



ÁCIDOS HÚMICOS Y FÚLVICOS EN MAÍZ: RENDIMIENTO E IMPLICACIONES PARA LA SOBERANÍA ALIMENTARIA

HUMIC AND FULVIC ACIDS IN MAIZE: YIELD AND IMPLICATIONS FOR FOOD SOVEREIGNTY

Luis Tarquino Llerena-Ramos^{1*}

E-mail: llerenaramos@uteq.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8927-7417>

Juan José Reyes-Pérez¹

E-mail: jreyes@uteq.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5372-2523>

Paulina Zaret Palacios Sánchez¹

E-mail: paulina.palacios2016@uteq.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-9374-2189>

Bryan Lincoln Llerena Fuentes¹

E-mail: bllerenaf@uteq.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-2144-5101>

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

*Autor para correspondencia

Cita sugerida (APA, séptima edición)

Llerena-Ramos, L. T., Reyes-Pérez, J. J., Palacios Sánchez, P. Z., & Llerena Fuentes, B. L. (2026). Ácidos húmicos y fúlvicos en maíz: rendimiento e implicaciones para la soberanía alimentaria. *Universidad y Sociedad*, 18(5). e6372.

RESUMEN:

El cultivo de maíz tiene elevada importancia económica, alimentaria y cultural, al constituir una fuente esencial para la alimentación humana, la producción pecuaria y diversas cadenas agroindustriales. No obstante, la producción en Ecuador ha sido insuficiente para cubrir la demanda interna. Por ello, esta investigación tuvo como objetivo evaluar el efecto de productos a base de ácidos húmicos y fúlvicos, combinados con fertilización edáfica, sobre el rendimiento y la rentabilidad del maíz, y discutir sus implicaciones potenciales para la soberanía alimentaria. Se estableció el híbrido simple de maíz amarillo Esplendor en condiciones de campo abierto en Quevedo, Los Ríos, Ecuador. El tratamiento testigo recibió únicamente fertilización edáfica; en los demás tratamientos esta se combinó individualmente con Humitek® y Robusterra HA-1® a 3 kg ha⁻¹, y con Humi Rossi 20® a 3 L ha⁻¹. Los productos se aplicaron al suelo a los 17 días después de la siembra. Humitek® produjo valores superiores al testigo en altura de planta, longitud de mazorca, peso de grano y rendimiento, con incrementos entre 14.4 y 17.7%, mientras que el diámetro de mazorca no presentó diferencias significativas. Además, alcanzó un rendimiento de 8600 kg ha⁻¹ y una rentabilidad de 46.4%. Estos resultados sugieren que el uso complementario de sustancias húmicas puede mejorar el desempeño productivo y económico del maíz y, potencialmente, contribuir a la capacidad productiva de los agricultores vinculada con la soberanía alimentaria.

Palabras clave: Maíz, Rendimiento, Rentabilidad, Sustancias húmicas, Soberanía alimentaria.

ABSTRACT:

Maize cultivation is of major economic, nutritional, and cultural importance, as it supports human nutrition, livestock production, and diverse agro-industrial chains. However, maize production in Ecuador has been insufficient to meet domestic demand. Therefore, this study aimed to evaluate the effect of humic- and fulvic-acid-based products, combined with soil fertilization, on maize yield and economic profitability, and to discuss their potential implications for food sovereignty. The Esplendor single-cross yellow maize hybrid was grown under open-field conditions in Quevedo, Los Ríos, Ecuador. The control treatment received only soil fertilization, whereas the other treatments combined soil fertilization individually with Humitek® and Robusterra HA-1® at 3 kg ha⁻¹ and Humi Rossi 20® at 3 L ha⁻¹. The products were applied to the soil 17 days after sowing. Humitek® produced higher values than the control for plant height, ear length, grain weight, and yield, with increases ranging from 14.4 to 17.7%, whereas ear diameter did not differ significantly among treatments. Humitek® also achieved a yield of 8600 kg ha⁻¹ and an economic profitability of 46.4%. These findings suggest that the complementary use of humic substances can improve the productive and economic performance of



INTRODUCCIÓN

El maíz (*Zea mays* L.) es una de las gramíneas más ampliamente cultivadas a nivel mundial debido a su importancia económica, alimentaria y cultural; constituye una fuente esencial para la alimentación humana, y para la producción pecuaria, además de las múltiples industrias derivadas, en donde se obtiene almidón, glucosa, aceites, biopolímeros y bioetanol, entre otros productos (Takács et al., 2025).

Según el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca, en Ecuador el maíz amarillo duro ocupa el tercer lugar de importancia por extensión superado únicamente por el cultivo de cacao y de arroz, con una superficie plantada cercana a 300 mil hectáreas, la producción nacional se estima en 1.5 millones de toneladas, además de rendimientos promedios de 5 toneladas por hectárea (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de Ecuador, 2025). Esta producción se concentra en la región costera, sin embargo, ha sido insuficiente para cubrir la demanda interna de grano, ello ha llevado a buscar alternativas sostenibles que incrementen el rendimiento y la estabilidad del cultivo, y que contribuyan a reducir la dependencia de importaciones (Abu-Ria et al., 2024; Ibarra-Velásquez et al., 2023).

La fertilización desempeña un papel fundamental para alcanzar una alta producción, especialmente en las gramíneas por su elevada y continua demanda de nutrientes, cubierta principalmente mediante fertilizantes minerales (Singh et al., 2026). Sin embargo, su aplicación intensiva o inadecuada puede generar efectos económicos y ambientales adversos, incluidos procesos de degradación del suelo y salinización (Hoque et al., 2022). Ante este escenario, las sustancias húmicas constituyen una alternativa complementaria de manejo. Estos componentes complejos de la materia orgánica del suelo se clasifican, según su solubilidad ácido-base, en ácidos húmicos, ácidos fúlvicos y huminas; poseen capacidad para interactuar con nutrientes, mejorar propiedades edáficas y estimular el crecimiento radicular (Dębska & Banach-Szott, 2025). Su incorporación a los programas de fertilización puede favorecer la disponibilidad de nutrientes, la respuesta de las plantas al estrés y el rendimiento de los cultivos, aunque estos efectos dependen de la fuente, dosis y condiciones de manejo (Sun et al., 2026).

Por consiguiente, este trabajo tiene como objetivo evaluar el efecto de productos a base de ácidos húmicos y fúlvicos, combinados con fertilización edáfica, sobre el rendimiento y la rentabilidad económica del maíz, y discutir sus implicaciones potenciales para la soberanía alimentaria.

MATERIALES Y MÉTODOS

Sitio de estudio

La investigación se realizó en la finca “Lucianita” del cantón Quevedo, Los Ríos, Ecuador, ubicada en el km 4.4 de la vía San Carlos - San Vicente de Pambilar, en las coordenadas geográficas 1°07'17" S, 79°23'57" W, a una altitud de 91 msnm. El cultivo se establece a campo abierto en suelo, que tiene la característica de ser franco limoso, con un pH ligeramente ácido (Tabla 1).

Tabla 1. Características edafoclimáticas del sitio experimental.

Textura del suelo	Franco limoso
Clima	Tropical húmedo
Helofanía	894 horas año-1
Humedad relativa	84 %
pH	5.7
Precipitación media anual	2252.5 mm
Temperatura media anual	24.8 °C
Topografía	Regular sin pendiente

Fuente: Estación meteorológica Pichilingue, serie 2011 – 2020.

Material vegetal



Se utilizaron plantas de maíz amarillo **híbrido simple Esplendor**, de la empresa Agripac S.A. Se caracteriza por su tipo de grano cristalino, y por desarrollar hojas semi-erectas que permiten manejar altas densidades de siembra.

Tratamientos

Se evaluaron cuatro tratamientos. En todos se aplicó fertilización edáfica; tres de ellos se combinaron con productos a base de ácidos húmicos y fúlvicos: Humitek® (Agrotek®) a 3 kg ha⁻¹, Humi Rossi 20® (Agrofarm®) a 3 L ha⁻¹ y Robusterra HA-1® (Agripac®) a 3 kg ha⁻¹. El tratamiento testigo recibió únicamente fertilización edáfica. Se realizaron tres fertilizaciones edáficas: la primera al momento de la siembra con 250 kg ha⁻¹ de YaraMila Rafos® (12% N - 24% P₂O₅ - 12% K₂O - 2% MgO + 1% S + 0.04% B + 0.02% Zn); la segunda a los 17 días después de la siembra (DDS), con 150 kg ha⁻¹ de Nitropac® S (40 N - 5.7 S); y la tercera a los 36 DDS, con 200 kg ha⁻¹ de Nitropac® S (40 N - 5.7 S). Los productos húmicos se aplicaron al suelo, de acuerdo con las recomendaciones de la etiqueta, durante la segunda fertilización edáfica. Además, se realizaron dos aplicaciones de Bayfolan Aktivator® (Bayer CropScience) a 1 L ha⁻¹, a los 23 y 35 DDS.

Manejo del experimento

La siembra se realizó con un marco de plantación de 0.2 m entre plantas y 0.8 m entre hileras, a una densidad de 62500 plantas ha⁻¹. Inmediatamente después de la siembra se aplicó 3.0 L ha⁻¹ de Villano® 480 (Glifosato: 480 g L⁻¹), 500 cc ha⁻¹ de Sanzir® 720 (2,4-Dimethylamine: 720 g L⁻¹), 2 L ha⁻¹ de Gramilaq® 400 (Pendimethalin 400 g L⁻¹), 1 kg ha⁻¹ de Atralaq® 90 (Atrazina: 900 g kg⁻¹), y 200 cc ha⁻¹ de Dinastia® 100EC (Deltametrina: 100 g L⁻¹).

Cuando la planta alcanzó su madurez fisiológica y el grano fue apto para su comercialización se realizó la cosecha de mazorcas, es decir, a los 122 DDS.

Variables evaluadas

Se evaluó la altura de planta (cm) en 20 plantas por unidad experimental, mediante medición con un flexómetro marca Truper, desde el nivel del suelo hasta el ápice de la hoja más joven. La longitud de mazorca (cm) se determinó desde la base hasta el ápice, con un flexómetro marca Truper; el diámetro de mazorca (cm) se midió en el tercio medio con un calibrador vernier digital marca Steren; y el peso neto de los granos por mazorca, sin tusa (g), se registró con una balanza digital de precisión marca Truper, con capacidad de 3 kg. El rendimiento de cada parcela se expresó en kg ha⁻¹ y se calculó a partir del peso de los granos ajustado a 13% de contenido de humedad mediante la fórmula (F1):

$$Pu = Pa \times (100 - Ha) / (100 - Hd) \quad (F1)$$

Donde: Pu = peso uniformizado; Pa = peso actual; Ha = contenido de humedad actual (%); y Hd = contenido de humedad deseado (%).

Además, mediante la fórmula empleada por Pico (2017), se determinó la rentabilidad económica expresada en porcentaje (F2):

$$RT = (IN / CP) \times 100 \quad (F2)$$

Donde: RT = rentabilidad (%); IN = ingreso neto (\$ ha⁻¹); y CP = costo total de producción (\$ ha⁻¹).

Para el análisis económico se consideraron un costo fijo de \$1144 ha⁻¹, un precio de venta del grano de \$0.35 kg⁻¹, un costo de cosecha y transporte de \$0.10 kg⁻¹ y los precios unitarios registrados para cada producto. Los costos adicionales de cada tratamiento se incorporaron al costo total de producción.

Análisis estadístico

Los datos obtenidos se sometieron a un análisis de varianza (ANOVA) bajo un diseño de bloques completos al azar con cinco repeticiones, para un total de 20 unidades experimentales. Cuando se detectaron diferencias significativas, las medias se compararon mediante la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$). El procesamiento estadístico se realizó con InfoStat versión 2019.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para la altura de planta, el ANOVA muestra diferencias significativas entre tratamientos ($p \leq 0.05$), con un coeficiente de variación de 9.9%. Humitek® presenta el mayor valor, 14.4% superior al testigo, mientras que los demás tratamientos registran valores entre 187.26 y 206.12 cm (Figura 1).

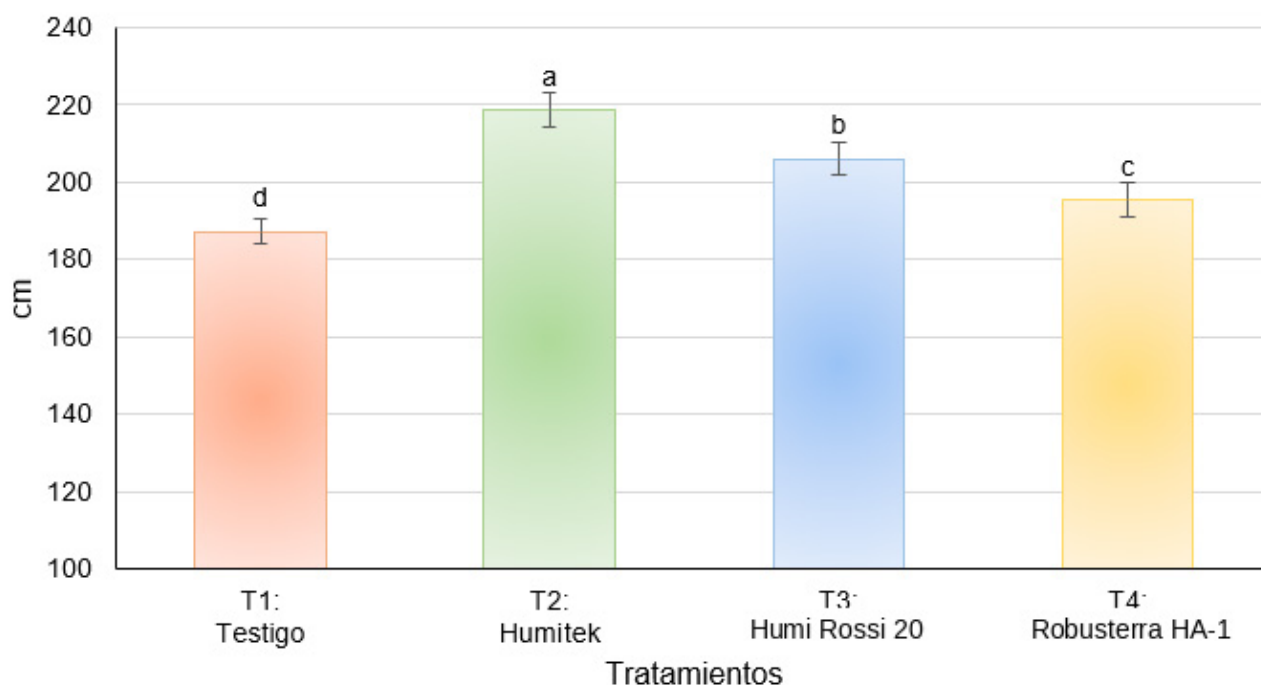


Fig 1. Altura de planta a la cosecha del maíz en respuesta a productos a base de ácidos húmicos y fúlvicos combinados con fertilización edáfica. Letras diferentes indican diferencias significativas según Tukey ($p \leq 0.05$).

La longitud de mazorca presenta diferencias significativas entre tratamientos ($p \leq 0.05$), con un coeficiente de variación de 5.4%. Humitek® produce mazorcas 15.5% más largas que el testigo, que alcanza 16.9 cm; Humi Rossi 20® y Robusterra HA-1® muestra una respuesta intermedia (Figura 2).

En el diámetro de mazorca no se detectan diferencias significativas entre tratamientos, con un coeficiente de variación de 7.8%. Los promedios oscilan entre 4.72 y 4.86 cm; este último valor corresponde al tratamiento con Humitek®.

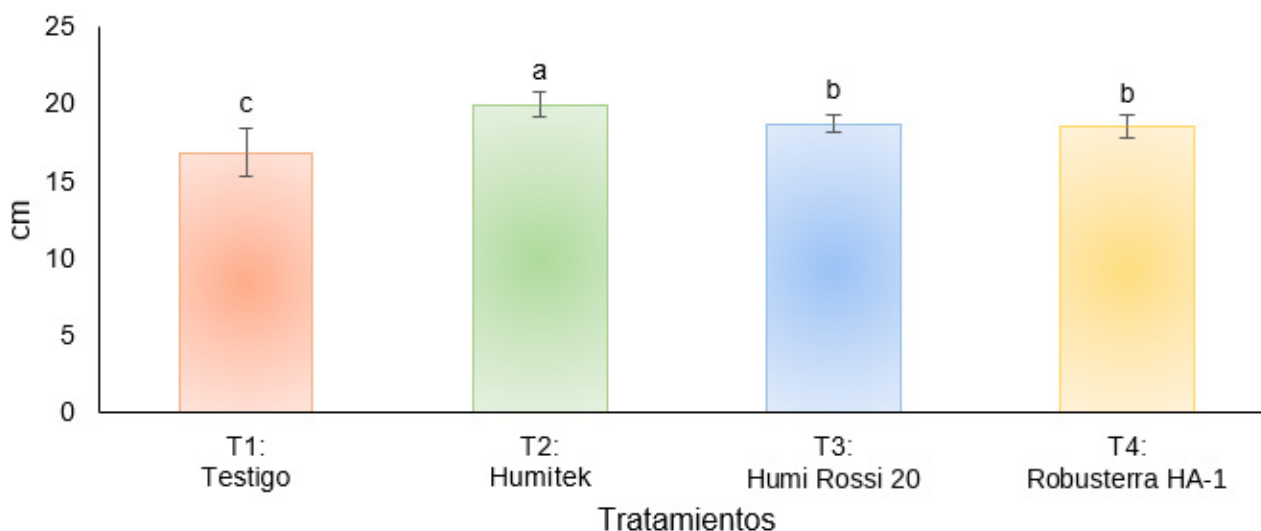


Fig 2. Longitud de mazorca del maíz en respuesta a productos a base de ácidos húmicos y fúlvicos combinados con fertilización edáfica. Letras diferentes indican diferencias significativas según Tukey ($p \leq 0.05$).

El peso de grano por mazorca, sin tusa, presenta diferencias significativas entre tratamientos, con un coeficiente de variación de 8.2%. Humitek® supera significativamente a los demás tratamientos y alcanza un valor 17.7% superior al testigo, que registra 138.6 g (Figura 3).

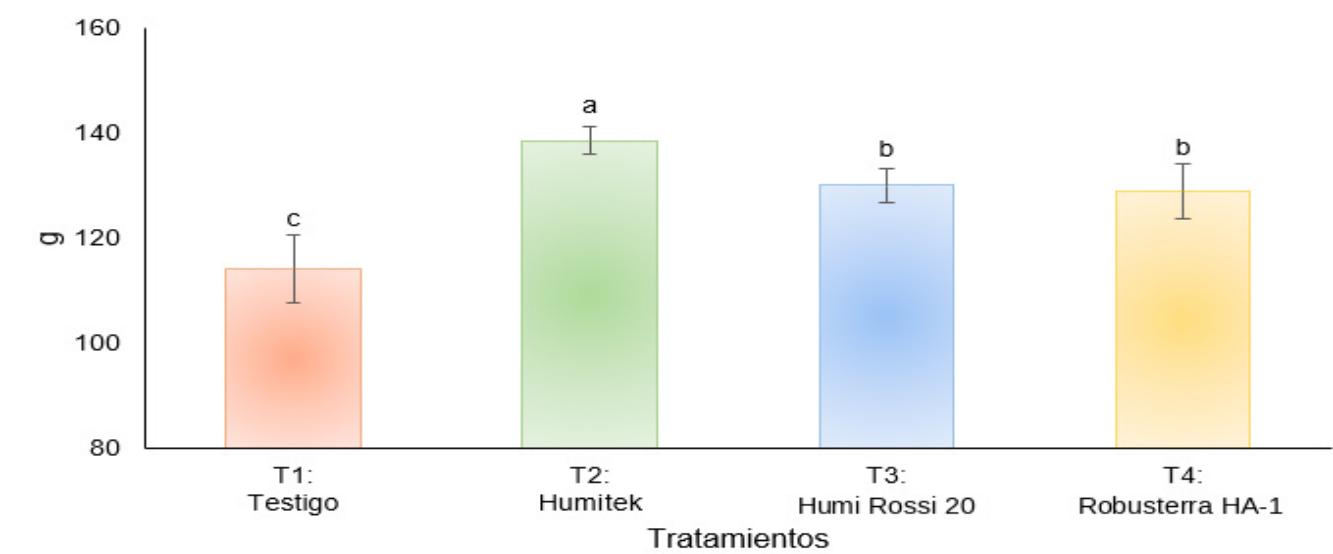


Fig 3. Peso de grano por mazorca, sin tusa, en respuesta a productos a base de ácidos húmicos y fúlvicos combinados con fertilización edáfica. Letras diferentes indican diferencias significativas según Tukey ($p \leq 0.05$).

El rendimiento presenta diferencias significativas entre tratamientos. Humitek® alcanza 8600 kg ha⁻¹, valor 17.1% superior al testigo; Humi Rossi 20® y Robusterra HA-1® muestran respuestas intermedias y estadísticamente similares entre sí (Figura 4).

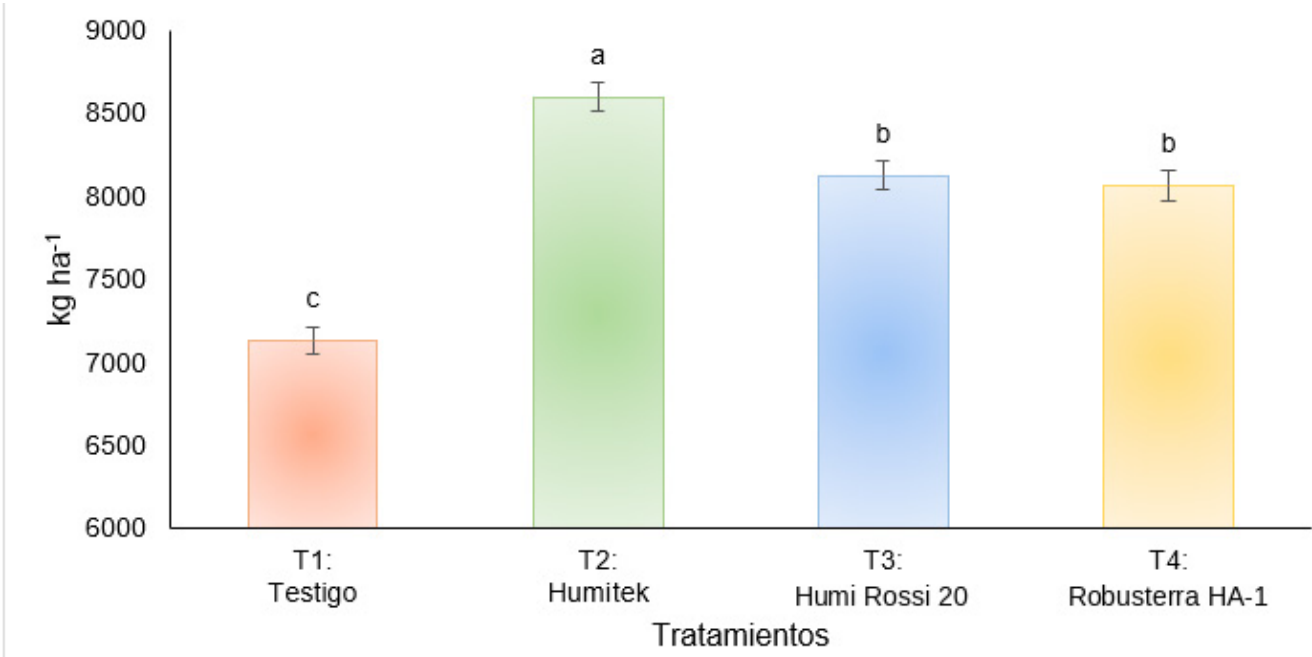


Fig 4. Rendimiento del maíz en respuesta a productos a base de ácidos húmicos y fúlvicos combinados con fertilización edáfica. Letras diferentes indican diferencias significativas según Tukey ($p \leq 0.05$).

Humitek® presenta la mayor rentabilidad económica (46.4%), asociado también con el mayor rendimiento. Humi Rossi 20® y Robusterra HA-1® alcanzan rentabilidades superiores al 40%, mientras que el testigo registra el valor más bajo (34.4%) (Tabla 2).

Tabla 2. Análisis económico del cultivo de maíz en respuesta a los tratamientos estudiados. Parámetros utilizados: costo fijo = \$1144 ha⁻¹; precio de venta = \$0.35 kg⁻¹; cosecha y transporte = \$0.10 kg⁻¹; Humitek® = \$9.2 kg⁻¹; Humi Rossi 20® = \$8.1 L⁻¹; y Robusterra HA-1® = \$11.4 kg⁻¹.

Tratamientos	Rendimiento (kg ha ⁻¹)	Ingreso bruto (\$)	Costo variable (\$)	Costo tratamiento (\$)	Costo total (\$)	Ingreso neto (\$)	Rentabilidad (%)
Testigo	7132.0	2496.2	713.2	0.0	1857.2	639.0	34.4
Humitek	8600.0	3010.0	860.0	51.6	2055.6	954.4	46.4
Humi Rossi 20	8128.2	2844.9	812.8	48.4	2005.2	839.6	41.9
Robusterra HA-1	8063.6	2822.3	806.4	58.2	2008.6	813.7	40.5

DISCUSIÓN

La aplicación de Humitek® muestra una respuesta favorable del maíz cuando se combina con la fertilización edáfica. Este comportamiento puede asociarse con los ácidos húmicos y fúlvicos presentes en el producto, sus propiedades bioestimulantes han sido relacionadas con una mayor actividad radicular y absorción de nutrientes (Bera et al., 2024; Da Silva et al., 2025; Hernández-Campos et al.,2014). La mayor altura observada con este tratamiento sugiere un mejor desempeño vegetativo, aunque esta variable debe interpretarse junto con los componentes de rendimiento y no como un indicador aislado de eficiencia nutricional (Zavarzina et al., 2021).

En relación con los componentes de rendimiento, Humitek® incrementa significativamente la longitud de mazorca. Esta respuesta puede vincularse con la capacidad de las sustancias húmicas para favorecer la disponibilidad y adquisición de nutrientes durante el desarrollo reproductivo (Chen et al., 2022). Asimismo, la naturaleza química de los compuestos derivados de leonardita puede favorecer procesos de intercambio catiónico y complejación de nutrientes, aunque la magnitud del efecto depende de la composición específica del producto y de las condiciones del suelo (Iftikhar et al., 2025).

En contraste, el diámetro de mazorca no presenta diferencias significativas entre tratamientos. La ausencia de respuesta en esta variable puede relacionarse con la dosis, la composición del producto, las condiciones edáficas y ambientales, o con una menor sensibilidad de este componente a la aplicación de sustancias húmicas. La literatura indica que la magnitud de la respuesta puede variar ampliamente según el tipo de estrés y las condiciones de cultivo (Abu-Ria et al., 2024; Pitann et al., 2024; Zhang et al., 2024).

El peso de grano por mazorca, sin tusa, también aumenta significativamente con Humitek®. Este resultado puede relacionarse con una mejor disponibilidad de nutrientes involucrados en el transporte de fotoasimilados y el llenado del grano. En particular, el potasio participa en el transporte de azúcares y en procesos fisiológicos vinculados con la formación del rendimiento (Garbanzo-León et al., 2021). No obstante, debido a que el producto comercial contiene distintos componentes, el efecto observado no puede atribuirse exclusivamente a un nutriente o fracción húmica específica.

Asimismo, el rendimiento aumenta significativamente con Humitek®, que alcanza 8600 kg ha⁻¹. Las sustancias húmicas pueden favorecer la disponibilidad de nutrientes, incluido el fósforo, mediante procesos de complejación y modificación de las interacciones nutriente-suelo. Sin embargo, el mecanismo específico no es evaluado en este estudio y debe interpretarse con cautela (Sun et al., 2026; Yang et al., 2023). El rendimiento obtenido es superior a los 8089 kg ha⁻¹ reportados por Leiby et al. (2025) al emplear una mezcla de ácidos húmicos y fúlvicos en maíz, lo que confirma que la magnitud de la respuesta puede depender del producto, la dosis, el genotipo y el ambiente.

En términos económicos, y en consideración a los precios empleados en el análisis, Humitek® presenta la mayor rentabilidad (46.4%) y un ingreso neto de \$954.4 ha⁻¹, frente a \$639.0 ha⁻¹ en el testigo. Esto representa un incremento

aproximado de 49.4% en el ingreso neto respecto al testigo. Aunque el costo total de producción es mayor con Humitek®, el incremento del rendimiento permite compensar ese costo adicional y generar una mayor rentabilidad. Por tanto, el resultado económico deriva del balance entre inversión adicional y respuesta productiva, y no de una reducción directa de los costos de producción.

Por otra parte, el empleo de sustancias húmicas puede adquirir relevancia social cuando las mejoras agronómicas se traducen en una mayor capacidad productiva y económica de los agricultores. La evidencia disponible indica que los ácidos húmicos pueden favorecer el desarrollo radicular, la absorción de nutrientes y la eficiencia de uso del nitrógeno. Un metaanálisis reporta incrementos promedio de 12% en rendimiento, 27% en eficiencia de uso del nitrógeno y 17% en absorción de nitrógeno, aunque la magnitud de la respuesta depende del suelo, el clima y el manejo de la fertilización (Ma et al., 2024).

Asimismo, estos efectos son relevantes en maíz por su elevada demanda de nutrientes. La combinación de ácido fúlvico con fertilizantes nitrogenados puede mejorar la disponibilidad de nutrientes y el metabolismo del carbono y del nitrógeno. Gao et al. (2022) observan incrementos del rendimiento y de la eficiencia de uso del nitrógeno cuando el ácido fúlvico se aplica conjuntamente con urea; de manera complementaria, Liang et al. (2024) demuestran que, bajo condiciones de bajo nitrógeno, el ácido fúlvico favorece el desarrollo radicular, la acumulación de biomasa y el metabolismo nitrogenado del maíz.

Desde una perspectiva social, una mayor eficiencia en el uso de nutrientes puede contribuir a disminuir la vulnerabilidad de los agricultores frente a la variación de los precios de los insumos. Sin embargo, el presente experimento no evalúa una reducción de las dosis de fertilizantes minerales; por tanto, no es posible afirmar que los productos estudiados disminuyan directamente su dependencia. Esta posibilidad requiere ensayos específicos con esquemas de reducción de fertilización, así como evaluaciones económicas bajo diferentes escenarios de precios y condiciones productivas.

Asimismo, la contribución potencial de estas sustancias a la soberanía alimentaria no debe reducirse exclusivamente al incremento del rendimiento. La soberanía alimentaria también se relaciona con la capacidad de los territorios y de los productores para sostener sus sistemas agrícolas, conservar sus recursos productivos y disminuir vulnerabilidades asociadas a la dependencia externa. Desde una perspectiva agroecológica, la conservación del suelo, el uso eficiente de los recursos y el protagonismo de los agricultores constituyen componentes relevantes para

avanzar hacia sistemas alimentarios más autónomos y resilientes (Altieri et al., 2012).

Además, el mantenimiento de la fertilidad edáfica constituye un componente estratégico de los sistemas agrícolas sostenibles. En este sentido, los ácidos húmicos y fúlvicos pueden integrarse en estrategias de manejo de la fertilidad orientadas tanto a sostener la producción como a conservar la capacidad productiva del suelo a mediano y largo plazo. No obstante, en este estudio no se evaluaron cambios posteriores en las propiedades químicas, físicas o biológicas del suelo, por lo que este posible beneficio no debe interpretarse como un resultado experimental demostrado.

De igual manera, investigaciones recientes en maíz aportan evidencia sobre la aplicación de ácido húmico, combinada con fertilización, puede mejorar la disponibilidad de N, P y K, la eficiencia del nitrógeno y determinados componentes del ambiente microbiano del suelo. Zhang et al. (2026), mediante experimentación de campo y metaanálisis, muestran que los efectos sobre el rendimiento dependen de la dosis y del método de aplicación, lo que refuerza la necesidad de formular recomendaciones específicas para cada territorio en lugar de asumir una respuesta universal.

No obstante, para que esta alternativa contribuya a estrategias de soberanía alimentaria, también debe considerarse el origen de las sustancias húmicas y su accesibilidad económica. Canellas et al. (2015) señalan que numerosos productos comerciales proceden de materiales como lignito y turba, por lo que el desarrollo de fuentes renovables y de bioinsumos derivados de materias orgánicas disponibles localmente puede ampliar sus beneficios ambientales y territoriales. Esta perspectiva abre oportunidades para la valorización de residuos y el desarrollo de cadenas productivas locales, aunque requiere evaluación tecnológica, económica y ambiental específica.

Finalmente, los resultados de este estudio, especialmente el aumento del rendimiento y de la rentabilidad económica, permiten plantear que los productos a base de ácidos húmicos y fúlvicos pueden constituir una herramienta complementaria para mejorar la capacidad productiva del maíz. Su relación con la soberanía alimentaria debe interpretarse como una implicación potencial derivada del mejor desempeño productivo y económico, y no como un efecto social medido directamente. La validación en diferentes ciclos y localidades, junto con evaluaciones de eficiencia de nutrientes, propiedades del suelo y condiciones socioeconómicas de los productores, permitirá establecer con mayor precisión el alcance de esta estrategia.

CONCLUSIONES

Bajo las condiciones del experimento, la combinación de fertilización edáfica con productos a base de ácidos húmicos y fúlvicos mejoró el desempeño del maíz amarillo. Humitek® produjo los mayores valores de altura de planta, longitud de mazorca, peso de grano y rendimiento, excepto en diámetro de mazorca, y alcanzó la mayor rentabilidad económica entre los tratamientos evaluados.

En términos sociales, el incremento del rendimiento y de la rentabilidad sugiere que el uso complementario de sustancias húmicas puede contribuir potencialmente a fortalecer la capacidad productiva y la resiliencia económica de los agricultores, elementos vinculados con la soberanía alimentaria.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abu-Ria, M. E., Elghareeb, E. M., Shukry, W. M., Abo-Hamed, S. A., & Ibraheem, F. (2024). Mitigation of drought stress in maize and sorghum by humic acid: differential growth and physiological responses. *BMC Plant Biology*, 24(1), 514. <https://doi.org/10.1186/s12870-024-05184-4>
- Altieri, M. A., Funes-Monzote, F. R., & Petersen, P. (2012). Agroecologically efficient agricultural systems for smallholder farmers: Contributions to food sovereignty. *Agronomy for Sustainable Development*, 32, 1–13. <https://doi.org/10.1007/s13593-011-0065-6>
- Bera, B., Bokado, K., Barkha, & Arambam, S. (2024). Effect of Humic Acid on Growth, Yield and Soil Properties in Rice: A Review. *International Journal of Plant & Soil Science*, 36(6), 26-35. <https://doi.org/10.9734/ijpss/2024/v36i64603>
- Canellas, L. P., Olivares, F. L., Aguiar, N. O., Jones, D. L., Nebbioso, A., Mazzei, P., & Piccolo, A. (2015). Humic and fulvic acids as biostimulants in horticulture. *Scientia Horticulturae*, 196, 15–27. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.09.013>
- Chen, Q., Qu, Z., Ma, G., Wang, W., Dai, J., Zhang M., Wei Z., & Liu, Z. (2022). Humic acid modulates growth, photosynthesis, hormone and osmolytes system of maize under drought conditions. *Agricultural Water Management*, 263, 107447. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2021.107447>
- Da Silva Dias, C., Souza de Freitas, D., Nicolau Romeiro, J., Oliveira de Melo, R., Pereira Oliveira, G., de Souza Oliveira, V., Broseghini Loss, J., de Oliveira Arantes, L., Altino Machado Filho, J., & Dousseau-Arantes, S. (2025). Biostimulant seed priming with humic acid followed by drying: A sustainable technique to enhance early growth of maize. *Australian Journal of Crop Science*, 19(12), 1158–1163. <https://doi.org/10.21475/ajcs.25.19.12.p61>
- Dębska, B., & Banach-Szott, M. (2025). Humic Acids Properties of Luvisol of 40-Year Fertilizer Experiment. *Agronomy*, 15(6), 1405. <https://doi.org/10.3390/agronomy15061405>
- Gao, F., Li, Z., Du, Y., Duan, J., Zhang, T., Wei, Z., Guo, L., Gong, W., Liu, Z., & Zhang, M. (2022). The combined application of urea and fulvic acid solution improved maize carbon and nitrogen metabolism. *Agronomy*, 12(6), 1400. <https://doi.org/10.3390/agronomy12061400>
- Garbanzo-León, G., Alvarado-Hernández, A., Vargas-Rojas, J. C., Cabalceta-Aguilar, G., & Vega-Villalobos, E. V. (2021). Nitrogen and potassium fertilization in corn in an Alfisol of Guanacaste, Costa Rica. *Agro-nomía Mesoamericana*, 32(1), 137-148. <https://doi.org/10.15517/am.v32i1.39822>
- Hernández-Campos, R., Robles, C., Calderín-García, A., Castañeda-Hidalgo, E., Muñiz-Becerá, S., & Perez-Alvares, S. (2024). Ácidos húmicos inducen crecimiento y protección contra el estrés hídrico en maíces nativos de México. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 11(1), e3947. <https://doi.org/10.19136/era.a11n1.3947>
- Hoque, M. N., Imran, S., Hannan, A., Paul, N. C., Mahmud, M. A., Chakroborty, J., Sarker, P., Irin, I. J., Brestic, M., & Rhaman, M. S. (2022). Organic Amendments for Mitigation of Salinity Stress in Plants: A Review. *Life*, 12(10), 1632. <https://doi.org/10.3390/life12101632>
- Ibarra-Velásquez, A. A., Ramírez-Flores, L. C., Molina-Villamar, J., & Zuñiga-Moreno, L. E. (2023). Análisis de la cadena agroalimentaria del maíz en Ecuador. *Polo del Conocimiento*, 8(1), 1862-1873. <https://polodelconocimiento.com/ojs/index.php/es/article/view/5170/12593>
- Iftikhar, F., Zulfiqar, A., Kamran, A., Saleem, A., Arshed, M. Z., Zulfiqar, U., Djalovic, I., Vara Prasad, P. V., & Soufan, W. (2025). Antioxidant Responses in Chromium-Stressed Maize as Influenced by Foliar and Root Applications of Fulvic Acid. *Scientific Reports*, 15, 1289 <https://doi.org/10.1038/s41598-024-84803-4>
- Leiby, H. R., Abotlasha, J. J., Shaker, D. A., Mahmoud, M. R., & Shachai, N. F. (2025). Effect of humic and fulvic acids on the yield and quality traits of maize (*Zea mays* L.) cultivars. *Research on Crops*, 26(1), 32-37. <https://doi.org/10.31830/2348-7542.2025.ROC-1175>
- Liang, Y., Wang, J., Wang, Z., Hu, D., Jiang, Y., Han, Y., & Wang, Y. (2024). Fulvic acid alleviates the stress of low nitrogen on maize by promoting root development and nitrogen metabolism. *Physiologia Plantarum*, 176(2), e14249. <https://doi.org/10.1111/ppl.14249>
- Ma, Y., Cheng, X., & Zhang, Y. (2024). The impact of humic acid fertilizers on crop yield and nitrogen use efficiency: A meta-analysis. *Agronomy*, 14(12), 2763. <https://doi.org/10.3390/agronomy14122763>

Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de Ecuador. (2025). Información Productiva Territorial. Sistema de Información Pública Agropecuaria. <https://sipa.agricultura.gob.ec/index.php/cifras-agroproductivas>

Pico Martínez, K. T. (2017). Fertilización foliar a base de algas marinas en el cultivo de pepino (*Cucumis sativus* L.) en época lluviosa en la zona de Quevedo [Tesis de Pregrado, Universidad Técnica Estatal de Quevedo].

Pitann, B., Khan, K., & Mühling, K. H. (2024). Does humic acid foliar application affect growth and nutrient status of water-stressed maize? *Plant-Environment Interactions (Hoboken, N.J.)*, 5(3), e10156. <https://doi.org/10.1002/pei3.10156>

Singh, G., Singh, B., Sharma, M., Saini, A., Rişvanlı, M. R., Boyno, G., Rezaee Danesh, Y., Porcel, R., & Mulet, J. M. (2026). Bio-Organic Fertilizers and Microbial Bio-stimulants in Maize-Cereal Cropping Systems. *Plants*, 15(14), 2120. <https://doi.org/10.3390/plants15142120>

Sun, Y., Chen, Q., Li, H., Wu, Y., Song, D., Dou, L., Hou, M., Song, S., Zheng, J., Zhang, Y., Zhang, M., Nie, T., Liu, X., & Wang, M. (2026). Effects of Organic Amendments Combined with Mineral Fertilizer on Soil Properties and Crop Yield in a Maize-Soybean Rotation System on Meadow Albic Soil. *Plants*, 15(9), 1412. <https://doi.org/10.3390/plants15091412>

Takács, G., Gergely, I., Ördög, V., Vörös, L., & Iváncsics, J. (2025). Approaches to studying wheat and maize drought stress responses. *Plant and Soil*, 516, 115-132. <https://doi.org/10.1007/s11104-025-07789-6>

Yang, W., Qu, Z., Feng, G., Yang, Y., & Song, R. (2023). Response of root growth and distribution of maize plants to foliar-sprayed antitranspirant and soil-amended hydrogel polymer. *Chilean Journal of Agricultural Research*, 83(1), 94-106. <https://doi.org/10.4067/S0718-58392023000100094>

Zavarzina, A. G., Danchenko, N. N., Demin, V. V., Artemyeva, Z. S., & Kogut, B. M. (2021). Humic Substances: Hypotheses and Reality (a Review). *Eurasian Soil Science* 54, 1826-1854. <https://doi.org/10.1134/S1064229321120164>

Zhang, J., Meng, Q., Yang, Z., Zhang, Q., Yan, M., Hou, X., & Zhang, X. (2024). Humic Acid Promotes the Growth of Switchgrass under Salt Stress by Improving Photosynthetic Function. *Agronomy*, 14(5), 1079. <https://doi.org/10.3390/agronomy14051079>

Zhang, Z., Wang, J., Zhang, K., You, L., Chen, Q., Wei, Z., Zhang, L., Ye, K., Zhao, X., Zhang, M., & Liu, Z. (2026). Integrating field experiments and meta-analysis to decipher the mechanisms underlying the yield-enhancing effect of humic acid on maize. *Field Crops Research*, 346, 110618. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2026.110618>

CONFLICTO DE INTERESES:

Los autores declaran no tener conflictos de intereses.

Contribución de los autores

Autor	Roles
Luis T. Llerena-Ramos	Contribuciones: Redacción-Revisión, Conceptualización y Metodología, Supervisión, Validación y Visualización
Juan José Reyes-Pérez	Contribuciones: Escritura – borrador original, Adquisición de financiación Validación y Análisis Formal
Paulina Zaret Palacios Sánchez	Contribuciones: Curación de datos, Software, Metodología, Redacción – Revisión
Bryan Lincoln Llerena Fuentes	Contribuciones: Conceptualización y Metodología, Análisis Formal, Redacción – Revisión.

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

