
EVALUACIÓN DE LA FERTILIZACIÓN ORGÁNICA E INORGÁNICA SOBRE EL CRECIMIENTO Y DESARROLLO DEL CULTIVO DE MAÍZ (*Zea mays*), BAJO CONDICIONES DE INVERNADERO

María Tovar León^{1*}, Cándido Sumoza Agraz², Anthony Godoy¹

¹Universidad Rómulo Gallegos, Área de Ingeniería Agronómica, mariarosariotovarleon@gmail.com,

²Universidad Rómulo Gallegos, Centro de Investigación y Extensión en Suelos y Aguas (CIESA-UNERG), sumagraz9@gmail.com

*Autor de correspondencia

Recibido: 14 - 08 - 2023; **Aceptado:** 15 - 10 - 2023; **Publicado:** 15 - 12 - 2023

RESUMEN

Uno de los cereales de mayor importancia en la alimentación balanceada humana y animal en nuestro país es el Maíz (*Zea mays*). Considerando que es un rubro exigente en macronutrientes, se hace necesario un acertado manejo agronómico de la fertilización. Con el objetivo de evaluar el efecto de la fertilización orgánica e inorgánica sobre este cultivo, se realizó un ensayo en el invernadero del Centro de Investigación y Extensión en Suelos y Aguas de la Universidad Rómulo Gallegos (CIESA-UNERG), utilizándose suelos del conuco universitario. Los tratamientos evaluados fueron: T₀ = Testigo (Sin fertilización), T₁ = ½ Fertilización orgánica + ½ Fertilización Inorgánica (11 t estiércol / ha + 300 kg/ha 15-15-15 y 75 kg/ha úrea en reabono), T₂ = Fertilización orgánica (22 t estiércol/ha + 2 L/ha humus líquido), T₃ = Fertilización Inorgánica (600 kg/ha 15-15-15 + 150 kg/ha urea en reabono + 1L/ha Basfoliar), T₄= Fertilización orgánica (44 t estiércol/ha). Se aplicó un diseño de bloques experimentales, constituidos por 5 tratamientos con 4 repeticiones cada uno. Se evaluaron parámetros de crecimiento y desarrollo como grosor del tallo, intensidad de clorofila y biomasa radicular. Los resultados reportaron que hubo mejor respuesta del T₃, las hojas presentaron un color verde intenso y mayor grosor del tallo comparados con el T₀ y la fertilización orgánica. La biomasa radicular también tuvo mejor repuesta con el T₃, se obtuvo mayor peso seco, aunque esto no se corresponde con la longitud de las raíces, ya que las más largas fueron las del T₀ y T₁, pero tuvieron menos peso seco. Se pudo concluir al comparar los tratamientos que los tratamientos T₁ y T₃ mostraron mejor comportamiento de los parámetros evaluados, con respecto a T₀, T₂ y T₄.

Palabras clave: Cartografía digital de suelo, Fertilidad del Suelo, Red neuronal difusa, Algoritmo FKC.

EVALUATION OF ORGANIC AND INORGANIC FERTILIZATION ON GROWTH AND DEVELOPMENT OF CORN (*Zea mays*) CROPS UNDER GREENHOUSE CONDITIONS

ABSTRACT

One of the most important cereals in balanced human and animal nutrition in our country is Corn (*Zea mays*). Considering that it is a demanding item in macronutrients, a correct agronomic management of fertilization is necessary. In order to evaluate the effect of organic and inorganic fertilization on this crop, a trial was carried out in the CIESA-UNERG greenhouse, using soils from the university conuco. The evaluated treatments were: T₀= Control (Without fertilization), T₁= ½ Organic Fertilization + ½ Inorganic Fertilization

(11 t manure / ha + 300 kg/ha 15-15-15 and 75 kg/ha urea in refertilization), T2= Organic fertilization (22 tn manure/ha + liquid humus), T3= Inorganic Fertilization (600 kg/ha 15-15-15 + refertilize 150 kg/ha + 1L/ha Basfoliar), T4= Organic fertilization (44 t manure/ha). An experimental block design was used, consisting of 5 treatments with 4 repetitions each. Growth and development parameters such as stem thickness, chlorophyll intensity and root biomass were evaluated. The results reported that there was a better response from T3, the leaves presented an intense green color and greater thickness of the stem compared to T0 and organic fertilization. The root biomass also had a better response with T3, a higher dry weight was obtained, although this does not correspond to the length of the roots, since the longest were those of T0 and T1, but they had less dry weight. It was possible to conclude when comparing the treatments that the T1 and T3 treatments showed better behavior of the evaluated parameters, with respect to T0, T2 and T4.

Keywords: Organic fertilization, Inorganic, Growth, Development, Assessment.

INTRODUCCIÓN

El uso de fertilizantes orgánicos y químicos es un componente vital en la agricultura, debido a que aportan a las plantas los nutrientes esenciales para su desarrollo y producción; sin embargo, el aumento de esa producción depende en gran medida del tipo de fertilizante que se utiliza y su manejo para completar la exigencia de nutrientes de las plantas (Solorzano, 1997; Solorzano, 2013).

En Venezuela, donde el 32% de los suelos tienen limitaciones de fertilidad existe la necesidad de aplicar abonos químicos, orgánicos, combinación de ambos para garantizar al cultivo los macro y micronutrientes esenciales (Casanova, 1991), para lograr con éxito su completo desarrollo vegetativo y reproductivo (Luque, 1992; Luque, 2000; Bertsch, 1998), lógicamente, eso va respaldado de recomendaciones técnicas, de tal manera, que los productos que se utilicen, se apliquen lo más eficientemente posible para el cultivo y de la forma menos impactante sobre el ambiente, para que se pueda desarrollar una agricultura sustentable y agroecológica.

El maíz es hoy mucho más que un cultivo, es uno de los cereales que depende la humanidad para proveerse de alimentos y derivados industriales. Por la economía nacional constituye uno de los rubros productivos más importantes generando un valor agregado, empleo y capital.

Una producción sostenida, rendidora y rentable en nuestros suelos, debe estar enmarcada en una fertilización balanceada con niveles nutricionales eficientes, para generar plantas resistentes a las condiciones de estrés y mejorar la productividad (Porta, 1999; Rodríguez, 1989).

Así, la presente investigación se aborda con especial atención en la aplicación de diferentes tratamientos de fertilización química y orgánica, para evaluar su efecto sobre algunos parámetros de crecimiento del cultivo de maíz, como son: grosor del tallo, intensidad de clorofila y biomasa radicular

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de Estudio

El ensayo se realizó en el invernadero del Centro de investigación y extensión en suelos y aguas CIESA, ubicado en la Universidad Nacional Experimental de los Llanos Centrales "Rómulo Gallegos", en San Juan de los Morros, estado Guárico, Venezuela.

Se dispuso de un diseño de bloques experimentales, conformados por 5 tratamientos con 4 repeticiones cada uno (López, 2016), utilizando suelos del conuco universitario, recolectados a una profundidad de 20 cm, y caracterizados químicamente, bajo un análisis de con fines de fertilidad (Cuadro 1).

Cuadro 1. Análisis físico y químico del suelo de la zona de estudio

pH (1:25)	M.O (%)	P (mg/kg)	K (mg/kg)	Ca (mg/kg)	Mg (mg/kg)	CE (dS/m)	Textura	Da t/m ³
6,65	2,52	8	55	500	240	0,05	FA	1,21

Fuente: CIESA, 2022

La semilla utilizada, es una semilla híbrida Pioneer, de alto valor de pureza y germinación. Para la fertilización inorgánica, se trabajó con la fórmula 15-15- 15, Úrea y Basfoliar; y como abonos orgánicos se utilizó estiércol de bovino y humus líquido. Se tomó como referencia los siguientes rangos de nutrientes del estiércol (Cuadro 2):

Cuadro 2. Características químicas del estiércol de bovino

C (%)	N (%)	P ₂ O ₅ (%)	K ₂ O (%)	CaO (%)	Mg (%)
28,4	1,6	1,2	1,8	2,2	1,1

Fuente: CIESA, 2022

Las dosis de fertilizantes inorgánicos se definieron basándonos en los valores presentes en el suelo y los requerimientos de N, P₂O₅ y K₂O del cultivo (López *et al.*, 2008). Para las aspersiones foliares, tanto del Basfoliar como del humus líquido, se siguieron las indicaciones del producto (Cuadros: 3 y 4).

Cuadro 3. Diseño general de los fertilizantes y densidad de siembra

Macronutrientes N-P ₂ O ₅ -K ₂ O	Requerimientos/ha 150-90-90 (kg/ha)	Requerimientos/planta 3,2-2,0-2,0 (g/planta)
Fertilizante Completo 15 – 15 – 15	Dosificación/ha 600 (kg/ha)	Dosificación/planta 12,5 (g/planta)
Densidad de siembra	48000 plantas /ha	20plantas/unidad experimental
Urea Dosificación	150 kg/ha	3 g/planta
Basfoliar Dosificación	1 L/ha	20 ml/planta
Humus Líquido Dosificación	2 L/ha	20 ml/planta

Cuadro 4. Distribución de la dosis de fertilizante por tratamiento

Tratamientos	Fertilizantes	Dosis
T0	Sin fertilizante	0
T1	½ Orgánico + ½ Inorgánico	(250 g estiércol + 6,25 g 15-15-15) y reabono 1,5 g úrea / bolsa.
T2	Orgánico	500 g estiércol + 3 aplicaciones humus líquido foliar / bolsa.
T3	Inorgánico	12,5 g 15-15-15 + reabono 3 g úrea + 3 aplicaciones basfoliar /bolsa.
T4	Orgánico	1000 g estiércol + humus líquido foliar /bolsa.

T0= Testigo, T1= Combinación (Fertilizante orgánico + fertilizante inorgánico), T2= Fertilización orgánica (1/2 dosis), T3= Fertilización inorgánica, T4= Fertilización orgánica (dosis completa)

Las semillas de maíz fueron sembradas en bolsas de 10 kg, con una densidad de 3 semillas por bolsa, a los 7 días se hizo entresaque. Tanto el estiércol como el 15-15-15, fue mezclado con el suelo al momento de sembrar en sus respectivos tratamientos, y el riego se realizó aplicando 500 ml de agua, que fue determinado saturando el suelo, dejándolo drenar, y por diferencia se mantuvo a capacidad de campo por 7 semanas de mediciones.

Semanalmente se evaluaron las variables: morfológica (grosor del tallo) con el uso del Vernier, instrumento de alta precisión; nivel fotosintético (índice de clorofila) , con el clorofilómetro Spad 502 Plus que evalúa cuantitativamente la intensidad del verde de la hoja midiendo las transmisiones de luz a 650 nm, donde ocurre absorción de luz por la molécula de clorofila y a 940 nm donde no ocurre absorción; y al finalizar el ensayo, se evaluó la variable fenológica biomasa radicular (Hernández *et al.*, 2018), mediante su peso seco y observación de la longitud de las raíces obtenidas de cada tratamiento.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Variable morfológica

El grosor del tallo es un parámetro muy importante, ya que la resistencia que presenta la planta de maíz al acame, depende en gran medida de él, además, la aplicación de nitrógeno también influye positivamente en su desarrollo. El siguiente cuadro (5) muestra los promedios de las mediciones durante 7 semanas de ensayo.

En la Figura 1 se puede observar que los incrementos más favorables fueron en T1 y T3 después de aplicar úrea en el reabono, destacándose el T3 que es totalmente inorgánico. Sin embargo, el T4 que es con la dosis de estiércol completa, tuvo efectos positivos, posiblemente porque además de las ventajas que ofrece sobre las propiedades físicas del suelo, los materiales orgánicos pueden mejorar el estado nutricional de las plantas, ya que aportan no solo macro, sino micronutrientes, aunque en menor cantidad, pero igual requerida por el cultivo.

Cuadro 5. Promedios de valores del grosor del tallo de plantas de maíz.

Tratamientos	Grosor del tallo/Promedios semanales (mm)						
	1	2	3	4	5	6	7
T0	2,10	4,06	5,92	7,93	9,90	12,51	12,66
T1	2,10	2,98	4,93	8,62	12,24	17,76	17,88
T2	1,78	3,36	4,69	6,92	9,80	13,11	13,79
T3	2,25	3,46	5,77	8,73	12,99	17,54	19,40
T4	1,90	3,84	5,08	7,80	10,81	15,68	16,58

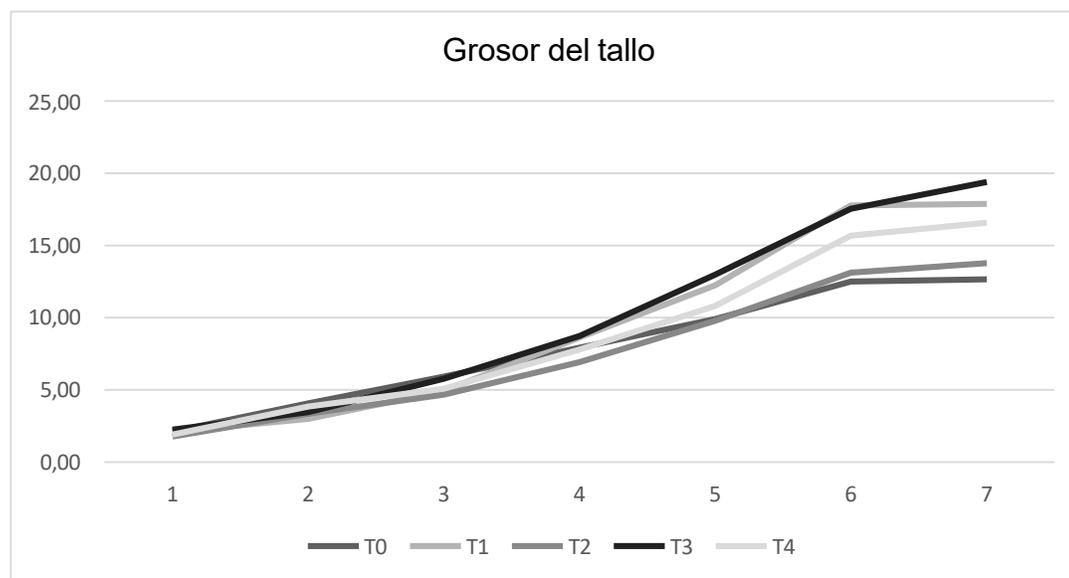


Figura 1: Comportamiento de la variable morfológica grosor del tallo (mm).

Variable Fotosintética

Los índices de clorofila se vieron incrementados después del reabono, a los 35 días, especialmente en T1 y T3, ya que los dos contenían fertilizantes

inorgánicos (Cuadro 6, Figura 2). La mejor respuesta fue con el T3 en la semana de aplicación de úrea, donde las hojas de maíz presentaron un color verde más intenso que los demás tratamientos. También se corroboró que unidades Spad por encima de 50, estuvieron estrechamente relacionadas con mayor verdor de las hojas y esto a su vez se relaciona con porcentajes de nitrógeno adecuados (Figura 3).

Cuadro 6. Promedios semanales de Índices de clorofila obtenidos con el Spad 502 Plus

Promedios semanales de índice de clorofila (unidades Spad)							
Tratamientos	1	2	3	4	5	6	7
T0	33,22	34,28	34,63	31,43	29,33	25,03	22,98
T1	31,37	32,45	42,03	41,75	49,23	40,58	45,23
T2	29,48	19,68	30,95	34,63	35,05	29,33	26,38
T3	30,58	34,65	35,80	46,13	50,93	45,48	52,43
T4	30,88	23,13	39,10	40,95	45,15	34,06	38,33

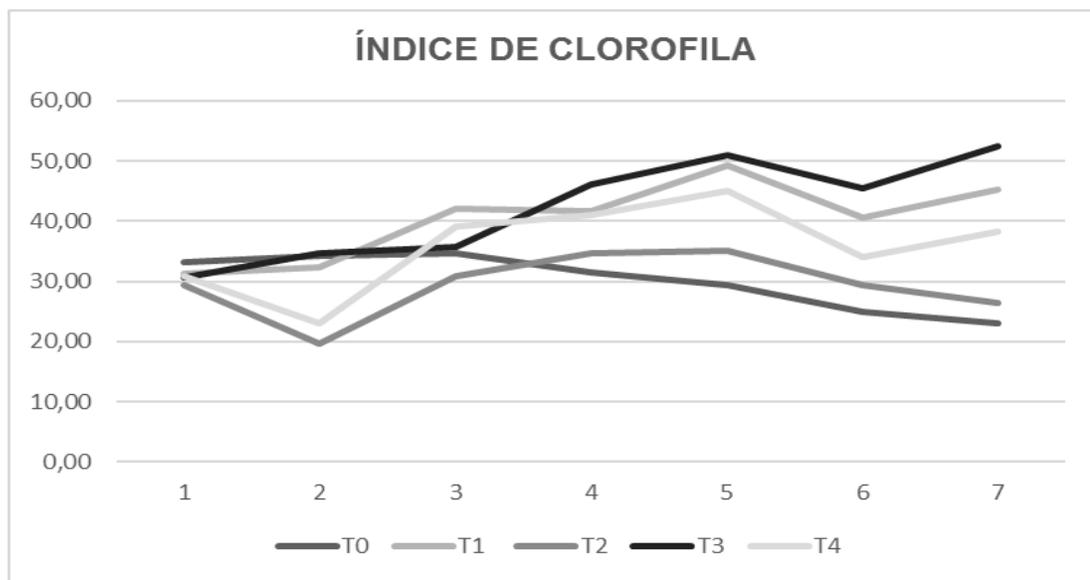


Figura 2: Comportamiento de la variable fotosintética Índice de clorofila (unidades Spad).



Figura 3. Clorofilómetro Spad 502 plus y verdor de las hojas bajo los diferentes tratamientos.

Variable Fenológica

La biomasa radicular es un parámetro de gran importancia ya que de ella proviene gran parte de carbono que ha sido asimilado por las plantas a través de la fotosíntesis y transferido a las raíces, para ser utilizado en la regularización de los procesos bioquímicos y biológicos tanto del suelo como del cultivo. En el siguiente cuadro se encuentran los pesos húmedos, pesos secos y % de humedad obtenidos de la biomasa radicular de cada uno de los tratamientos al finalizar el ensayo.

Cuadro 7. Promedios semanales de la variable fenológica biomasa radicular.

Tratamiento	Peso Húmedo	Peso Seco	% Wg
T0	23,36	6,94	76,64
T1	23,88	4,14	76,12
T2	63,67	10,96	36,33
T3	69,94	15,50	30,06
T4	66,89	13,75	33,11

Wg: peso gravimétrico

En la Figura 5 se observa que los tratamientos T2 T3 y T4, presentaron mayor peso húmedo y mayor peso seco, con respecto al T0 y T1, sin embargo, esto no se relaciona con la longitud de las raíces, ya que las más largas fueron la de T0 y T1, pero tuvieron menos peso seco

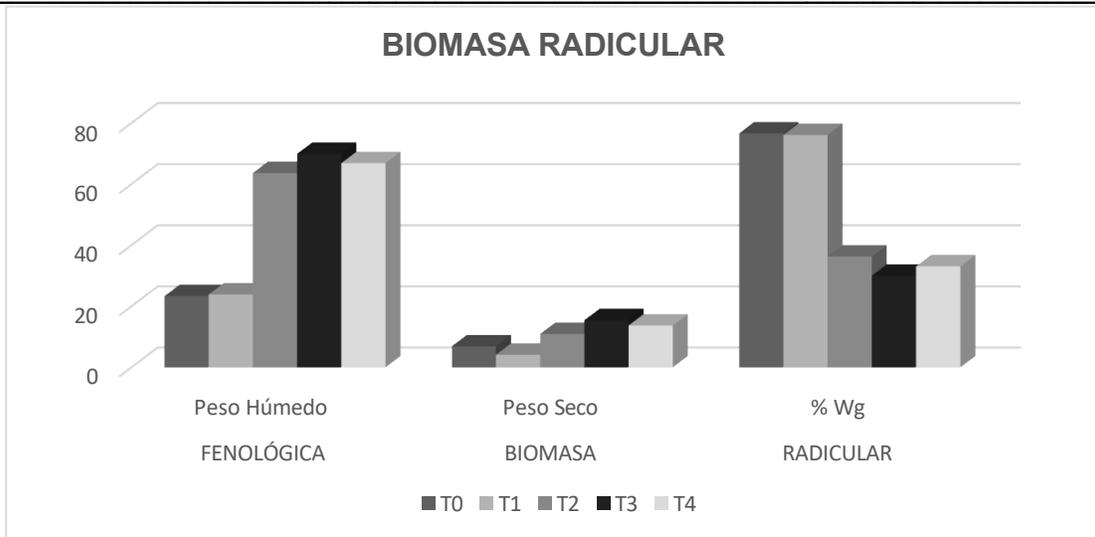


Figura 4. Comportamiento en Peso húmedo y seco de la variable fenológica Biomasa Radicular, después de varias semanas bajo diferentes tratamientos.



Figura 5. Longitud de las raíces después de nueve (9) semanas de ensayo.

CONCLUSIONES

El manejo agronómico de la fertilización orgánica e inorgánica, marcó un efecto positivo en las variables estudiadas durante el desarrollo vegetativo del cultivo de maíz.

Al comparar el desarrollo y crecimiento del cultivo de maíz, se pudo evidenciar que los tratamientos T1 y T3, tuvieron mejor comportamiento, demostrando que las prácticas de fertilización inorgánica favorecieron, tanto el grosor del tallo como el índice de clorofila.

El ajuste de la dosis de estiércol de 500 a 1000 g/p, ocasionó un ligero aumento en las variables grosor del tallo y nivel de clorofila.

Los resultados obtenidos indican la necesidad de realizar ajustes en las dosis de

aplicación de estiércoles, como complemento de una fertilización balanceada, y amigable con el ambiente.

AGRADECIMIENTOS

Agradecimientos al Centro de Investigación y Extensión en Suelos y Aguas de la Universidad Nacional Experimental de los Llanos Centrales “Rómulo Gallegos” (CIESA-UNERG).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Casanova, E. (1991). Introducción a la Ciencia del suelo. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico. Caracas, Venezuela. 393 p.
- Bertsch, F. (1998). La fertilidad de los suelos y su manejo. Asociación Costarricense de la Ciencia del Suelo. San José. Costa Rica. 163 p.
- Hernández, M., Pando, M., Mata, R., González-Rodríguez, H., Chacón, J. y Gutiérrez, M. (2018). Predicción de biomasa radicular en especies de pastizales semiáridos en el sur del desierto Chichahuense. Scielo, revista mexicana de ciencias forestales. ISSN 2001-1132. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S20071322018000600274#B18. Consulta: febrero 2023
- López, E. (2016). Diseños y análisis de experimentos, fundamentos y aplicaciones en agronomía. Guatemala. 264 p.
- López, I., Alfonso, N., Gómez, N., Navas, M., y Yáñez, P. (2008). Manual de alternativas de recomendaciones de fertilizantes para cultivos prioritarios en Venezuela. Maracay. Serie B. Venezuela. 380 p.
- Luque, O. (1992). El uso de los abonos orgánicos en la agricultura venezolana. Curso de Fertilización Balanceada. Palmaven – Instituto del Potasio y Fósforo de Latinoamérica. Valencia, 22 – 23 de octubre 1992.
- Luque, O. (2000). Los fertilizantes orgánicos. Conceptos. Clasificación. comparación con los fertilizantes inorgánicos. Uso en Venezuela. En: taller de GIUMA “Los fertilizantes, normativa oficial para su análisis y registro en Venezuela, Facultad de Agronomía, Maracay, 27 de octubre. 5p.
- Porta, J. (1999). Edafología para la agricultura y el medio ambiente. Ediciones Mundo-prensa. Madrid, España. 848 p.
- Rodríguez, F. (1989). Fertilizantes, nutrición vegetal. AGT Editor, S.A. México.
- Solórzano, P.R. (1997). Fertilidad de suelos, su manejo en la producción agrícola. Rev. Fac. Agron. (Maracay), U.C.V. Alcance 51. Maracay, Venezuela. 207 p.
- Solórzano, P.R. (2013). El Potasio, plantas, calambres y pólvora. Agrícola Tanausu. Maracay, Venezuela. 118 p.