

04

EFFECTO COMBINADO DE FERTILIZACIÓN QUÍMICA Y BIOCHAR EN CRECIMIENTO Y DESARROLLO DEL CULTIVO DE MAÍZ (*Zea mays* L.)

COMBINED EFFECT OF CHEMICAL FERTILIZATION AND BIOCHAR ON GROWTH AND DEVELOPMENT OF CORN (*Zea mays* L.)

William Eduardo Viñamahua García¹

E-mail: wvinamahu1@utmachala.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-2064-339X>

José Gabriel Aguilar Feijoo¹

E-mail: jaguilar11@utmachala.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-7111-2535>

Irán Rodríguez Delgado¹

E-mail: irodriguez@utmachala.edu.ec

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

¹Universidad Técnica de Machala, Machala, Ecuador.

Cita sugerida (APA, séptima edición)

Viñamahua García, W. E., Aguilar Feijoo, J. G., Rodríguez Delgado, I. (2023). Efecto combinado de fertilización química y Biochar en crecimiento y desarrollo del cultivo de Maíz (*Zea Mays* L.). *Revista Científica Agroecosistemas*, 11(3), 29-35. <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes>

RESUMEN

La combinación de fertilización química y biocarbón en la agricultura es esencial, la fertilización química aporta nutrientes inmediatos, mientras que el biocarbón, como enmienda al suelo, mejora la retención de nutrientes y la salud de las plantas. Los resultados pueden impulsar la eficiencia agrícola y la sostenibilidad, beneficiando a los agricultores como a la producción de maíz a nivel mundial. La investigación se desarrolló con el propósito de evaluar el efecto combinado de fertilización química y biocarbón en crecimiento y desarrollo del cultivo de maíz, para lo cual se utilizó un diseño cuadrado latino simple. Los tratamientos fueron: testigo absoluto, 10 t/ha biocarbón, 20 t/ha biocarbón, 10 t/ha biocarbón + 4,375 t/ha urea, 20 t/ha biocarbón + 4,375 urea donde se manipularon los fertilizantes, se utilizó la prueba estadística Duncan con nivel de significancia ($p < 0,05$). Las variables evaluadas fueron: Diámetro del tallo, altura de la planta, número de hojas. El mejor tratamiento fue el de 20 t/ha biocarbón donde estadísticamente se observaron los mejores resultados en cuanto a las variables diámetro del tallo y altura de la planta a excepción de la variable número de hojas donde se presentó el mejor tratamiento 10 t/ha biocarbón.

Palabras clave:

Biocarbón, urea, fertilización.

ABSTRACT

The combination of chemical fertilization and biochar in agriculture is essential; chemical fertilization provides immediate nutrients, while biochar, as a soil amendment, improves nutrient retention and plant health. The results have the potential to enhance agricultural efficiency and sustainability, benefiting both farmers and global maize production. The research was conducted to assess the combined effect of chemical fertilization and biochar on the growth and development of maize crops, using a simple Latin square design. The treatments included an absolute control, 10 t/ha of biochar, 20 t/ha of biochar, 10 t/ha of biochar + 4,375 t/ha of urea, and 20 t/ha of biochar+4,375 t/ha of urea, with manipulation of fertilizers. The Duncan statistical test was employed with a significance level of ($p < 0,05$). The evaluated variables included stem diameter, plant height, and the number of leaves. The best treatment was the one with 20 t/ha of biochar, where statistically significant improvements were observed in stem diameter and plant height, except for the number of leaves, which showed the best results with the 10 t/ha biochar treatment.

Keywords:

Biochar, urea, fertilization.

INTRODUCCIÓN

La agricultura desempeña un papel primordial en la producción de alimentos, siendo una actividad esencial para abastecer las necesidades alimentarias de la población global. Su contribución resulta vital para asegurar que las personas alrededor del mundo dispongan de los recursos necesarios para su subsistencia (Muñoz y Gonzalez, 2019).

La población mundial supera los siete mil millones de seres humanos, generando una creciente demanda de recursos alimentarios y la opción más viable son los vegetales, cuya producción debe incrementarse, particularmente en lo que se refiere a los cereales. Entre estos, los que más se producen y que más contribuyen a la alimentación de la humanidad es el maíz. Por esta razón, se puede aseverar que el maíz es uno de los cereales que más alimentan al mundo (Ramos, 2013).

El cultivo del maíz ostenta una trascendencia de alcance global, tanto en la alimentación humana como en la nutrición animal, además de servir como materia prima fundamental para la creación de diversos productos industrializados derivados de este grano (Gomez, 2021).

El maíz es uno de los cultivos más importantes para la alimentación de los ecuatorianos ya que su producción provee la materia prima para la agroindustria y la alimentación humana y animal. De acuerdo con las estadísticas de la FAO en el año 2021 la superficie sembrada fue de 366,138 ha con una producción de 1 699,369 t y un rendimiento de 4,64 t ha⁻¹ (FAOSTAT, 2021). En la actualidad se cultivan aproximadamente 365,334 ha de maíz, con un rendimiento promedio de 4,58 t ha⁻¹, lo que resulta en una producción total de 1 479,700 toneladas. La producción nacional se enfoca principalmente en las variedades de maíz suave y duro de color amarillo (Tayyib, 2021).

El uso de biofertilizantes en cultivos básicos ha demostrado ser efectivo al aplicarlos directamente en la siembra, promueven una mayor absorción de nutrientes por parte de las plantas, acelerando su crecimiento y mejora la eficiencia en la absorción de nutrientes (Martinez et al., 2018).

La aplicación de fertilizante químico después de sesenta días de la siembra, se observó que las plantas tratadas presento una mayor altura y un mayor diámetro de tallo en el cultivo de maíz (Montejo et al., 2017). A diferencia del biochar al incorporarlo como un fertilizante edáfico evidencia aumento en variables morfológicas y se reflejan efectos favorables en el rendimiento de diferentes cultivos (Pérez et al., 2021).

En lo que respecta al biocarbón, su integración en el suelo conlleva múltiples beneficios, entre ellos la mejora de la retención de humedad, la influencia en la densidad aparente, el aumento de los niveles de materia orgánica

y la regulación del pH del suelo. Además, contribuye a facilitar las labores agrícolas al tiempo que mejora la estructura del suelo. Cabe mencionar que el biocarbón también actúa como portador de microorganismos, cuya incorporación como enmienda favorece el crecimiento de hongos beneficiosos como *Trichoderma* spp., tal como se señala en la investigación realizada por (Sánchez et al., 2020).

Una alternativa para sustituir el uso excesivo de fertilizantes químicos es el empleo de biocarbón o biochar por la capacidad para favorecer la calidad de los suelos tanto en las propiedades químicas y físicas y mejora su clase textural (Montejo et al., 2017). La utilización de fertilización química en cultivos hortícolas genera resultados notables durante la primera cosecha, ya que se observaron mejoras significativas en términos de altura, cantidad de hojas, flores, frutos por planta y peso de los frutos (Abreu et al., 2017).

El rendimiento del maíz mejora con el uso del biochar, a diferencia de los efectos que tiene junto a los fertilizantes químicos, es por esta razón que es importante experimentar y analizar los efectos que pueden ofrecer estos productos para el adecuado crecimiento y desarrollo del cultivo (Iglesias et al., 2018).

La aplicación de biochar podría mejorar la rentabilidad de la agricultura al mejorar el rendimiento y la calidad de los cultivos al tiempo que se reducen los costos de cultivo y fertilizantes, pero no intentan estimar los costos de adquisición y aplicación de biocarbón (Pérez et al., 2021).

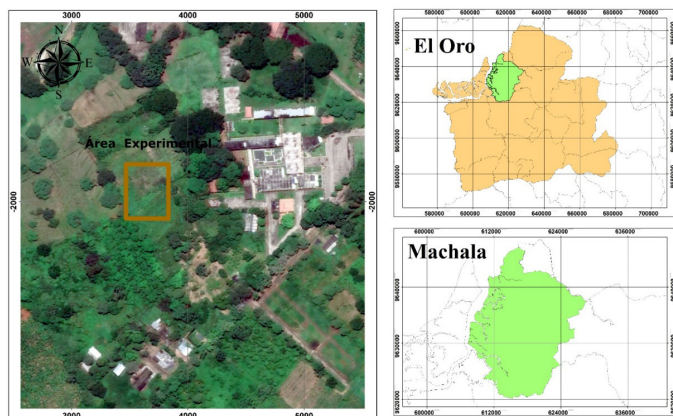
El objetivo de la investigación fue determinar los efectos de la combinación de un fertilizante químico y biocarbón en el crecimiento y desarrollo del cultivo de maíz. Además, se busca identificar las dosis adecuadas de biocarbón para potenciar su desarrollo, así mismo, se pretende evaluar y comparar los distintos efectos que producen la fertilización química y el biocarbón en el cultivo del maíz, con el fin de obtener resultados concluyentes y relevantes para una agricultura sostenible.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

Se realizó en la Granja Experimental Santa Inés, perteneciente a la Facultad de Ciencias Agropecuarias, de la Universidad Técnica de Machala. Ubicada en la parroquia El Cambio, provincia de El Oro, Ecuador (latitud 3° 17' 18.79" S, longitud 79° 54' 43.81" O). La investigación se desarrolló en el periodo que abarca desde abril hasta julio del año 2023. De acuerdo con datos del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología de Ecuador (INAMHI, 2013), la temperatura promedio anual en esta región es de 25.2 °C, el promedio de precipitación oscila los 489 mm.

Figura 1. Ubicación del área de estudio



Diseño experimental

Para el desarrollo de la investigación se utilizó un diseño Cuadrado Latino Simple (DCLS), el cual se representa a través del modelo matemático. Se aplicaron cinco tratamientos y cinco repeticiones los cuales se establecieron en diferentes dosis de fertilización química y biocarbón (Tabla 1).

Tabla 1. Tratamientos empleados para fertilización química y biocarbón

Tratamientos Símbolo	Fertilizantes químicos y biocarbón	Dosis de biochar (t/ha)	Dosis de urea (t/ha)
T0	Testigo absoluto	0	0,000
T1	Biocarbón	10	0,000
T2	Biocarbón	20	0,000
T3	Biocarbón + Urea	10	4,375
T4	Biocarbón + Urea	20	4,375

Fuente: Elaboración propia

En el estudio, se seleccionó como material vegetativo el cultivar trueno: maíz amarillo híbrido. El área total del experimento fue de 228 m², cada unidad experimental (UE) consta con camas de 6,4 m² y está conformada por 16 unidades muestrales (UM) con una distancia de 0,5 m entre planta y 0,8 m entre hileras, por cada UE se seleccionaron diez plantas homogéneas al azar para la toma de datos, evitando las plantas del borde.

Biocarbon

El biocarbón es un producto de descomposición, materia orgánica (biomasa) y suministro de oxígeno insuficiente o limitado llamado pirólisis, a temperaturas relativamente bajas (por debajo de los 700 °C) y se lo puede utilizar con una variedad de fines, incluso como una enmienda del suelo para la agricultura, como material de filtración para el tratamiento del agua y además como una herramienta de secuestro de carbono para mitigar el cambio climático. Cuando se adiciona al suelo, el biocarbón mejora la fertilidad de este, aumenta la capacidad de retención

del agua, reduce la lixiviación de nutrientes y mejora su estructura (Escalante et al., 2016).

Urea

La urea es el principal fertilizante nitrogenado utilizado en todo el mundo, especialmente en países en desarrollo. Comparado con otros fertilizantes, la urea tiene varias ventajas, como su alto contenido de nitrógeno que puede ser incorporado al suelo antes de la siembra, su capacidad de ser utilizada en suelos neutros o ligeramente alcalinos debido a su reacción ácida (Bernardi et al., 2016).

Para producir urea, se hace reaccionar amoníaco y dióxido de carbono en presencia de un catalizador en un recipiente especial a temperaturas entre 170 y 210 °C y presiones entre 170 y 400 atmósferas (Morales et al., 2021).

Manejo del experimento

Preparación del terreno

Se utilizó un flexómetro para delimitar toda el área de investigación (228 m²). Posteriormente, se procedió al control de arvenses con la ayuda de herramientas agrícolas. La preparación del terreno se realizó utilizando el azadón, pico y pala, removiendo el suelo hasta una profundidad de 15 a 20 cm para asegurar una estructura granular y una base adecuada para la germinación de la semilla, el crecimiento radicular y el desarrollo de las plantas.

Siembra

Se llevó a cabo un proceso manual respetando las distancias previamente mencionadas en cada UE, asegurando que la siembra no excediera los 5 cm de profundidad, con el propósito de fomentar una germinación uniforme y consistente.

Control de plagas

Se aplicó un control preventivo utilizando un insecticida orgánico elaborado a partir de una mezcla de ají, clavo de olor, cebolla y ajo, previamente diluidos en 1 L de agua. Esta solución fue aplicada con una frecuencia trisemanal, garantizando una protección efectiva y sostenible contra plagas.

Riego

Se implementó un programa de riego trisemanal con el propósito de mantener niveles adecuados de humedad y retención de agua, haciendo hincapié en la importancia de los días soleados.

Aplicación de los tratamientos

La aplicación del fertilizante químico y el biocarbón se llevó a cabo de diversas maneras. En el caso del biocarbón, se aplicó un mes antes de la siembra para permitir que se distribuya adecuadamente en el suelo, mientras que la urea se la fraccionó en tres aplicaciones: al momento de la siembra, a los 40 días y en la fase de floración.

Variables evaluadas

Para medir el diámetro del tallo, se empleó un pie de rey, colocándolo en el centro de la planta para así determinar su amplitud.

La altura de la planta, conforme a la metodología propuesta por (Cruz, 2014) en su estudio sobre nuevas variedades de maíz, se recolectó datos en las plantas que fueron seleccionadas aleatoriamente en cada UE y el dato se registró en centímetros, la distancia desde la base del suelo hasta la inserción de la espiga.

La cantidad de hojas fue evaluada visualmente, el cual se contabilizó el total de hojas emitidas desde el inicio de su desarrollo.

Momento de evaluación

Los datos de altura de la planta, número de hojas y diámetro del tallo se recopilaron a partir del día 40 después de la siembra, momento en el cual se considera que las plantas han establecido un crecimiento lo suficientemente representativo como para realizar mediciones confiables.

Procedimiento estadístico

Se realizó un estudio para investigar posibles diferencias estadísticamente significativas en el cultivo de maíz en relación con las variables recolectadas cada 15 días. Para realizar este análisis, se empleó un enfoque de análisis de varianza (ANOVA) con un diseño factorial intergrupos. Se verificaron los supuestos del modelo lineal aditivo utilizado, como la normalidad de los datos, la homogeneidad de varianzas y la aditiva tratamientos-bloques, antes de llevar a cabo el ANOVA.

Posteriormente, se realizaron pruebas de rangos y comparaciones múltiples de Duncan (prueba Post hoc) para identificar similitudes o diferencias entre los cultivares de maíz en cada una de las variables evaluadas.

Los resultados se presentan mediante gráficos de barras simples, en los que se asignan letras para representar las similitudes o diferencias entre los cultivares de estudio.

El análisis de los datos se llevó a cabo utilizando el paquete estadístico SPSS versión 25 para Windows, con un nivel de confianza del 95% ($\alpha=0,05$).

RESULTADOS

Diámetro del tallo

Tabla 2. Análisis de ANOVA para diámetro de tallo

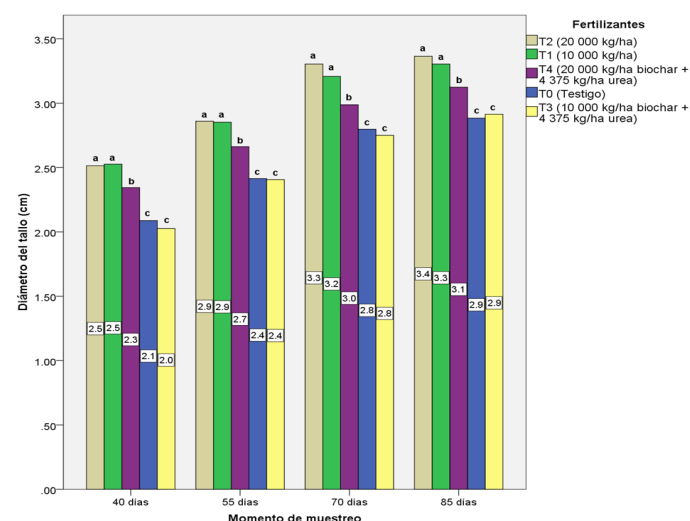
ANOVA					
Diámetro del tallo (cm)					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	41.914	4	10.478	45.355	0.000

Dentro de grupos	229.874	995	0.231
Total	271.788	999	

Fuente: Elaboración propia

Los resultados de la presente investigación han demostrado que la aplicación del T2 (20 t/ha) ejerció una influencia de mayor relevancia en el cultivo del maíz. Sin embargo, es importante destacar que los análisis de p-valor ($p>0,05$) revelaron que esta diferencia no alcanzó significación estadística en comparación con otras condiciones evaluadas. La media obtenida fue de 6,74 cm para esta dosis en particular. Por otro lado, tanto la aplicación del T2 como la del T3, junto con el T0, no presentaron diferencias estadísticamente significativas en términos de las variables.

Figura 2. Diámetro de tallo en efecto combinado de biochar y fertilizante químico en crecimiento y desarrollo



*Las letras diferentes indican diferencias estadísticas entre las dosis de biochar y fertilizante químico (prueba de Duncan).

Estos resultados concuerdan con las investigaciones de (Martinez et al., 2018), quienes demostraron la efectividad de los biofertilizantes en cultivos fundamentales, especialmente cuando son aplicados directamente durante la siembra. Este enfoque fomenta una mayor absorción de nutrientes por parte de las plantas, agiliza su crecimiento y optimiza la eficiencia en la captación de nutrientes. La correspondencia entre estos hallazgos subraya la pertinencia de la utilización de biochar como un factor potencialmente beneficioso para el cultivo del maíz.

Altura de la planta

Tabla 3. Análisis de ANOVA para altura de planta

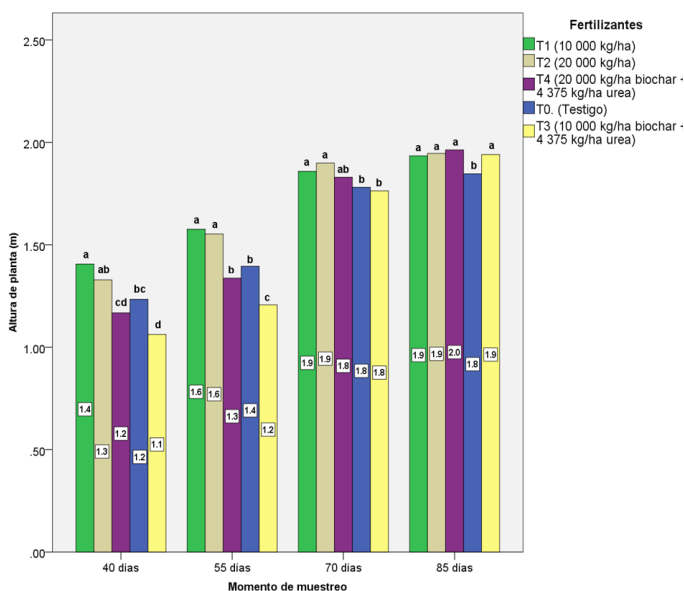
ANOVA					
Altura de planta (m)					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos					

Entre grupos	5,759	4	1,440	10,124	0,000
Dentro de grupos	141,500	995	0,142		
Total	147,259	999			

Fuente: Elaboración propia

Se ha observado que la altura de las plantas en las distintas aplicaciones de biochar y fertilizante químico arrojó un resultado más destacado en el T2, donde se evidenciaron diferencias estadísticamente significativas (p -valor $<0,05$) en comparación con los otros tratamientos y el grupo de control. Esto se manifestó en un promedio de 1,94 m, que es ligeramente superior a los valores registrados en las otras condiciones. Este hallazgo sugiere que, sin importar la variante cultivada, existe una influencia significativa en la variable analizada.

Figura 3. Altura de planta en efecto combinado de biochar y fertilizante químico en crecimiento y desarrollo



*Las letras diferentes indican diferencias estadísticas entre las dosis de biochar y fertilizante químico (prueba de Duncan).

Los resultados corroboran las observaciones realizadas por (Morales et al., 2021), quienes exploraron los posibles beneficios del biocarbón en la esfera agrícola y concluyeron que sus efectos son positivos en el crecimiento y rendimiento de los cultivos, lo cual se evidencia en el presente estudio. Estos hallazgos podrían ser atribuidos a las afirmaciones de (Escalante et al., 2016), quien sostiene que la incorporación de biocarbón al suelo conlleva una serie de beneficios, entre los que se incluyen la mejora en la retención de humedad, la influencia en la densidad aparente, el aumento en los niveles de materia orgánica y la regulación del pH del suelo. Además, se destaca su contribución en la facilitación de las labores agrícolas mientras que al mismo tiempo mejora la estructura del suelo.

Número de hojas

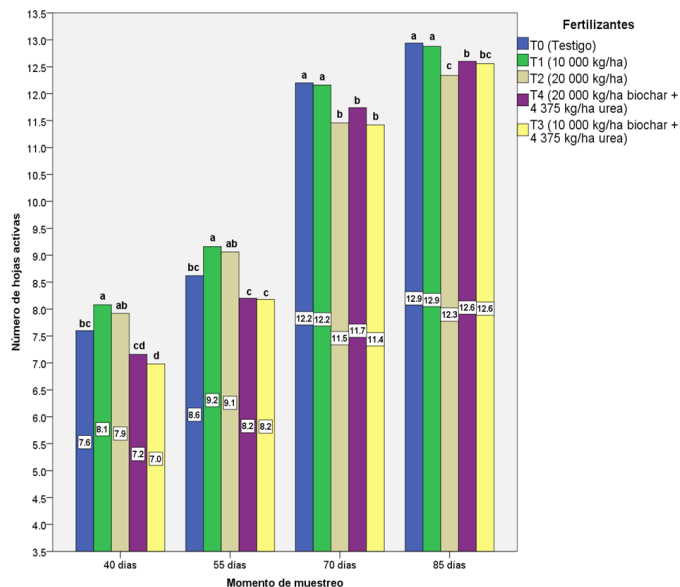
Tabla 3. Análisis de ANOVA para altura de planta

ANOVA					
Numero de hojas activas					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	79.506	4	19.876	3.604	.006
Dentro de grupos	5486.925	995	5.514		
Total	5566.431	999			

Fuente: Elaboración propia

Basándonos en el recuento de hojas a los 40 días, se manifestó una notoria diferencia significativa entre los tratamientos y el grupo de control al llegar a los 85 días. No obstante, es importante destacar que el T2 mostró una leve discrepancia, la cual revistió una significación considerable. Esta observación respalda la noción de que estos resultados ejercen una influencia directa en la cantidad de hojas, como resultado de la aplicación de los fertilizantes a base de biochar.

Figura 4. Número de hojas en efecto combinado de biochar y fertilizante químico en crecimiento y desarrollo



*Las letras diferentes indican diferencias estadísticas entre las dosis de biochar y fertilizante químico (Prueba de Duncan).

Basándonos en las investigaciones realizadas por (Morales y Martínez et al., 2018), se enfatiza la importancia fundamental de la aplicación de biochar, como lo demuestran de manera concluyente en sus estudios respectivos. Estos hallazgos respaldan la deducción de que los efectos resultantes son claramente beneficiosos para el crecimiento y desarrollo del cultivo.

CONCLUSIONES

Se determinaron los efectos de la combinación de un fertilizante químico y biocarbón en el crecimiento y desarrollo del cultivo de maíz, mediante un experimento de campo. Además, se pudo identificar los beneficios específicos de la fertilización química en el cultivo de maíz y se desarrollaron las dosis adecuadas de biocarbón para potenciar su desarrollo. Así mismo, se evaluó y comparó los distintos efectos que producen la fertilización química y el biocarbón en el cultivo del maíz. Los resultados coinciden con las conclusiones de (Martínez Reyes et al., 2018) sobre la eficacia de los biofertilizantes para mejorar el crecimiento de cultivos, especialmente cuando se aplican en la siembra. Esto también respalda el potencial beneficioso del biocarbón en el cultivo de maíz. Las observaciones de (Morales et al., 2021) sobre los efectos positivos del biocarbón en el crecimiento y rendimiento de cultivos se confirman en este estudio. La capacidad del biocarbón para mejorar la retención de humedad, influye en la densidad del suelo y aumenta la materia orgánica, como señalado por (Escalante et al., 2016), también se confirma aquí, respaldando aún más su utilidad en agricultura. Basado en estos resultados y en la evidencia de Morales, Martínez y Escalante, se destaca la importancia de promover la aplicación de biocarbón en la agricultura. Los hallazgos consistentemente positivos indican que sus efectos son beneficiosos para el crecimiento y desarrollo de cultivos. En última instancia, estas investigaciones apuntan hacia prácticas agrícolas más sostenibles y efectivas, con el potencial de abordar desafíos de seguridad alimentaria y producción agrícola en la actualidad.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abreu, E., Araujo, E., Rodríguez, S., Valdivia, A., Fuentes, L., & Pérez, Y. (2017). Efecto de la aplicación combinada de fertilizante químico y humus de lombriz en *Capsicum annum*. *Centro Agrícola*, 45(1). http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0253-57852018000100007
- Bernardi, A., Polidoro, J. C., Monte, M., Pereira, E., Oliveira, C., & Ramesh, K. (2016). Enhancing Nutrient Use Efficiency Using Zeolites Minerals—. *Advances in Chemical Engineering and Science*, 6, 295-304. https://www.scirp.org/pdf/ACES_2016081514514184.pdf
- Cruz, O. (2014). *Evaluación de nueva Generación de Variedades de Maíz, Tolerante a la Sequía, 2015.*, from Dirección de ciencia y tecnología agropecuaria: <https://dicta.gob.hn/files/Maiz-2015-021.pdf>
- Escalante, A., Pérez, G., Hidalgo, C., López, J., Campo, J., Valtierra, E., & Etchevers, J. (06 de 2016). Biocarbón (biochar) I: Naturaleza, historia, fabricación y uso en el suelo. *TERRA LATINOAMERICANA*, 34(3), 367-382. <https://www.scielo.org.mx/pdf/tl/v34n3/2395-8030-tl-34-03-00367.pdf>

- FAO. (2021). FAO. <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL/visualize>
- Gomez, E. (2021). *Efecto de la fertilización orgánica en dos híbridos de maíz (zea mays l.) con doble propósito, Parroquia el Morro - Guayas.*, from CIA - Centro de Información Agraria: [https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/GOMEZ%20QUIMI%20EVELYN%20NOHELIA\(1\).pdf](https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/GOMEZ%20QUIMI%20EVELYN%20NOHELIA(1).pdf)
- Iglesias, S., Orihuela, J., Salas, C., & Egüez, J. (28 de 03 de 2018). El rendimiento del maíz (*Zea mays L.*) mejora con el uso del biochar de eucalipto. *Scientia Agropecuaria*, 9(1). R http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2077-99172018000100003
- INAMHI. (2013). *INAMHI*. <https://drive.google.com/file/d/1mroZYqKlyNjouAj0nlGD75AO9vDkhNYS/view>
- Martínez, L., Aguilar, C., Carcaño, M., Galdámez, J., Gutiérrez, A., Morales, J., . . . Gómez, E. (2018, 02 14). Biofertilización y fertilización química en maíz (*Zea mays l.*) en Villaflores, Chiapas, México Martínez Reyes, Luc. *Biofertilización y fertilización química en maíz (Zea mays l.) en Villaflores, Chiapas, México*, 5(1). <https://www.re-dalyc.org/journal/6538/653868369003/653868369003.pdf>
- Montejo, D., Casanova, F., García, M., Oros, I., Díaz, V., y Díaz, E. (16 de 11 de 2017). Respuesta foliar y radical del maíz a la fertilización biológica-química en un suelo Luvisol. *Agronomía Mesoamericana*, 29(2), 325-341. <https://doi.org/https://doi.org/10.15517/ma.v29i2.29511>
- Morales, E., Arriaga, M., López, J., & Martínez, A. (05 de 02 de 2021). Urea (NBPT) una alternativa en la fertilización nitrogenada de cultivos anuales. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 10(8). https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342019000801875
- Muñoz, J., & Gonzalez, N. (07 de 11 de 2019). *RENDIMIENTO DE MAÍZ Y CANAVALIA EN MONOCULTIVO Y ASOCIACIÓN EN AGRICULTURA DE CONSERVACIÓN EN EL TRÓPICO HÚMEDO MEXICANO*. Repositorio Institucional UJAT: <https://ri.ujat.mx/handle/20.500.12107/3512>
- Pérez, C., Juárez, P., Anzaldo, J., Alia, I., Salcedo, E., y Balois, R. (29 de 06 de 2021). Beneficios potenciales del biocarbón en la productividad de cultivos agrícolas. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 12(4). <https://www.scielo.org.mx/pdf/remexca/v12n4/2007-0934-re-mexca-12-04-713.pdf>
- Ramos, F. (2013). *Maíz, trigo y arroz: los cereales que alimentan al mundo* (1 ed.). Universidad Autónoma de Nuevo León. <https://eprints.uanl.mx/3649/1/maiztrigoarroz.pdf>

Sánchez, S., Condo, A., Sisalima, P., Barrezueta, S., & Jaramillo, E. (2020, 05 08). Uso de Biocarbones en medios de cultivo para el crecimiento de *Trichoderma* spp. in Vitro. *Revista Metropolitana de Ciencias Aplicadas*, 3(2), 66-72. <https://remca.umet.edu.ec/index.php/REM-CA/article/view/267/300>

Tayyib, S. (21 de 01 de 2021). Índices de producción., from Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO): <https://www.fao.org/statistics/data-collection/en/>