

01

Fecha de presentación: septiembre, 2019

Fecha de aceptación: noviembre, 2019

Fecha de publicación: diciembre, 2019

EVALUACIÓN DE LA MINERALIZACIÓN DE BIOCHAR SOBRE PARÁMETROS QUÍMICOS DEL SUELO EN DOS TIEMPOS DE INCUBACIÓN

EVALUATION OF BIOCHAR MINERALIZATION ON SOIL CHEMICAL PARAMETERS IN TWO INCUBATION TIMES.

Jaime Andrés Cuenca Rivera¹

E-mail: andrew162010@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1931-3309>

José Nicasio Quevedo Guerrero¹

E-mail: jquevedo@utmachala.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8974-5628>

Rigoberto Miguel García Batista¹

E-mail: rmgarcia@utmachala.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2403-0135>

¹Universidad Técnica de Machala. Ecuador

Cita sugerida (APA, sexta edición)

Cuenca Rivera, J. A., Quevedo Guerrero, J. N., & García Batista, R. M. (2019). Evaluación de la mineralización de biochar sobre parámetros químicos del suelo en dos tiempos de incubación. *Revista Científica Agroecosistemas*, 7(3), 6-11. Recuperado de <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes>.

RESUMEN

El presente trabajo tuvo como objetivo determinar el efecto de la mineralización de biochar sobre parámetros químicos del suelo en función del tiempo. La investigación se ejecutó en el laboratorio de suelos de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Machala. El experimento se desarrolló bajo un diseño completamente al azar en donde se evaluaron cinco tratamientos con cuatro repeticiones en dos tiempos de incubación. Para analizar los datos se empleó un ANOVA con modelo lineal general univariante utilizando la prueba de rangos múltiples de Duncan, para verificar si existió diferencia significativa entre los tratamientos en tiempos de incubación de 30 y 60 días. El análisis se llevó a cabo con el paquete estadístico IBM – SPSS Statistics editor de datos versión 24 de prueba para Windows y se utilizó una confiabilidad del 95% ($\alpha=0.05$). Los resultados obtenidos demostraron que la aplicación de biochar produjo cambios significativos en los parámetros químicos del suelo. El pH tuvo un incremento mayor a los 30 días en comparación con los tratamientos sometidos a 60 días, en donde éste se redujo levemente.

Palabras clave:

Mineralización, incubación, biochar, tiempo, parámetros químicos.

ABSTRACT

The present work aimed to determine the effect of biochar mineralization on chemical parameters of the soil as a function of time. The research was carried out in the soil laboratory of the Faculty of Agricultural Sciences of the Technical University of Machala. The experiment was carried out under a completely randomized design where five treatments were evaluated with four repetitions in two incubation times. To analyze the data, an ANOVA with a general univariate linear model was used using the Duncan multiple range test, to verify if there was a significant difference between the treatments at incubation times of 30 and 60 days. The analysis was carried out with the statistical package IBM - SPSS Statistics data editor version 24 trial for Windows and a 95% reliability was used ($\alpha = 0.05$). The results obtained showed that the application of biochar produced significant changes in the chemical parameters of the soil. The pH had an increase greater than 30 days compared to treatments submitted to 60 days, where it was slightly reduced.

Keywords:

Mineralization, incubation, biochar, time, chemical parameters.

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de investigación se basó en la incubación de biochar, que se desarrolló bajo condiciones de laboratorio, para lo cual se creó condiciones de humedad, atmósfera y temperatura mediante una incubadora artesanal, para evaluar los efectos de la mineralización del biochar sobre parámetros químicos del suelo en dos tiempos de incubación de 30 y 60 días.

La investigación se desarrolla ante la problemática de la degradación del suelo que se ha generado durante los últimos 50 años, como resultado de la sobreexplotación agrícola, el cambio climático y el monocultivo a gran escala. Esto genera que sus propiedades físicas, químicas y biológicas se deterioren, provocando una disminución en la fertilidad y escasa actividad microbiana, lo que genera bajos rendimientos de los sistemas agrícolas (Leyva, Baldoquin & Reyes, 2018).

La aplicación de fertilizantes químicos a corto plazo ha sido efectiva para mitigar las deficiencias de nutrientes, pero a su vez el uso indiscriminado de éstos ha contribuido a la degradación del suelo. Razón por la cual se hace imperante la implementación de alternativas orgánicas que mantengan o mejoren las propiedades de los suelos, para evitar que éstas se degraden durante la explotación agrícola (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2013).

El biochar es un producto orgánico conocido desde la antigüedad, que hoy en día ha despertado el interés de muchos investigadores científicos que buscan perfeccionar su uso y estudiar sus bondades para beneficiar a la agricultura (De Jesús, 2018). Su aplicación ofrece beneficios variados, entre ellos: mejorar la fertilidad, cumple la función sumidero de carbono, mitigando los gases de efecto invernadero, mayor retención de agua, corrige el pH del suelo, además de reducir la pérdida de nutrientes, pues su carga negativa retiene los cationes, liberándolos lentamente, evitando las pérdidas de fertilizantes por lixiviación y volatilización (Herrera, 2018).

En este contexto, la marcada degradación del suelo en los últimos años ha direccionado a buscar alternativas orgánicas que mitiguen los problemas relacionados a este fenómeno, siendo necesario realizar un estudio donde se determinen los efectos de la mineralización del biochar sobre parámetros químicos del suelo en tiempos de incubación de 30 y 60 días.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo se llevó a cabo en el Laboratorio de Suelos de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Machala, ubicada en la Av. Panamericana km 5,5 vía Machala-Pasaje, parroquia El Cambio, provincia de El Oro – Ecuador.

Clima y ecología, La investigación se efectuó dentro de la zona de vida de Holdridge y el mapa ecológico del Ecuador, presentado temperaturas medias anuales de 24 a 25 °C, precipitaciones anuales de 400 a 500 mm y heliofanía de 2 a 3 horas diaria, correspondiente a un bosque seco – tropical.

Metodología experimental, El experimento se desarrolló bajo un diseño completamente al azar en donde se evaluaron cinco tratamientos con cuatro repeticiones y dos tiempos de incubación (Tabla 1). Cada unidad experimental contó con 300 g de suelo molido y tamizado, las cuales se sometieron a incubación de laboratorio con dosis de biochar de 5, 10, 15 y 20 g. La incubación se ejecutó bajo una temperatura de 27 °C manteniendo el suelo a capacidad de campo durante tiempos de incubación de 30 y 60 días.

Tabla 1. Tratamientos, repeticiones, tiempos de incubación y dosis de biochar utilizadas.

Tratamientos	Repeticiones	Tiempos de incubación	Etiquetas	Contenido
T0	4	2	T0R1t1, T0R2t1, T0R3t1, T0R4t1. T0R1t2, T0R2t2, T0R3t2, T0R4t2.	Testigo
T1	4	2	T1R1t1, T1R2t1, T1R3t1, T1R4t1. T1R1t2, T1R2t2, T1R3t2, T1R4t2.	Suelo (300 g) + Biochar (5 g)
T2	4	2	T2R1t1, T2R2t1, T2R3t1, T2R4t1. T2R1t2, T2R2t2, T2R3t2, T2R4t2.	Suelo (300 g) + Biochar (10 g)
T3	4	2	T3R1t1, T3R2t1, T3R3t1, T3R4t1. T3R1t2, T3R2t2, T3R3t2, T3R4t2.	Suelo (300 g) + Biochar (15 g)
T4	4	2	T4R1t1, T4R2t1, T4R3t1, T4R4t1. T4R1t2, T4R2t2, T4R3t2, T4R4t2.	Suelo (300 g) + Biochar (20 g)

Valores iniciales, Los valores iniciales del experimento para tiempos de incubación de 30 días (Tabla 2) y 60 días (Tabla 3) se presentan a continuación:

Tabla 2. Valores iniciales para tiempo de incubación de 30 días.

TRATAMIENTO	REPETICIÓN	TIEMPO DE INCUBACIÓN	pH	C.E. (us cm ⁻¹)	MO (%)	Amonio (ppm)
T0	1	30 días	7.412	630	1.100	30
T0	2	30 días	7.356	621	1.055	31
T0	3	30 días	7.523	614	1.012	30

T0	4	30 días	7.452	623	1.046	32
T1	1	30 días	7.405	612	1.112	28
T1	2	30 días	7.521	624	1.123	31
T1	3	30 días	7.372	632	1.132	30
T1	4	30 días	7.523	623	1.125	33
T2	1	30 días	7.356	615	1.143	30
T2	2	30 días	7.574	610	1.140	33
T2	3	30 días	7.462	634	1.138	31
T2	4	30 días	7.531	632	1.146	32
T3	1	30 días	7.472	621	1.143	31
T3	2	30 días	7.53	608	1.139	33
T3	3	30 días	7.594	623	1.141	33
T3	4	30 días	7.498	644	1.147	30
T4	1	30 días	7.512	635	1.149	31
T4	2	30 días	7.324	627	1.147	34
T4	3	30 días	7.586	648	1.151	33
T4	4	30 días	7.579	643	1.154	31

Tabla 3. Valores iniciales para tiempo de incubación de 60 días.

TRATA-MIENTO	REPETICIÓN	TIEMPO DE INCUBACIÓN	pH	C.E. (us cm ⁻¹)	MO (%)	Amo-nio (ppm)
T0	1	60 días	7.445	622	1.089	30
T0	2	60 días	7.321	615	1.110	31
T0	3	60 días	7.512	620	1.056	30
T0	4	60 días	7.456	610	1.091	30
T1	1	60 días	7.473	622	1.114	32
T1	2	60 días	7.51	630	1.112	31
T1	3	60 días	7.312	623	1.125	31
T1	4	60 días	7.556	613	1.136	29
T2	1	60 días	7.421	630	1.137	30
T2	2	60 días	7.598	631	1.142	32
T2	3	60 días	7.565	610	1.145	31

T2	4	60 días	7.565	614	1.136	31
T3	1	60 días	7.424	640	1.140	31
T3	2	60 días	7.574	606	1.147	30
T3	3	60 días	7.572	611	1.145	33
T3	4	60 días	7.476	622	1.138	33
T4	1	60 días	7.568	642	1.153	32
T4	2	60 días	7.452	640	1.154	32
T4	3	60 días	7.525	635	1.430	31
T4	4	60 días	7.584	633	1.147	33

Características del suelo, en la Tabla 4 se describen las características del suelo utilizado para el experimento.

Tabla 4. Características físicas y químicas del suelo tomadas a profundidad de 0-30cm.

Componentes	Resultados
Clase textural	Franco Limosa
Densidad real	2,083 (g cm ⁻¹)
Densidad aparente	1,47 (g cm ⁻¹)
Porosidad	29,43%
pH	7,236
M.O.	1,10%
Conductividad eléctrica	610 us cm ⁻³

Características del biochar, se utilizó biochar procedente de raquis de banano cuyos componentes se presentan en la Tabla 5.

Tabla 5. Componentes del biochar de raquis de banano.

Componentes	Resultados
pH	9,7
M.O.	6,21%
C	3,6%
N	0,79%
C/N	4,56

Variables evaluadas, Se realizó la evaluación de las siguientes variables, **pH** y **conductividad eléctrica**. Para determinar el pH y la conductividad eléctrica se utilizó el método potenciométrico siguiendo los siguientes pasos.

1. Se mide una proporción de 1:2,5 de muestra de suelo seca y tamizada y agua destilada (10 ml y 25 ml respectivamente), depositando la mezcla en un vaso de plástico.

2. Se agita la mezcla por 3 minutos y luego se deja en reposo por 30 minutos.

3. A continuación, se registra el valor del pH con la ayuda del potenciómetro y la conductividad eléctrica con el conductímetro.

Materia orgánica, Para determinar el porcentaje de materia orgánica se utilizó el método de ignición (Robinson, 1927) siguiendo los siguientes pasos:

1. Pesarse un crisol limpio y seco, identificándolo con lápiz de grafito.

2. Pesarse exactamente 10 g de muestra de suelo tarando el crisol.

3. Colocar el crisol en la mufla a 600 °C durante 5 minutos.

4. Sacar el crisol de la mufla y colocar dentro del desecador hasta que se enfríe.

5. Pesarse el crisol con la muestra de suelo sometida a ignición y restar el peso del crisol para establecer la pérdida de peso de la muestra.

6. Se calcula el porcentaje de carbono utilizando la fórmula:

$$\% C = ((\text{peso del suelo} + \text{crisol}) - (\text{peso del suelo} + \text{crisol sometido a ignición})) * 100 / \text{peso del suelo} + \text{criso}$$

7. Luego se calcula el porcentaje de materia orgánica con la fórmula: $\%MO = \%C * 1.724$

Amonio (NH₄⁺), Las muestras fueron enviadas al laboratorio de suelos NEMALAP donde utilizan el método colorímetro (Arango & Pérez, 2005).

1. Pesarse 10 g de suelo. 2. Agregar 25 ml de KCl. 3. Agitar durante 5 minutos en un agitador mecánico. 4. Filtrar en balones de 100 ml lavando el suelo cinco veces con porciones de 10 ml del KCl. 5. Completar a volumen y mezclar la solución. 6. Realizar las lecturas en longitudes de onda de 410 y 660 nm respectivamente utilizando un espectrofotómetro UV-VIS.

Análisis estadístico, Se empleó un ANOVA con modelo lineal general univariante utilizando la prueba de rangos múltiples de Duncan, para verificar si existió diferencia significativa entre los tratamientos en tiempos de incubación de 30 y 60 días. El análisis se llevó a cabo con el paquete estadístico IBM – SPSS Statistics editor de datos versión 24 de prueba para Windows y se utilizó una confiabilidad del 94% ($\alpha=0.05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

pH, en la figura 4 se muestra que a los 30 y 60 días se produjo un aumento en el pH en todos los tratamientos

con relación al testigo existiendo diferencias significativas, como lo mencionan Gaskin, Steiner, Das, Harris & Bibens (2008), quienes comprobaron que el biochar tiende a ser alcalino y puede ser utilizado para reducir la acidez del suelo. Los tratamientos T1, T2, T3 y T4 son iguales estadísticamente en ambos tiempos de incubación, sin embargo, el tratamiento T3 presentó el mayor valor con 8,398 a los 30 días y el T4 con 8,164 a los 60 días. El pH de los tratamientos a los 30 días mostró un mayor valor en comparación con los tratamientos sometidos a 60 días de incubación, observándose que pasados los 30 días de incubación el pH se redujo levemente, concordando con Martínez (2015), quien observó que el pH se incrementó y se mantuvo hasta 32 días después de la aplicación de biochar y lo relacionó con la capacidad que tiene el suelo a resistir los cambios de pH.

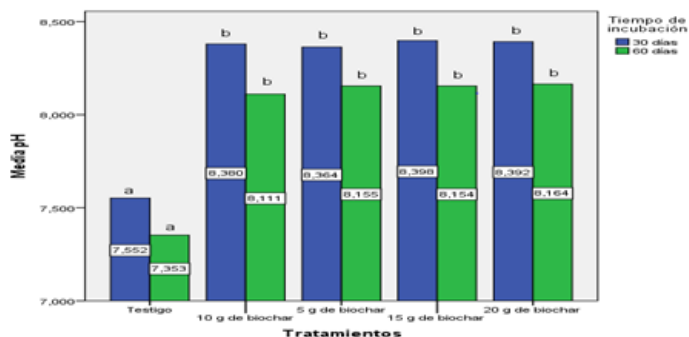


Figura 4. Medias de pH de los tratamientos obtenidas a 30 y 60 días de incubación.

Conductividad eléctrica, En la figura 5 se registra que existen diferencias significativas entre los tratamientos y se observa que los valores de conductividad eléctrica decrecen al adicionar biochar en dosis crecientes en tiempo de incubación de 30 y 60 días, como lo menciona Obregón (2019), quien observó que al aplicar biochar en el suelo disminuyó la conductividad eléctrica, dato que concuerda con la investigación de Rosado, et al. (2016), quienes comprobaron que con la aplicación de biochar al suelo se redujo drásticamente la conductividad eléctrica. Los tratamientos T3 y T4 presentaron valores bajos de conductividad eléctrica a los 30 días con 490 y 497 us cm⁻¹, seguido de los tratamientos T1 y T2 con valores de 536 y 550 us cm⁻¹, siendo el testigo T0 el de mayor conductividad eléctrica con 585 us cm⁻¹. En la incubación a 60 días en los tratamientos T3 y T4 se obtuvieron los valores más bajos de conductividad eléctrica con 451 y 441 us cm⁻¹, seguidos de los tratamientos T1 y T2 con 496 y 483 us cm⁻¹, observándose que el testigo T0 obtuvo un valor de 547 us cm⁻¹. La conductividad eléctrica de los tratamientos a los 30 días mostró valores mayores a los obtenidos a los 60 días de incubación, logrando observar que a mayor tiempo de incubación se produce una mayor reducción de la conductividad eléctrica.

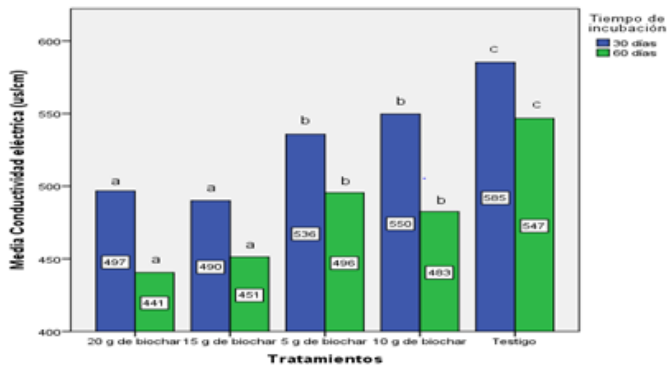


Figura 5. Medias de conductividad eléctrica de los tratamientos obtenidas a 30 y 60 días de incubación.

Materia orgánica, En la figura 6 muestra que existe diferencia significativa entre los tratamientos y se observa que los valores de materia orgánica a los 30 y 60 días de incubación aumentan al adicionar biochar en dosis crecientes, como lo menciona Díaz (2017), que pudo observar que la cantidad de materia orgánica es alta cuando se aplica biochar en el suelo, El tratamiento T4 presento el valor alto de materia orgánica a los 30 días de incubación con 3,764%, seguido del tratamiento T3 con 3,273%, T2 con 2,906%, T1 con 2,667% y T0 con 1,260%. A los 60 de incubación el tratamiento T4 obtuvo el mayor valor de materia orgánica con 3,903%, seguido del tratamiento T3 con 3,359%, T2 con 3,088%, T1 con 2,682% y T0 con 1,398%. La materia orgánica de los tratamientos a los 30 días mostró valores similares a los obtenidos a los 60 días de incubación.

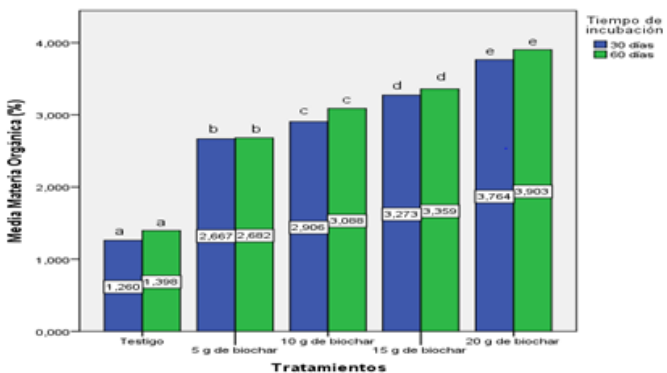


Figura 6. Medias de materia orgánica de los tratamientos obtenidas a 30 y 60 días de incubación.

Amonio, En la figura 7 se observa que los 30 no existen diferencias significativas, no obstante a los 60 días de incubación se incrementó la cantidad de amonio al aplicar dosis crecientes de biochar en el suelo, como lo menciona Monsalve, Gutiérrez & Cardona (2017), quienes observaron que la aplicación de biochar aumenta la capacidad de retención de amonio en el suelo, coincidiendo con López (2018), quien observó

que al aplicar biochar en el suelo se incrementa la cantidad de nitrógeno disponible para la planta (amonio y nitrato). Los tratamientos T4, T3, T2, T1, T0 con valores de 40, 38, 39, 36 y 35 ppm no presentaron diferencia significativa en los 30 días de incubación. En los 60 días de incubación el tratamiento T4 presento la cantidad más alta de amonio con un valor de 44 ppm, seguido del tratamiento T3 con un valor de 38 ppm, continuando los tratamientos T2, T1 y T0 con valores de 37, 37 y 34 ppm entre los cuales no existe diferencia significativa. El amonio presente en los tratamientos a los 30 días mostró valores similares a los obtenidos a los 60 días de incubación, a excepción del tratamiento T4 quien presento un valor más alto a los 60 días.

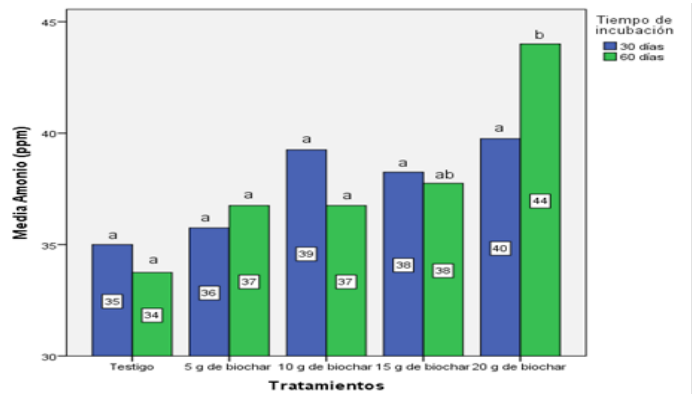


Figura 7. Medias de amonio de los tratamientos obtenidas a 30 y 60 días de incubación.

Mineralización del biochar, Las tablas de mineralización de biochar se elaboraron a partir de los datos obtenidos de pH, conductividad eléctrica, materia orgánica y amonio mediante la incubación en tiempos de 30 días (Tabla 6) y 60 días (Tabla 7).

Tabla 6. Tabla de mineralización de biochar en tiempo de incubación de 30 días.

Dosis Biochar	pH	C.E. (us cm-1)	M.O. (%)	AMONIO (ppm)
0 g	7,552	585,25	1,260	35
5 g	8,364	536	2,667	35,75
10 g	8,380	549,75	2,906	39,25
15 g	8,398	490	3,273	38,25

Tabla 7. Tabla de mineralización de biochar en tiempo de incubación de 60 días.

Dosis Biochar	pH	C.E. (us cm-1)	M.O. (%)	AMONIO (ppm)
0 g	7,552	585,25	1,398	34
5 g	8,364	536	2,682	37
10 g	8,380	549,75	2,906	37
15 g	8,398	490	3,088	38

0 g	7,353	546,75	1,398	33,75
5 g	8,155	495,5	2,682	36,75
10 g	8,111	482,5	3,088	36,75
15 g	8,155	451,25	3,359	37,75
20 g	8,165	440,5	3,903	44

CONCLUSIONES

La incubación de biochar en tiempos de 30 y 60 días produjo cambios en los parámetros químicos como el pH, conductividad eléctrica, materia orgánica y niveles de amonio, demostrando que esta enmienda orgánica produce efectos positivos al ser aplicado al suelo.

El biochar es altamente alcalino razón por la cual el pH se incrementa en todos los tratamientos a excepción del testigo, sin embargo, pasados los 30 días de incubación se registra un ligero decremento de este parámetro.

La conductividad eléctrica se redujo notablemente, observando que a los 60 días en el T4 se registró el menor valor de C.E., demostrando que a mayor tiempo de incubación se produce una reducción significativa de este parámetro químico.

La materia orgánica aumenta a medida que se incrementaron las dosis de biochar, siendo el T4 a los 30 y 60 días quienes presentaron valores altos de M.O.

El amonio muestra un aumento significativo en el T4 a los 60 días, evidenciando que se incrementa la cantidad de NH₄ a mayor tiempo de incubación y con altas dosis de biochar, mejorando la relación C/N en el suelo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Arango, G., & Pérez, J. (2005). Determinación de nitratos y amonio en muestras de suelo mediante el uso de electrodos selectivos. *Revista Facultad Nacional de Agronomía*, 58(1). Recuperado de <http://www.redalyc.org/pdf/1799/179914238011.pdf>

De Jesús, I. (2018). Evaluación de biofertilizante a base de biochar y actinomicetos fijadores de nitrógeno. Puebla: Universidad Politécnica de Puebla.

Díaz, C. (2017). Uso de biochar de acícula de pino (*Pinus patula*) como enmienda de suelo negro andino (Andosol). (Tesis de Maestría). Cuenca: Universidad del Azuay.

Gaskin, J., Steiner, C., Das, K., Harris, K., & Bibens, B. (2008). Effect of low-temperature pyrolysis conditions on biochar for agricultural use. *Transactions of the ASABE*, 51, 2061-2069.

Herrera, J. (2018). Pirolisis de biomasa para la obtención de biocarbón y su efecto en el rendimiento de tomate. (Tesis de grado.). Coatepeque: Universidad Rafael Landívar.

Leyva, S., Baldoquin, A., & Reyes, M. (2018). Propiedades de los suelos en diferentes usos agropecuarios, Las Tunas, Cuba. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 34(1), 36-47. Recuperado de <http://www.scielo.org.co/pdf/rcia/v35n1/0120-0135-rcia-35-01-00036.pdf>

López, J. (2018). Efectos del biochar, bokashi y compost en las dinámicas del carbono y nitrógeno en suelo con pH contrastados. (Trabajo Fin de Grado). Jaén: Universidad de Jaén.

Martínez, C. (2015). Efectos de enmiendas de biochar sobre el desarrollo en *Cucumis sativus* L. Var. SMR-58. (Tesis de Maestría). Guadalajara: Universidad de Guadalajara.

Monsalve, Ó., Gutiérrez, J., & Cardona, A. (2017). Factores que intervienen en el proceso de mineralización de nitrógeno cuando son aplicadas enmiendas orgánicas al suelo. Una revisión. *Revista Colombiana De Ciencias Hortícolas*, 11(1), 200-209. Recuperado de https://revistas.uptc.edu.co/index.php/ciencias_hortícolas/article/download/5663/pdf/

Obregón, G. (2019). *Disminución de la salinidad de suelos aplicando biochar a base de biomasa animal y vegetal en Cañete*. (Trabajo de Investigación para obtener el Grado académico: Bachiller). Lima: Universidad César Vallejo.

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2013). El manejo del suelo en la producción de hortalizas con buenas prácticas agrícolas. Roma: FAO.

Robinson, W. (1927). The determination of organic matter in soils by means of hydrogen peroxide. *Journal of Agricultural Research*, 34(4), 339-356. Recuperado de <https://naldc.nal.usda.gov/download/IND43967366/PDF>

Rosado, M., De la Rosa, J., Paneque, M., Miller, A., López, R., & Knicker, H. (2016). *Evaluación de la alteración de biochar utilizados como enmienda de un cultivo de girasol bajo condiciones de clima mediterráneo*. V Jornadas de la Red Española de Compostaje. Recuperado de http://digital.csic.es/bitstream/10261/152373/1/Evaluacion_alteracion_biochar_VJorREC_2016.pdf