

DOI: <https://doi.org/10.56124/allpa.v6i12.0060>

Respuesta a la fertilización química y orgánica de la variedad de maíz Tusilla en las condiciones de la Amazonía Ecuatoriana

Response to chemical and organic fertilization of the Tusilla corn variety under the conditions of the Ecuadorian Amazon

Alba-Rojas Jorge Luis ¹; Alemán-Pérez Reinaldo ²; Galeano-Montero Ken ³

¹ Universidad Estatal Amazónica. Puyo, Ecuador. Correo: jalba@uea.edu.ec.

ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0007-8028-0012>.

² Universidad Estatal Amazónica. Puyo, Ecuador. Correo: raleman@uea.edu.ec.

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-3829-7933>.

³ Universidad Estatal Amazónica. Puyo, Ecuador. Correo: ka.galeanom@uea.edu.ec.

ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0008-0277-8699>.

Resumen

El cultivo de maíz en la región amazónica de Ecuador es de gran importancia para la seguridad alimentaria y el desarrollo sostenible, especialmente cuando se considera la variedad criolla Tusilla, adaptada específicamente a estas condiciones ambientales. El estudio se enfocó en investigar la respuesta de la variedad de maíz criollo ante la aplicación de abono mineral y orgánico. Se realizaron evaluaciones morfológicas y fisiológicas en intervalos de 15, 45 y 75 días después de la germinación, utilizando 5 plantas seleccionadas al azar por parcela. Los resultados obtenidos mostraron que, a pesar de las variaciones observadas en el crecimiento vegetativo y el desarrollo foliar bajo distintos regímenes de fertilización, como se manifestó en la altura de las plantas y el área foliar, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas en cuanto a los rendimientos económicos y agrícolas.

Palabras clave: maíz, fertilización, rendimiento, área foliar, tasa de asimilación neta.

Abstract

The cultivation of corn in the Amazon region of Ecuador is of great importance for food security and sustainable development, especially when considering the Tusilla Creole variety, specifically adapted to these environmental conditions. The study focused on investigating the response of the native corn variety to the application of mineral and organic fertilizers. Morphological and physiological evaluations were carried out at intervals of 15, 45 and 75 days after germination, using 5 randomly selected plants per plot. The results obtained showed that, despite the variations observed in vegetative growth and leaf development under different fertilization regimes, as manifested in plant height and leaf area, no statistically significant differences were found regarding the economic and agricultural returns.

Keywords: corn, fertilization, yield, leaf area, net assimilation rate.

1. Introducción

La agricultura desempeña un papel crucial en la economía global, proporcionando los alimentos necesarios para sostener la creciente población mundial (Urquilla, 2023). Sin embargo, el aumento de la demanda de productos agrícolas conlleva el desafío de aumentar la productividad de los cultivos de manera sostenible. En este contexto, la fertilización juega un papel fundamental en la mejora de la productividad agrícola; además plantea desafíos relacionados con el impacto ambiental y la sostenibilidad de las prácticas agrícolas (Ahmed et al., 2020).

La Amazonía Ecuatoriana, una región de biodiversidad excepcional y condiciones climáticas únicas (García et al., 2023), presenta un escenario particularmente interesante para la investigación agrícola. Esta región, caracterizada por su rica biodiversidad y suelos fértiles, es también vulnerable a las prácticas agrícolas no sostenibles que pueden amenazar su integridad ecológica y la sostenibilidad a largo plazo de sus sistemas agrícolas, tales como es el caso del cultivo del maíz.

El maíz (*Zea mays* L.) es uno de los cultivos más importantes a nivel mundial, desempeña un papel significativo en la seguridad alimentaria y en la economía de muchas comunidades y Ecuador no está exento de eso (Lastra et al., 2021). La variedad de maíz Tusilla, un cultivar criollo adaptado a las condiciones específicas de la Amazonía Ecuatoriana (Paredes et al., 2023), representa un recurso genético valioso por su potencial para contribuir a la seguridad alimentaria y al desarrollo de prácticas agrícolas sostenibles en la región. Sin embargo, la productividad de esta variedad, como la de muchos cultivos tradicionales, puede verse limitada por prácticas de manejo inadecuadas, incluida la fertilización.

La fertilización química, ampliamente utilizada para mejorar los rendimientos agrícolas, puede tener efectos negativos a largo plazo en la salud del suelo, la biodiversidad y el medio ambiente en general. Por otro lado, la fertilización orgánica, considerada una práctica más sostenible, puede mejorar la estructura del suelo y aumentar la biodiversidad, aunque a menudo se percibe como menos eficiente en términos de

aumento inmediato de la productividad (Beltrán y Bernal, 2022).

Dado este contexto, el presente estudio se centró en evaluar la respuesta de la variedad de maíz Tusilla a diferentes estrategias de fertilización, tanto química como orgánica, bajo las condiciones ambientales específicas de la Amazonía Ecuatoriana. A través de este enfoque, se busca no solo aumentar el conocimiento científico sobre las prácticas de manejo más adecuadas para esta variedad de maíz, sino también contribuir a la sostenibilidad de la agricultura en la región y a equilibrar las necesidades de productividad con la conservación del medio ambiente y el uso sostenible de los recursos naturales.

Este estudio, al explorar la interacción entre la variedad de maíz Tusilla y diferentes regímenes de fertilización, aspira a arrojar luz sobre cómo las prácticas agrícolas pueden ser optimizadas para maximizar la producción de manera sostenible, con respeto al mismo tiempo la singularidad y la fragilidad del ecosistema amazónico. Al hacerlo, contribuye a un cuerpo de conocimiento que es crítico para el desarrollo de sistemas agrícolas resilientes y sostenibles, esenciales para

enfrentar los desafíos de la seguridad alimentaria y el cambio climático.

2. Metodología (materiales y métodos)

La investigación se estableció en el Centro Experimental de Investigación y Producción Amazónico (CEIPA) que se encuentra localizado en la Región Amazónica Ecuatoriana, en la Provincia de Napo, en el Cantón Carlos Julio Arosemena Tola. El trabajo consistió en el estudio de la respuesta de la variedad de maíz criollo (Tusilla) a la aplicación de abono mineral y orgánico. Se utilizaron tres tratamientos: T1 fertilización mineral, T2 fertilización orgánica y T3 testigo absoluto sin fertilizante.

Se implementó un diseño de bloques completos al azar con tres tratamientos y tres réplicas con un marco de siembra de 0,30 x 0,80 m (41667 plantas/ha), Cada tratamiento se ubicó en parcelas de 6 m x 4 m para un área de 24 m².

Se procedió a calcular el plan de fertilización a partir de las exigencias del cultivo, la disponibilidad de nutrientes en el suelo y la composición de los fertilizantes mineral y orgánico a utilizar. En función de estos resultados se empleó: 0,24 kg/m² de fosfato di amónico - FDA, (18 - 46 - 0) y 0,24 kg/m²

de urea (46 – 0 – 0) de forma fraccionada en cuatro aplicaciones, una de fondo del surco antes de la siembra y las demás (a los 15, 30 y 45 días después de la germinación (DDG)), siendo 0,48 kg/m², de FDA y urea, para los 24 m² de una parcela la dosis es de 11,52 Kg: para las seis parcelas se aplicó 69,12 kg.

Conocida la composición del compost se realizó su aplicación 20 días antes de la siembra, 13,44 kg/parcela de 24 m², equivalente a 5 600 kg/ha para complementar las deficiencias de nitrógeno y de la misma forma para el fósforo añadiéndose 4,68 g de P₂O₅ en 24 m², mezclándolo con el suelo.

Se realizaron evaluaciones morfológicas y fisiológicas a los 15, 45 y 75 días posterior a la germinación en 5 plantas por parcela, seleccionadas al azar y que estuvieran en competencia intraespecífica perfecta.

Las evaluaciones realizadas fueron las siguientes:

- Altura de la planta en cm. Se midió desde el suelo hasta la última lígula visible.
- Área foliar (m²) por el método dimensional de largo y ancho de hojas, según metodología de

Vázquez & Torres (2007). Para lo cual se tomaron 3 hojas por planta (baja, media y superior), se midió el largo y el ancho y se promediaron los valores.

- Índice de área foliar. Es la relación que existe entre el área foliar de una planta y el área vital de la planta, se calculó por la fórmula.

$$IAF = \frac{AF}{AV}$$

Donde:

IAF – Índice de área foliar

AF – Área foliar

AV – Área vital

- La materia seca en vaina, hojas, tallos y raíces se evaluó a los 15, 45 y 75 días después de la germinación para lo que se seleccionaron dos plantas al azar en competencia intraespecífica perfecta de cada tratamiento y réplica.
- Rendimiento económico: Se determinó en el momento de la cosecha con la evaluación de la materia seca de granos por planta.
- La tasa de asimilación neta (g m² día), que representa la cantidad de materia seca producida por unidad de área foliar en la unidad de tiempo (Vázquez & Torres; García et al.

2018), se calculó mediante la siguiente fórmula:

$$TAN = \frac{2(P2 - P1)}{(A2 + A1)(T2 - T1)}$$

Donde:

P1 = peso seco inicial por planta (primera evaluación)

P2 = peso seco final por planta (segunda evaluación)

A1= área foliar inicial por planta

A2= área foliar final por planta

t2 - t1= intervalo de tiempo transcurrido entre la evaluación inicial y la final.

- Potencial Fotosintético. Expresa la superficie foliar media de la planta a lo largo del ciclo vegetativo, se calculó por la fórmula.

$$PF = \sum [(Af + Ai/2)] \times t$$

Dónde:

PF: potencial fotosintético.

Af: área final.

Ai: área inicial.

T: tiempo

Se determinó el rendimiento agrícola (kg ha⁻¹).

Los datos obtenidos en las evaluaciones de las variables fueron sistematizados en una base de datos de Excel y procesadas con el paquete estadístico SPSS, versión 22 (2016). Se ejecutó un análisis de varianza para la comparación de diferencias estadísticas entre las medias, se utilizó la prueba de rango múltiple de Tukey al 5%.

3. Resultados y discusión

La fertilización orgánica muestra un efecto positivo más significativo en la altura de la planta de maíz Tusilla en comparación con la fertilización química y el no uso de fertilizante, especialmente a medida que las plantas crecen. La significancia estadística a los 45 y 75 DDG respalda la eficacia de la fertilización orgánica en promover un mayor crecimiento en la variedad de maíz estudiada bajo las condiciones de la Amazonía Ecuatoriana (Tabla 1). Estos resultados sugieren que la fertilización orgánica podría ser una estrategia efectiva para mejorar el crecimiento y potencialmente la productividad de la variedad de maíz Tusilla en ambientes similares. Todo indica, de acuerdo a Bravo et al., (2017), que la baja fertilidad de estos suelos amazónicos y la

exigencia y adaptación de las variedades criollas como la Tusilla a estas condiciones, hace posible que a los 45 días de haber germinado las plantas

comiencen a hacer uso de la materia orgánica aplicada y ello provoca una mayor elongación del tallo de la planta.

Tabla 1. Efecto de la fertilización química y orgánica sobre la altura de la planta

Tratamientos	Altura de la planta (cm)		
	15 DDG	45 DDG	75 DDG
Sin fertilizante	9,15 a	78,77 b	147,71 b
Fertilización química	9,40 a	89,33 b	166,60 b
Fertilización orgánica	10,05 a	112,93 a	193,82 a
Valor F	1,30	23,80	16,67
Nivel de significancia	0,279	0,000**	0,000**

Tukey $p \geq 0,05$. Letras diferentes indican que existen diferencias significativas entre tratamientos para cada variable

La fertilización orgánica se destaca como el tratamiento más efectivo para aumentar el área foliar de las plantas de maíz Tusilla a los 75 DDG, lo cual es indicativo de un crecimiento vegetativo más robusto bajo este régimen de fertilización. Aunque en las etapas tempranas del desarrollo (15 y 45 DDG) no se observaron diferencias significativas entre los tratamientos, a medida que las plantas maduran, la fertilización orgánica muestra un beneficio claro sobre el desarrollo foliar, lo que podría implicar ventajas en términos de fotosíntesis y potencial productivo. Resultado similar se obtuvo al calcular el índice de área foliar, lo cual

está en correspondencia con el incremento del área foliar que alcanzan las plantas favorecidas por el abono orgánico. Estos resultados, según Bravo et al. (2017), se vieron influenciados, además por las características de estos suelos los que presentaron una baja fertilidad, pH ácido, presencia de aluminio intercambiable, baja disponibilidad de nutrientes en especial fósforo (P) disponible y de base intercambiables (K^+ ; Ca^{2+} y Mg^{2+}).

Tabla 2. Efecto de la fertilización química y orgánica sobre el área foliar de las plantas

Tratamientos	Área foliar (m ²)		
	15 DDG	45 DDG	75 DDG
Sin fertilizante	0,021 a	0,52 a	1,93 b
Fertilización química	0,021 a	0,63 a	2,31 b
Fertilización orgánica	0,023 a	0,47 a	2,91 a
Valor F	0,57	2,30	10,97
Nivel de significancia	0,56	0,106	0,000

Tukey $p \geq 0,05$. Letras diferentes indican que existen diferencias significativas entre tratamientos para cada variable

Los mayores valores de tasa de asimilación neta (TAN) que representa los gramos de materia seca producida por metro cuadrado de área foliar en un día de actividad fisiológica de la planta, se obtuvieron en la fertilización orgánica con valores de 3,80 g/cm²/día y diferencia estadística para los valores obtenidos con la fertilización química y la no fertilización, donde se alcanzó una TAN inferior en relación con la fertilización orgánica (Tabla 3.). Estos resultados se explican porque las plantas

que son fertilizadas orgánicamente se ven estimuladas en relación a las funciones fisiológicas y esto hace que produzcan mayor cantidad de materia seca y también porque las plantas en su competencia por luz solar y condiciones de área vital activan su mecanismo de fotosíntesis y actividad metabólica que les hace producir mayor cantidad de materia seca por unidad de área foliar. Resultados similares lo reporta Cabrera, (2020) al estudiar el maíz duro en altas densidades de población.

Tabla 3. Variable fisiológica TAN del cultivo que interactúan según los tratamientos.

Tratamientos	Tasa de asimilación neta
Sin fertilizante	3,23 b ± 0,80
Fertilización química	2,32 b ± 0,80
Fertilización orgánica	3,80 a ± 0,80
Valor de F	0,81

Nivel de significancia

0,32

Tukey $p \geq 0,05$. Letras iguales indican que no existen diferencias significativas entre tratamientos para cada variable.

El potencial fotosintético no mostró diferencia estadística entre las aplicaciones de fertilizante orgánico y químico, sí entre estos y el tratamiento sin fertilizante. Estos resultados son lógicos si se considera que siempre la mayor disponibilidad de fertilizantes estimula el desarrollo foliar de las plantas como se aprecia en la Tabla 4, se producen así mayor cantidad de hojas, hojas más desarrolladas, largas, anchas y

con una mayor área foliar y un mayor potencial fotosintético. Igualmente se determinó, que las plantas acumularon más materia seca en los granos en relación al potencial de hojas para hacer fotosíntesis, cuando disponen de abonos orgánicos en el suelo natural con diferencia estadística para las plantas que crecen con fertilizante químico y sin fertilizante.

Tabla 4. Valores promedios por sub tratamientos del Potencial Fotosintético e Índice de Productividad foliar.

Tratamientos	INDICADORES FISIOLÓGICOS	
	PF	IPF
Fertilización química	53,82 a	1,61 a
Fertilización Orgánica	57,99 a	1,70 a
Sin fertilizante	44,87 b	1,21 b
Valor F	3,63	2,93
Nivel de significancia	0,003	0,05

Tukey $p \geq 0,05$. Letras diferentes indican que existen diferencias significativas entre tratamientos para cada variable

Al determinar el rendimiento económico y el agrícola en función de los tipos de fertilizantes no existió diferencias significativas. Todo indica que la variedad de maíz Tusilla en estas

condiciones amazónicas logra producir buenos rendimientos agrícolas sin fertilización química u orgánica.

4. Conclusiones

Referente al aumento del conocimiento científico sobre las prácticas de manejo más adecuadas para esta variedad de maíz, se evidenció que a pesar de las diferencias observadas en el crecimiento vegetativo y el desarrollo foliar bajo diferentes regímenes de fertilización, como se evidenció en la altura de planta y área foliar, los resultados del rendimiento económico y agrícola mostraron que tanto la producción de granos por planta como en la producción total por hectárea, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas en el rendimiento entre las plantas no fertilizadas, las fertilizadas químicamente y las fertilizadas orgánicamente. Esto indica que, aunque la fertilización orgánica puede promover un mayor crecimiento vegetativo, esto no se traduce necesariamente en un aumento significativo del rendimiento económico o agrícola bajo las condiciones de este estudio.

En cuanto a la contribución a la sostenibilidad, estos hallazgos sugieren que la elección entre fertilización química y orgánica, puede basarse en consideraciones distintas al rendimiento inmediato, como la sostenibilidad a largo

plazo, el impacto ambiental, y la salud del suelo.

Los resultados no significativa en el rendimiento de este tipo de maíz, plantea futuros retos como investigaciones sobre la eficiencia económica de los distintos tipos de fertilizantes y prioriza la necesidad de considerar otros factores como el costo, la disponibilidad, y el impacto ambiental al elegir prácticas de manejo para la agricultura sostenible.

Bibliografía

- Ahmed, J., Almeida, E., Aminetzah, D., Denis, N., Henderson, K., Katz, J., Kitchel, H. y Mannion, P. (2020). Agriculture and climate change. Reducing emissions through improved farming practices. McKinsey & Company.
- Beltrán-Pineda, M. E.y Bernal-Figueroa, A. A. (2022). Biofertilizantes: alternativa biotecnológica para los agroecosistemas. Mutis, 12(1). <https://doi.org/10.21789/22561498.1771>
- Bravo, C., Ramírez, A., Marín, H., Torres, B., Alemán, R., Torres, R., Navarrete, H., & Changoluisa, D. (2017). Factores asociados a la fertilidad del suelo en diferentes usos de la tierra de la Región Amazónica Ecuatoriana. REDVET.

- Revista Electrónica de Veterinaria, 18(11), 1-16.
- Tecnología e Innovación. Archivos Académicos USFQ, 49.
- García C., W., López T., R., Herrera F., R. J., Tapia, A., Heredia R., M., Toulkeridis, T., & Torres, B. (2023). Floristic Composition, Structure, and Aboveground Biomass of the Moraceae Family in an Evergreen Andean Amazon Forest, Ecuador. *Forests*, 14(7), 1406.
- Urquilla Castaneda, A. (2023). ¿Será la Agricultura 4.0 la solución al hambre global? *Realidad Y Reflexión*, 1(57), 39–58. <https://doi.org/10.5377/ryr.v1i5.7.16696>
- García R., J. G., Mendoza E., M., Cervantes O., F., Ramírez P., J. G., Aguirre M., C. L., García P., M. A., Figueroa R., M. G., Rodríguez P., G., & Rodríguez H., S. A. (2019). Adaptabilidad de híbridos precomerciales tropicales de maíz en el Bajío de Guanajuato, México. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 10(1), 57-65.
- Vázquez Becalli, E., & Torres García, S. (2007). *Fisiología vegetal, Primera parte*. Empresa Editorial Poligráfica Félix Varela, Plaza de la Revolución, Cuba. 349 p.
- Lastra, Ó. R. E., Luna, L. A. L., & Buñay, A. P. (2021). El emprendimiento rural post Covid-19: consideraciones para una recuperación económica sostenible. *Universidad y Sociedad*, 13(1), 443-451.
- Paredes, N., Monteros A., A., Lima, L., & Ávalos, N. (2023). Sistema de producción de maíz (*Zea mays* L.) de la variedad Tusilla en la Amazonía ecuatoriana. En: Albán, M.G., Zambrano, J. L., Caviedes, G. M., Carvajal, F. (Ed.) (2023) *Memorias del II Simposio Ecuatoriano del Maíz Ciencia,*