3- *T. asperellum* 3,6x10⁷esp/mL presentó el mayor porcentaje de grasa cruda, con valores de 2,37 % y 3,23 % en los cortes evaluados. Le siguió el tratamiento T2- *T. asperellum* 1,8x10⁷esp/mL, que alcanzó 2,16 % y 2,90 % respectivamente. El tratamiento testigo T1-control mostró los valores más bajos, con 1,98 % y 2,49 %, en el segundo y cuarto corte a los 70 y 140 días (Figura 5).

En la Figura 6 se muestran los resultados del contenido de fibra cruda (%) evaluado en el pasto Tanner en el segundo y cuarto corte (70 y 140 días). El ANOVA reveló diferencias altamente significativas entre los tratamientos ($p < 0,001$), con coeficientes de variabilidad bajos, de 1,91 y 0,86 respectivamente. De acuerdo con la prueba de Duncan al 5%, se conformaron tres grupos heterogéneos. El tratamiento T3- *T. asperellum* 3,6x10⁷esp/mL, presentó los porcentajes más altos de fibra cruda, con valores de 26,57% y 28,44% en los cortes evaluados. Por su parte, el tratamiento el tratamiento T2- *T. asperellum*

1,8x10⁷esp/mL alcanzó 24,04 % y 26,69 %, respectivamente. en comparación con el tratamiento testigo T1-control que mostró los menores valores, con 21,32% y 25,47%, respectivamente.

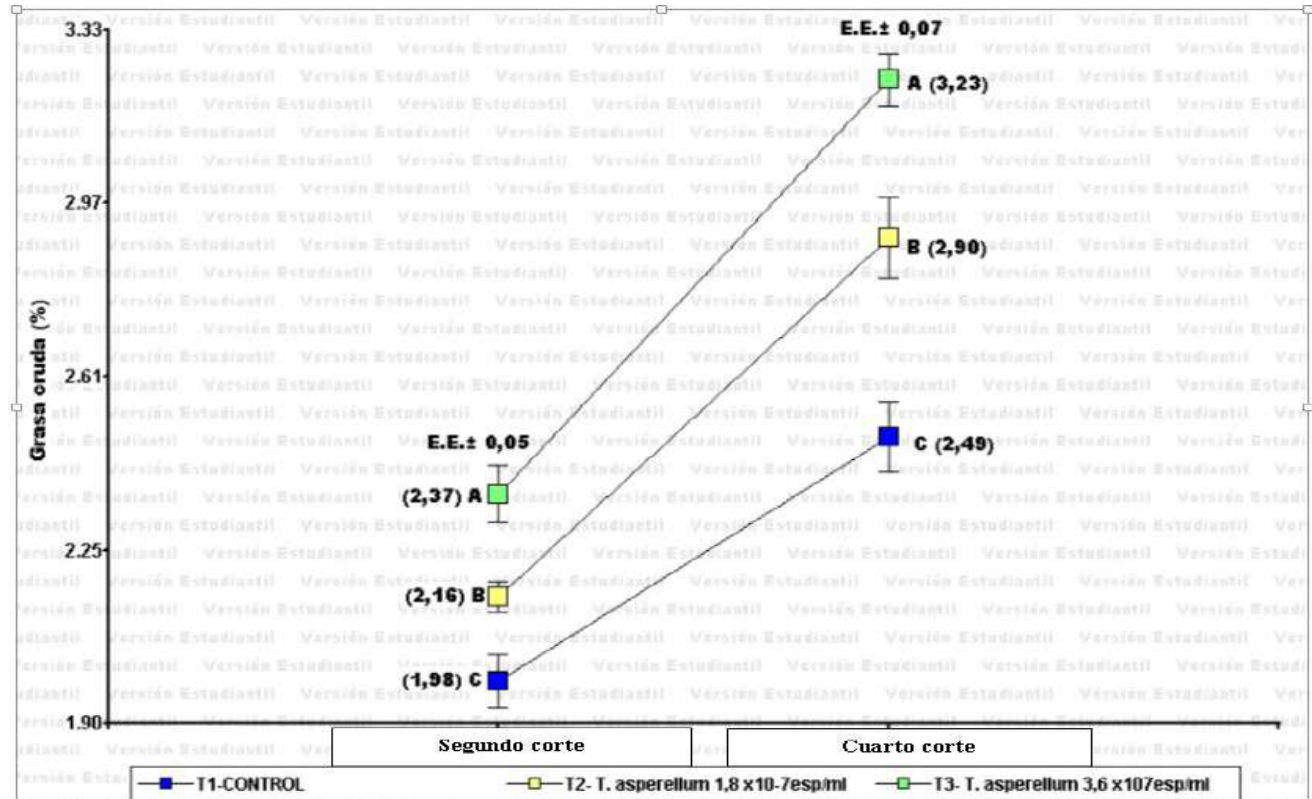


Figura 5. Comparación de los valores alcanzados de grasa cruda (%) del pasto Tanner (*U. arrecta*) inoculado versus no inoculado con *T. asperellum*. Promedios seguidos con letras distinta indican diferencias estadísticamente significativas según la prueba de Duncan ($P \leq 0,05$).

Se observó que los contenidos de fibra cruda en el pasto Tanner disminuyeron progresivamente con la aplicación de *T. asperellum*, lo cual es relevante ya que una menor cantidad de fibra mejora la digestibilidad del forraje. Esto sugiere que la inoculación con el hongo puede favorecer el consumo voluntario del pasto por parte del ganado. Además, este efecto mejora la eficiencia alimenticia y puede contribuir a un mayor rendimiento productivo en sistemas ganaderos, respaldando el uso de microorganismos benéficos para optimizar la calidad del forraje y la sostenibilidad del sistema.

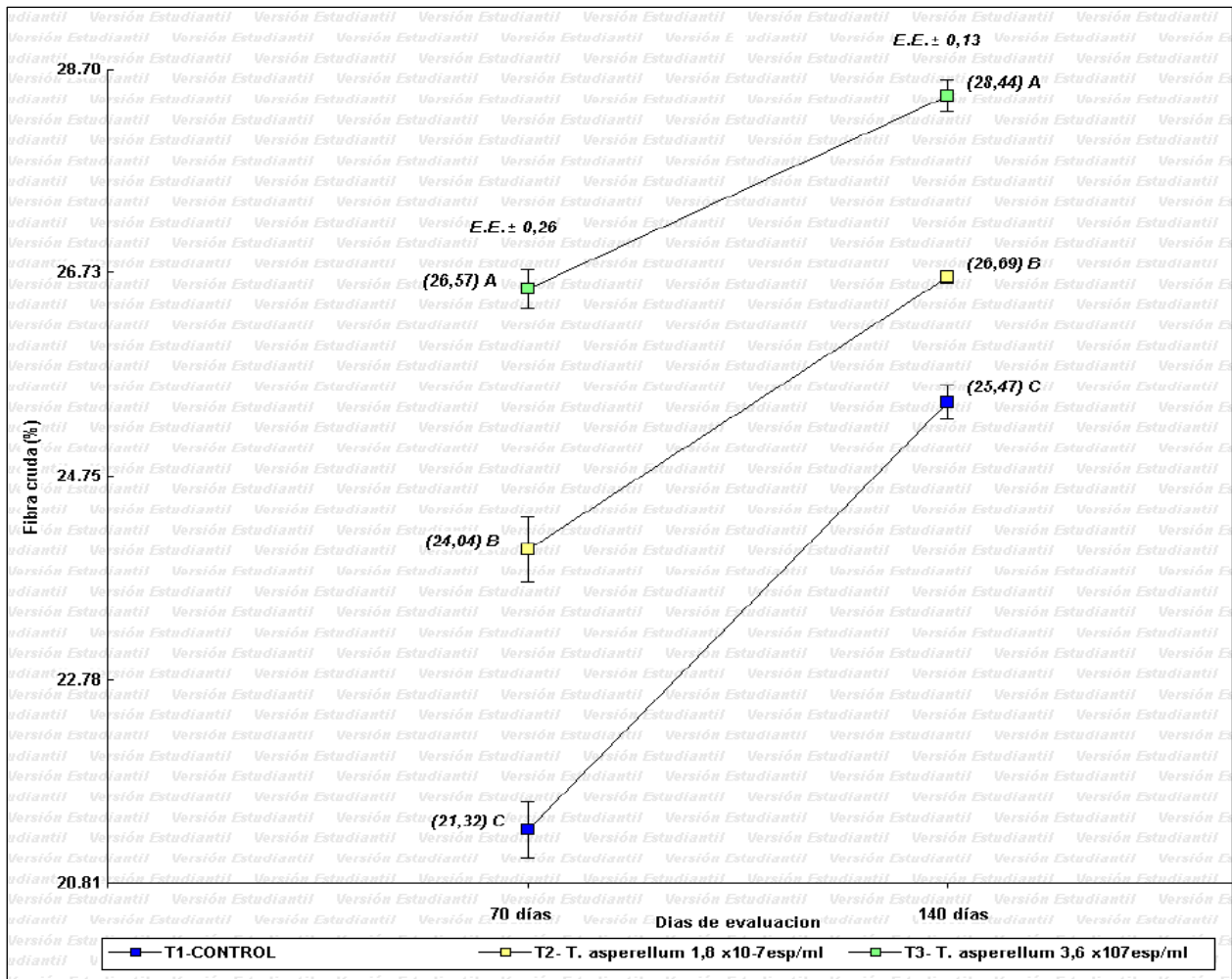


Figura 6. Comparación del contenido de fibra cruda (%) del pasto Tanner (*U. arrecta*) inoculado y no inoculado con *T. asperellum*. Promedios con letras distinta indican diferencias estadísticamente significativas según la prueba de Duncan ($p \leq 0,05$).

2.4. Colonización del hongo en las raíces de pasto Tanner

Los porcentajes de colonización por el hongo *T. asperellum* en las raíces de pasto Tanner, evaluados entre tratamientos después del cuarto corte a los 140 días, mostraron diferencias altamente significativas ($p < 0,001$), según el análisis de varianza (ANOVA) con un coeficiente de variabilidad de 11,07 (Figura 7).

De acuerdo con la prueba de Duncan al 5% de probabilidad (Figura 8), el tratamiento T3- *T. asperellum* 3,6x10⁷esp/mL con la aplicación de 4 kg ha⁻¹ alcanzó el mayor porcentaje de colonización con 92,30 %, seguido por el tratamiento T2- *T. asperellum* 1,8x10⁷esp/mL con el empleo de 2 kg ha⁻¹ con una colonización de 33,32 % y finalmente el tratamiento T1- CONTROL con 3,87 % de colonización.

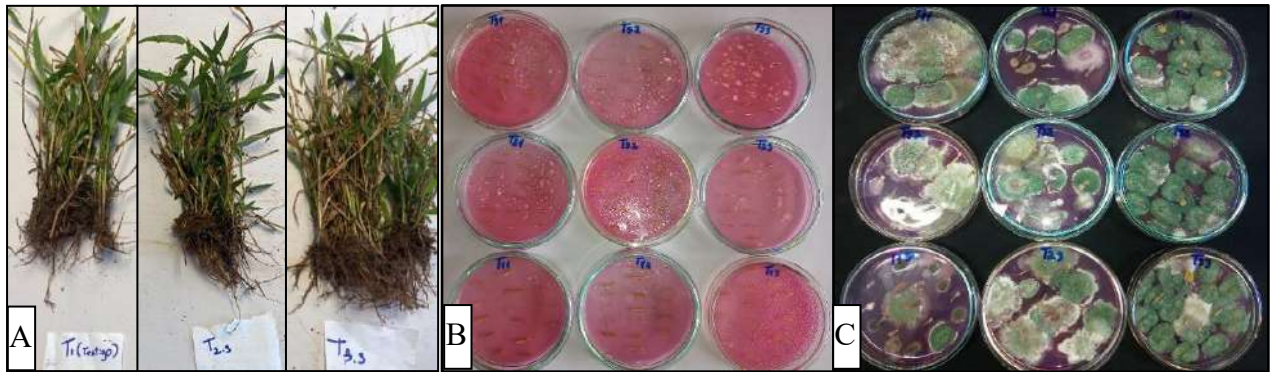


Figura 7. Asociación endofítica del hongo *T. asperellum* en pasto Tanner (*U. arrecta*), 140 días post-inoculación. **A)** Crecimiento y desarrollo de raíces del pasto. **B)** Fragmentos de raíces colocados en capsula de Petri con medio de cultivo PDA. **C)** Formación y crecimiento de colonias fúngicas en el medio medio de cultivo a los 7 días de incubación.

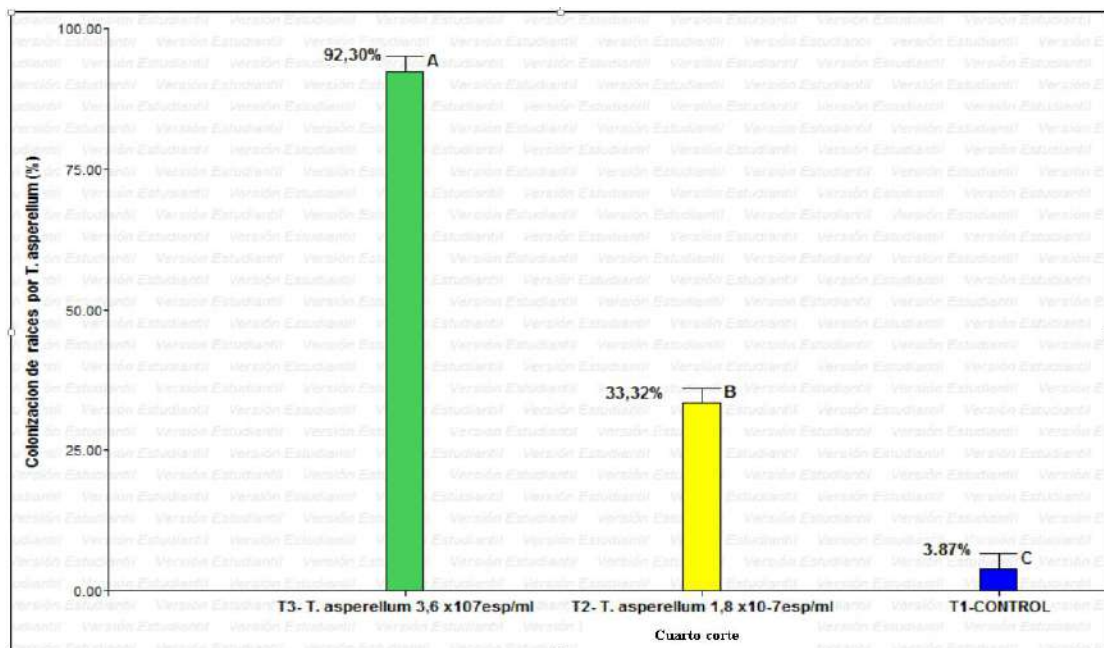


Figura 8. Porcentaje de colonización de raíces de pasto Tanner (*U. arrecta*) a los 140 días post-aplicación de *T. asperellum*. Promedios con letras diferente indican diferencias estadísticamente significativas según la prueba de Duncan ($P \leq 0,05$).

Investigaciones previas, como la de Castellanos, (2006) señalan que la inoculación con *T. asperellum* potencia el crecimiento radicular, incrementando la formación de raíces

secundarias y laterales, mejorando el anclaje y facilitando una mayor absorción de nutrientes. Además, este hongo promueve la producción de pelos radicales, enzimas y fitohormonas que favorecen el crecimiento integral de la planta. También contribuye al equilibrio microbiológico del suelo al inhibir microorganismos patógenos, mejorando así la interacción entre raíces y microorganismos benéficos.

Conclusiones

La aplicación del hongo *T. asperellum* en una dosis de 4 kg ha⁻¹ en concentración 3,6x10⁷esp/mL en el pasto Tanner (*U. arrecta*) en esta investigación, promovió un crecimiento significativo, evidenciado por mayores valores en altura de la planta y rendimiento de materia verde en comparación con el tratamiento testigo.

Se observó un aumento significativo en la calidad bromatológica del pasto Tanner (*U. arrecta*) con la aplicación de *T. asperellum*, con una disminución de la fibra cruda y un incremento de los porcentajes de grasa cruda y proteína, lo que sugiere una mejora en la digestibilidad y el valor nutritivo del forraje.

La colonización endofítica del hongo en raíces fue significativa y proporcional a la dosis aplicada, alcanzando hasta un 92 % en el tratamiento con mayor concentración, lo que propicia un crecimiento radicular más vigoroso, mejor absorción de nutrientes y una mayor tolerancia del cultivo.

Estos hallazgos sugieren que la aplicación del hongo *T.asperellum* no solo facilita el establecimiento del pasto Tanner (*Urochloa arrecta*) en la zona estudiada, sino que también representa una alternativa como bioestimulante para pasturas tropicales, promoviendo una producción agrícola más eficiente y responsable con el medio ambiente.

Referencias

Acurio, R. y España, C. (2017). Aislamiento, caracterización y evaluación de *Trichoderma* spp. como promotor de crecimiento vegetal en pasturas de raygrass (*Lolium perenne*) y trébol blanco (*Trifolium repens*). <https://www.redalyc.org/journal/4760/476051824005/>

Álvarez, C. y Cruz, W. (2017). Manejo de pastizales en sistemas de producción ganaderos de Nueva Guinea, Costa Caribe Sur de Nicaragua *Revista Ciencia e Interculturalidad*. Año 10, Volumen 20, No. 1, enero-junio 2017. <http://dx.doi.org/10.5377/rci.v20i1.4858>

Andrade P. Rivera M. Landero N. Silva H. Martínez S. y Romero O. (2023). Beneficios ecológicos y biológicos del hongo cosmopolita *Trichoderma* spp. en la agricultura: una

perspectiva en el campo mexicano. Revista Argentina de Microbiología 55(4), 366-377. <https://doi.org/10.1016/j.ram.2023.06.005>

Castellanos, P. (2006). Efecto de la aplicación de *Trichoderma harzianum* en el rendimiento de los cultivos de maíz y sorgo para ensilaje en Zamorano. Tesis. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano-Honduras. 30p.

Cerdas, R. y Vallejos, E. (2013). Productividad del pasto Brachiaria (*B. arrecta* x *B. mutica*) con varias dosis de nitrógeno y frecuencias de corte en Guanacaste, Costa Rica. *InterSedes*, 14(27), 19-42. <https://archivo.revistas.ucr.ac.cr/index.php/intersedes/article/view/10406/9766>

Costa, S. Cardoso, A. Castro, G. Júnior, Dias D. Silva, T. y Silva, G. (2022). Co-Inoculation of *Trichoderma asperellum* with *Bacillus subtilis* to Promote Growth and Nutrient Absorption in Marandu Grass. Applied and Environmental Soil Science. Volumen 2022 Número 3228594 pag. 13 <https://doi.org/10.1155/2022/3228594>

Galeano, M. F. (2008). Efecto de *Trichoderma harzianum* rifai (cepa t-22) sobre cultivos hortícolas. Koppert Biological Systems. Finca Labradorcico del Medio.

Harman, G. Howell, C. Viterbo, A. Chet, I. Lorito, M. (2004). *Trichoderma* species opportunistic, avirulent plant symbionts. Nat Rev Microbiol 2(1), 43–56 <https://doi.org/10.1038/nrmicro797>

Harman, G. (2011). *Trichoderma* not just for biocontrol anymore. *Phytoparasitica* 39, 103–108. <https://doi.org/10.1007/s12600-011-0151-y>

InfoStat 2020. Grupo InfoStat versión (2020). Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. <https://www.infostat.com.ar/>

Kandula, W. Stewart, A. McDermid, J. Gale, D. y Swaminathan, J. (2008). Bio-inoculant formulations for enhanced seedling emergence and pasture growth. *NZGA: Research and Practice Series*, 14, 147-148. <https://doi.org/10.33584/rps.14.2008.3173>

Kandula, D. Jones, E. Stewart, A. McLean, K. y Hampton, J. (2015). *Trichoderma* species for biocontrol of soil-borne plant pathogens of pasture species, Biocontrol Science and Technology. 25:9, 1052-1069. <https://doi.org/10.1080/09583157.2015.1028892>

Martínez, B. Infante, D. Reyes, Y. (2013). *Trichoderma* spp. y su función en el control de plagas en los cultivos. Revista de Protección Vegetal. 28(1):1-11. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1010-27522013000100001

Nascente, A. Filippi, M. Lanna, A. Souza, A. Silva, V. Silva, G. (2017). Biomass, gas exchange, and nutrient contents in upland rice plants affected by application forms of microorganism growth promoters. Environ Sci Pollut Res Int. 24(3):2956-2965. <https://link.springer.com/article/10.1007/s11356-016-8013-2>

Perozo, A. González, B. y Ortega, J. (2009). Efecto de la presión de pastoreo y la suplementación estratégica sobre la composición de la materia seca del pasto Tanner

(*Brachiaria arrecta*) antes y después del pastoreo. Rev. Fac. Agron. v.26 n.1 Caracas. https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-78182009000100003

Pineda, J. (2021). Sobrepastoreo. <https://encolombia.com/economia/agroindustria/agronomia/sobrepastoreo/>

Prasad, R. Poorna, K. Desai, S. Greeshma, K. Vijaykumar, S. (2022). Development, Production, and Storage of *Trichoderma* Formulations for Agricultural Applications. Fungal Biology. Springer, Cham. pp 371–385 https://doi.org/10.1007/978-3-030-91650-3_14

Sánchez, M. Moreno, L. y Páramo, L. (2021). Identificación morfológica y molecular de especies autóctonas *Trichoderma* spp. aisladas de suelos de importancia agrícola. Revista de Ciencia y Tecnología: El Higo Vol. 11. No. 01, pp. 26-42 <https://doi.org/10.5377/elhigo.v11i1.11715>

Singh, G. Tiwari, A. Gupta, A. Kumar, A. Hrisprasad, P. Sharma, S. (2021). Bioformulation development via valorizing silica-rich spent mushroom substrate with *Trichoderma asperellum* for plant nutrient and disease management. J. of Envir. Manag. 297:113278. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.113278>

Urbano, D. y Castro, F. (2008). Producción de pastos y forrajes, base de la alimentación sustentable para los bovinos. Conferencia N° 06 Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA-Mérida). <https://es.scribd.com/document/163549560/Pastos-en-Venezuela>.

Washington State University Extension, U. S. Department of Agriculture, and Washington counties (2020). Manejo de Pasturas y Problemas de Pastoreo. <https://extension.wsu.edu/animalag/content/manejo-de-pasturas-y-problemas-de-pastoreo/>

Youssef, S. Tartoura, K. Abdelraouf, G. (2016). Evaluation of *Trichoderma harzianum* and *Serratia proteamaculans* effect on diseasesuppression, stimulation of ROS-scavengingenzymes and improving tomato growth infected by *Rhizoctonia solani*. Biological Control. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biocontrol.2016.06.001>

Conflicto de interés

Los autores de este manuscrito declaran no tener ningún conflicto de interés.

Declaración ética

Los autores declaran que el proceso de investigación que dio lugar al presente manuscrito se desarrolló siguiendo criterios éticos, por lo que fueron empleadas en forma racional y profesional las herramientas tecnológicas asociadas a la generación del conocimiento.

Copyright

La Revista Latinoamericana de Difusión Científica declara que reconoce los derechos de los autores de los trabajos originales que en ella se publican; dichos trabajos son propiedad intelectual de sus autores. Los autores preservan sus derechos de autoría y comparten sin propósitos comerciales, según la licencia adoptada por la revista.

Licencia CreativeCommons

Esta obra está bajo una Licencia CreativeCommons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional

