

# 13

---

Fecha de presentación: marzo, 2021

Fecha de aceptación: mayo, 2021

Fecha de publicación: agosto, 2021

## **EFFECTOS DEL CARBÓN MINERAL EN LA MORFOFISIOLOGÍA DE PLÁNTULAS DE CACAO TIPO NACIONAL (THEOBROMA CACAO L.)**

### **EFFECTS ON THE MORPHOPHYSIOLOGY OF NATIONAL TYPE COCOA SEEDLINGS (THEOBROMA CACAO L.) USING CHARCOAL**

Borys Wilfrido Loaiza Dávila<sup>1</sup>

E-mail: [lborys1@utmachala.edu.ec](mailto:lborys1@utmachala.edu.ec)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0900-2729>

José Nicasio Quevedo Guerrero<sup>1</sup>

E-mail: [jquevedo@utmachala.edu.ec](mailto:jquevedo@utmachala.edu.ec)

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

Irán Rodríguez Delgado<sup>1</sup>

E-mail: [irodriguez@utmachala.edu.ec](mailto:irodriguez@utmachala.edu.ec)

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

Rigoberto Miguel García Batista<sup>1</sup>

E-mail: [rmgarcia@utmachala.edu.ec](mailto:rmgarcia@utmachala.edu.ec)

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

<sup>1</sup> Universidad Técnica de Machala. Ecuador.

Cita sugerida (APA, séptima edición)

Loaiza Dávila, B. W., Quevedo Guerrero, J. N., Rodríguez Delgado, I., & García Batista, R. M. (2021). Efectos del carbón mineral en la morfofisiología de plántulas de cacao tipo nacional (*Theobroma cacao* L.). *Revista Científica Agroecosistemas*, 9(2), 92-98.

#### RESUMEN

El uso de carbón mineral históricamente fue una fuente ampliamente utilizada por sus bondades, en la actualidad existen muchos usos que se dan para este compuesto mineral no destinado a la incineración debido a sus propiedades químicas y físicas. Se están realizando estudios con el fin de poder determinar su uso en la agricultura, se atribuye beneficios para mejorar la estructura física, química y biológica de los suelos. Para este estudio se empleó un experimento factorial completo bajo el esquema de aleatorización de un diseño completamente al azar, debido a que se manipularon simultáneamente tres factores de estudio donde las condiciones del entorno experimental y el material experimental son homogéneas. Los factores de estudio fueron: Dosis de carbón mineral (0-10-15-20 gramos), Tamaño de funda (26 x 16 y 20 x 12 cm.), Corte apical de semillas (1/3). El uso de carbón mineral tuvo una influencia directamente proporcional a la dosificación sobre variables morfológicas y fisiológicas, en un 80% de las raíces en plántulas originadas de semillas con corte de 1/3 se observó cambios de estructura axonomorfa a fasciculada. El uso de carbón mineral permite mejorar las propiedades físicas del suelo, mejora el área radicular lo que propicia una mayor área foliar, haciendo conveniente la utilización de este mineral en la agricultura.

#### Palabras clave:

Carbón mineral, sistema radicular, corte apical, raíces atrofiadas, cuidado vivero.

#### ABSTRACT

The use of mineral coal was historically a widely used source for its goodness, nowadays there are many uses for this mineral compound not destined for incineration due to its chemical and physical properties. Studies are being conducted in order to determine its use in agriculture, it is attributed benefits to improve the physical, chemical and biological structure of soils. For this study a complete factorial experiment was used under the randomization scheme of a completely randomized design, because three study factors were manipulated simultaneously where the conditions of the experimental environment and the experimental material are homogeneous. The study factors were: Charcoal dose (0-10-15-20 grams), size of sheath (26 x 16 and 20 x 12 cm), apical seed cut (1/3). The use of mineral charcoal had an influence directly proportional to the dosage on morphological and physiological variables, in 80% of the roots in seedlings originated from seeds with 1/3 cut, changes from axonomorphic to fasciculate structure were observed. The use of charcoal improves the physical properties of the soil, improves the root area which leads to a greater leaf area, making the use of this mineral in agriculture convenient.

#### Keywords:

Charcoal, root system, apical cut, stunted roots, nursery care.

## INTRODUCCIÓN

La producción de cacao es el segundo rubro de exportaciones agrícolas, después del banano, aportando a la economía principalmente de la región Costa y Amazonía del país, especialmente en las provincias de: Los Ríos, Manabí, El Oro y Sucumbíos (Villamar, et al., 2016). En la provincia de El Oro, el rendimiento de este cultivo es variable, especialmente por la edad de los cultivos, los cuales deben ser renovados (Barrezueta-Unda & Chabla-Carrillo, 2017) aunque se hayan desarrollado programas de renovación de las plantaciones de cacao nacional (García Batista, et al., 2019). La provincia de El Oro tiene un alto potencial agronómico que se debe a la alta diversidad morfoagronómica de sus cultivares como es el caso del banco de germoplasma de la Universidad Técnica de Machala (Quevedo Guerrero, et al., 2020).

El género *Theobroma* comprende más de 25 especies diferentes de las cuales una especie es considerada como la más diversa por sus genotipos y fenotipos *Theobroma cacao* L., cultivo perenne perteneciente a la familia de las Malváceas (Dostert, et al., 2012). Esta especie silvestre es originaria de la cuenca del río Amazonas, de acuerdo a las evidencias arqueológicas que indican la domesticación hace 5300 años en la provincia de Zamora Chinchipe de la República del Ecuador (Zarrillo, et al., 2018). Este cultivo comprende un rubro importante en la economía de varios países como: Costa de Marfil, Camerún, Ghana, Brasil, Colombia, República Dominicana, Ecuador, México, Indonesia, Malasia y Papua Nueva Guinea (Quintero & Díaz Morales, 2004).

El mercado internacional tienen una tendencia creciente a la producción agroecológica, donde el uso de alternativas ecológicas que permitan obtener rendimientos óptimos, comparada a productos de origen sintético, tiene un aumento en su desarrollo, innovación e investigación (Camino, et al., 2016). Una alternativa para la producción agroecológica se han implementado los conocimientos ancestrales en el manejo del cultivo, entre ellas se encuentra el uso de enmiendas edáficas que permitan mejorar las condiciones para su desarrollo fisiológico del cultivo, como el biocarbón vegetal (Sánchez-Reinoso, et al., 2020).

El carbón mineral en las últimas décadas a comenzados a ser más investigado por las propiedades para la remediación de los suelos de contaminantes orgánicos e inorgánicos (Zama, et al., 2018). Aunque una de las principales fuentes para el uso en la agricultura es el carbón vegetal (Sánchez-Reinoso, et al., 2020), no se descarta los usos del carbón mineral pues su comportamiento para mejorar las propiedades físicas y químicas de los suelos (Freibauer, et al., 2004) no se vean influenciado pues estos se han conservado en el suelo durante mucho tiempo y mineralizándose

obtenido de la base del carbón vegetal (Pal Singh & Cowie, 2015).

El desarrollo morfo fisiológico habitual de un cultivo garantiza una producción óptima. La etapa inicial es la de mayor importancia, la cual empieza con la germinación hasta el estado de plántula, para el trasplante in situ, donde se establecerá la plantación y cumplirá su ciclo fenológico completo. La importancia de esta fase radica en la obtención de plantas vigorosas, producidas en los semilleros o viveros bajo las condiciones idóneas (López & Gil, 2017). Por esta razón se realizó una asociación entre las propiedades benéficas que puede aportar la aplicación del biocarbón vegetal en los sustratos (Gorotiza Pinzón, et al., 2020) para determinar el efecto del carbón mineral pulverizado en el desarrollo fenotípico y agronómico de plántulas de cacao de tipo nacional a nivel de vivero.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El área de estudio fue un invernadero preestablecido en la Granja Experimental Santa Inés en la Facultad de Ciencias Agropecuarias perteneciente a la Universidad Técnica de Machala (UTMACH). Ubicada en las coordenadas geográficas 3°15'52.29" S, 79°57'4.3" W, en el Cantón Machala, Provincia de El Oro-Ecuador.

Según el sistema de clasificación de climas este sitio corresponde al clima seco a semihúmedo, con un total pluviométrico anual entre 500 y 1.000 mm; la estación seca es muy marcada; y las temperaturas medias elevadas, superiores a 24°C. De acuerdo al mapa de taxonomía de suelos del Atlas de la provincia de El Oro, indica que se encuentran en los órdenes de suelos que van desde los Entisoles en las llanuras aluviales hasta los Inceptisoles en los sitios de mayor altura a nivel del mar y una humedad relativa de 84% (Villaseñor, et al., 2015).

Se empleó un diseño factorial completamente al azar, se manipularon simultáneamente tres factores de estudio donde las condiciones del entorno y el material experimental fueron homogéneas. Los factores de estudio: Dosis de carbón mineral (0-10-15-20 gramos), Tamaño de funda (26 x 16 y 20 x 12 cm), Corte apical de semillas (1/3).

Los cacaos utilizados en el estudio fueron el "ICS-95" un híbrido Trinitario creado en 1931 en productividad, moderadamente resistente a enfermedades, fino de aroma y de buen sabor (Quintana Fuentes, et al., 2014). Colectados de la colección de cacaos de la granja experimental, para ello se consideraron mazorcas maduras y sanas, cuyas características de las semillas seleccionadas del centro de las mazorcas, teniendo en cuenta que presenten buen tamaño, forma y peso, que el punto de crecimiento radical no presente mal formación.

Para las variables morfológicas de utilizaron equipos de medición previamente calibrados, cinta métrica y calibrador. Para evitar daños para las mediciones de la variable de las raíces en el proceso se realizó corte en la zona basal de la funda en todo su ancho y de forma delicada se procedió a lavar las raíces para evitar daños mecánicos e influencia en los valores de peso de raíces por contenidos de suelo. Los análisis de materia seca se realizaron en el laboratorio de química inorgánica en la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Machala. Los datos micrométricos se tomaron con un microscopio marca AmScope, con los respectivos softwares y cámara modelo MD500 con una resolución de 5.0MP debidamente calibrada para las mediciones.

Para las variables morfológicas se tomaron 10 muestras de plantas homogéneas para las variables fisiológicas se tomaron 3 muestras con características de homogeneidad entre las medias y sanidad (Tabla 1).

Tabla 1. Características de las variables evaluadas.

Características	Variabes	Tipo de variable
Morfológica	Altura de tallo (cm)	Cuantitativa
	Diámetro del tallo (cm)	Cuantitativa
	Largo de hoja (cm)	Cuantitativa
	Ancho de hoja (cm)	Cuantitativa
	Número de hojas	Cuantitativa
	Diámetro de la raíz	Cuantitativa
	Habito de crecimiento	Cualitativa

Fisiológica	Materia seca hojas (gr)	Cuantitativa
	Materia seca tallos (gr)	Cuantitativa
	Peso seco raíz (gr)	Cuantitativa
	Largo del estoma ( $\mu\text{m}$ )	Cuantitativa
	Ancho del estoma ( $\mu\text{m}$ )	Cuantitativa
	Diámetro del estoma ( $\mu\text{m}$ )	Cuantitativa
	Ancho epidermis	Cuantitativa
	Número de haces vasculares	Cuantitativa

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Un análisis comparativo en los valores obtenidos para las variables largo y ancho de las hojas de las medias obtenidas se puede evidenciar los beneficios que produce la aplicación de carbón mineral, sobre el área foliar especialmente en las semillas sin corte apical un tercio de las semillas con dosis de 15 gr presentando mejor homogeneidad, estos datos se correlacionan a investigaciones realizadas con carbón vegetal en el cultivo de soya donde se incrementó el área foliar (Suppadit, et al., 2012). La naturaleza de la cual se obtiene el carbón no influye en los resultados positivos sobre el área foliar presentado en las figuras 1, 2, 3 y 4.

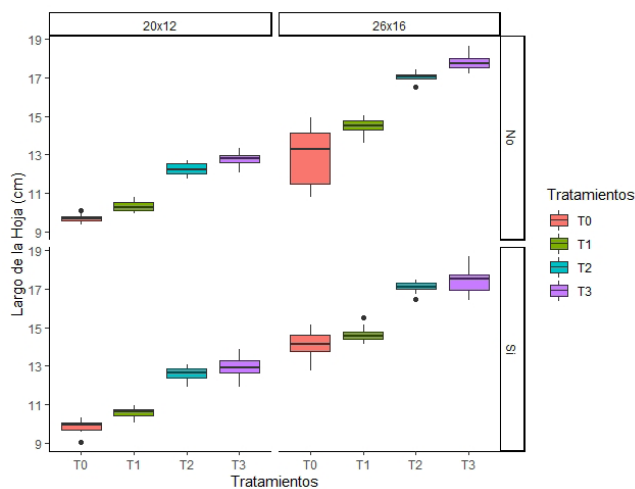


Figura 1. Largo de la hoja (cm).

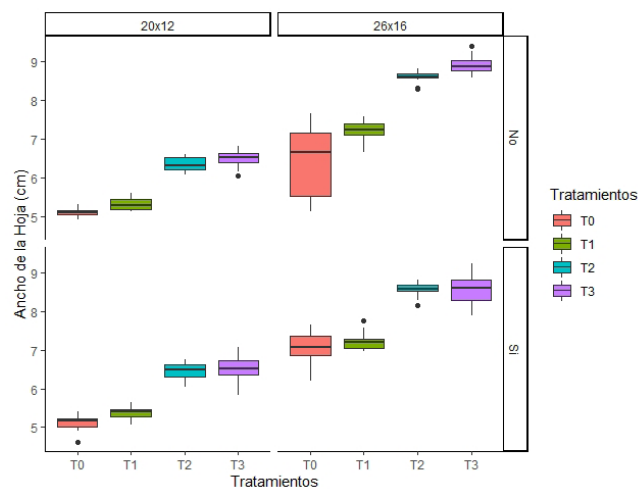


Figura 2. Ancho de la hoja (cm).

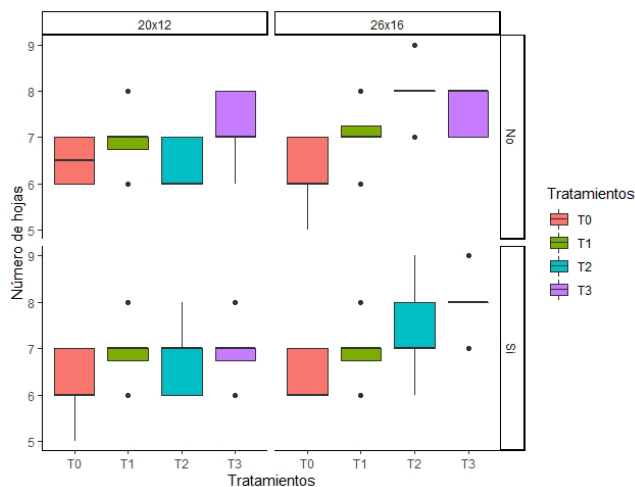


Figura 3. Número de hojas.

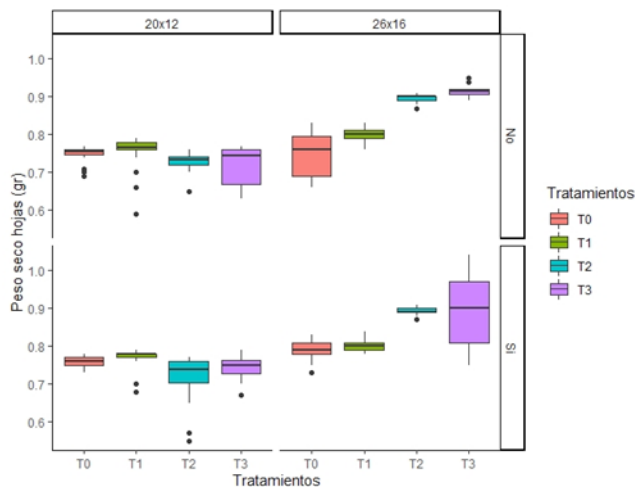


Figura 4. Peso seco de hojas.

Al igual que los valores obtenidos para el largo y ancho de las hojas, también se puede evidenciar mayor número de hojas a los 72 días en el tratamiento T3. Sin embargo, para el número de hojas existieron valores medios a las siete hojas en todos los tratamientos, el peso de las hojas dio mejores resultados en las semillas sin corte y con corte en el tratamiento 3, con mayor sesgo en aquellas semillas con corte apical, la media fue de 8, valores semejantes a los obtenidos por Gorotiza Pinzón, et al. (2020), al igual que el contenido de materia seca al aplicar 15 gr.

Los pesos y la altura de la planta, (figuras 5 y 6), aunque con menos variaciones permiten obtener mejores valores en los tratamientos 2 y 3, sin existir influencia en el corte apical estos tamaños fueron menores en el tamaño de las raíces teniendo menor diámetro aquellas que tuvieron corte lo que ayudaría a prevenir atrofia miento radicular (Gorotiza Pinzón, et al., 2020), estudio previos demuestran el aumento en la altura de la planta y peso seco aumentan (Fiallos-Ortega, et al., 2015). Beneficios que se han adjudicado al uso de carbón vegetal para mejorar la nutrición, crecimiento y defensa de las plantas.

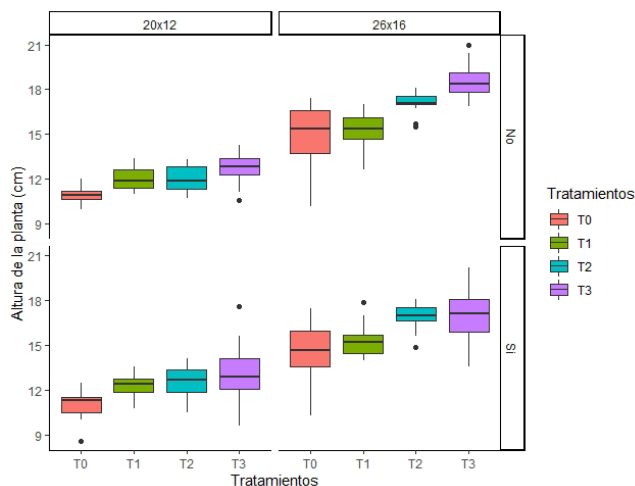


Figura 5. Altura de la planta.

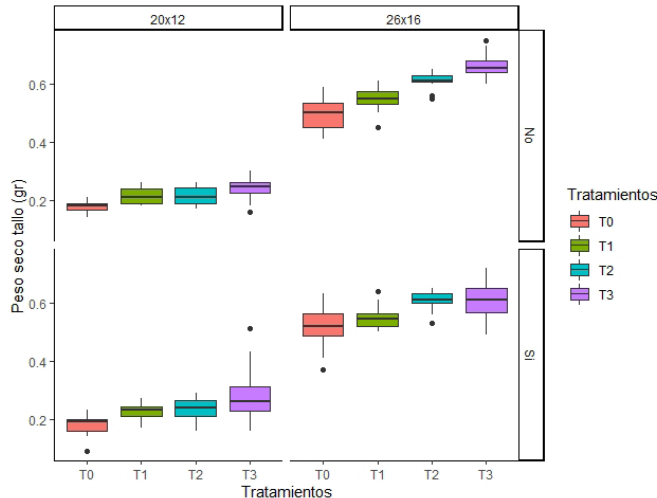


Figura 6. Peso seco del tallo.

El área radicular en las plantas (figuras 7 y 8), fue creciente y directamente proporcional a las dosis de carbón mineral con medias en los valores sin sesgos marcados, hubo menor longitud en las semillas con corte además se evidenció cambios al 80% del sistema radicular de axonomorfa a fasciculada con mayor cantidad de raíces, valores representados en el peso de la raíz (figura 9).

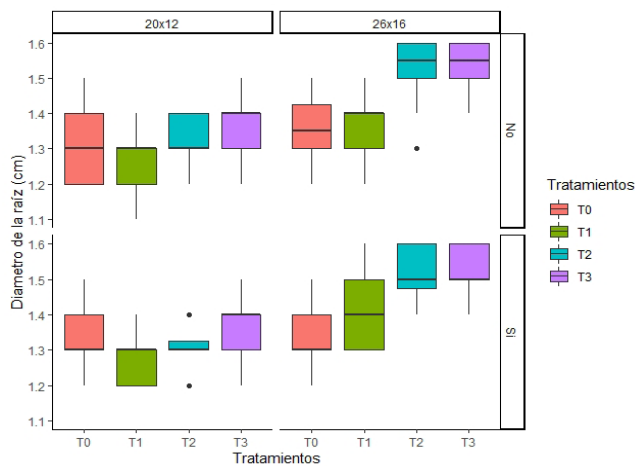


Figura 7. Diámetro de la raíz.

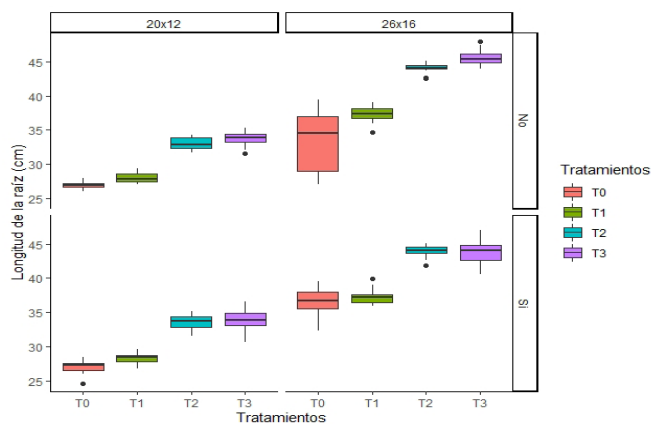


Figura 8. Longitud de la raíz.

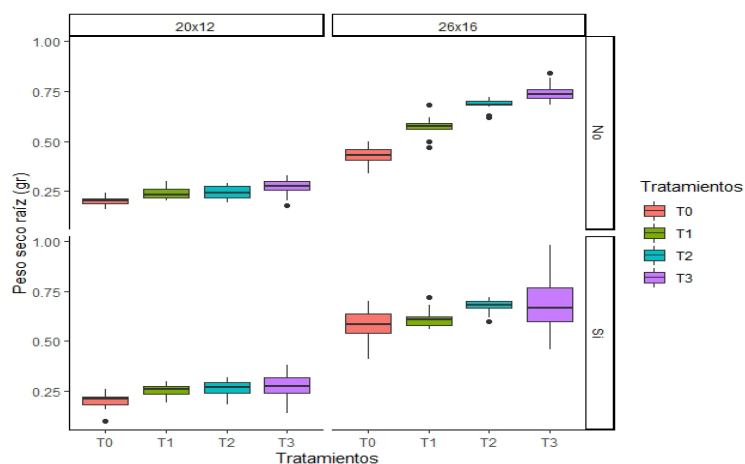


Figura 9. Peso seco de la raíz.

Los usos de fundas con el diámetro y largo permiten un desarrollo morfo-fisiológico óptimo en el sistema radicular, las fundas menos eficientes para ser utilizadas como porta injertos estas plántulas son las de 20x12 (figura 10), ellas presentaron atrofiamiento radicular en los 18 primeros centímetros de desarrollo especialmente en aquellos donde se habían aplicado dosis de carbón mineral, esto se debe a la influencia que produce el carbón previamente analizado sobre el sistema radicular. Se debe destacar que la aplicación de carbón mineral aumento el crecimiento de raíces secundarias especialmente en las fundas de 26x16 cm, donde hubo mayor crecimiento radicular, permitiendo tener mayor asimilación de nutrientes y el aprovechamiento del agua del suelo, sin necesidad de usar ningún tipo de en-raizado adicional que promueva el crecimiento radicular en cacao (Fiallos-Ortega, et al., 2015).

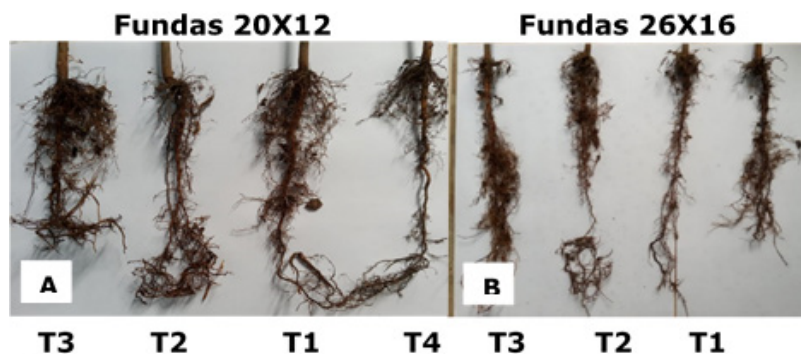


Figura 10. Atrofiamiento radicular A. Raíces de fundas de 20 x 12 cm. B. Raíces de fundas de 26 x 16. De izquierda a derecha los tratamientos de T3 a T0.



El corte apical en las semillas represento una variación en la estructura morfofisiología. de las raíces, especialmente en aquellas donde se realizó el corte apical a 1/3 de la semilla, suprimiendo la raíz principal por raíces secundarias y el aumento de raíces secundarias y número de pelo absorbentes en el sistema radicular véase (figura 11). Así, el corte apical de las semillas influye en las características morfológicas de las raíces (Fiallos-Ortega, et al., 2015).

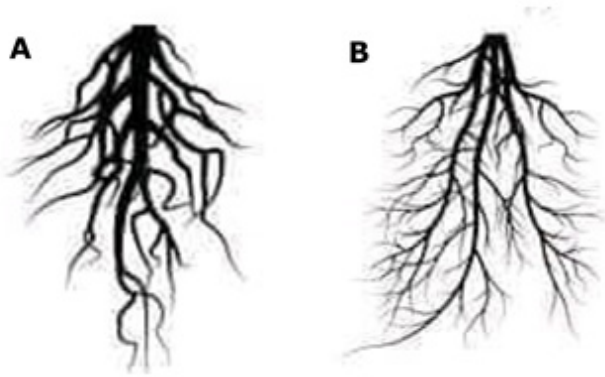


Figura 11. Estructura morfológica de las raíces. A. Características de las raíces sin corte apical. B. Raíces con corte apical en las semillas.

Microscópicamente las aplicaciones de carbón mineral no influyeron en las variables medidas (mencionar las variables medidas) lo que permite dar a conocer que la aplicación de carbón mineral no influye en las variables estudiadas. Los tejidos vegetales de las plántulas de cacao nos permitieron conocer las condiciones osmóticas especialmente los datos de número y tamaño de las estomas, por ello se realizó los cortes de los tejidos al medio día, previamente regadas las plantas cinco horas antes, esto para homogenizar y reducir el error mecánico al momento de registrar estas variables en el estudio.

Al analizar en el microscopio los tejidos de la raíz, tallo y hojas (figura 12). No se observaron variaciones en las estructuras en ninguno de los tratamientos, estas observaciones permiten aseverar que no hay una influencia directa de la aplicación mineral sobre los tejidos estudiados, aunque no existen variaciones evidentes al microscopio los tratamientos en fundas de 26 x 16 cm con la aplicación de 15 g de carbón presentaba estructuras ligeramente grandes con respecto al tratamiento testigo.

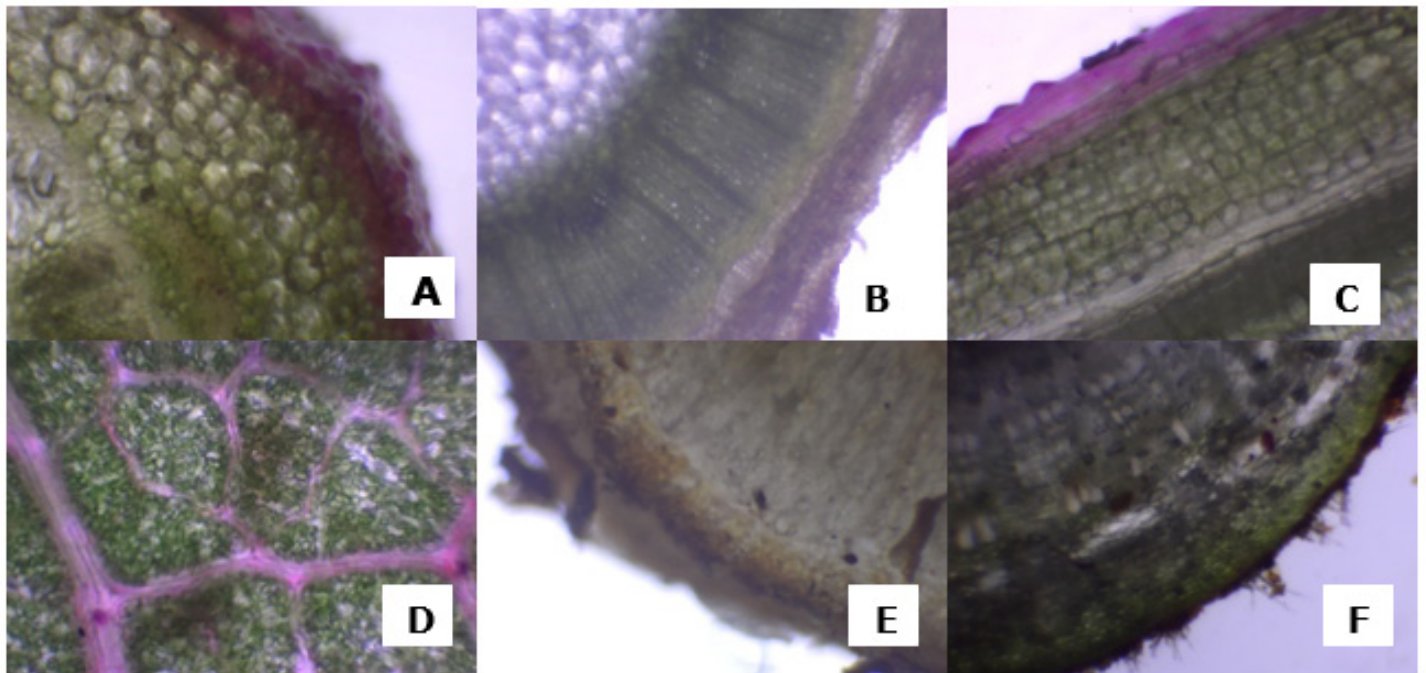


Figura 12 Estructuras microscópicas analizadas. A. Tejido de sostén. B. Tejido Vascular. C. Tejido conductor. D. Estomas en la hoja. E. Epidermis raíz. F. Epidermis tallo.

## CONCLUSIONES

El uso de carbón mineral tuvo una influencia directamente proporcional a la dosificación sobre variables morfológicas y fisiológicas tales como altura de la planta, materia seca del tallo, largo de hoja, ancho de la hoja, materia seca de las hojas, diámetro de las raíces, materia seca raíces. En menor medida sobre el número de hojas y diámetro del tallo.

En las variables microscópicas no se encontraron mayores variaciones significativas permitiendo inferir que el uso de carbón mineral no influye de forma negativa sobre estas variables analizadas.

El corte apical de las semillas produjo variaciones en la estructura morfológica del sistema radicular, comúnmente identificado en cacao sembrado por semillas como axonomorfa a una estructura poco común en cacao fasciculado en un 80% de aquellas que se realizó el corte.

Los usos de carbón mineral permiten mejorar el área radicular, el área foliar haciendo conveniente la utilización de este mineral en la agricultura. Sin embargo, debido a sus efectos en los cambios morfológicos que produjo en las raíces se debería estudiar más estos hallazgos para definir si se deben al corte de 1/3 realizado en las semillas o las aplicaciones de carbón mineral.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Barrezueta-Unda, S. A., & Chabla-Carrillo, J. E. (2017). Características sociales y económicas de la producción de cacao en la provincia El Oro, Ecuador. *La Técnica: Revista de Las Agrociencias*, 2, 25-34.
- Camino, S. M., Andrade Diaz, V., & Pesantez Villacis, D. (2016). Posicionamiento y eficiencia del banano, cacao y flores del Ecuador en el mercado mundial / Positioning and efficiency of bananas, cocoa and flowers in the global market. *CIENCIA UNEMI*, 9(19), 48-53.
- Dostert, N., Roque, J., Cano, A., Torre, M. I., & Weigend, M. (2012). *Hoja botánica: Cacao* (Primera Ed). Giacomotti Comunicación Gráfica S.A.C.
- Fiallos-Ortega, L. R., Flores-Manchano, L. G., Duchi-Duchi, N., Flores-Manchano, C. I., Baño-Ayala, D., & Estrada-Orozco, L. (2015). Restauración ecológica del suelo aplicando biochar (carbón vegetal), y su efecto en la producción de Medicago sativa. *Ciencia y Agricultura*, 12(2), 13-20.
- Freibauer, A., Rounsevell, M. D., Smith, P., & Verhagen, J. (2004). Carbon sequestration in the agricultural soils of Europe. *Geoderma*, 122(1), 1-23.
- García Batista, R., Quevedo Guerrero, J., & Socorro Castro, A. (2019). Valoración del estado agronómico de las plantaciones de cacao nacional en el Ecuador. *Revista Metropolitana de Ciencias Aplicadas*, 2(2), 109-119.
- Gorotiza Pinzón, J., Quevedo Guerrero, J., & García Batista, R. M. (2020). Efectos del corte apical en semillas de cacao (Theobroma cacao L.) ICS 95 en sustrato con biochar para la obtención de portainjertos. *Revista Científica Agroecosistemas*, 8(2), 66-72.
- López Medina, S. E., & Gil Rivero, A. E. (2017). Características germinativas de semillas de Theobroma cacao L. (Malvaceae) "cacao." *Arnaldoa*, 24(2), 609-618.
- Pal Singh, B., & Cowie, A. L. (2015). Long-term influence of biochar on native organic carbon mineralisation in a low-carbon clayey soil. *Scientific Reports*, 4(1).
- Quevedo Guerrero, J. N., Ramírez Villalobos, M., Zhiminai-cela Cabrera, J., Noles León, M. J., Quezada Hidalgo, C., & Aguilar Flores, S. (2020). Diversidad morfoagronómica: caracterización de 650 árboles de Theobroma cacao L. *Universidad Y Sociedad*, 12(6), 14-21.
- Quintana Fuentes, L. F., Gómez Castelblanco, S., García Jerez, A., & Martínez Guerrero, N. (2014). Caracterización de tres índices de cosecha de cacao de los clones CC51, ICS60 e ICS95, en la montaña santaderena, Colombia. *Revista De Investigación Agraria y Ambiental*, 6(1), 252-265.
- Quintero Rizzuto, M. L., & Díaz Morales, K. M. (2004). El mercado mundial del cacao. *Agroalimentaria*, 9(18), 47-59.
- Sánchez-Reinoso, A. D., Ávila-Pedraza, E. A., & Restrepo, H. (2020). Use of Biochar in agriculture. *Acta Biológica Colombiana*, 25(2), 327-338.
- Suppadit, T., Phumkokrak, N., & Pounsuk, 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.
- Villamar, F. L., Salazar, J. C., & Quinteros, E. M. (2016). Estrategias para el cultivo, comercialización y exportación del cacao fino de aroma en Ecuador/Strategies for cultivation, marketing and export of aroma fine cocoa in Ecuador. *Ciencia Unemi*, 9(18), 45-55.
- Villaseñor, D., Chabla, J., & Luna, E. (2015). Caracterización física y clasificación taxonómica de algunos suelos dedicados a la actividad agrícola de la provincia de El Oro. *Revista Científica CUMBRES*, 1(2), 28-34.
- Zama, E. F., Reid, B. J., Arp, H. P. H., Sun, G.X., Yuan, H. Y., & Zhu, Y. G. (2018). Advances in research on the use of biochar in soil for remediation: a review. *Journal of Soils and Sediments*, 18(7), 2433-2450.
- Zarrillo, S., Gaikwad, N., Lanaud, C., Powis, T., Viot, C., Lesur, I., Fouet, O., Argout, X., Guichoux, E., Salin, F., Solorzano, R. L., Bouchez, O., Vignes, H., Severt, P., Hurtado, J., Yopez, A., Grivetti, L., Blake, M., & Valdez, F. (2018). The use and domestication of Theobroma cacao during the mid-Holocene in the upper Amazon. *Nature Ecology & Evolution*, 2(12), 1879-1888.