



*Respuesta del cultivo de maíz a diferentes dosis de aplicación de materia orgánica en el cantón Machala, El Oro-Ecuador*

*Response of the corn crop to different doses of organic matter application in the Machala canton, El Oro-Ecuador*

*Resposta da cultura do milho a diferentes doses de aplicação de matéria orgânica no cantão Machala, El Oro-Ecuador*

Bryan Patricio Vélez-Naranjo <sup>I</sup>

[bvelez1@utmachala.edu.ec](mailto:bvelez1@utmachala.edu.ec)

<https://orcid.org/0009-0002-9177-9533>

Hipólito Israel Pérez-Iglesias <sup>II</sup>

[hperez@utmachala.edu.ec](mailto:hperez@utmachala.edu.ec)

<https://orcid.org/0000-0002-3368-8716>

Irán Rodríguez-Delgado <sup>III</sup>

[irorodriguez@utmachala.edu.ec](mailto:irorodriguez@utmachala.edu.ec)

<https://orcid.org/0000-0002-6453-2108>

**Correspondencia:** [bvelez1@utmachala.edu.ec](mailto:bvelez1@utmachala.edu.ec)

Ciencias Técnicas y Aplicadas

Artículo de Investigación

\* **Recibido:** 25 de julio de 2024 \* **Aceptado:** 07 de agosto de 2024 \* **Publicado:** 03 de septiembre de 2024

- I. Universidad Técnica de Machala, Ecuador.
- II. Universidad Técnica de Machala, Ecuador.
- III. Universidad Técnica de Machala, Ecuador.

## Resumen

El maíz (*Zea mays* L.) es crucial a nivel mundial por su versatilidad y papel en la alimentación humana y animal, así como en la industria. Es una fuente esencial de calorías y nutrientes, desempeñando un rol vital en la seguridad alimentaria global. La incorporación de materia orgánica (MO), como el abono orgánico, en la agricultura moderna ha demostrado ser beneficiosa, al mejorar la calidad del suelo, aumentar la retención de agua y proporcionar nutrientes que favorecen el crecimiento de cultivos como el maíz. En América Latina, el maíz es fundamental tanto en agricultura como en cultura, y países como México, Brasil y Argentina están adoptando el uso de MO y otros fertilizantes orgánicos para mejorar la productividad y sostenibilidad agrícola.

En Ecuador, el maíz es especialmente importante en provincias como El Oro, donde es una fuente significativa de ingresos y alimento. En el cantón Machala, la investigación sobre el uso de MO en la producción de maíz busca identificar los beneficios potenciales de esta práctica. La aplicación de MO puede mejorar la estructura y fertilidad del suelo, aumentar los rendimientos del cultivo y fomentar prácticas agrícolas sostenibles. Sin embargo, la escasez de MO y la degradación del suelo, exacerbadas por prácticas agrícolas intensivas y el uso de fertilizantes químicos, han reducido la fertilidad del suelo y la capacidad de las plantas para absorber nutrientes, resultando en menores rendimientos y suelos menos resilientes.

El factor de estudio fue la aplicación de materia orgánica al cultivo de maíz para forraje, con cinco tratamientos y 5 repeticiones, se utilizó un diseño experimental en cuadrado latino 5x5 para identificar posibles diferencias estadísticas de los distintos tratamientos. Las variables evaluadas fueron diámetro del tallo, altura de planta, Largo de la hoja, ancho de la hoja, Peso de la biomasa fresca y seca del maíz. La incorporación de materia orgánica a diferentes dosis 1) Control, 2) 10 t/ha, 3) 15t/ha 4) 20 t/ha 5) 25t/ha.

Los resultados subrayan la necesidad de identificar la cantidad ideal de materia orgánica (MO) que maximice los beneficios sin impactar negativamente el medio ambiente ni incrementar los costos de producción. La aplicación de 20 toneladas por hectárea demostró ser particularmente eficiente en diversos parámetros analizados, mientras que la dosis de 25 toneladas por hectárea también ofreció resultados positivos notables, pero se pudo observar notoriamente que en 20 t/ha paso lo que se llama “consumo de flujo”, no se notó avance ya que esa es la cantidad exacta donde el maíz puede aprovechar al máximo los nutrientes.

**Palabras clave:** fertilización orgánica; cultivo de maíz; forraje verde.

## **Abstract**

Corn (*Zea mays* L.) is crucial worldwide for its versatility and role in human and animal nutrition, as well as in industry. It is an essential source of calories and nutrients, playing a vital role in global food security. The incorporation of organic matter (OM), such as organic fertilizer, in modern agriculture has proven to be beneficial, improving soil quality, increasing water retention and providing nutrients that promote the growth of crops such as corn. In Latin America, corn is essential in both agriculture and culture, and countries such as Mexico, Brazil and Argentina are adopting the use of OM and other organic fertilizers to improve agricultural productivity and sustainability.

In Ecuador, corn is especially important in provinces like El Oro, where it is a significant source of income and food. In the Machala canton, research on the use of OM in corn production seeks to identify the potential benefits of this practice. The application of OM can improve soil structure and fertility, increase crop yields, and promote sustainable agricultural practices. However, OM shortages and soil degradation, exacerbated by intensive agricultural practices and the use of chemical fertilizers, have reduced soil fertility and the ability of plants to absorb nutrients, resulting in lower yields and less resilient soils.

The study factor was the application of organic matter to the corn crop for forage, with five treatments and 5 repetitions, a 5x5 Latin square experimental design was used to identify possible statistical differences of the different treatments. The variables evaluated were stem diameter, plant height, leaf length, leaf width, weight of fresh and dry biomass of corn. The incorporation of organic matter at different doses 1) Control, 2) 10 t/ha, 3) 15t/ha, 4) 20 t/ha 5) 25t/ha.

The results underscore the need to identify the ideal amount of organic matter (OM) that maximizes benefits without negatively impacting the environment or increasing production costs. The application of 20 tons per hectare proved to be particularly efficient in various parameters analyzed, while the dose of 25 tons per hectare also offered notable positive results, but it could be clearly observed that at 20 t/ha what is called “consumption of flow”, no progress was noted since that is the exact amount where the corn can make the most of the nutrients.

**Keywords:** organic fertilization; corn cultivation; green fodder.

## Resumo

O milho (*Zea mays* L.) é crucial em todo o mundo pela sua versatilidade e papel na nutrição humana e animal, bem como na indústria. É uma fonte essencial de calorias e nutrientes, desempenhando um papel vital na segurança alimentar global. A incorporação de matéria orgânica (MO), como fertilizante orgânico, na agricultura moderna tem se mostrado benéfica, melhorando a qualidade do solo, aumentando a retenção de água e fornecendo nutrientes que promovem o crescimento de culturas como o milho. Na América Latina, o milho é essencial tanto na agricultura como na cultura, e países como México, Brasil e Argentina estão adotando o uso de MO e outros fertilizantes orgânicos para melhorar a produtividade e a sustentabilidade agrícola.

No Equador, o milho é especialmente importante em províncias como El Oro, onde é uma fonte significativa de rendimento e alimento. No cantão de Machala, a investigação sobre a utilização do MO na produção de milho procura identificar os potenciais benefícios desta prática. A aplicação de OM pode melhorar a estrutura e a fertilidade do solo, aumentar o rendimento das colheitas e promover práticas agrícolas sustentáveis. No entanto, a escassez de MO e a degradação do solo, exacerbadas pelas práticas agrícolas intensivas e pela utilização de fertilizantes químicos, reduziram a fertilidade do solo e a capacidade das plantas para absorver nutrientes, resultando em rendimentos mais baixos e em solos menos resilientes.

O fator de estudo foi a aplicação de matéria orgânica na cultura do milho para forragem, com cinco tratamentos e 5 repetições, foi utilizado um delineamento experimental em quadrado latino 5x5 para identificar possíveis diferenças estatísticas dos diferentes tratamentos. As variáveis avaliadas foram diâmetro do caule, altura da planta, comprimento da folha, largura da folha, massa de biomassa fresca e seca do milho. A incorporação de matéria orgânica em diferentes doses 1) Controle, 2) 10 t/ha, 3) 15t/ha, 4) 20 t/ha 5) 25t/ha.

Os resultados ressaltam a necessidade de identificar a quantidade ideal de matéria orgânica (MO) que maximize os benefícios sem impactar negativamente o meio ambiente ou aumentar os custos de produção. A aplicação de 20 toneladas por hectare mostrou-se particularmente eficiente nos diversos parâmetros analisados, enquanto a dose de 25 toneladas por hectare também apresentou resultados positivos notáveis, mas pôde-se observar claramente que a 20 t/ha o que se chama de “consumo de vazão”, nenhum progresso foi observado, pois é nessa quantidade exata que o milho consegue aproveitar ao máximo os nutrientes.

**Palavras-chave:** adubação orgânica; cultivo de milho; forragem verde.

## Introducción

El maíz (*Zea mays* L.) es uno de los cultivos más importantes a nivel mundial debido a su versatilidad y múltiples usos en la alimentación humana y animal, así como en la industria (Carrillo Trueba, 2009). Este cereal es fundamental para la seguridad alimentaria global, ya que es una fuente vital de calorías y nutrientes en muchas dietas. La incorporación de MO, como el abono orgánico, en la agricultura moderna ha demostrado ser una práctica beneficiosa, mejorando la calidad del suelo, aumentando la retención de agua y proporcionando nutrientes esenciales que favorecen el crecimiento de los cultivos, incluido el maíz.

En América Latina, el maíz también ocupa un lugar preponderante en la agricultura y la cultura de sus pueblos. Países como México, Brasil y Argentina son grandes productores de maíz, y la aplicación de MO y otros fertilizantes orgánicos está ganando popularidad como una estrategia para mejorar la productividad y la sostenibilidad de los sistemas agrícolas (Blanco et al., 2014). La adición de MO contribuye a la fertilidad del suelo y a la resiliencia de los cultivos ante las adversidades climáticas, promoviendo prácticas agrícolas más sostenibles y amigables con el medio ambiente (Abate et al., 2015).

En Ecuador, el cultivo de maíz es de suma importancia, especialmente en provincias como El Oro, donde representa una fuente significativa de ingresos y alimento para la población (Zambrano et al., 2021). En el cantón Machala, la implementación de MO en la producción de maíz ha sido objeto de investigación debido a los beneficios potenciales que puede ofrecer (Martínez, 2021). El uso de MO no solo mejora la estructura y la fertilidad del suelo, sino que también puede aumentar los rendimientos del cultivo, contribuyendo al desarrollo agrícola sostenible de la región (Caviedes Cepeda, 2019; Torres Navarrete et al., 2015). La evaluación de diferentes dosis de aplicación de MO es crucial para determinar las prácticas óptimas que maximicen la producción y la salud del suelo.

La escasez de MO en los suelos agrícolas es una problemática creciente que afecta la producción de maíz en muchas regiones del mundo (Hernández-Trejo et al., 2019; Liu et al., 2020). La degradación del suelo, causada por prácticas agrícolas intensivas y el uso excesivo de fertilizantes químicos, ha llevado a una disminución en la fertilidad del suelo, reduciendo la capacidad de las plantas para absorber nutrientes esenciales (Remache et al., 2017). Esta situación resulta en rendimientos de maíz más bajos y suelos menos resilientes ante las inclemencias climáticas (Van

den Berg et al., 2021). La falta de MO también contribuye a la compactación del suelo y a una menor actividad biológica, lo que agrava aún más los problemas de fertilidad y sostenibilidad a largo plazo (Abebe & Feyisa, 2017).

La aplicación de MO, como el abono orgánico, es una práctica agrícola que puede revertir muchos de los efectos negativos asociados con la falta de nutrientes en el suelo. El MO no solo aporta nutrientes esenciales de manera gradual, sino que también mejora la estructura del suelo, aumentando su capacidad de retención de agua y aireación. Además, el MO promueve la actividad microbiana beneficiosa, lo cual es crucial para la descomposición de la MO y la liberación de nutrientes (Amin et al., 2018). Esta práctica sostenible ayuda a mantener y mejorar la fertilidad del suelo, lo que a su vez puede aumentar los rendimientos de maíz y otros cultivos, garantizando una producción agrícola más resiliente y sostenible.

La investigación sobre la aplicación de diferentes dosis de MO en la producción de maíz en el cantón Machala, El Oro, Ecuador, es fundamental para identificar las prácticas más efectivas y sostenibles para la agricultura local. Esta investigación no solo busca mejorar los rendimientos de maíz, sino también contribuir a la restauración y mantenimiento de la salud del suelo. Dado el impacto significativo de la MO en la fertilidad y productividad del suelo, es esencial determinar las dosis óptimas que maximicen los beneficios sin causar efectos adversos. El objetivo de esta investigación es evaluar la respuesta del cultivo de maíz a distintas dosis de abono orgánico (BIOABOR), con el fin de proporcionar recomendaciones basadas en evidencia para los agricultores locales, promoviendo una agricultura más sostenible y productiva en la región.

## **Materiales y métodos**

El experimento se llevó a cabo en la Finca Vía Balosa, ubicada en el cantón Machala, provincia de El Oro, Ecuador. Esta ubicación fue seleccionada debido a su representatividad de las condiciones agrícolas locales y su idoneidad para la realización de estudios experimentales. La finca está situada en una región de clima tropical húmedo, con temperaturas promedio entre 25°C y 30°C. La humedad relativa es alta, especialmente durante la estación lluviosa de diciembre a mayo. El suelo predominante es franco-arcilloso, con buen drenaje y capacidad de retención de nutrientes. Estas condiciones proporcionan un entorno propicio para evaluar el efecto de los tratamientos sobre el crecimiento y rendimiento de los cultivos en condiciones representativas de la región Figura 1.



Figura 1. Mapa de la ubicación de la investigación, A) Provincia de El Oro, B) Cantón Machala, C) Foto satelital del área de prueba

### Diseño Experimental:

Se optó por un diseño experimental de bloques en cuadrado latino 5x5 con el objetivo de minimizar la variabilidad experimental. En este diseño, se dividieron las parcelas en bloques homogéneos y se asignaron aleatoriamente los tratamientos a cada bloque. Se emplearon cinco tratamientos, como se muestra a continuación.

### Tratamientos

1. **T<sub>1</sub> (Testigo):** Sin aplicación de abono orgánico.
2. **T<sub>2</sub>:** Aplicación de 10 t/ha de abono orgánico.
3. **T<sub>3</sub>:** Aplicación de 15 t/ha de abono orgánico.

4. **T<sub>4</sub>**: Aplicación de 20 t/ha de abono orgánico.
5. **T<sub>5</sub>**: Aplicación de 25 t/ha de abono orgánico.

### **Variables de estudio y momento de la evaluación**

En la presente investigación se evaluó altura de la planta, ancho de la hoja, diámetro del tallo, largo de la hoja, ancho del tallo, peso fresco de la biomasa como forraje del maíz, y de la biomasa seca del maíz.

La altura de la planta, largo de la hoja y ancho de la hoja se procedió a medir con una cinta métrica, los datos se expresaron en (cm). El diámetro del tallo se midió usando un pie de rey en cm, peso fresco y seco de la planta se lo peso en gramos (g) todos los datos fueron tomados al momento de la cosecha Figura 2.



*Figura2. Proceso de evaluación de las variables. A) Diámetro del tallo, B) Altura de la planta C) Plantas del maíz, D) Cosechando plantas de maíz como forraje*



**Unidad Experimental:** Se establecieron parcelas experimentales con dimensiones de 3.5 metros de ancho y 4 metros de largo, lo que resultó en un área total de 9.6 m<sup>2</sup> por parcela, se dejó una distancia de 0.80 metros entre cada hilera y de 0.40 metros entre cada planta dentro de la hilera para garantizar una distribución uniforme y adecuada de las plantas de maíz.

**Aplicación de abono orgánico:** Las dosis determinadas del abono orgánico se aplicó en cada parcela experimental, ajustando la cantidad según el área de la parcela (9.6 m<sup>2</sup>) para garantizar una aplicación homogénea y representativa.

**Muestreo y Análisis de Datos:** Se realizaron muestreos periódicos para registrar el progreso del cultivo y se recolectaron datos relevantes en cada etapa del ciclo de crecimiento. Los datos recopilados fueron analizados mediante análisis de varianza (ANOVA) y, en caso necesario, se llevaron a cabo pruebas de comparación de medias para evaluar las diferencias significativas entre tratamientos.

## **Resultados y discusión**

### **Altura de la planta**

Las plantas tratadas con diferentes cantidades de MO (MO) mostraron variaciones significativas en su altura. En el grupo de control, las plantas tenían una altura media de 158.44 cm, mientras que las tratadas con 10, 15, 20 y 25 toneladas por hectárea de MO mostraron alturas medias de 175.88 cm, 190.12 cm, 198.40 cm y 196.56 cm respectivamente. Estos resultados indican un aumento gradual en la altura de las plantas a medida que se incrementa la cantidad de MO aplicada al suelo. El tratamiento con 20 toneladas por hectárea de MO exhibió la altura promedio más alta observada, seguido de cerca por el tratamiento con 25 toneladas por hectárea. Estas diferencias fueron estadísticamente significativas ( $p < 0.05$ ), según el análisis de varianza (ANOVA) (Figuran3).

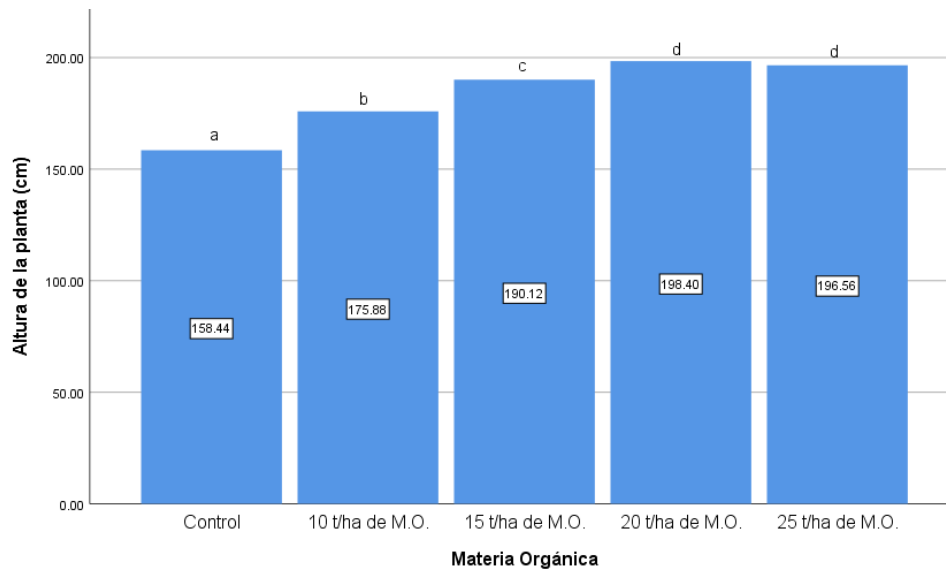


Figura 3. Altura de las plantas de maíz (cm).

La aplicación de MO mostró un efecto positivo significativo en la altura de las plantas de maíz. Este incremento puede estar relacionado con la mejora en las propiedades químicas y físicas del suelo mencionada en varios estudios. Por ejemplo, la incorporación de materiales orgánicos como la cachaza ha demostrado mejorar las condiciones del suelo y aumentar el rendimiento de los cultivos (Arrieche & Ruiz, 2010). La mejora de la estructura del suelo y la disponibilidad de nutrientes son factores clave que pueden contribuir al aumento de la altura de las plantas tratadas con MO (García, 2003).

### Diámetro del tallo

El diámetro del tallo mostró incrementos significativos con el aumento de la MO (MO) aplicada al suelo. Las plantas en el grupo de control tuvieron un diámetro medio de 2.70 cm, mientras que en los tratamientos de 10, 15, 20 y 25 toneladas por hectárea de MO mostraron diámetros medios de 3.19 cm, 3.69 cm, 3.94 cm y 3.90 cm respectivamente. Estos resultados indican un incremento gradual en el diámetro del tallo a medida que se aumenta la cantidad de MO aplicada. El tratamiento con 25 toneladas por hectárea de MO mostró el diámetro del tallo promedio más alto observado. Todas las diferencias entre tratamientos fueron altamente significativas ( $p < 0.05$ ), según el análisis de varianza (ANOVA) (Figura 4).

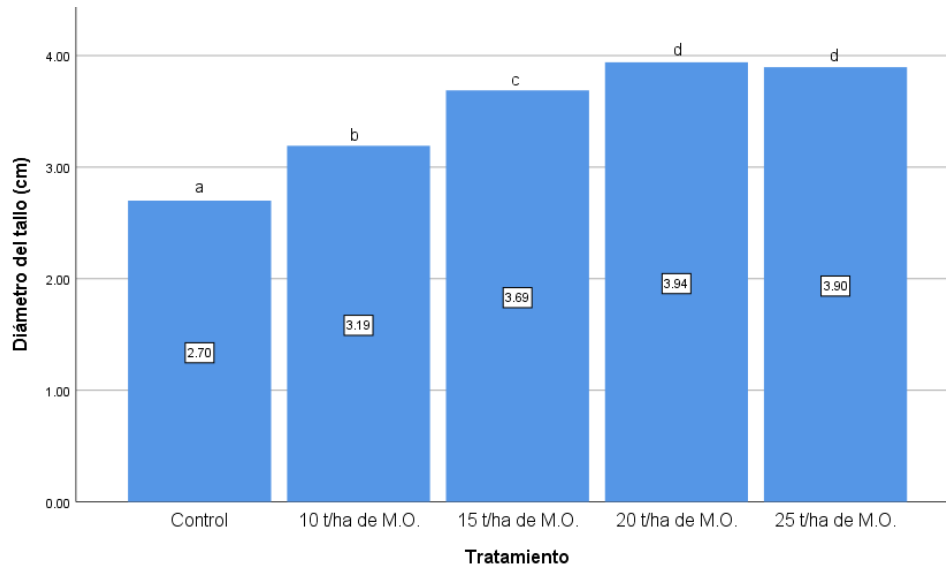


Figura. 1 Diámetro del tallo de maíz (cm).

El diámetro del tallo mostró incrementos significativos con la aplicación de MO, lo que puede ser resultado de una mayor disponibilidad de nutrientes y mejor estructura del suelo. La MO mejora la retención de agua y la aireación del suelo, factores que son críticos para el desarrollo de tallos más robustos (García, 2003). Además, los suelos tratados con MO tienen una mayor capacidad de intercambio catiónico, lo que facilita la absorción de nutrientes esenciales para el crecimiento del tallo (Cruz-Macías et al., 2020).

### Largo de la hoja de maíz

El largo de las hojas también mostró variaciones notables entre los diferentes tratamientos de MO. Las hojas en el grupo de control tenían un largo medio de 72.56 cm, mientras que en los tratamientos de 10, 15, 20 y 25 toneladas por hectárea de MO mostraron largos medios de 83.16 cm, 90.56 cm, 92.44 cm y 93.36 cm respectivamente. Estos resultados indican un incremento gradual en el largo de las hojas con el aumento de MO aplicada. El tratamiento con 25 toneladas por hectárea de MO mostró el largo de hoja promedio más alto observado. Todas las diferencias entre tratamientos fueron estadísticamente significativas ( $p < 0.05$ ) (Figura 5).

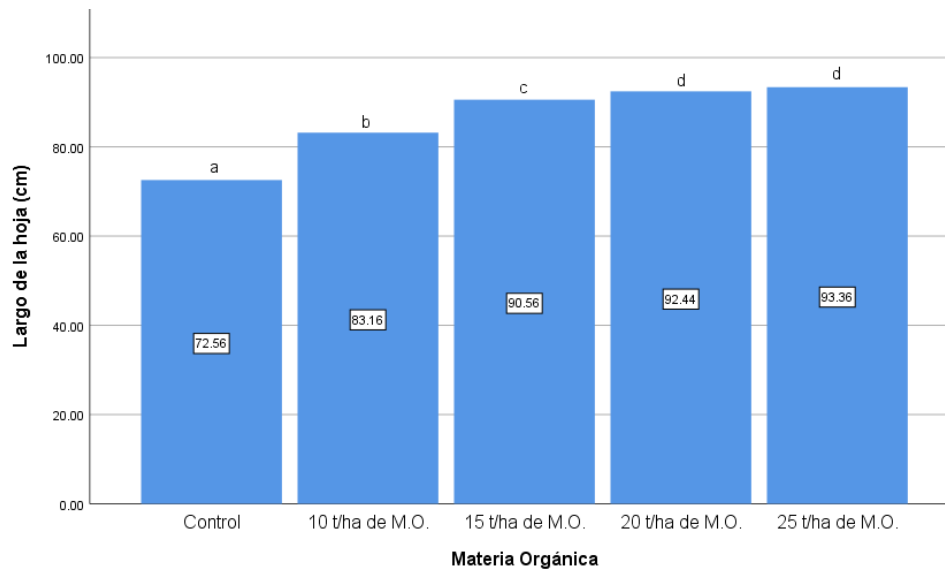


Figura 5. Largo de las hojas de maíz (cm).

El largo de las hojas también se incrementó significativamente con la aplicación de MO, lo cual puede ser atribuido a la mejora en la fertilidad del suelo. Los estudios han demostrado que la MO puede aumentar la capacidad de intercambio catiónico y mejorar la disponibilidad de nutrientes esenciales como nitrógeno, fósforo y potasio (Cruz-Macías et al., 2020). Estos nutrientes son fundamentales para el crecimiento vegetativo de las plantas, incluyendo el desarrollo de hojas más largas (López et al., 2001).

### Ancho de la hoja

El ancho de las hojas también mostró una respuesta positiva al aumento de MO en el suelo. Las hojas en el grupo de control tenían un ancho promedio de 8.10 cm, mientras los tratamientos de 10, 15, 20 y 25 toneladas por hectárea de MO mostraron anchos medios de 9.28 cm, 10.14 cm, 10.91 cm y 10.60 cm respectivamente. Esto refleja un aumento significativo en el ancho de la hoja a medida que se incrementa la cantidad de MO aplicada. Similar a la altura de la planta, el tratamiento con 20 toneladas por hectárea de MO exhibió el ancho de hoja promedio más alto, seguido por el tratamiento con 25 toneladas por hectárea. Todas las diferencias entre tratamientos fueron altamente significativas ( $p < 0.05$ ) (Figura 6).

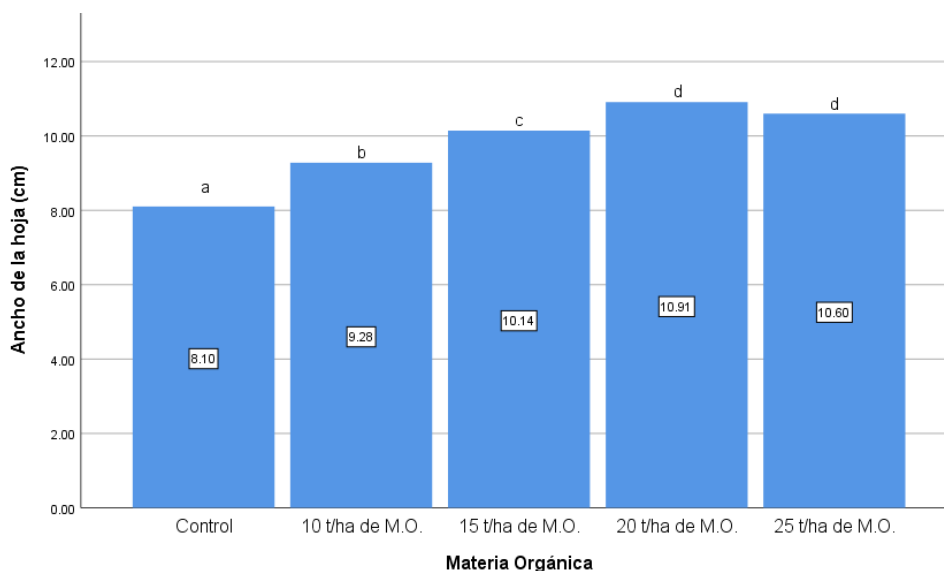


Figura 6. Ancho de la hoja de maíz (cm).

El ancho de las hojas aumentó con el incremento de MO, indicando una mejora en las condiciones nutricionales del suelo. La adición de abonos orgánicos no solo mejora la disponibilidad de nutrientes sino también la retención de humedad en el suelo, lo que es crucial para el desarrollo de hojas más anchas (Arrieché & Ruiz, 2010). Además, la mejora en las propiedades físicas del suelo debido a la adición de MO contribuye a un mejor crecimiento radicular, lo que a su vez puede apoyar un mayor ancho de las hojas (López et al., 2001).

### Peso de biomasa fresca como forraje

El peso fresco de las plantas también mostró una respuesta positiva al incremento de MO en el suelo. Las plantas en el grupo de control tuvieron un peso fresco medio de 330.40 g, mientras que en los tratamientos de 10, 15, 20 y 25 toneladas por hectárea de MO mostraron pesos frescos medios de 397.84 g, 437.84 g, 446.68 g y 464.60 g respectivamente. Estos resultados reflejan un incremento significativo en el peso fresco de las plantas a medida que se incrementa la cantidad de MO aplicada. El tratamiento con 25 toneladas por hectárea de MO exhibió el peso fresco promedio más alto observado. Todas las diferencias entre tratamientos fueron estadísticamente significativas ( $p < 0.05$ ) (Figura 7).

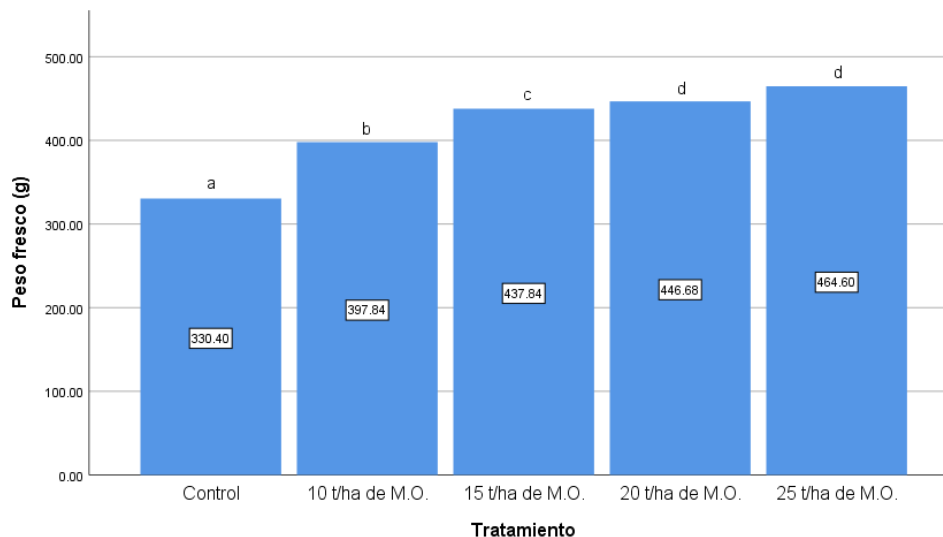


Figura 7. Peso de biomasa fresca de maíz.

El peso fresco de las plantas aumentó con la aplicación de MO, lo que puede ser explicado por la mejora en la fertilidad y estructura del suelo. La MO no solo aporta nutrientes directamente, sino que también mejora la capacidad del suelo para retener y suministrar estos nutrientes a las plantas (López et al., 2001). Además, la mejora en las propiedades físicas del suelo permite un mejor desarrollo radicular, lo que contribuye a un mayor peso fresco de las plantas (Arrieché & Ruiz, 2010).

### Peso de biomasa seca de maíz

El peso seco de las plantas mostró aumentos notables con el incremento de la MO (MO) aplicada al suelo. Las plantas en el grupo de control tuvieron un peso seco medio de 84.96 g, mientras que en los tratamientos de 10, 15, 20 y 25 toneladas por hectárea de MO mostraron pesos secos medios de 100.60 g, 114.00 g, 119.52 g y 122.00 g respectivamente. Estos resultados indican un incremento progresivo en el peso seco de las plantas a medida que se incrementa la cantidad de MO aplicada. El tratamiento con 25 toneladas por hectárea de MO exhibió el peso seco promedio más alto observado. Todas las diferencias entre tratamientos fueron altamente significativas ( $p < 0.05$ ), según el análisis de varianza (ANOVA) (Figura 8).

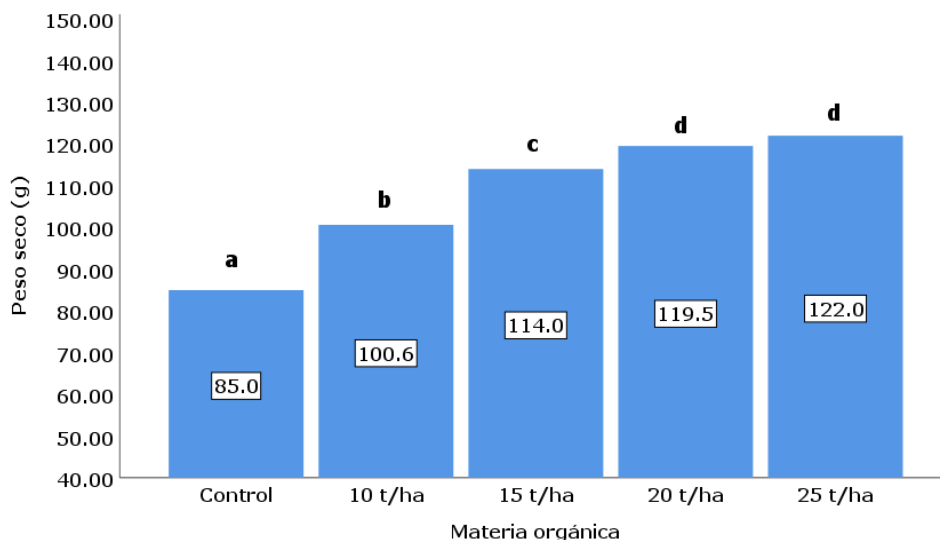


Figura 8. Peso seco de las plantas de maíz.

El peso seco de las plantas también mostró aumentos significativos con el incremento de MO. Esto puede ser debido a la mayor acumulación de biomasa como resultado de una mejor nutrición y estructura del suelo (López et al., 2001). La MO mejora la capacidad de retención de agua y la disponibilidad de nutrientes, lo que resulta en un mayor crecimiento y acumulación de biomasa en las plantas (Arrieché & Ruiz, 2010). Además, la adición de MO puede mejorar la actividad microbiana en el suelo, lo que a su vez puede mejorar la disponibilidad de nutrientes y el crecimiento de las plantas (García et al., 2011).

## Conclusiones

Se observó un aumento considerable en el peso fresco y seco de las plantas de maíz a medida que se incrementó la dosis de MO aplicada. Esto sugiere que la MO no sólo promueve un mejor crecimiento vegetativo, sino que también incrementa la producción de biomasa del cultivo.

Los resultados destacan la importancia de encontrar la dosis óptima de MO para maximizar los beneficios sin afectar negativamente el ambiente o los costos de producción. La dosis de 20 toneladas por hectárea mostró ser especialmente efectiva en varios parámetros estudiados, aunque la dosis de 25 toneladas por hectárea también proporcionó resultados positivos significativos, pero desde el punto de vista económico resulta más factible la aplicación de 20 t/ha.

## Referencias

1. Abate, T., Shiferaw, B., Menkir, A., Wegary, D., Kebede, Y., Tesfaye, K., Kassie, M., Bogale, G., Tadesse, B., & Keno, T. (2015). Factors that transformed maize productivity in Ethiopia. *Food Security*, 7(5), 965–981. <https://doi.org/10.1007/s12571-015-0488-z>
2. Abebe, Z., & Feyisa, H. (2017). Effects of Nitrogen Rates and Time of Application on Yield of Maize: Rainfall Variability Influenced Time of N Application. *International Journal of Agronomy*, 2017, 1–10. <https://doi.org/10.1155/2017/1545280>
3. Amin, M., Ahmad, R., Ali, A., Hussain, I., Mahmood, R., Aslam, M., & Lee, D. J. (2018). Influence of Silicon Fertilization on Maize Performance Under Limited Water Supply. *Silicon*, 10(2), 177–183. <https://doi.org/10.1007/s12633-015-9372-x>
4. Arrieche, I., & Ruiz, M. (2014). Efecto de la fertilización orgánica con NPK sobre la MO y el rendimiento del maíz en suelos degradados. *Revista Observador del conocimiento*, 2(1), 203-212.
5. Blanco, C. A., Pellegaud, J. G., Nava-Camberos, U., Lugo-Barrera, D., Vega-Aquino, P., Coello, J., Terán-Vargas, A. P., & Vargas-Camplis, J. (2014). Maize Pests in Mexico and Challenges for the Adoption of Integrated Pest Management Programs. *Journal of Integrated Pest Management*, 5(4), 1–9. <https://doi.org/10.1603/IPM14006>
6. Carrillo Trueba, C. (2009). El origen del maíz. *Naturaleza y cultura en Mesoamérica. Ciencias*, 92(092).
7. Caviedes Cepeda, G. M. (2019). Producción de semilla de maíz en el Ecuador: retos y oportunidades. *ACI Avances En Ciencias e Ingenierías*, 11(1). <https://doi.org/10.18272/aci.v11i1.1100>
8. Cruz-Macías, W. O., Rodríguez-Larramendi, L. A., Salas-Marina, M. Á., Hernández-García, V., Campos-Saldaña, R. A., Chávez-Hernández, M. H., & Gordillo-Curiel, A. (2020). Efecto de la MO y la capacidad de intercambio catiónico en la acidez de suelos cultivados con maíz en dos regiones de Chiapas, México. *Terra latinoamericana*, 38(3), 475-480.
9. García, F. O. (2003). Agricultura sustentable y MO del suelo: siembra directa, rotaciones y fertilidad. In Congreso nacional de la ciencia del suelo. INPOFOS. Santa Cruz de la Sierra, Bolivia.



10. García Ventocilla, D., Mamani Gamarra, G., Román Cabello, N., Suárez Salas, L., Contreras Marín, A., & Malca Jauregui, J. (2011). Efecto de la adición de MO sobre la dinámica poblacional bacteriana del suelo en cultivos de papa y maíz. *Revista peruana de biología*, 18(3), 355-360.
11. Hernández-Trejo, A., Estrada Drouaillet, B., Rodríguez-Herrera, R., García Giron, J. M., Patiño-Arellano, S. A. A., & Osorio-Hernández, E. (2019). Importancia del control biológico de plagas en maíz (*Zea mays* L.). *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 10(4), 803–813. <https://doi.org/10.29312/remexca.v10i4.1665>
12. Liu, X., Yin, L., Deng, X., Gong, D., Du, S., Wang, S., & Zhang, Z. (2020). Combined application of silicon and nitric oxide jointly alleviated cadmium accumulation and toxicity in maize. *Journal of Hazardous Materials*, 395, 122679. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2020.122679>
13. López Mtz., José Dimas; Díaz Estrada, Antonio; Martínez Rubin, Enrique; Valdez Cepeda, Ricardo D. Abonos orgánicos y su efecto en propiedades físicas y químicas del suelo y rendimiento en maíz *Terra Latinoamericana*, vol. 19, núm. 4, octubre-diciembre, 2001, pp. 293-299 Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, A.C. Chapingo, México
14. Martínez, M. E. E. (2021). Principales enfermedades del maíz (*Zea mays*, L.) en Ecuador. *Revista Científica Agroecosistemas*, 9(2), 53–59.
15. Remache, M., Carrillo, M., Mora, R., Durango, W., & Morales, F. (2017). Absorción de macronutrientes y eficiencia del n, en híbrido promisorio de maíz. *patricia pilar, ecuador. Agronomía Costarricense*, 41(2). <https://doi.org/10.15517/rac.v41i2.31303>
16. Torres Navarrete, E. D., Palacios Peña, G., Moreira Menéndez, M., Sánchez Laño, A. R., Muñoz Rodríguez, G., Manosalvas Vaca, C., & Vargas Burgos, J. C. (2015). Financiamiento del cultivo de maíz en el cantón Mocache-Ecuador. *Revista Amazónica. Ciencia Y Tecnología*, 4(3), 270–300.
17. Van den Berg, J., Prasanna, B. M., Midega, C. A. O., Ronald, P. C., Carrière, Y., & Tabashnik, B. E. (2021). Managing Fall Armyworm in Africa: Can Bt Maize Sustainably Improve Control? *Journal of Economic Entomology*, 114(5), 1934–1949. <https://doi.org/10.1093/jee/toab161>

18. Vásconez Montúfar, G. H., Caicedo Acosta, L. A., Véliz Zamora, D. V., & Sánchez Mora, F. D. (2021). Producción de biomasa en cultivos de maíz: Zona central de la costa de Ecuador. *Revista de Ciencias Sociales*, 27(3), 417–431.
19. Zambrano, J. L., Yáñez, C. F., & Sangoquiza, C. A. (2021). Maize Breeding in the Highlands of Ecuador, Peru, and Bolivia: A Review. *Agronomy*, 11(2), 212. <https://doi.org/10.3390/agronomy11020212>

© 2024 por los autores. Este artículo es de acceso abierto y distribuido según los términos y condiciones de la licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0) (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>).