



EFFECTO DEL BIOCARBÓN EN EL CULTIVO DE TOMATE RIÑÓN (*Solanum lycopersicum L.*), CHALTURA, ANTONIO ANTE.

Andrés Mauricio Chávez Estrada
amchavez@utn.edu.ec

Director
Ing. Miguel Alejandro Gómez Cabezas MSc.

Universidad Técnica del Norte
Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales

RESUMEN

A nivel mundial, existe una creciente preocupación por el declive de la calidad de los suelos. Varios reportes sugieren la adición de biochar o biocarbón, para incrementar la fertilidad del suelo y la productividad de los cultivos. Como enmienda del suelo, el biocarbón puede influir en gran medida sobre las propiedades químicas (pH y la Capacidad de Intercambio Catiónico). La presente investigación se realizó en la Granja Experimental “La Pradera” y tuvo como objetivo evaluar el efecto del biocarbón como enmienda combinado con dos tipos de fertilización: orgánica y química, sobre las propiedades químicas del suelo y el rendimiento del tomate riñón (*Solanum lycopersicum L.*) bajo invernadero. Las variables evaluadas fueron de materia seca, categoría de frutos y rendimiento ($t\ ha^{-1}$). Además, se realizó un análisis de composición química del suelo de cada UE para evaluar la variación del pH, la capacidad de intercambio (CIC), y los macro y micro nutrientes. Los rendimientos obtenidos para cada tratamiento fueron de 1137.52, 132.30, 140.85 y 138.69 $t\ ha^{-1}$ para FQ, FO, B+FQ, B+FO, respectivamente. En la CIC, el B+FQ (11.37 meq/100 g) y FO (11.30 meq/100 g) son similares entre sí, sin embargo, ambos tratamientos son superiores para B+FO y para FQ. El pH encontrado en la combinación de B+FQ (7.77) presenta la mayor concentración y muestra una ligera similitud al tratamiento de FO (7.70). Por otra parte, FQ (7.63) y B+FO (7.60) presentan valores muy similares entre sí. Al final, se concluyó, que el rendimiento, de los tratamientos con biocarbón, fueron superiores a su respectivo tratamiento de control. La CIC, obtuvo una variación positiva respecto al valor del análisis inicial de suelo, dicha variación se alteró únicamente en 1.47 u respecto al mejor tratamiento. El pH tuvo una variación notable en B+FQ, arrojando un 5,37% más respecto al análisis preliminar del suelo. De acuerdo a la relación B/C, todos los tratamientos obtuvieron una rentabilidad positiva. El FO obtuvo una mayor ganancia de 1.96, siendo superior al tratamiento FQ únicamente por 2.29 %. Sin embargo, los tratamientos de interés B+FQ y B+FO, fueron superados por 19.51% y 15.29%, respectivamente.

Palabras clave: biochar, pirólisis, degradación de suelo, intercambio catiónico.



EFFECT OF BIOCHAR IN THE CROP OF KIDNEY TOMATOES (*Solanum lycopersicum L.*), CHALTURA, ANTONIO ANTE.

Andrés Mauricio Chávez Estrada
amchavez@utn.edu.ec

Director
Ing. Miguel Alejandro Gómez Cabezas MSc

Universidad Técnica del Norte
Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales

ABSTRACT

Globally, there is growing concern about the decline in soil quality. Several reports suggest the addition of biochar, to increase soil fertility and crop productivity. As a soil amendment, biochar can greatly influence chemical properties (pH and Cation Exchange Capacity). The present investigation was carried out in the Experimental Farm "La Pradera" and aimed to evaluate the effect of biochar as an amendment combined with two types of fertilization: organic and chemical, on the chemical properties of the soil and the yield of kidney tomato (*Solanum lycopersicum L.*) in greenhouse. The variables evaluated were dry matter, fruit category and yield. In addition, an analysis of the chemical composition of the soil of each EU was carried out to evaluate the variation in pH, the capacity of cation exchange (ECC), and macro and micro nutrients. The yields obtained for each treatment were 1137.52, 132.30, 140.85 and 138.69 t ha⁻¹ for FQ, FO, B+FQ, B+FO, respectively. In CEC, B+FQ (11.37 meq 100 g⁻¹) and FO (11.30 meq 100 g⁻¹) are similar to each other, however, both treatments are superior for B+FO and for FQ. The pH found in the combination of B+FQ (7.77) presents the highest concentration and shows a slight similarity to the FO treatment (7.70). On the other hand, FQ (7.63) and B+FO (7.60) present very similar values to each other. In the end, it was concluded that the performance of the biochar treatments were superior to their respective control treatment. The ECC, obtained a positive variation with respect to the value of the initial soil analysis, this variation was only altered in 1.47 u with respect to the best treatment. The pH had a notable variation in B+FQ, showing 5.37% more compared to the preliminary analysis of the soil. According to the B/C ratio, all treatments obtained a positive return. The FO obtained a greater gain of 1.96, being superior to the FQ treatment only by 2.29%. However, the treatments of interest B+FQ and B+FO, were surpassed by 19.51% and 15.29%, respectively.

Keywords: biochar, pyrolysis, soil degradation, cation exchange.



1. INTRODUCCIÓN

Las enmiendas orgánicas son productos elaborados a base de residuos vegetales y animales, el uso de estos acondicionadores agrícolas tiene como objetivo mejorar la condición física y química del suelo, actuando como fuente de carbono y otros nutrientes. A su vez estimula y diversifica la biota edáfica creando así un medio adecuado para el crecimiento de las plantas (Molina, León y Chávez, 2015).

Dentro de estas enmiendas figuran ejemplos tales como residuos de cultivos, residuos de corral, como también productos que han pasado por un proceso de elaboración como el compost, bioles, vermicompost y el biocarbón o biochar. Esta última ha sido denominada como enmienda orgánica de nueva generación, por la relevancia que ha ganado debido a su creciente uso en los últimos años (Hernández, Ojeda, López y Arras, 2010).

El biocarbón o biochar es el producto de la descomposición térmica de materiales orgánicos (biomasa) con escaso o limitado suministro de oxígeno (pirólisis), a temperaturas generalmente de 300 a 700 °C y es utilizado normalmente como enmienda agrícola (Escalante et al., 2016).

La adición de biocarbón a suelos poco fértiles ha sido documentada con efectos positivos, como por ejemplo: disminuir la lixiviación de nitrógeno (N) (Suppadit, Phumkokrak, y Pongsuk, 2012); incrementar la absorción de N hasta en un 15% (Major, 2006); mejorar el pH de 4.8 a 5.9; el porcentaje de Materia Orgánica (MO) de 0.80 % a 1.90% y de 1.20 a 10.60 ppm el contenido de Fósforo (P) (Moscoso, Fiallos y Guzmán, 2015); En cuanto al rendimiento de cultivos, Liu, Zhang, Ji, Joseph y Bian (2013) realizaron un meta-análisis de datos sobre el efecto de la aplicación de biocarbón en la productividad de los cultivos con dosis aplicadas de generalmente 30 t ha⁻¹, la productividad de los cultivos aumentó en un promedio de 11.0 % con respecto al control no enmendado.

El uso adecuado de esta enmienda puede batallar con la equívoca actividad convencional de utilizar excesivamente fertilizantes y pesticidas químicos, que conjuntamente con la búsqueda de beneficios económicos a corto plazo, en un

sistema intensivo de producción (monocultivo), ha provocado la pérdida de la fertilidad, el abandono y posteriormente la degradación de muchos suelos (Hernández, García, Sanchez, Bernal y Carillo, 2014).

De modo que al conocer los efectos positivos que esta enmienda ejerce sobre el suelo y los rendimientos de diversos cultivos, el presente estudio evalúa el efecto que tiene el biocarbón sobre el cultivo de tomate riñón, en combinación con fertilización orgánica y fertilización química para determinar su influencia sobre las propiedades químicas del suelo y el rendimiento final.

2. METODOLOGÍA

En la presente investigación se evaluó Los factores de la aplicación de biocarbón como enmienda agrícola y el tipo de fertilización química y fertilización orgánica. Los tratamientos que se evaluaron en la investigación se presentan en la Tabla 1.

Tabla 1

Tratamientos del estudio

Nº	Descripción
T1	sin biocarbón + fertilización química
T2	sin biocarbón + fertilización orgánica
T3	con biocarbón + fertilización química
T4	con biocarbón + fertilización orgánica

Se realizó un diseño experimental de Bloques Completos al Azar (DBCA) con cuatro tratamientos y tres repeticiones con un total de 12 unidades experimentales. Las variables evaluadas fueron biomasa, el número de frutos por planta, peso promedio del fruto, rendimiento (kg ha⁻¹). Además, se realizó un análisis de composición química del suelo de cada unidad experimental para evaluar la variación del pH, la capacidad de intercambio (CIC), y los macro y micro nutrientes.

El experimento se llevó a cabo en el invernadero de la granja experimental La Pradera de la Universidad Técnica del Norte. El biocarbón se elaboró con la utilización de un horno artesanal



TLUD (Top-Lit UpDraft) de 55 galones, aproximadamente 200 litros, con el principio de pirólisis lenta y gasificación basado el diseño establecido por Thomas B. Reed's (2003).

El rendimiento teórico del biocarbón usando este método fue de 30%, por lo que para producir 105 kg de biocarbón se necesitaron 300 kg de biomasa. La materia prima a utilizada fue madera de pino (*Pinus spp.*), durante el proceso de carbonización la temperatura que se alcanzó, vario entre 400° C y 600 °C y la duración total del proceso fue de 5 horas.

La dosis aplicada de la enmienda biocarbón fue de 30 t ha⁻¹ (Shareef y Zhao, 2017), esta dosis corresponde al extremo máximo de recomendación, ya que en ensayo se estableció en macetas y se deseaba obtener un funcionamiento alto de la enmienda, Una vez realizada la adición de biocarbón, y los diferentes tipos de fertilización para cada tratamiento, se procedió a efectuar el trasplante de las plántulas de tomate riñón de la variedad Pietro, las plántulas tenían 28 días de germinación y poseían cuatro hojas verdaderas.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La presente investigación se realizó en Chaltura, cantón Antonio Ante, en la granja experimental La Pradera de la Universidad Técnica del Norte

3.1. Porcentaje de materia seca

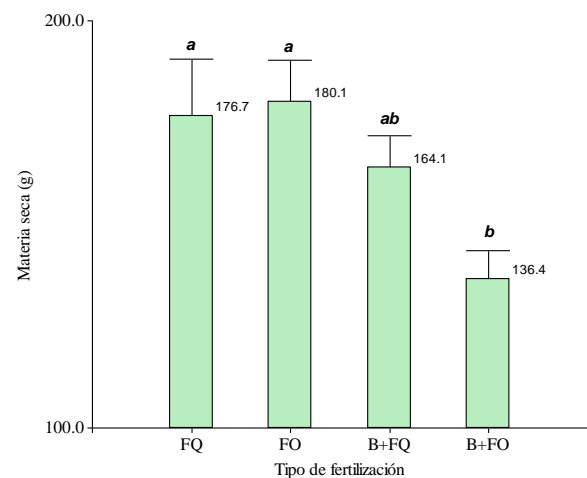
La distribución de la materia seca entre los diferentes órganos de la planta tiene un papel fundamental en la producción de un cultivo, ya que el rendimiento de este viene dado por la capacidad de acumular biomasa en los órganos que se destinan a la cosecha (Barrientos Llanos et al., 2015).

En la figura 1 se puede apreciar el efecto de la adicción de la enmienda biocarbón más la aplicación de los dos tipos de fertilización (química y orgánica) sobre el contenido final de materia seca del cultivo. El tratamiento de la fertilización orgánica arrojó el mayor contenido de materia seca (180.1 g). Posteriormente, el de fertilización química indica un valor de 176.7 g, colocándose únicamente por 3.4 g por debajo del mejor tratamiento. Sin embargo, la aplicación de la enmienda biocarbón más el fertilizante

químico (164.1 g) presenta una diferencia menor poco notable de 16 g respecto al mejor tratamiento. Cabe recalcar que el biocarbón más la fertilización orgánica obtuvo únicamente 136.4 g, lo que sugiere que se necesita una mayor nutrición para alcanzar valores más altos respecto al contenido de materia seca.

Figura 1

Contenido de materia seca por cada tratamiento



En general, los valores del contenido de MS obtenidos en la investigación estuvieron por debajo de los 397.9 g de materia seca por planta reportados por Fayad et al. (2001) en condiciones de ambiente protegido (invernadero); Sin embargo, estos mismo valores superan los 166.4 g por planta obtenidos por Alemán Pérez et al. (2016) en un estudio del cultivo del tomate en Invernadero con manejo agroecológico en las condiciones de la Amazonía Ecuatoriana. Del mismo modo, los 179.8 g por planta a los 120 días después del trasplante propuestos por Barrientos Llanos et al. (2015), se muestran en el mismo rango de los datos evaluados en el presente estudio.

3.2. Rendimiento

La figura 2 se puede observar que los tratamientos B+FQ, B+FO y FQ obtuvieron un mayor rendimiento por parcela neta que FO. Cabe destacar que este rendimiento fue similar para los tres tratamientos, alcanzando



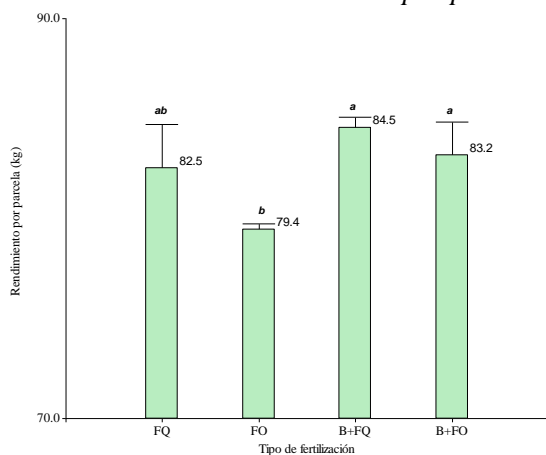
83.40 kg por parcela neta para B+FQ, 83.20 kg para B+FO y 82.50 para FQ, Es decir, los tres tratamientos obtuvieron 83.85 kg en promedio. Como consecuencia, dicho valor fue superior únicamente en 5% para el tratamiento de fertilización orgánica.

Los rendimientos obtenidos para cada tratamiento fueron de 1137.52, 132.30, 140.85 y 138.69 t ha⁻¹ para FQ, FO, B+FQ, B+FO, respectivamente. Dichos valores son altamente superiores al rendimiento reportado por Guo L, et al. (2021) de 85.91 t ha⁻¹, en donde se utilizó la misma dosis de biocarbón (30 t ha⁻¹), en ambiente protegido y 170 kg de nitrógeno como base de fertilización. Sin embargo, es necesario acotar que el autor evidencio una alta variación del rendimiento del tratamiento en que se usó biocarbón (85.91 t ha⁻¹), respecto al tratamiento de solo fertilización química (56.52 t ha⁻¹), siendo superior en 51.99%. Por lo que se deduce que el biocarbón sigue la tendencia esperada al elevar el rendimiento y la producción de los cultivos. En la presente investigación tanto la fertilización química y la fertilización orgánica en adición de biocarbón siguen en mismo comportamiento, siendo superiores a su respectivo tratamiento de control al menos en 2.42%.

Las diferencias observadas en el rendimiento muestran similitudes con otro estudio, en el cual se utilizó biocarbon a base de cascarilla de trigo, donde se obtuvo un rendimiento de 114 t ha⁻¹ en tomate (Maienza et al., 2015), de igual manera Barrientos Llanos et al. (2015) presento un rendimiento de 22.6 kg m⁻².

Figura 2

Rendimiento de cada tratamiento por parcela



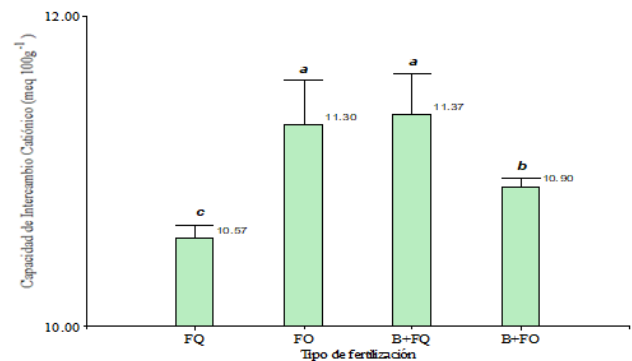
3.3. Composición química del suelo

– Capacidad de intercambio catiónico (CIC)

En la Figura 3 se puede apreciar la capacidad de intercambio catiónico (CIC) evaluada en los diferentes tipos de fertilización, observando que B+FQ (11.37 meq 100 g⁻¹) y FO (11.30 meq 100 g⁻¹) son similares entre sí y se encuentran dentro del mismo rango. Sin embargo, ambos tratamientos son superiores para B+FO y para FQ. A su vez B+FO es superior a FQ en 3.12%.

Figura 3

Capacidad de intercambio catiónico expresado en los tratamientos.



El biocarbón por lo general incrementa la capacidad de intercambio catiónico (CIC) y, por lo tanto, la retención de NH⁴⁺, K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, debido a que su elevada superficie específica, alta carga superficial negativa y elevada densidad de carga (Escalante, 2016).

Así mismo, Jien y Wang (2013) evaluaron el biocarbón sobre las propiedades del suelo y la erosión potencial en un suelo altamente degradado, mencionan que capacidad de intercambio catiónico mejoro de 7.41 a 10.8 cmol kg⁻¹ utilizando una dosis de aplicación de 5% (p / p).

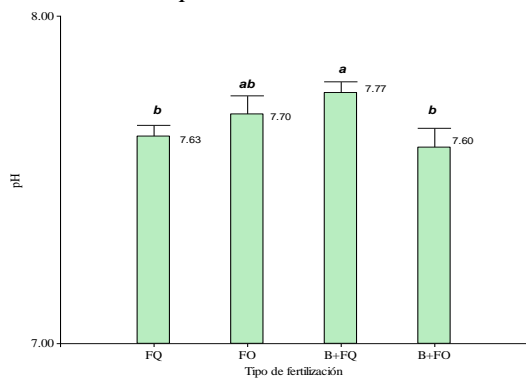
La CIC en la presenta investigación, obtuvo una variación positiva respecto al valor del análisis inicial de suelo (9.9 meq 100 g⁻¹). Sin embargo, dicha variación se alteró únicamente en 1.47 u respecto al mejor tratamiento. No obstante, se pudo evidenciar que el biocarbón si cumple su función de elevar la CIC.

– pH

La Figura 4 indica la relación del pH y el tipo de fertilización evaluados en el cultivo de tomate riñón bajo invernadero. El pH encontrado en la combinación de B+FQ (7.77) presenta la mayor concentración y muestra una ligera similitud al tratamiento de FO (7.70). Por otra parte, FQ (7.63) y B+FO (7.60) presentan valores muy similares entre sí, ambos tratamientos al igual que B+FQ comparten similitud en sus valores al tratamiento FO. En términos generales los resultados se muestran dentro del rango de valores comprendido de 7.60 a 7.77.

Figura 4

Evaluación del pH en los tratamientos



La mayoría de los biocarbones son alcalinos (pH >7) y dependiendo de la dosis aplicada al suelo, pueden ejercer un efecto de encalado sobre el mismo (Lehmann y Joseph, 2009). Corroborando a lo anterior, Chintala et al. (2014) evaluaron el efecto del biocarbón a base de rastrojo de maíz (*Zea mays L.*) y pasto varilla (*Panicum virgatum L.*) sobre las propiedades químicas del suelo ácido, aplicando una dosis de 104 t ha⁻¹ para ambos tratamientos; obteniendo que cada enmienda aumento el pH del suelo respecto al control no enmendado: de 4.78 a 5.77 para el biocarbón de rastrojo de maíz y a 5.52 para el biocarbon de pasto varilla.

– Nitrógeno (N)

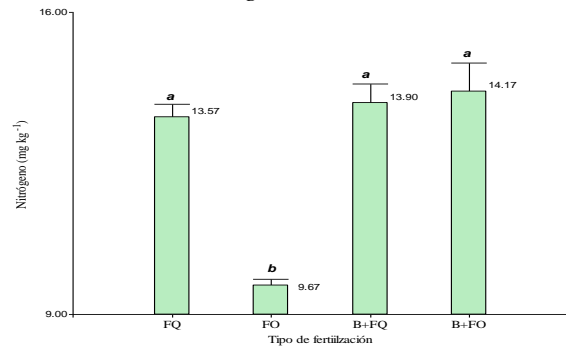
muestra el contenido residual de nitrógeno a nivel de suelo, después de la extracción de nutrientes, para cada tratamiento evaluado. El

tratamiento de fertilización química (13.57 mg kg⁻¹) comparte una alta similitud tanto con la combinación de biocarbón más la fertilización química (13.90 mg kg⁻¹), como con la combinación de biocarbón más la fertilización orgánica (14.17 mg kg⁻¹). Es decir, los tres tratamientos están dentro del mismo rango de valores, obteniendo un valor promedio de 13.88 mg kg⁻¹, dicho valor es superior al tratamiento de solo fertilización orgánica (9.67 mg kg⁻¹) en 43.54%.

Cabe recalcar que, para la presente investigación, mientras mayor sea el valor del contenido de nutrientes encontrados en el suelo, significa menor cantidad del nutriente absorbido por las plantas al momento de muestreo.

Figura 5

Evaluación del nitrógeno en los tratamientos



Los resultados muestran que el N encontrado en FO es altamente inferior a los demás tratamientos, Hernández Rodríguez et al., (2010) explican que dicho abono es uno de los abonos orgánicos con mayor tasa de mineralización. Esto la hace una excelente fuente para el aporte de N a los cultivos, pues tan solo en tres semanas el nitrógeno orgánico de la gallinaza se mineraliza en un 75 % aproximadamente. Al comparar dichos datos, con su tratamiento de control B+FO, se puede evidenciar que existe una retención del N para su gradual liberación posteriormente. Tal y como establece Zheng et al., (2013) que la adición de biocarbón puede mejorar la biodisponibilidad de N en los suelos agrícolas. Por lo tanto, la reducción de N la lixiviación y el aumento de la retención y biodisponibilidad de N en los suelos agrícolas pueden reducir potencialmente la demanda de



fertilizantes nitrogenados para el crecimiento de los cultivos.

4. CONCLUSIONES

- Respecto al rendimiento del cultivo, los tratamientos de interés que contenían la enmienda biocarbón, fueron superiores a su respectivo tratamiento de control. La evidencia más clara se pudo denotar en los tratamientos de fertilización orgánica, el tratamiento B+FO fue superior a FO en 4.56%.
- La capacidad de intercambio catiónico, obtuvo una variación positiva respecto al valor del análisis inicial de suelo. Sin embargo, dicha variación se alteró únicamente en 1.47 u respecto al mejor tratamiento. No obstante, se pudo evidenciar que el biocarbón si cumple su función de elevar la CIC
- El pH tuvo una variación notable en el tratamiento de la combinación de la enmienda biocarbón más la fertilización química, arrojando un 5,37% más respecto al análisis preliminar del suelo. Asegurando un efecto de encalado sobre el mismo.
- Al evaluar el nitrógeno residual a nivel de suelo, se evidencio que, en los tratamientos de fertilización orgánica, existe una retención del N para su gradual liberación posteriormente, al momento de agregar la enmienda biocarbón.
- De acuerdo en los resultados estadísticos obtenidos, al presentarse diferencias entre tratamientos se acepta la hipótesis alternativa: “El uso de biocarbón combinado con la fertilización química mejorará la capacidad de intercambio catiónico (CIC), el pH y la biodisponibilidad de nutrientes e incrementará el rendimiento en el cultivo de tomate riñón (*Solanum lycopersicum L*)”.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

AAIC. (2003). *El cultivo de tomate riñón en invernadero*. Quito: Asociación de Agrónomos Indígenas del Cañar AAIC - Editorial Ayala.

Aker Narváez, C. E., Soto, G., Imbach, A., Castillo, X., y Garro, F. (2014). Efecto de la aplicación de biocarbón, gallinaza y fertilizantes sintéticos en la retención de humedad y otras características del suelo en el rendimiento de maíz (*Zea mays*), en tres texturas de suelo en León, Nicaragua. *Catie*, 66, 15–33.

Akhtar, K., Khan, Z., y Zain, M. (2016). Biochar como mejorador de suelos, *Technology Times*.

Alarcón, I. (2018, junio 22). La mitad de las tierras en Ecuador muestran signos de degradación. *El Comercio*. <https://www.elcomercio.com/tendencias/ambiente/degradacion-suelo-planetaeideas-ecuador-desertificacion.html>

Alburquerque, J., Calero, J., Barrón, J., Torrent, J., Del Campillo, M., Gallardo, A., y Villar, R. (2013). Effects of biochars produced from different feedstocks on soil properties and sunflower growth. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 1–10. doi:10.1002/jpln.201200652

Alcañiz Baldellou, J., y Abenza, D. (2012). *Evaluación de efectos de varios tipos de biochar en suelo y planta*. Barcelona: Tesis Doctoral - CREAM Centro de Investigación Ecológica y Aplicaciones Forestales - Universidad Autónoma de Barcelona.

Alemán Pérez, R. D., Domínguez Brito, J., Rodríguez Guerra, Y., y Soria Re, S. (2016). Indicadores morfológicos y productivos del cultivo del tomate en Invernadero con manejo agroecológico en las condiciones de la Amazonía Ecuatoriana. *Centro Agrícola*, 43(1), 71–76.

Alonso Gómez, L., Cruz Domínguez, A., Jiménez Madrid, D., y Ocampo Duran, Á. (2016). Biochar como enmienda en un oxisol y su efecto. *Revista U.D.C.A Actualidad y Divulgación Científica*, 19(2), 341–349.

Amonette, J. (2009). An introduction to biochar: Concept, processes, properties, and applications. *Harvesting Clean Energy 9. Special Workshop*.

Arbolea, J. (2019). Solarización: una técnica de manejo integrado de malezas y plagas en horticultura. In *INIA Serie técnica*. <https://doi.org/10.35676/inia/st.245>

Balta, R. (2019). El carbon activado y el biocarbon en la asimilacion del cadmio por el tomate. *Unalam*. <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/3874/balta-crisologo-rafael-ananias.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Bárbaro, L. A., Karlanian, M. A. y Mata, D. A. (2013). Importancia del pH y la conductividad eléctrica (CE) en los para la planta. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. INTA.



- Barrientos Llanos, H., del Castillo Gutiérrez, C. R., y García Cárdenas, M. (2015). Análisis De Crecimiento Funcional, Acumulación De Biomasa Y Translocación De Materia Seca De Ocho Hortalizas Cultivadas En Invernadero. *Revista de Investigación e Innovación Agropecuario y de Recursos Naturales*, 2(1), 76–86.
- CENTA. (2005). *Guía Técnica - Cultivo de Tomate*. El Salvador: Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal (CENTA).
- Chintala, R., Mollinedo, J., Schumacher, T. E., Malo, D. D., y Julson, J. L. (2014). Effect of biochar on chemical properties of acidic soil. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 60(3), 393–404. <https://doi.org/10.1080/03650340.2013.789870>
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe. (2010). *Más de 60% de las tierras en algunos países podrían degradarse en el 2100*. Quito: CEPAL.
- Curt, M.D. 2010. Nutrición mineral y fertilización. *Enciclopedia Práctica de la Agricultura y la Ganadería*. Barcelona. ES. Editorial Océano. p. 79
- Escalante Rebolledo, Ariadna Pérez López, Guadalupe Hidalgo Moreno, C., López Collado, J., Campo Alves, J., y Valtierra Pacheco, Esteban Etchevers Barra, J. D. (2016). Biobarbon (Biochar) I Naturaleza, fabricación y uso en el suelo. *Red de Revistas Científicas de América Latina, Volumen 34, Numero 3*, 367–382.
- Downie, A., Crosky, A., y Munroe, P. (2009). Physical properties of biochar. *Biochar for environmental management: Science and technology*. Earthscan. London, UK., pp. 13-30.
- FAO. (2013). *Cultivo de tomate con buenas prácticas agrícolas en la agricultura urbana y periurbana*. Paraguay: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.
- GAD Municipal de Antonio Ante. (2011). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial 2011-2031 Del Cantón Antonio Ante*. Atuntaqui: Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo.
- Gabriel, J., Castro, C., Valverde, A., & Indacochea, B. (2017). Diseños Experimentales, Teoría y práctica para experimentos agropecuarios. In *Grupo COMPAS, Universidad Estatal del Sur de Manabí (UNESUM)* (Primera).
- Garrido Valero, M. S. (2005). Interpretación y análisis de suelos. *Investigaciones Geográficas*, 1(4). <https://doi.org/10.14350/rig.58865>
- Guo L, Yu H, Kharbach M, Zhang W, Wang J, N. W. (2021). El biocarbón mejora la planta de tomate del suelo, la producción de tomate y los beneficios económicos con la aplicación reducida de nitrógeno en el noroeste de China. *Plants (Basel)*, 7(4). doi: 10.3390/plants10040759.
- Hernández Rodríguez, O. A., Ojeda Barrios, D. L., Lopez Diaz, J. C., & Arras Vota, A. M. (2010). Abonos orgánicos y su efecto en las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. *Tecnociencia Chihuahua*, IV(1), 1–6.
- Hernández, M., García, C., Sánchez, F., Bernal, M., y Carillo, R. (2014). *De Residuo a Recurso: El camino hacia la sostenibilidad*. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa.
- Heuvelink, E. (2005). Tomatoes. *Crop Production Science in Horticulture CAB International*.
- Hunt, R., Causton, D. R., Askew, B., y Shipley, A. P. (2002). A Modern Tool for Classical Plant Growth Analysis. *Annals of Botany* 90, (July), 485–488. [hdoi.org/10.1093/aob/mcf214](https://doi.org/10.1093/aob/mcf214)
- INIA. (2017). *Manual de cultivo del tomate bajo invernadero*. Santiago - Chile: Instituto de Investigaciones Agropecuarias - Boletín INIA N° 12, ISSN 0717 - 4829.
- INIAP. (2002). *Recomendaciones de fertilización y nutrición de cultivos*. Boletín Técnico N° 01. Quito: Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias.
- Jaramillo, J., Rodríguez, V., Guzmán, M., Zapata, M., y Rengifo, T. (2007). *Manual Técnico de Buenas Prácticas Agrícolas en la producción de tomate bajo condiciones protegidas*. Antioquia - Colombia: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, FAO. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria -CORPOICA-, Centro de Investigación La.
- Jien, S. H., y Wang, C. S. (2013). Effects of biochar on soil properties and erosion potential in a highly weathered soil. *Catena*, 110, 225–233. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2013.06.021>
- Klose, W., Rincón, S., y Gómez, A. (2011). *Gasificación de biomasa residual de procesamiento agroindustrial*. Kassel, Alemania: Universidad de Kassel.
- Lehmann, J., y Joseph, S. (2009). Biochar for environmental management. *Science and technology*. Earthscan. UK-USA.
- Liu, X., Zhang, A., Ji, C., Joseph, S., y Bian, R. (2013). Biochar's effect on crop productivity and the dependence on experimental conditions—a meta-analysis of literature data. *Plant and Soil*, 373(1-2),
- Maienza, A., Baronti, S., Pusceddu, E., Cornali, S., Di Lonardo, S., Genesio, L., Vaccari, F. P., Pozzi, A., Ranieri, R., & Miglietta, F. (2015). The biochar - A solution to enhance processing tomato production. *Acta Horticulturae*, 1081, 209–214.



- Major, J. (2006). *El Biocarbón: Una herramienta para el manejo sostenible de suelos y la producción de energía*. 20–24.
- McLaughlin, H. (2010). 1G Toucan TLUD for Biochar Production. *Alterna Biocarbon Inc.*
- Ministerio del Ambiente. (2014). “*Reporte de la Huella Ecológica Nacional y Sectorial del Ecuador – Año 2013*”. QUITO: MAE.
- Molina, V., León, J., y Chávez, R. (2015). Efecto de la aplicación de enmiendas orgánicas, como complemento a la fertilización química en la producción de pimiento (*Capsicum annum L.*), en la zona de Babahoyo. Babahoyo - Ecuador: European Scientific Journal. <https://doi.org/10.19044/esj.2017.v13n9p289>
- Montoya, J., y Cámara, M. (1996). *La planta y el vivero forestal*. España: Ediciones Mundi– prensa. 127 P.
- Morales, C. (2012). *Los costos de la inacción ante la desertificación y degradación de las tierras en escenarios alternativos de cambio climático*. Quito: CEPAL.
- Moscoso Gómez, E., Fiallos Ortega, R. L., y Guzmán Chinlle, D. L. (2015). Efecto de diferentes niveles de carbón vegetal en la producción de una mezcla forrajera de *medicago sativa* (alfalfa) *lolium perenne* (rye grass) y *trifolium repens* (trébol blanco). *N Revista de Investigación Talentos II*, (2), 28–38.
- Muñoz, C., Gongora, S., y Zagal, E. (2016). Use of Biochar As a Soil Amendment: a Brief Review. *Chilean Journal of Agricultural and Animal Sciences*, 32(Special Issue 1), 37–47.
- Olmo, M., Lozano, A. M., Barrón, V., & Villar, R. (2016). Spatial heterogeneity of soil biochar content affects soil quality and wheat growth and yield. *Science of the Total Environment*, 562, 690–700. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.04.089>
- Omaña, H. G., & Peña, H. (2015). Acumulación de materia seca y balance de nutrientes en tomate (*Solanum lycopersicum L.*) cultivado en ambiente protegido. *Bioagro*, 27(2), 111–120.
- Poluektov, R. A., & Topazh, A. G. (2005). *Calculation of the Root / Shoot Ratio in the Models of Higher Plant Organogenesis*. 52(5), 685–686.
- Shareef, T. M. E., & Zhao, B. (2017). Review Paper: The Fundamentals of Biochar as a Soil Amendment Tool and Management in Agriculture Scope: An Overview for Farmers and Gardeners. *Journal of Agricultural Chemistry and Environment*, 06(01), 38–61. <https://doi.org/10.4236/jacen.2017.61003>
- SIPA. (2021). *Sistema de Información Pública Agropecuaria del Ecuador*. Obtenido de http://sipa.agricultura.gob.ec/boletines/situaciones/2021/boletin_situacional_tomate_rinon_2021.pdf
- Suppadit, T., Phumkokrak, N., & Pongsuk, P. (2012). The Effect of using Quail Litter Biochar on Soybean (*Glycine max L. Merr.*) Production. *Chilean Journal of Agricultural Research*, 72(2), 244–251. <https://doi.org/10.4067/S0718-58392012000200013>
- Tjalling, H. (2003). *Guía de Manejo: Nutrición Vegetal de especialidad Tomate*. Santiago de Chile: Sociedad Química y Minera de Chile (SQM).
- Varela, A. (2018). Estudio de la producción y comercialización del tomate riñón (*Lycopersicon esculentum*) en el cantón Pimampiro, de la Provincia de Imbabura. [Tesis profesional. Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales. Universidad Técnica del Norte.
- Zheng, H., Wang, Z., Deng, X., Herbert, S., & Xing, B. (2013). Impacts of adding biochar on nitrogen retention and bioavailability in agricultural soil. *Geoderma*, 206, 32–39. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2013.04.018>
- Zulfiqar, U., Maqsood, M., Rasul, F., y Ali, L. (4 de October de 2015). *Biochar: A vital soil amendment for degraded land*. Obtenido de Technology Times.