

EVALUACIÓN DEL CRECIMIENTO DEL MAÍZ (*ZEA MAYS L.*) MEDIANTE LA APLICACIÓN DE MICORRIZAS Y ÁCIDOS HÚMICOS EN CONDICIONES AMAZÓNICAS

EVALUATION OF MAIZE (*ZEA MAYS L.*) GROWTH THROUGH THE APPLICATION OF MICORRHIZAE AND HUMIC ACIDS UNDER AMAZONIAN

Keylly Chávez¹, Ana Zumba², Ronny Rodriguez³, Sergio Orozco⁴, Patricia Lobaco⁵ Rodrigo Salazar⁶

{keylly.chavez@esPOCH.edu.ec¹, ana.zumba@esPOCH.edu.ec², ronny-rodriguez1234@hotmail.com³, sergio.orozco@esPOCH.edu.ec⁴,
lpatry82@gmail.com⁵, rodrigo.salazar@esPOCH.edu.ec⁶}

Fecha de recepción: 23/03/2026 / Fecha de aceptación: 30/03/2026 / Fecha de publicación: 31/03/2026

RESUMEN: El cultivo de maíz (*Zea mays L.*) en la Amazonía norte ecuatoriana presenta importantes limitaciones asociadas a condiciones edáficas desfavorables, como la presencia de baja materia orgánica, acidez alta y una limitada disponibilidad de nutrientes, lo que limita su productividad y sostenibilidad; dentro de este contexto, surge la necesidad de evaluar alternativas agroecológicas que contribuyan a mejorar el desarrollo vegetal. El presente estudio tuvo como objetivo determinar el efecto de la aplicación de micorrizas arbusculares y ácidos húmicos, de forma individual y combinada, sobre el crecimiento del maíz en condiciones tropicales húmedas. Para ello, se implementó un experimento bajo un diseño de bloques completamente al azar con cuatro tratamientos (testigo, micorrizas, ácidos húmicos y su combinación) y tres repeticiones, en un área de 120 m² ubicada en la provincia de Orellana, Ecuador, durante el periodo comprendido entre octubre de 2025 y enero de 2026; los bioinsumos se aplicaron en la fase fenológica V5 del cultivo variedad "Emblema", evaluándose variables como la altura de planta y el diámetro del tallo a los 30 y 45 días después de la siembra. Dentro de los resultados se identificó que el tratamiento que alcanzó uno de los valores más altos en torno al crecimiento tanto en altura (224,2cm) como en diámetro (2,96mm) fue el tratamiento combinado en referencia al testigo que alcanzo 161,2cm de altura

¹Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH) Sede Orellana, Ecuador, <https://orcid.org/0000-0003-0780-6704>; +593998603125

²Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH) Sede Orellana, Ecuador, <https://orcid.org/0009-0005-0312-9533>; +593987639800

³Independiente, Ecuador, <https://orcid.org/0009-0008-7740-080X>; +593989576463

⁴Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH) Sede Orellana, Ecuador, <https://orcid.org/0009-0000-7921-1705>; +593 98 314 6875

⁵Independiente, Ecuador, <https://orcid.org/0009-0001-9835-5189>; +593983159994

⁶Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH) Sede Orellana, Ecuador, <https://orcid.org/0000-0001-6194-1638>; +593999444777

y 2,51mm de diámetro, sin embargo, los tratamientos individuales no presentaron alta variabilidad y mantuvieron respuestas intermedias según datos obtenidos a los 45 días. La aplicación de micorrizas arbusculares en conjunto con los ácidos húmicos favorece el crecimiento y desarrollo del maíz en suelos que presentan una fertilidad baja demostrando una sinergia entre ambos tratamientos lo cual constituye una alternativa sostenible dentro del área de la agricultura minimizando el uso de fertilizantes químicos en sistemas de producción.

Palabras clave: Ácidos húmicos, crecimiento vegetal, micorrizas, Zea Mays

ABSTRACT: Corn (*Zea mays* L.) cultivation in the northern Ecuadorian Amazon faces significant constraints associated with unfavorable soil conditions, such as low organic matter content, high acidity, and limited nutrient availability, which limit its productivity and sustainability; in this context, there is a need to evaluate agroecological alternatives that contribute to improving plant growth. The objective of this study was to determine the effect of applying arbuscular mycorrhizae and humic acids, individually and in combination, on maize growth under humid tropical conditions. To this end, an experiment was conducted using a completely randomized block design with four treatments (control, mycorrhizae, humic acids, and their combination) and three replicates, on a 120 m² plot located in the province of Orellana, Ecuador, during the period from October 2025 to January 2026; The bio-inputs were applied during the V5 phenological stage of the “Emblema” variety crop, evaluating variables such as plant height and stem diameter 30 and 45 days after sowing. The results showed that the treatment that achieved one of the highest values for growth in both height (224.2 cm) and diameter (2.96 mm) was the combined treatment, compared to the control, which reached 161.2 cm in height and 2.51 mm in diameter; however, the individual treatments did not show high variability and maintained intermediate responses according to data obtained at 45 days. The application of arbuscular mycorrhizae in conjunction with humic acids promotes the growth and development of corn in low-fertility soils, demonstrating a synergy between the two treatments, which constitutes a sustainable alternative in agriculture by minimizing the use of chemical fertilizers in production systems.

Keywords: Humic acids, plant growth, mycorrhizae, Zea mays

INTRODUCCIÓN

El cultivo de maíz (*Zea mays* L.) constituye uno de los sistemas agrícolas más relevantes a nivel mundial debido a su versatilidad en la alimentación humana, la nutrición animal y su contribución a diversas cadenas agroindustriales, además de su papel en la generación de empleo y dinamización de economías rurales (1). Su origen se remonta a Mesoamérica y regiones andinas, desde donde se expandió a lo largo del continente americano; en Ecuador, su presencia data de más de 6000 años, integrándose a sistemas productivos tradicionales y adquiriendo un valor cultural y alimentario significativo. En la actualidad, el maíz se cultiva en aproximadamente 67 000 ha en el país, principalmente en la Sierra y la Amazonía, donde variedades como el choclo y el maíz harinoso sustentan la seguridad alimentaria y los medios de vida de comunidades rurales.

Sin embargo, pese a su importancia, la productividad del cultivo en la región amazónica ecuatoriana se encuentra limitada por factores edáficos y ambientales que condicionan su desarrollo. Entre estos destacan el bajo contenido de materia orgánica, la elevada acidez del suelo, la escasa disponibilidad de nutrientes esenciales y la reducida actividad microbiana, características propias de suelos altamente meteorizados y lixiviados (2,3,4). Estas condiciones se ven agravadas por prácticas agrícolas inadecuadas, la deforestación y el uso intensivo del suelo, lo que contribuye a la degradación progresiva de sus propiedades físicas, químicas y biológicas (3,5,6).

En la provincia de Orellana, ubicada en la Amazonía norte del Ecuador, se han desarrollado sistemas agrícolas asociados a costumbres o sistemas tradicionales manejados como chacras diversificadas y sistemas agroforestales en asociación con cultivos como yuca y plátano particularmente en comunidades indígenas que han ido adaptando los cultivos como el maíz a las condiciones climáticas de bosque tropical húmedo, esta forma de cultivar productos en la zona han permitido que se mantenga el equilibrio del ecosistema y las limitaciones del entorno no sea una limitante al momento del establecimiento de los cultivos, no obstante es notorio el aumento en la demanda de consumo de alimentos y por ende la implementación de prácticas más intensivas en torno a la producción han sido requeridas sin embargo, esto ha generado presión en los recursos edáficos de la zona lo cual ha demostrado que es necesaria la implementación de estrategias más sostenibles que permitan mejorar la calidad y fertilidad del suelo y por ende la mejora en la producción de los cultivos volviéndose una prioridad dentro del uso eficiente de los recursos naturales en la región (7).

Dentro de estas alternativas, el uso de bioinsumos ha cobrado relevancia como una estrategia agroecológica orientada a mejorar la nutrición vegetal y la calidad del suelo mediante el aprovechamiento de procesos biológicos naturales (8). Las micorrizas arbusculares, en particular, han sido ampliamente estudiadas por su capacidad de establecer asociaciones simbióticas con las raíces de las plantas, incrementando la superficie de absorción y facilitando la captación de nutrientes poco móviles, como el fósforo, además de mejorar la tolerancia a condiciones de estrés hídrico y nutricional (9,10,11). Por otro lado, los ácidos húmicos, que constituyen una fracción estable de la materia orgánica del suelo, desempeñan un papel fundamental en la mejora de la estructura del suelo, el aumento de la capacidad de intercambio catiónico y la estimulación de la actividad microbiológica, actuando además como bioestimulantes que promueven el crecimiento radicular y la absorción de nutrientes (12,13,14). Diversas investigaciones han evidenciado que la aplicación de estos compuestos puede influir positivamente en el desarrollo de los cultivos, especialmente en suelos degradados o de baja fertilidad.

Más aún, estudios recientes han señalado que la combinación de micorrizas arbusculares y sustancias húmicas puede generar efectos sinérgicos que potencian el crecimiento vegetal, la eficiencia en el uso de nutrientes y la actividad biológica del suelo (12,15,16). Este efecto combinado se debe a la interacción entre los mecanismos de acción de ambos bioinsumos, donde las micorrizas facilitan la absorción de nutrientes y los ácidos húmicos mejoran su disponibilidad y movilidad en el suelo, creando condiciones más favorables para el desarrollo vegetal. A pesar de estos avances, aún existe limitada información sobre el comportamiento de estas tecnologías

en condiciones específicas de la Amazonía ecuatoriana, particularmente en cultivos de importancia estratégica como el maíz, lo que evidencia la necesidad de generar estudios que permitan validar su efectividad en contextos locales.

Para la presente investigación se plantea el objetivo general del estudio fue evaluar el efecto de la aplicación de micorrizas y ácidos húmicos, de manera individual y combinada, sobre variables de crecimiento del maíz en condiciones de la Amazonía ecuatoriana y se consideraron como objetivos específicos: i) analizar el comportamiento de la altura de planta y el diámetro del tallo bajo diferentes tratamientos, ii) comparar la eficiencia de los bioinsumos aplicados de forma individual frente a su combinación, y iii) determinar su potencial como alternativa sostenible para el manejo de suelos de baja fertilidad, en consecuencia se estableció la conjetura de que el uso de micorrizas arbusculares en combinación con ácidos húmicos genera una mejora significativa en el desarrollo del maíz comparado con la utilización de cada uno de forma individual o sin aplicación de ninguno. A través de este estudio se pretende evidenciar de forma científica prácticas que contribuyan al desarrollo y mejora de los sistemas de producción agrícola volviéndolos más sostenibles y adaptados a las condiciones edáficas de la Amazonía norte ecuatoriana.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente estudio se desarrolló en la Finca Experimental “La Belleza”, ubicada en la parroquia La Belleza, cantón Orellana, en la Amazonía ecuatoriana, en las coordenadas 0°38'11.9" S y 77°02'08.2" W, durante el periodo comprendido entre octubre de 2025 y enero de 2026. El experimento se estableció en un área total de 120 m² (10 m × 12 m), bajo condiciones climáticas propias de un ecosistema tropical húmedo, caracterizado por una temperatura promedio de 25,8 °C y precipitaciones mensuales cercanas a 517,23 mm, de acuerdo con registros del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (4). Previo a la instalación del ensayo, se realizó la caracterización físico-química del suelo mediante un muestreo compuesto en zigzag a una profundidad de 0–20 cm, conformado por cuatro submuestras recolectadas aleatoriamente. El análisis se efectuó en el laboratorio del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), Estación Experimental Central de la Amazonía, determinándose un suelo de textura franco-arcillosa, con pH de 4,59 (muy ácido), contenido medio de materia orgánica (3,59 %) y niveles bajos de fósforo, calcio, magnesio y azufre, lo que evidencia condiciones de fertilidad limitante para el desarrollo de cultivos, concordantes con lo reportado para suelos amazónicos (17,3).

Para el diseño experimental se empleó bloques completamente al azar (DBCA), con cuatro tratamientos y tres repeticiones para cada uno obteniendo en total 12 unidades experimentales con 50 plantas cada una con una distancia de siembra de 0,20m entre cada planta y 0,80m entre un surco y otro. Los tratamientos evaluados fueron asignados dentro de cada bloque de manera aleatoria con el objetivo de minimizar el efecto de la variabilidad espacial del terreno y adicional garantizar la validez estadística de los resultados. Los tratamientos del presente estudio fueron nombrados de la siguiente manera:

T1 testigo sin aplicación

T2 micorrizas arbusculares

T3 ácidos húmicos

T4 combinación (micorrizas arbusculares ácidos húmicos)

Se realizó la aplicación de los bioinsumos a los 25 días posteriores a la siembra, es decir en la etapa fenológica de la planta a través de la aplicación de 3 L de solución por cada parcela, directo en el suelo. Para el tratamiento con micorrizas, se empleó el producto comercial ATLANTICELL POCHOMIX®, formulado con las especies *Rhizoglyphus irregularis*, *Funneliformis mosseae* y *Funneliformis caledonium*, reconocidas por su capacidad de mejorar la absorción de nutrientes y el crecimiento vegetal (9,10). En el caso de los ácidos húmicos, se utilizó el producto HUMIAGRO 22%®, con un contenido de 22 % de material húmico, el cual actúa como bioestimulante del desarrollo radicular y la actividad microbiana del suelo (12,13). Las soluciones se prepararon disolviendo 125 g de micorrizas o 125 mL de ácidos húmicos en 10 L de agua; para el tratamiento combinado, ambas soluciones se prepararon por separado y luego se mezclaron en proporción 1:1 antes de su aplicación.

El material vegetal utilizado fue provisto de semillas de la variedad de maíz “emblema”, adquiridas en un distribuidor autorizado de insumos agrícolas. Las semillas fueron previamente tratadas con el producto HelixAdva®, formulado en base a principios activos tales como el thiabendazole, fludioxonil, thiamethoxam y metalaxil-M, el cual tiene como objetivo prevenir el ataque de enfermedades y plagas en el inicio de la etapa inicial del cultivo. El manejo del cultivo fue homogéneo para todos los tratamientos, tales como fertilización y control fitosanitario, y se llevaron a cabo basados en las recomendaciones técnicas de la región, atendiendo a lo anterior se pretende que las diferencias observadas sean resultantes exclusivamente de los tratamientos evaluados; para el proceso de inoculación se realizó en una campana de flujo laminar garantizando condiciones de esterilidad, utilizando cultivos puros de micorrizas arbusculares previamente activados.

En la preparación de las soluciones, el inoculante micorrízico fue disuelto en agua destilada estéril a una concentración de 125 g en 10 L de agua, asegurando una homogenización constante mediante agitación manual durante 5 minutos. En el caso de los ácidos húmicos, se preparó una solución de 125 mL del producto comercial en 10 L de agua, siguiendo el mismo procedimiento de mezcla. Para el tratamiento combinado, ambas soluciones se prepararon por separado y posteriormente se mezclaron en proporción 1:1 antes de su aplicación, para la inoculación se realizó una aplicación tipo drench directamente al suelo en la base de cada planta, empleando un volumen de 3 L por parcela en la etapa fenológica V5 del cultivo, lo que permitió una adecuada infiltración y contacto con la zona radicular.

Para la medición de las variables morfológicas, se utilizó un vernier digital marca Mitutoyo®, modelo CD-6” CSX, con una precisión de $\pm 0,01$ mm, calibrado previamente a cada jornada de medición. Las muestras de suelo recolectadas para el análisis físico-químico fueron almacenadas en bolsas plásticas herméticas, etiquetadas y mantenidas a temperatura ambiente controlada

durante todo el proceso ($\approx 25\text{ }^{\circ}\text{C}$) en condiciones de sombra, evitando la exposición directa a la luz solar y la humedad excesiva, hasta su envío al laboratorio para su respectivo análisis.

Las variables morfológicas evaluadas fueron altura de planta (cm) en dos momentos 30 y 45 días pos-siembra, que equivalen a 10 y 25 días pos-tratamiento, respectivamente, y diámetro del tallo (mm) en el mismo día y que fueron evaluadas con una cinta métrica. En cada unidad experimental se seleccionaron cuatro plantas al azar, promediando los valores obtenidos por réplica para obtener un valor representativo por parcela. La altura de planta fue obtenida desde la base hasta el ápice por medio de cinta métrica, en tanto que el diámetro se obtuvo con un Vernier digital a los 2 cm sobre el cuello de la planta, todo esto conforme a metodologías existentes (1).

El análisis estadístico de los datos se realizó a través de un análisis de varianza de ANOVA, luego de comprobar los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianza usando las pruebas de Shapiro-Wilk y Levene respectivamente. En caso de existir diferencias significativas entre tratamientos, se aplicó la prueba de comparación múltiple de Tukey HSD para $\alpha = 0,05$. Los análisis se realizaron por los softwares InfoStat e IBM SPSS Statistics versión 26, los cuales son utilizados comúnmente en el medio de la investigación agronómica para validar resultados experimentales. Finalmente, los resultados fueron graficados a través de diagramas de cajas y gráficos de barras con error estándar, los cuales facilitan la visualización de la variabilidad de los datos y diferencias puntuales entre tratamientos.

RESULTADOS

Los resultados obtenidos evidencian un efecto diferencial de los tratamientos evaluados sobre las variables morfológicas del cultivo de maíz (*Zea mays L.*), particularmente en la altura de planta y el diámetro del tallo, tanto a los 30 como a los 45 días después de la siembra (DDS); Tal como se observa en la Tabla 1 existe una tendencia consistente en la que el tratamiento combinado de micorrizas arbusculares y ácidos húmicos (T4) presentó los mayores valores en ambas variables, seguido por los tratamientos individuales (T2 y T3), mientras que el testigo (T1) registró los valores más bajos.

Tabla 1. Promedios de altura de planta y diámetro del tallo a los 30 y 45 días después de la siembra por tratamiento.

Días	Tratamiento	Altura de planta (cm)	Diámetro del tallo (mm)
30	Ácidos húmicos	105,9	2,46
30	Micorrizas	110,1	2,70
30	Micorrizas + ácidos húmicos	118,8	2,70

EVALUACIÓN DEL CRECIMIENTO DEL MAIZ (ZEA MAYS L.) MEDIANTE LA APLICACIÓN DE MICORRIZAS Y ÁCIDOS HÚMICOS EN CONDICIONES AMAZÓNICAS

30	Testigo	102,7	2,43
45	Ácidos húmicos	224,1	2,79
45	Micorrizas	218,0	2,95
45	Micorrizas + ácidos húmicos	224,2	2,96
45	Testigo	161,2	2,51

A los 30 DDS, los resultados mostraron diferencias iniciales entre tratamientos, aunque menos marcadas que en la evaluación posterior. Tal como se observa en la figura 1, el tratamiento T4 presentó una mayor altura promedio de planta en comparación con el resto, seguido por T2 (micorrizas) y T3 (ácidos húmicos), mientras que el testigo evidenció un crecimiento inferior. Este comportamiento sugiere que, incluso en etapas tempranas, la combinación de bioinsumos comienza a influir positivamente en el desarrollo vegetativo del cultivo. En cuanto al diámetro del tallo, se observó una tendencia similar, donde T4 mostró los valores más altos, aunque las diferencias entre tratamientos no fueron tan pronunciadas, lo que podría atribuirse a que el engrosamiento del tallo es un proceso que se acentúa en fases más avanzadas del crecimiento.

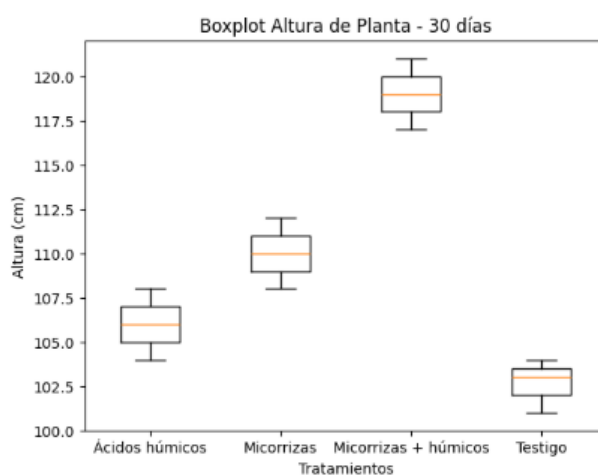


Figura 1. Diagrama de cajas de la altura de planta a los 30 DDS.

A los 45 DDS, las diferencias entre tratamientos también fueron más evidentes desde un punto de vista estadístico. Las plantas de T4 superaron en altura promedio a todos los demás tratamientos con un promedio de 224,2 cm, lo que representa un incremento de aproximadamente el 39% con respecto del testigo. Los tratamientos individuales T2 y T3 presentaron valores intermedios que no difirieron significativamente entre sí, lo que implica que

ambos fitorreguladores también otorgan beneficios al crecimiento, aunque en menor medida que al ser aplicados conjuntamente.

En cuanto al D t, el tratamiento combinado también tuvo el valor más alto de 2,96 mm, seguido de T2 y T3, mientras que el testigo presentó el menor valor en términos de esta variable. La mayor longitud permite una mejor estructuración de la planta, así como una mayor capacidad de transporte vertical en lo que respecta al agua y los nutrientes, lo que repercute positivamente en el rendimiento final.

El análisis de varianza (ANOVA) evidenció la existencia de diferencias significativas entre tratamientos para ambas variables evaluadas a los 45 días posterior a la siembra ($p < 0,05$), en tanto la prueba de Tukey HSD permitió agrupar los tratamientos en distintas categorías, esto evidencia que T4 se colocó en un grupo estadísticamente superior, mientras que el testigo se mantuvo en el grupo inferior, a la par los tratamientos T2 y T3 ocuparon posiciones intermedias, lo que defiende la hipótesis de un efecto sinérgico cuando ambos bio-insumos se aplican conjuntamente.

Estos resultados demuestran que la aplicación en conjunto de micorrizas arbusculares y ácidos húmicos aparte de mejorar el crecimiento del cultivo contribuyen en gran forma a la optimización y aprovechamiento de los recursos edáficos de la zona sobre todo cuando se identifican suelos con baja fertilización, cabe destacar que los mejores resultados se han observado al combinar los tratamientos y esto se explica debido a la interacción existente entre los mecanismos de acción de los dos bioinsumos permitiendo aprovechar la capacidad de los ácidos húmicos de mejorar la disponibilidad de nutrientes en el suelo y la capacidad de las micorrizas de incrementar la absorción de estos nutrientes.

Por tanto, los resultados obtenidos confirman que una estrategia efectiva y sostenible para el mejor desarrollo vegetativo del maíz en condiciones climáticas y edáficas de la zona norte amazónica del Ecuador es la combinación de micorrizas arbusculares y ácidos húmicos.

DISCUSIÓN

Una vez concluido el estudio se evidencia que la aplicación combinada de micorrizas arbusculares y ácidos húmicos en el proceso fenológico V5 del cultivo de maíz presenta un efecto significativo en su desarrollo, esto concuerda con la información reportada en estudios previos que mencionan que existe un efecto complementario entre los dos bioinsumos al observar un aumento en la altura y diámetro del tallo de las plantas evaluadas.

Los resultados obtenidos en el T4 (combinado) se explica por la interacción simbiótica que se produce entre los dos bioinsumos, teniendo que los ácidos húmicos mejoran la disponibilidad de nutrientes en el suelo y la movilidad de los mismos y las micorrizas aumentan la capacidad de absorción por parte de las raíces lo cual favorece el desarrollo de las plantas lo cual corresponde también con los resultados planteados por Thomason et al (15), quienes manifiestan que el uso de biofertilizantes en conjunto con sustancias húmicas favorecen la actividad microbiana del suelo y mejoran el sistema suelo-planta

Las micorrizas arbusculares desempeñan un papel clave en la mejora de la nutrición vegetal, especialmente en suelos con baja disponibilidad de fósforo, como los evaluados en este estudio. Su capacidad para extender la red de absorción radicular permite una mayor captación de nutrientes y agua, lo que se traduce en un mejor crecimiento de la planta (9,10). Este efecto ha sido ampliamente documentado, señalándose que las micorrizas pueden incrementar significativamente la biomasa vegetal y la eficiencia en el uso de nutrientes en cultivos de importancia agrícola.

Del mismo modo los ácidos húmicos favorecen las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo por lo que se asume que estos participan directamente como bioestimulantes lo cual facilita y promueve el desarrollo microbiano y por ende el desarrollo radicular (12, 13), esto concuerda con los resultados intermedios obtenidos en el tratamiento T3 y con estudios realizados por Olivares et al. (12) que recalca que los ácidos húmicos influyen directamente en los procesos fisiológicos de las plantas con principal énfasis en el metabolismo y en procesos referentes a la elongación celular lo cual complementa los resultados obtenidos.

Las características del sitio en donde se realizó la investigación se caracterizan por presentar suelos con alta acidez y una baja disponibilidad de nutrientes para las plantas lo cual facilita la compensación de limitaciones naturales a través del uso de bioinsumos, mismos que se vuelven una alternativa sostenible que contribuyen a la conservación del suelo y a la creación de sistemas productivos más sostenibles evitando la utilización de fertilizantes químicos (8,4).

Cabe destacar que estos resultados corresponden al análisis en etapa temprana del desarrollo fenológico del cultivo más, sin embargo, se recomienda evaluar el efecto en torno a desarrollo y producción en etapas posteriores y de esta forma tener evidencia clara del impacto a nivel productivo.

CONCLUSIONES

La aplicación de micorrizas arbusculares y ácidos húmicos en la zona de la Amazonía norte ecuatoriana influyen directamente en el crecimiento vegetativo del cultivo del maíz (*Zea mays L.*) viendo los mejores resultados en torno a altura y diámetro del tallo al combinar ambos bioinsumos superando a los tratamientos individuales y con un mayor grado de significancia al tratamiento testigo, lo cual evidencia un trabajo sinérgico por el aumento de la disponibilidad de nutrientes en el suelo inducida por los ácidos húmicos y la mejora en la absorción de nutrientes que promueven las micorrizas, por consiguiente generando condiciones adecuadas para el desarrollo de los cultivos en suelos propensos a la acidez y baja fertilidad.

El uso de bioinsumos en la actualidad buscando la producción agrícola sostenible se vuelve una alternativa predominante sobre todo en suelos con limitantes para el desarrollo adecuado de los cultivos como la alta acidez y baja disponibilidad de nutrientes características comunes en suelos de la Amazonía, además se vuelven una práctica que mejora el desarrollo y rendimiento de los sistemas agrícolas, favorece la actividad de la microbiota edáfica y minimiza la aplicación de insumos químicos como los fertilizantes en la producción.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Collins SP, Storrow A, Liu D, Jenkins CA, Miller KF, Kampe C, et al. Evaluation of fertilization programs on the agronomic behavior of corn hybrids (*Zea mays* L.). *Conocimiento Global*. 2021;9(3):167–186.
2. Alemán Pérez RD, Ortiz Tenemaza RV, Domínguez Brito J, Bravo Medina CA, Alba Roja JL, Rodríguez Guerra Y, et al. Desarrollo productivo de dos variedades locales de maíz (*Zea mays* L.) con la aplicación de fertilizante mineral y orgánico en la Amazonía ecuatoriana. *Cienc Tecnol*. 2020;13(1):9–16.
3. Tigrero-Zapata GJ, Vásconez-Montúfar GH, Ferrer-Sánchez Y, Cedeño-Moreira AV, Nieto-Cañarte CA, Abasolo-Pacheco F. Identificación del potencial agrícola de suelos en la Amazonía ecuatoriana. *Terra Latinoam*. 2022;40:1–16.
4. Sánchez PA. *Properties and management of soils in the tropics*. 2nd ed. Cambridge: Cambridge University Press; 2019.
5. Huera-Lucero T, Lopez-Piñeiro A, Bravo-Medina C. Soil quality indicators for different land uses in the Ecuadorian Amazon rainforest. *Forests*. 2025;16(8):1–19.
6. Lehmann J, Kleber M. The contentious nature of soil organic matter. *Nature*. 2015;528:60–68.
7. Altieri MA. *Agroecology: the science of sustainable agriculture*. 2nd ed. Boulder: Westview Press; 2018.
8. Karunarathna SC, et al. Mycorrhizal fungi in sustainable agriculture and land restoration. *Agronomy*. 2024;14(4):743.
9. Macías Hernández D, Vargas Guillén PI, Villota Chóez MR, Castro Cabeza D. Efecto de las micorrizas en fertilización complementaria en el cultivo de maíz (*Zea mays*). *Sathiri*. 2023;18(2):145–157.
10. Kumar A, Sharma S, Mishra S, et al. Arbuscular mycorrhizal fungi: key to sustainable plant productivity and stress management. *Front Plant Sci*. 2022;13:1045612.
11. Zhang L, Feng G, Declerck S. Signal beyond nutrient, fructose as a key mediator of plant–mycorrhizal–microbiome interactions. *New Phytol*. 2021;229(3):1381–1386.
12. Olivares FL, Busato JG, de Paula AM, da Silva Lima L, Aguiar NO, Canellas LP. Plant growth promoting bacteria and humic substances: crop promotion and mechanisms of action. *Chem Biol Technol Agric*. 2017;4:1–12.
13. Nardi S, Schiavon M, Francioso O. Chemical structure and biological activity of humic substances define their role as plant growth promoters. *Front Plant Sci*. 2021;12:660034.
14. Nardi S, Schiavon M, Francioso O. Chemical structure and biological activity of humic substances define their role as plant growth promoters. *Front Plant Sci*. 2021;12:660034.
15. Thomason WE, Evanylo GK, Zhang X, Strickland MS, Chim BK, Diatta AA, et al. The synergistic effects of humic substances and biofertilizers on plant development and microbial activity: a review. *Int J Plant Soil Sci*. 2020;32(7).
16. Canellas LP, Olivares FL, Aguiar NO, et al. Humic and fulvic acids as biostimulants in horticulture. *J Soil Sci Plant Nutr*. 2023;23:—.
17. INAMHI. Predicción climática (Internet). 2025 (citado 2025 Nov 10). Disponible en: <https://servicios.inamhi.gob.ec/clima/>
18. FAO. *Status of the world's soil resources*. Rome: FAO; 2015.

19. Lal R. Soil organic matter and water retention. *Soil Tillage Res.* 2020;195:104299.
20. Bouain N, Krouk G, Lacombe B, Rouached H. Getting to the root of plant mineral nutrition: combinatorial nutrient stresses reveal emergent properties. *Annu Rev Plant Biol.* 2020;71:1–28.