

# EVALUACIÓN DE GERMINACIÓN DE SEMILLAS HORTOFRUTÍCOLAS EN SUSTRATO DE BIO- CARBÓN A BASE DE CASCARA DE FRUTALES

JHUSUA DAVID REINA GARCIA

UNIVERSIDAD DE LOS LLANOS  
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES  
ESCUELA DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGRÍCOLAS  
PROGRAMA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA  
VILLAVICENCIO META  
2018

EVALUACIÓN DE GERMINACIÓN DE SEMILLAS HORTOFRUTÍCOLAS EN  
SUSTRATO DE BIO- CARBÓN A BASE DE CASCARA DE FRUTALES

JHUSUA DAVID REINA GARCIA

Tesis de grado presentada como requisito parcial para obtener el título de  
Ingeniero Agrónomo

Director.

Ingeniero agrónomo; MSc. Sergio David Parra Gonzales

UNIVERSIDAD DE LOS LLANOS  
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES  
ESCUELA DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGRÍCOLAS  
PROGRAMA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA  
VILLAVICENCIO META  
2018

Nota de aceptación

---

---

---

Director de tesis

---

Ingeniero agrónomo; MSc. Sergio David Parra González

Jurado

---

Ingeniero Agrónomo; MSc. Harold Bastidas

Jurado

---

Ingeniero Agrónoma; Msc. Fidela Pardo

## 1 CONTENIDO

|      |   |    |
|------|---|----|
| 1    | CONTENIDO .....   | 4  |
| 2    | TABLA DE TABLAS .....   | 5  |
| 3    | TABLA DE ANEXOS.....  | 6  |
| 4    | DEDICATORIA.....  | 7  |
| 5    | AGRADECIMIENTOS.....  | 8  |
| 6    | RESUMEN .....   | 9  |
| 7    | ABSTRACT.....   | 10 |
| 8    | PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACION.....                       | 11 |
| 9    | OBJETIVOS.....  | 15 |
| 9.1  | Objetivo General .....  | 15 |
| 9.2  | Objetivos específicos .....   | 15 |
| 10   | INTRODUCCIÓN.....   | 16 |
| 11   | MARCO TEÓRICO.....  | 17 |
| 12   | METODOLOGÍA .....   | 20 |
| 12.1 | Obtención de la materia prima.....                                    | 20 |
| 12.2 | Elaboración del Bio-char.....   | 20 |
| 12.3 | Caracterización química de la materia prima de los sustratos. ....    | 21 |
| 12.4 | Formulación de sustratos. ....  | 21 |
| 12.5 | Caracterización del bio-carbón, suelo y sustratos de crecimiento..... | 21 |
| 12.6 | Tratamientos evaluados.....   | 22 |
| 12.7 | Variables evaluadas. ....   | 22 |
| 12.8 | Evaluación microbiológica de los sustratos de crecimiento.....        | 23 |
| 13   | RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....   | 24 |
| 14   | CONCLUSIONES .....  | 31 |
| 15   | TRABAJOS CITADOS.....   | 32 |
| 16   | ANEXOS .....  | 36 |

## 2 TABLA DE TABLAS

|  |    |
|--|----|
| <b>Tabla 1.</b> Formulaciones de medios de crecimiento y especies evaluadas. ....                          | 22 |
| <b>Tabla 2.</b> Caracterización de la materia prima usada en la elaboración del biochar.<br>.....          | 24 |
| <b>Tabla 3.</b> Contenido de nutrientes en el suelo y bio-char usados en las mezclas.                      | 25 |
| <b>Tabla 4.</b> Contenido de nutrientes después de las mezclas bio-char suelo.....                         | 26 |
| <b>Tabla 5.</b> Crecimiento y desarrollo de las especies evaluadas en los diferentes<br>experimentos. .... | 28 |
| <b>Tabla 6.</b> Resultados Prueba de germinación de las especies evaluadas.....                            | 29 |

### 3 TABLA DE ANEXOS

|  |    |
|--|----|
| <b>Ilustración 1.</b> Análisis químico del bio-carbón de maracuyá mezclado con suelo.<br>.....           | 36 |
| <b>Ilustración 2.</b> Análisis químico del bio-carbón de naranja mezclado con suelo. ....                | 37 |
| <b>Ilustración 3.</b> Análisis químico del biocarbón de plátano mezclado con suelo. ....                 | 38 |
| <b>Ilustración 4.</b> Análisis químico de suelo y los bio-carbón de maracuyá, plátano y<br>naranja. .... | 39 |

#### **4 DEDICATORIA**

A mis dos directores de proyecto de investigación Sergio David Parra González y Julián Fernando Cárdenas Hernández, por colaborarme en el seguimiento y elaboración del proyecto de investigación, también por el respeto a mis sugerencias e ideas, por la dirección y el rigor que ha facilitado a las mismas. Gracias por la confianza ofrecida. A mi amiga María Camila Herrera Coy por estar siempre conmigo, por ser mi apoyo, mi guía durante los buenos y malos momentos, por sus consejos y valores que me impulsaron a continuar con mi proceso de formación al igual por su apoyo personal y humano, especialmente. A mis padres, por su apoyo incondicional durante todo el proceso de formación como profesional.

## 5 AGRADECIMIENTOS

A Dios por brindarme el bienestar, la sabiduría y conocimientos para el desarrollo y culminación de este proyecto de investigación.

A mis directores Sergio David Parra González y Julián Fernando Cárdenas Hernández, quienes ofrecieron su tiempo y me brindaron su orientación, apoyo y dedicación durante este proceso de investigación.

A la Dirección General de Investigaciones de la Universidad de los Llanos por la ayuda financiera para el desarrollo de este proyecto de investigación.

A Dalila Franco, Lorena Silva y Camila Herrera, quienes siempre estuvieron dispuestos a colaborar durante la ejecución de este proyecto.

A mis padres Gloria García y Diddier Reina, quienes me colaboraron en el desarrollo y ejecución del proyecto.

A mis amigos Camilo Salamanca, Lina Rojas, Felipe León, Carlos Otero y Daniela Orozco, además al resto de familia por brindarme todo su apoyo emocional y motivación profunda de seguir adelante.

A todos los mencionados y los que faltaron mis más sinceros agradecimientos

## 6 RESUMEN

La calidad de las plántulas es uno de los aspectos más importantes en el establecimiento de plantaciones hortícolas. El biochar es considerado como alternativa para mejorar condiciones físicas, químicas y biológicas del suelo, mostrando potencial como sustrato de crecimiento; Este trabajo es el resultado de tres experimentos en diseño completamente al azar (uno por especie). Los tratamientos evaluados fueron cinco sustratos de siembra: suelo, turba y tres mezclas suelo con biochar al 10% (M/M), las variables de crecimiento y desarrollo se evaluaron en semillas y plántulas de tomate (*Solanum lycopersicum*), maracuyá (*Passiflora edulis*), y papaya (*Carica papaya L.*). El biochar se obtuvo a baja temperatura (450 °C), y la materia prima usada fueron cáscaras de maracuyá (*Passiflora edulis*), plátano (*Musa paradisiaca L.*) y naranja (*Citrus sinensis*). El biochar de maracuyá y plátano tuvieron un efecto deletéreo, las plantas sembradas en la mezcla suelo biochar de naranja presentaron un comportamiento estadísticamente igual (Prueba SNK) con respecto al tratamiento control (Turba).

**Palabras Clave:** *Horticultura, Bio-carbón, Nutrientes, Sustrato, Plántulas.*

## 7 ABSTRACT

The quality of the seedlings is one of the most important aspects in the establishment of horticultural plantations, Biochar is considered as an alternative to improve physical, chemical and biological soil conditions, showing potential as a growth substrate; This work is the result of three experiments in completely random design (one per species). The treatments evaluated were five substrates of sowing: soil, peat and three soil mixtures with 10% biochar (M / M), the growth and development variables were evaluated in seeds and seedlings of tomato (*Solanum lycopersicum*), passion fruit (*Passiflora edulis*), and papaya (*Carica papaya* L.). The biochar was obtained at low temperature (450 ° C), and the raw material used were passion fruit (*Passiflora edulis*), banana (*Musa paradisiaca* L.) and orange (*Citrus sinensis*) peels. The biochar of passion fruit and banana had a deleterious effect, the plants planted in the orange biochar soil mixture showed a statistically similar behavior (SNK test) with respect to the control treatment (peat).

**Keywords:** *Horticulture, Biochar, Nutrients, Substrate, Seedlings.*

## 8 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACION

**¿Es factible utilizar el bio-carbón derivado de cascara de naranja, maracuyá y plátano, como sustrato para la germinación y crecimiento de las plántulas libre de patógenos?**

La etapa de germinador se considera de gran importancia para obtener una planta de buena calidad, sin embargo, dentro de las problemáticas fitosanitarias que se presentan en esta etapa del cultivo se encuentra el volcamiento, mal de talluelo o damping off causada por diferentes hongos como *Rhizoctonia spp.*, *Pythium spp.*, *Fusarium spp.* y *Phytophthora spp.*, entre otros. Estos patógenos pueden encontrarse en el suelo o en las semillas. (Castro, Rivillas y Serna, 2008)

El damping off es considerado la principal enfermedad de los germinadores, debido a que reduce en un alto porcentaje la germinación de las semillas e impide el crecimiento de las plántulas (Castro, Rivillas, Serna y Mejia, 2008). La enfermedad ha sido diagnosticada con mayor frecuencia en semilleros que en almácigos tanto en granadilla como en maracuyá. Se puede presentar en semillas (preemergencia), ocasionando la pudrición de las mismas y reduciendo la germinación. En plántulas (postemergencia), el damping-off ocasiona retraso en el crecimiento y muerte repentina (Tamayo y Morales, 1999). La afección se localiza en el cuello de las plántulas, produciendo necrosis y estrangulamiento del tallo (Tamayo et al., 1999). Estos hongos son habitantes naturales del suelo, por lo cual su control debe ser preventivo, mediante el tratamiento químico o físico del suelo.

Cuando la enfermedad se presenta en semilleros, después de la emergencia, se recomienda eliminar las plántulas afectadas y la aplicación de fungicidas químicos (Tamayo y Morales, 1999).

La enfermedad de la secadera en Passifloracea ocasionada por *Fusarium solani*, es la más importante en Colombia, la muerte de plántulas por secadera es más

frecuente en almácigos que en semilleros y pasa desapercibida por que las plantas se tardan 45 días en manifestar los primeros síntomas de la enfermedad lo que ocasiona que se lleven plantas “aparentemente sanas” al campo de cultivo. Otras enfermedades que afectan a las passiflora en semillero y almacigo son: Mildeo blanco (*Ovulariopsis sp.*), mancha del ojo de pollo (*Phomopsis*), nematodo del nudo (*Meloidogyne sp*) (Tamayo y Morales, 1999).

En cultivos como el tomate (*Lycopersicon esculentum*) uno de los problemas fitosanitarios limitantes en la germinación y crecimiento a nivel mundial y nacional es el marchitamiento vascular ocasionado por *Fusarium oxysporum f. sp. lycopersici* (Fol), el cual tiene mayor incidencia en regiones de clima cálido, ocasionando grandes pérdidas económicas. (Carrillo, Montoya, García, Cruz, Márquez y Sañudo, 2003). Otras de las enfermedades importantes que encontramos en los sustratos utilizados para la germinación del tomate son el cáncer bacteriano (*Clavibacter michiganensis*), el nematodo del nudo causada por *Meloidogyne spp.* (Plagas y Enfermedades del Tomate, 2006) y generalmente lo que más se observa es la pérdida de plántulas por hongos como *Pythium spp.*, *Fusarium spp.* y *Rizoctonia spp.*, causantes de la enfermedad conocida como mal del talluelo (Pérez, Hurtado, Aparicio, Argueta y Larín, s.f)

La producción de plántulas sanas y vigorosas depende básicamente de una adecuada desinfección del suelo utilizado para los semilleros, pues tanto la semilla como la plántula pueden ser atacadas por hongos, bacterias, nematodos, insectos y malezas, que pueden afectar sus procesos de germinación, crecimiento y desarrollo, y causar, la mayoría de las veces, graves pérdidas económicas. (Jaramillo, Rodríguez, Guzmán, Zapata y Rengifo, 2007).

Tradicionalmente, la desinfección de semilleros se ha basado en la utilización de productos químicos, los cuales son efectivos para el control de hongos, nematodos y bacterias, pero estos productos están prohibidos o restringidos en muchos países por su alta toxicidad para los seres humanos y animales y por su efecto adverso al medio ambiente. Cuando los productos químicos se incorporan al suelo, pueden

acarrear la eliminación de organismos benéficos que, de una u otra forma, coadyuvan a la nutrición de las plantas o a la regulación de las poblaciones de organismos perjudiciales. (Jaramillo *et al.* 2007).

También pueden ocasionar resistencia en los fitopatógenos hacia productos químicos aplicados y acumulación en el suelo de sustancias tóxicas y de residuos perjudiciales de las plantas, con sus consecuencias sobre la salud de los consumidores. En el caso de no usar turba, es recomendable la desinfección del sustrato. El método de desinfección de suelo sugerido es la solarización húmeda, método físico en el cual se utiliza la energía calórica irradiada por el sol. (Jaramillo, *et al.* 2007).

Actualmente, existe preocupación mundial por reducir la contaminación y conservar los recursos naturales (Grigatti *et al.*, 2007). Dada esta situación se han considerado otros factores para la selección de sustratos como: 1. Que presenten supresividad respecto a patógenos. 2. Que sean reciclables. 3. Que eviten el lavado de nutrientes. 4. Que optimicen el consumo del agua. 5. Eviten o que causen daño al ambiente. 6. Que estén libres de patógenos.

El uso de sustratos lo constituye el menor control de plagas y enfermedades de la raíz de diversidad de plantas, las cuales son comunes cuando se utiliza el suelo como medio de crecimiento. Para el sistema de cultivo en suelo se han desarrollado diversos métodos de desinfección con la finalidad de incrementar rendimiento y calidad de producto. Entre estos se encuentran: la solarización, vaporización, con el objeto de evitar el uso de moléculas químicas complejas y tóxicas entre otros (Aguilera, Kriuchkova, López y Velázquez, 2009).

No obstante, la solarización y vaporización, y los métodos químicos son poco rentables por la superficie a desinfectar, así como la cantidad de mano de obra que se necesita para llevarlas a cabo, sin garantizar esto un suelo 100 % libre de fitopatógenos. Por otra parte, en los últimos años la preocupación del consumidor

por el cuidado del medio ambiente, así como por adquirir productos de calidad llevaron a la prohibición del uso de ciertos productos para la desinfección del suelo. La presencia de suelos improductivos por sobreexplotación, heterogeneidad, así como por carecer de características físicas y químicas apropiadas para la agricultura, ha llevado a desarrollar las técnicas de cultivo de plantas en maceta o contenedor. La problemática asociada al manejo de los desechos sólidos, la necesidad de reducir la superficie destinada a los vertederos y la búsqueda de alternativas para el reciclaje de los desechos de origen orgánico, afectan a la sociedad en general (Hidalgo y Méndez, 2009).

En tal sentido, la transformación de los desechos en sustratos y el uso adecuado de los mismos para diferentes fines surge como una alternativa viable, técnica y económica. Los desechos orgánicos transformados en sustratos mediante técnicas tales como el compostaje o vermicompostaje proveen propiedades adecuadas para el crecimiento de los cultivos, como la reducción del tamaño de partícula que lleva a una mayor retención del agua por el sustrato, el incremento de la capacidad de intercambio catiónico y mejora la capacidad de aireación, las cuales dependerán de la naturaleza de los materiales (Frederickson et al., 2007; Acevedo y Pire, 2007).

Con el fin de iniciar desde la etapa del germinador un manejo sostenible de los cultivos e impedir la presencia de las diferentes enfermedades se ha utilizado bio-carbón como sustrato libre de patógenos el cual se espera que brinde una alta protección a la semilla contra el ataque de estas enfermedades.

Este proyecto contribuirá con la generación de conocimiento acerca de las propiedades del bio-carbón, como una alternativa de sustrato de germinación y crecimiento de las plantas de cultivo. La información generada por este proyecto será importante para el sector agrícola, contribuyente importante al desarrollo económico en Colombia

## **9 OBJETIVOS**

### **9.1 Objetivo General**

- Analizar el efecto de la aplicación de sustrato de bio-carbón derivado de cascaras de frutales sobre la germinación y crecimiento de plántulas de tomate, maracuyá y papaya.

### **9.2 Objetivos específicos**

- Caracterizar las propiedades físico- química de sustratos de bio-carbón producto de cascaras de maracuyá, naranja y plátano.
- Determinar el efecto del sustrato de bio-carbón producto de cascaras de maracuyá, naranja y plátano en la germinación de plantas de tomate, maracuyá y papaya.
- Analizar el crecimiento de las plántulas en sustratos de bio-carbón producto de cascaras de maracuyá, naranja y plátano en etapa de vivero.

## 10 INTRODUCCIÓN

El éxito de las plantaciones hortícolas depende de las fases iniciales de crecimiento y desarrollo (germinación y plantulación), etapas influidas por la fisiología de la especie, las condiciones medio ambientales y el sustrato de crecimiento (Parasana, Leua, & Ray, 2013). El uso de sustratos solo o combinados, y de contenedores se ha convertido en una práctica de manejo estándar en la producción de semilleros, debido a las características de: porosidad, aireación, permeabilidad, pH, poder tampón de nutrientes y características biológicas, propicias para el desarrollo inicial de la planta (Pastor, 1999).

Diferentes medios de crecimiento son usados en la producción de plántulas, algunos pueden ser obtenidos directamente en el comercio, un ejemplo es la turba, sin embargo desde el punto de vista ambiental este sustrato, es un recurso finito, debido a que su formación es lenta, además es estratégico en el control del ciclo de carbono, porque es un sumidero de este elemento (Belyea & Clymo, 2001), (Belyea & Baird, 2006), siendo estas algunas razones para reducir su uso. Una alternativa son los medios de crecimiento que puedan ser elaborados por los productores o de forma industrial, en el que residuos de origen orgánico sean la materia prima.

El bio-carbón es una opción que transforma los residuos orgánicos en sustratos ecológicos y con potencial agronómico (Caballero, Front, Marcilla, & Conesa, 1997), (Yamato, Okimori, Wibowo, Anshori, & Ogawa, 2006). Los estudios indican mejoras en la fertilidad cuando es adicionado al suelo, debido a la modificación de algunas propiedades físicas y químicas (Glaser, Lehmann, & Zech, 2002), (Alonzo, Cruz, Jiménez, Ocampo, & Parra, 2016), estos resultados permite inferir el potencial que tiene como sustrato para la producción de plántulas hortícolas.

Este trabajo pretende evaluar el efecto del uso de bio-carbón obtenido de cáscaras de: maracuyá (*Passiflora edulis*), naranja (*Citrus sinensis*) y plátano (*Musa paradisiaca L.*) mezclado con suelo sobre la germinación y crecimiento de plántulas

de tomate (*Solanum lycopersicum*), maracuyá (*Passiflora edulis*) y papaya (*Carica papaya L.*).

## 11 MARCO TEÓRICO

La palabra inglesa “biochar” significa bio-carbón. Este término relativamente nuevo, hace referencia a un producto de grano fino y poroso similar en apariencia al carbón vegetal. Se produce a partir de un proceso denominado pirolisis, que consiste en la descomposición química de sustancias orgánicas a altas temperaturas y en ausencia de oxígeno (Verheijen, Jeffery, Bastos, van der Velde, & Diafas, 2010). Sin embargo, en términos prácticos realizar un proceso de pirolisis en ausencia total de oxígeno no es posible, por lo que siempre ocurre una oxidación mínima de materia orgánica (Verheijen et al., 2010).

Hay varios factores en el proceso de producción del bio-carbón que determinan sus características y por ende los efectos que pueda tener sobre el suelo y la microbiota. Uno de los factores determinantes en la estructura y función del bio-carbón es el tipo de biomasa utilizada. Para la producción de bio-carbón se utiliza comúnmente restos de materia orgánica en descomposición, desechos de cultivos, mazorcas ó cascara de nueces, entre muchos otros. El efecto del tipo de biomasa utilizada va a depender del contenido de celulosa, hemi-celulosa y lignina, ya que la descomposición de estos compuestos depende de ciertos rangos de temperatura y por ende el rendimiento del bio-carbón se ve influenciado (Zheng, Sharma, & Rajagopalan, 2010).

Según Sochi, López, Krull, & Bol, (2009) Para la producción de bio-carbón se utiliza la pirólisis lenta debido a que hay un mayor rendimiento de subproducto sólido (bio-carbón) que de subproducto líquido (bio-óleo) y gaseoso (syngas). La pirolisis lenta consiste en utilizar una temperatura baja-moderada entre 400°C y 650°C, un reactor operando a presión atmosférica y un tiempo de residencia largo (Sohi et al., 2009).

El bio-carbón puede mantener altos niveles de materia orgánica y de nutrientes

aprovechables para las plantas; pero, no solamente incrementan el contenido de nutrientes, sino también la retención de éstos, lo cual es especialmente importante en los suelos, que tienen baja capacidad de retención iónica (Glaser Lehmann y Zech, 2002)

La producción y aplicación de biomasa pirolizada (bio-carbón) al suelo, ha sido una herramienta utilizada para el almacenamiento de carbono en ecosistemas terrestres (Khodadad, Zimmerman, Green, Uthandi, & Foste, 2011). El bio-carbón puede incrementar la fertilidad del suelo mientras reduce el uso de agua y de fertilizantes químicos. El aumento en la fertilidad del suelo está relacionado con la capacidad del bio-carbón para absorber e intercambiar nutrientes y materia orgánica, pero también con su efecto positivo sobre la abundancia y diversidad de microorganismos (Khodadad et al., 2011).

Estudios anteriores, Koide, Petprakob, & Peoples, (2011). Afirman que el bio-carbón ha entrado a jugar un rol importante dentro de la agricultura como enmienda orgánica, debido a sus potenciales beneficios en el secuestro de carbono en el suelo, el rendimiento de los cultivos y la lixiviación de nutrientes.

Según Bailey, Fansler, Smith y Bolton (2010). El biocarbón guarda una similitud con el carbón activado, el cual reacciona con moléculas orgánicas tóxicas adsorbiéndolas y disminuyendo su disponibilidad en el suelo. Por lo que se le puede atribuir que también esté involucrado en este proceso de adsorción, sin ser elementos idénticos. Además, Abenza, (2012) afirma que debido a la textura y estructura del bio-carbón, la humedad en el suelo aumenta, permitiendo que se genere un ambiente propicio para el establecimiento de la microbiota.

Al observar el gran potencial que tiene el bio-carbón como enmienda en el suelo, se realizará el estudio de viabilidad de utilizar el bio-carbón como sustrato libre de patógenos para la germinación y crecimiento de tomate, maracuyá y papaya en etapa de vivero, ya que, mediante su proceso de transformación, la materia seca será sometida a altas temperaturas superiores a los 400° C, debido a esta

característica se puede deducir que produce inevitablemente la muerte del microorganismo.

Ya que la mayoría de ellos resisten rangos de temperaturas bajas entre los 15 °C a 45°, y son incapaces de soportar temperaturas superiores a los 400°C. Esto permitiría disminuir el uso de agroquímicos (fungicidas, nematocidas, herbicida etc.) en la etapa de germinación para el control de diferentes hongos que se encuentran en el sustrato y así mismo lograra estar libre de patógenos.

## 12 METODOLOGÍA

El trabajo de investigación se dividió en dos etapas, la primera consistió en la elaboración del bio-carbón a partir de las cascaras de maracuyá (*Passiflora edulis*), naranja (*Citrus sinensis*) y plátano (*Musa paradisiaca L.*) y la segunda en la evaluación del bio-carbón en el desarrollo y crecimiento de las plántulas de tomate (*Solanum lycopersicum*), maracuyá (*Passiflora edulis*) y papaya (*Carica papaya L.*).

### 12.1 Obtención de la materia prima.

Cáscaras de maracuyá (*Passiflora edulis*) (**CM**), naranja (*Citrus sinensis*) (**CN**) y plátano (*Musa paradisiaca L.*) (**CP**), fueron seleccionadas y colectadas en el Municipio de Granada (Meta) 3°30'56.6"N 73°43'02.2"W.

### 12.2 Elaboración del Bio-char.

El material colectado fue limpiado, cortado en fragmentos pequeños y secado en una estufa de circulación de aire a una temperatura de 70°C, el tiempo de esta operación varió en un rango de 72 a 96 horas, en función del contenido de humedad de los residuos, mediante observación se determinó el fin de esta actividad, inmediatamente, una muestra de 100 g de cada materia prima fue tomada y enviada al laboratorio para su caracterización química.

Una vez seco el material fue carbonizado en una estufa a gas con un tiempo de permanencia de 3 horas a temperatura de 450 °C (Belalcázar, 2013), después de este proceso una alícuota de 100 g de cada tipo de biochar (naranja, plátano y maracuyá) se caracterizó para conocer el contenido de nutrientes al finalizar el proceso.

### **12.3 Caracterización química de la materia prima de los sustratos.**

Los contenidos de Fósforo, Calcio, Magnesio, Potasio, Cobre, Hierro, Manganeso, Zinc, Boro y Azufre, se determinaron realizando digestión húmeda y siguiendo los protocolos de análisis de tejido vegetal consignados en el manual de métodos analíticos de laboratorio de suelos (IGAC, 2006).

### **12.4 Formulación de sustratos.**

De la granja experimental de la Universidad de los Llanos ubicada en la vereda Barcelona del municipio de Villavicencio (-73 ° 34'51.51"N, 4 ° 4'24.21"W; 388 m.s.n.m), se recolectó 100 kg de un suelo Typic Hapludox (IGAC, 2014), que fue solarizado y fumigado con una solución de formol al 10% (V/V), posteriormente secado a la sombra, desterronado y tamizado. Este suelo fue usado para ser mezclado en una relación 1:10 (M/M).

### **12.5 Caracterización del bio-carbón, suelo y sustratos de crecimiento.**

Los siguientes parámetros de fueron caracterizados en cada una de las muestras que conformaron los tratamientos evaluados en la fase de vivero: pH en agua (método potenciométrico relación 1:1); M.O. (Walkley Black); S (Fosfato monobásico de Calcio); Ca, Mg, K, Na (acetato de amonio 1N pH 7,0); P (Bray II); Al (Cloruro de potasio 1N); elementos menores (DTPA); B (ácido clorhídrico); la determinación de: M.O., Ca, Mg y Al, se efectuó por titulación; P, B, S, por espectrofotometría uv-bis y Cu, Fe, Mn, Zn, por espectrofotometría de absorción atómica (IGAC, 2006).

## 12.6 Tratamientos evaluados.

Tres experimentos en diseño completamente al azar con tres repeticiones fueron realizados con el fin de evaluar cada uno el crecimiento y desarrollo de una especie hortícola, evaluándose cinco sustratos de crecimiento como tratamientos (tabla 1). La unidad experimental estuvo constituida de 40 plántulas de cada especie sembradas en bandejas. El experimento se estableció en una estructura que buscaba asemejar las condiciones de un invernadero, un registrador de datos con exactitud de  $\pm 0.01$  ubicado en el centro del área de estudio, midió cada minuto la temperatura y humedad relativa, el análisis de varianza (ANAVA) y la prueba de significancia por el estadígrafo de Student Newman-Keuls (SNK) fue realizada con el software R (R Development Core Team, 2008).

**Tabla 1.** Formulaciones de medios de crecimiento y especies evaluadas.

| Sustrato                                 |         | Especies evaluadas                               |
|--|---------|--|
| Suelo + Bio-carbón de plátano            | T1 (BP) |  |
| Suelo + Bio-carbón de Carbón de Maracuyá | T2 (BM) | Tomate ( <i>Solanum lycopersicum</i> ), Maracuyá |
| Suelo + Bio-carbón de Naranja            | T3 (BN) | ( <i>Passiflora edulis</i> ),                    |
| Suelo sin Bio-carbón                     | T4 (S)  | Papaya ( <i>Carica papaya L.</i> ).              |
| Turba                                    | T5 (T)  |  |

## 12.7 Variables evaluadas.

Una prueba de germinación fue realizada antes de la siembra, evaluando cuarenta semillas en cajas de Petri con papel húmedo. Previo a la siembra, las bandejas fueron desinfectadas con solución de hipoclorito a una concentración de 10% (V/V), y una semilla se plantó en cada alveolo. Después del montaje del ensayo iniciaron

las evaluaciones de: porcentaje de germinación (**PG**), T50', velocidad media de germinación (**VMG**) y tiempo medio de germinación (**TMG**); continuando 45 días después de la siembra con la medición de altura y diámetro de tallo en cuello de la raíz con pie de rey digital ( $\pm 0.01$  mm). Finalmente, las plantas fueron secadas en una estufa de circulación de aire a una temperatura de 45°C para la determinación de la materia seca.

### **12.8 Evaluación microbiológica de los sustratos de crecimiento.**

En el momento de la extracción de las plantas una muestra de aproximadamente 30 g de sustrato fue tomada por cada tratamiento, con la finalidad de determinar la presencia de hongos fitopatógenos, usándose el método de la dilución del suelo en placa (Moreira, Huising, & Bignell, 2012).

### 13 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Al comparar los contenidos de nutrientes de la materia prima del bio-carbón (tabla 2) con los cánones de interpretación propuestos por Embrapa (1999), se observa que los niveles de: P, Ca, Mg, K, en la cáscara se encuentran encima de los niveles de suficiencia en tejido foliar. Cabe destacar que las plantas de plátano y de naranja tienen altos requerimientos de potasio (Rochini, Quaggio, Ferreira, & Cleante, 2004), (Martinez, 1998). El potasio tiene alta movilidad en la planta y cumple funciones de transporte de fuentes a sumideros, explicando su alto contenido en el epicarpio (tabla 2) (Maathuis, 2009). En contraste, el contenido de elementos menores de cada una de las materias primas no superó los niveles de suficiencia (EMBRAPA, 1999), a causa del uso poco frecuente de elementos menores en los planes de fertilización en las áreas en que se realizaron las colectas, además en esa región los suelos son deficientes en estos micronutrientes (IGAC, 2014).

*Tabla 2. Caracterización de la materia prima usada en la elaboración del biochar.*

| ID | P    | Ca   | Mg   | K    | Cu   | Fe    | Mn    | Zn    | B     | S       |
|----|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|---------|
|    | Ppm  |      | %    |      |      |       |       | Ppm   |       |         |
| CM | 0.05 | 0.85 | 0.08 | 0.76 | 4.50 | 51.00 | 8.50  | 14.00 | 24.41 | 647.38  |
| CP | 0.10 | 0.21 | 0.07 | 4.89 | 3.50 | 20.00 | 52.50 | 19.00 | 23.74 | 999.51  |
| CN | 0.10 | 0.30 | 0.10 | 2.89 | 3.00 | 65.50 | 16.00 | 99.50 | 16.65 | 1892.58 |

Después de convertir la materia prima en bio-carbón se observa un incremento en la concentración de carbono orgánico, elementos mayores (bases), fósforo y pH (tabla 3), sin embargo esta tendencia no fue observada en el contenido de elementos menores; el aumento del carbono orgánico se debe a la reducción de H y O por la evaporación del agua adsorbida (Novak, et al., 2009), la baja temperatura usada en la elaboración (450°C), aumentó la concentración de elementos mayores; la volatilización de P, K, Ca, Mg sucede a temperaturas superiores a 700°C. Sin embargo, cuando las altas temperaturas son usadas en el proceso de elaboración el contenido de elementos menores aumenta (Lehmann & Joseph, 2015).

**Tabla 3.** Contenido de nutrientes en el suelo y bio-char usados en las mezclas.

| ID       | M.O.<br>% | P<br>Ppm | pH  | Al  | Ca   | Mg                     | K      | Na   | Cu   | Fe    | Mn    | Zn    | B    | S      | Tex |
|----------|-----------|----------|-----|-----|------|------------------------|--------|------|------|-------|-------|-------|------|--------|-----|
|          |           |          |     |     |      | Cmol. Kg <sup>-1</sup> |        |      |      |       |       | Ppm   |      |        |     |
| Suelo    | 3.1       | 1.20     | 4.5 | 2.4 | 0.8  | 0.10                   | 0.09   | 0.01 | 0.85 | 27.50 | 1.70  | 0.30  | 0.77 | 0.51   | FA  |
| Plátano  | 49.4      | 350.20   | 8.7 | 0.3 | 3.00 | 3.00                   | 174.52 | 1.13 | 1.20 | 21.25 | 35.00 | 9.20  | 4.58 | 152.73 | -   |
| Maracuyá | 52.5      | 362.83   | 8.0 | 0.3 | 5.00 | 6.00                   | 110.00 | 1.23 | 0.80 | 25.00 | 120.0 | 45.00 | 5.04 | 393.89 | -   |
| Naranja  | 50.7      | 289.10   | 5.6 | 0.4 | 21.0 | 3.00                   | 26.79  | 1.14 | 1.80 | 5.00  | 40.00 | 4.90  | 4.01 | 218.51 | -   |

Los contenidos de nutrientes y pH del Bio-carbón obtenido en este experimento fueron comparables con los reportados por otros autores que usaron bajas temperaturas en la elaboración (Alonzo, Cruz, Jiménez, Ocampo, & Parra, 2016), (Novak, et al., 2009), (Jha, Biswas, Lakaria, & Rao, 2010), estos mismos autores han reportado el aumento en el contenido de nutrientes, como los observados en este trabajo cuando el bio-carbón es adicionado al suelo.

Inicialmente el suelo usado en este trabajo tenía bajo contenido de elementos mayores y menores, alta acidez potencial e intercambiable (ICA, 1992) (tabla3), indicando una baja fertilidad natural, después de aplicar los tratamientos hubo disminución en los diferentes tipos de acidez (tabla 4).

**Tabla 4.** Contenido de nutrientes después de las mezclas bio-char suelo.

| ID | M.O. | P     | pH  | Al   | Ca   | Mg   | K                                  | Na   | Cu   | Fe     | Mn    | Zn   | B    | S      | Tex  |
|----|------|-------|-----|------|------|------|------------------------------------|------|------|--------|-------|------|------|--------|------|
|    | %    | Ppm   |     |      |      |      | Cmol <sub>c</sub> Kg <sup>-1</sup> |      |      |        |       | Ppm  |      |        |      |
| BN | 6.4  | 45.1  | 6.6 | 0.15 | 3.10 | 0.70 | 7.00                               | 0.12 | 1.10 | 335.62 | 5.75  | 1.30 | 2.57 | 24.25  | FArA |
| BM | 8.2  | 176.3 | 7.5 | 0.10 | 2.30 | 1.30 | 22.00                              | 0.58 | 1.35 | 208.75 | 10.05 | 4.00 | 3.35 | 129.55 | FArA |
| BP | 9.5  | 166.9 | 7.7 | 0.10 | 1.30 | 0.70 | 30.00                              | 0.48 | 1.35 | 239.37 | 12.85 | 3.95 | 3.64 | 66.30  | FArA |

Es evidente el aumento de la capacidad de intercambio catiónico y el contenido de nutrientes después de mezclar el suelo con biochar al 10% (tabla 4), tal efecto es explicado a la presencia de componentes oxidables como anhidro celulosa, polisacáridos y alcoholes, la baja condensación de estructuras aromáticas y la poca formación de grafito, resultado de la baja temperatura usada en la pirolisis (Novak, et al., 2009).

El aumento en el pH y la reducción del aluminio intercambiable (tabla 4) puede ser explicado a la formación de carbonatos y óxidos de Ca, Mg, y K del proceso de pirolisis, estos óxidos reaccionan con el aluminio y los hidrogeniones presentes en el suelo, este efecto también lo reportó (Alonzo, Cruz, Jiménez, Ocampo, & Parra, 2016).

Los incrementos en el contenido de nutrientes decurrentes de los tratamientos evaluados son el resultado de las reacciones de disolución, precipitación y lixiviación de las sales solubles cuando el bio-carbón entra en contacto con el suelo, estas reacciones ocurren porque el bio-carbón es termodinámicamente inestable en condiciones oxidativas (Joseph, y otros, 2010).

El contenido de K en el sustrato después de aplicar los tratamientos puede ser calificado como alto en la mezcla suelo biochar de plátano (BP) y en la mezcla suelo biochar de maracuyá (BM) (tratamientos 1 y 3, respectivamente) (tabla 4). Es importante recordar que los altos contenidos de sales de K, Na, y Mg pueden afectar

la germinación de semillas de plantas no halófitas como el de la mayoría de las hortalizas (Tobe, Zhang, & K., 2003).

En los tres experimentos realizados el tratamiento 1 BP tuvo un efecto deletéreo en el crecimiento y desarrollo de las plántulas; la variable porcentaje de germinación presentó diferencias significativas (tabla 5); siendo más alta en las mezclas BN y T (tratamientos 3 y 5) en el experimento 1 (especie tomate), tratamiento cuatro (sólo suelo) en el experimento 2, en el experimento 3 (especie maracuyá) no se presentó diferencia entre los tratamientos, a pesar de esto, la germinación en los tres experimentos fue inferior a la de la prueba de germinación realizada en laboratorio (tabla 6).

**Tabla 5.** Crecimiento y desarrollo de las especies evaluadas en los diferentes experimentos.

| Experimento 1 Tomate |               |         |          |           |               |        |
|----------------------|---------------|---------|----------|-----------|---------------|--------|
| Trat                 | % Germinación | T50´    | Diámetro | Altura    | Longitud Raíz | MST    |
| T1 BP                | 0.00 a        | -       | -        | -         | -             | -      |
| T2 BM                | 6.67 a        | 15.33 a | -        | -         | -             | -      |
| T3 BN                | 30.00 b       | 15.33 a | 1.25 b   | 87.91 b   | 3.51 a        | 0.04 b |
| T4 S                 | 8.33 a        | 14.33 a | 0.61 a   | 48.36 a   | 2.02 a        | 0.01 a |
| T5 T                 | 36.67 b       | 12.67 a | 0.97 a b | 66.08 a b | 7.82 b        | 0.02 a |

| Experimento 2 Papaya |               |         |          |         |               |        |
|----------------------|---------------|---------|----------|---------|---------------|--------|
| Trat                 | % Germinación | T50´    | Diámetro | Altura  | Longitud Raíz | MST    |
| T1 BP                | 0.00 a        | -       | -        | -       | -             | -      |
| T2 BM                | 3.33 a        | 17.00 a | -        | -       | -             | -      |
| T3 BN                | 32.50 a       | 19.33 a | 1.37 a   | 51.02 b | 3.53 b        | 0.05 b |
| T4 S                 | 35.00 b       | 17.67 a | 1.30 a   | 28.68 a | 0.96 a        | 0.02 a |
| T5 T                 | 6.67 a        | 13.00 a | 1.00 a   | 43.33 b | 6.29 c        | 0.02 a |

| Experimento 3 Maracuyá |               |         |          |           |               |        |
|------------------------|---------------|---------|----------|-----------|---------------|--------|
| Trat                   | % Germinación | T50´    | Diámetro | Altura    | Longitud Raíz | MST    |
| T1 BP                  | -             | -       | -        | -         | -             | -      |
| T2 BM                  | -             | -       | -        | -         | -             | -      |
| T3 BN                  | 3.33 a        | -       | 0.28 a   | 16.92 a b | 5.10 b        | 0.02 a |
| T4 S                   | 3.33 a        | 15.33 a | 0.67 a   | 42.60 b c | 2.70 a        | 0.03 a |
| T5 T                   | 6.67 a        | 16.00 a | 0.75 a   | 58.70 c   | 5.90 b        | 0.03 a |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ ) por la prueba Student Newman-Keuls (SNK).

*Tabla 6. Resultados Prueba de germinación de las especies evaluadas.*

| Especie  | % Germinación | T50´  |
|----------|---------------|-------|
| Tomate   | 91.67         | 3.00  |
| Papaya   | 25.83         | 14.67 |
| Maracuyá | 57.5          | 7.00  |

El parámetro T50´ varió de 12.67 a 19.33 semillas, y no presentó diferencias estadísticas en ninguno de los experimentos evaluados (tabla 5), en el experimento 1 el diámetro del tallo y la altura de la planta fue mayor en la mezcla BN y T (tratamientos 3 y 5, respectivamente), la longitud de raíz en T y la materia seca total en BN; en el experimento 2 no hubo diferencia estadística en el diámetro del tallo, la altura fue superior estadísticamente en BN y T, longitud de la raíz fue mayor en T y la materia seca total en BN; nuevamente en el experimento 3 los tratamientos BN y T permitieron la mayor longitud de la raíz, y en el tratamiento T se obtuvo la mayor altura de las plantas.

De forma general, la turba (tratamiento 5) y la mezcla suelo bio-carbón de naranja (tratamiento 3) permitieron el mejor desempeño de las variables evaluadas en cada uno de los experimentos realizados, sin embargo, este desempeño no fue satisfactorio.

Los diferentes sustratos de crecimiento no presentaron hongos patógenos asociados a enfermedades relacionadas a hongos causantes del damping-off, enfermedad de interés, que afecta a hortalizas en estado de plántulas; esto se puede explicar al aumento de la actividad biológica de los sustratos producida por

la adición de bio-char, que puede generar condiciones similares a las de suelos supresivos (Scheuerell, Sullivan, & Mahaffee, 2005), (Jha, Biswas, Lakaria, & Rao, 2010) (Lehmann & Joseph, 2015).

El potasio es conocido por ser un elemento esencial que mitiga el efecto de diferentes tipos de estrés abiótico, por tener funciones biofísicas y bioquímicas en la planta (Cakmak, 2005), sin embargo, al comparar el contenido de este elemento en las mezclas evaluadas su disponibilidad fue la más alta en BM y BP (tabla 4), tratamientos en los que las plantas no se desarrollaron (tabla 5); La despolarización parcial del plasmalema reduce la capacidad de absorción de Na, Ca, Mg (antagonismo de iones) y generar su deficiencia, y esto ocurre cuando hay una alta disponibilidad de potasio en el suelo o medios de crecimiento (Barker & Pilbeam, 2007). Igualmente, altas concentraciones de sales afectan la germinación, prolongando su periodo y reduciendo su porcentaje, debido a la reducción del potencial osmótico, que afecta el potencial hídrico, situación que se puede interpretar como una “sequia fisiológica” (Cuartero & Fernández, 1999), (Fanti & Pérez, 2004), (Taiz & Zeiger, 2013).

Las condiciones ambientales afectan la germinación; la temperatura influye en la absorción de agua de la semilla y otras reacciones bioquímicas, la foto-conversión del fitocromo es un factor que aumenta o reduce la germinación y es dependiente de la temperatura (Heschel, y otros, 2007), en las especies estudiadas la mayor germinación se obtiene cuando la temperatura se encuentra en los rangos de 20 a 25°C en tomate (Vallejo & Estrada, 2004) y 20 a 30°C para el maracuyá (Osipi & Nakagawa, 2005). La temperatura y humedad relativa en que se desarrolló este trabajo en algunas ocasiones superaron las consideradas óptimas para la fase inicial de las plantas evaluadas, esto también puede explicar las diferencias observadas en la prueba de germinación (tabla 6) y esta variable en los tres experimentos realizados (tabla 5).

## 14 CONCLUSIONES

1. La materia prima usada influye en el contenido de nutrientes que tiene el biochar.
2. La mezcla suelo más biochar de naranja al 10% (M/M) tuvo un comportamiento similar a la de la turba en la producción de plántulas hortícolas.
3. En el caso del biochar obtenido de plátano y maracuyá la relación 10% (M/M) tiene un efecto deletéreo en el crecimiento y desarrollo inicial de plántulas, permitiendo pensar que la relación ideal es menor a la usada en el presente trabajo.

## 15 TRABAJOS CITADOS

- Alonzo, G. L., Cruz, D. A., Jiménez, M. D., Ocampo, D. A., & Parra, G. S. (2016). BIOCHAR COMO ENMIENDA EN UN OXISOL Y SU EFECTO EN EL CRECIMIENTO DE MAÍZ. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 19(2), 341-349.
- Barker, A., & Pilbeam, D. (2007). *Handbook of plant nutrition*. CRC Press.
- Belalcázar, S. S. (2013). *Evaluación del Biocarbón derivado de Cascarilla de Arroz como Potenciador del Establecimiento y Proliferación de Bacterias en Suelos no Perturbados*. Santiago de Cali.
- Belyea, L. R., & Baird, A. J. (2006). Beyond “The Limits To Peat Bog Growth”: Cross-Scale Feedback In Peatland Development. *Ecological Monographs*, 76(3), 299-322.
- Belyea, L., & Clymo, R. S. (2001). Feedback Control of the Rate of Peat Formation. *The Royal Society*, 268, 1315-1321.
- Caballero, J. A., Front, R., Marcilla, A., & Conesa, J. A. (1997). Characterization of sewage sludges by primary and secondary pyrolysis. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 40, 433-450.
- Cakmak, I. (2005). The role of potassium in alleviating detrimental effects of abiotic stresses in plants. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 168, 521-530.
- Cuartero, F., & Fernández, R. (1999). Tomato and Salinity. *Scientia Horticulture*, 78, 83-125.
- De Luca, T. H., Gundale, M. F., & MacKenzie, M. F. (s.f.). Biochar effects on soil nutrient transformations.

- EMBRAPA. (1999). *Análise de Plantas: Amostragem e Interpretação*. Petronila: Embrapa Semi-Árido.
- Fanti, S., & Pérez, S. (2004). Processo germinativo de Sementes de Paineira sob Estresse Hídrico e Salinidade. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 39(9), 903-909.
- Glaser, B., Lehmann, J., & Zech, W. (2002). Ameliorating physical and chemical properties of highly weathered soils in the tropics with charcoal – a review. *Biology and Fertility of Soils*, 35, 219-230.
- Heschel, M. S., Selby, J., Bulter, C., Whitlam, G. C., Sharrock, R. A., & Donohue, K. (2007). A new role for phytochromes in temperature-dependent germination. *New Phytologist*, 174, 735-741.
- ICA. (1992). *Fertilización en Diversos Cultivos Quinta Aproximacion*. Bogotá: Produmedios.
- IGAC. (2006). *Métodos Analíticos de Laboratorio de Suelos* (Sexta ed.). Bogotá: Imprenta nacional.
- IGAC. (2014). *Estudio General de suelos y zonificación de tierras departamento de Vichada, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.
- Jha, P., Biswas, A. K., Lakaria, B. L., & Rao, S. (2010). Biochar in agriculture – prospects and related implications. *Current Science*, 99(9), 1218-1225.
- Joseph, S. D., Camps-Arbestain, M., Lin, Y., Munroe, P., Chia, C. H., Hook, V. J., Amonette, J. E. (2010). An investigation into the reactions of biochar in soil. *Australian Journal of Soil Research*, 48, 501-515.
- Lehmann, J., & Joseph, S. (2015). *Biochar for Environmental Management science, technology, implementation*. Taylor and Francis.
- Maathuis, J. M. (2009). Physiological functions of mineral macronutrients. *Current Opinion in Plant Biology*, 12, 250-258.

- Martinez, G. A. (1998). *El Cultivo del Platano en los Llanos Orientales*. Villavicencio: Corpoica.
- Moreira, S. F., Huising, E. I., & Bignell, D. E. (2012). *Manual de Biología de Suelos Tropicales: muestreo y caracterización de la biodiversidad bajo el suelo*. México, México: Instituto Nacional de Ecología.
- Novak, M. J., Busscher, J. W., Laird, D. L., Ahmedna, M., Watts, W. D., & Niandou, S. A. (2009). Impact of Biochar Amendment on Fertility of a Southeastern Coastal Plain Soil. *Soil Science*, 174(2), 105-112.
- Osipi, F. E., & Nakagawa, J. (2005). Avaliação da Potencialidade Fisiológica de Sementes de Maracujá- Doce (*passiflora alata dryander*) Submetidas ao Armazenamento. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 27(1), 52-54.
- Parasana, J. S., Leua, H. N., & Ray, N. R. (2013). Effect of Different Growing Medias Mixture on Germination and Seedlings Growth of Mango (*Mangifera Indica L.*) Cultivars under Net House Conditions. *The Bioscan*, 8(3), 897-900.
- Pastor, S. J. (1999). Utilización de Sustratos en Viveros. *Terra Latinoamericana*, 17(3), 231-235.
- R Development Core Team. (2008). *R: A language and environment for statistical computing*. Viena, Austria: R Foundation for Statistical Computing. Obtenido de <http://www.R-project.org>.
- Rochini, B. P., Quaggio, J. A., Ferreira, A. M., & Cleante, B. O. (2004). Balanço de Nutrientes na Produção de Mudas Cítricas Cultivadas em Substrato. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 26(2), 300-305.
- Scheuerell, S., Sullivan, D., & Mahaffee, W. (2005). Suppression of Seedling Damping-Off Caused by *Pythium ultimum*, *P. irregulare*, and *Rhizoctonia solani* in Container Media Amended with a Diverse Range of Pacific Northwest Compost Sources. *Phytopathology*, 95(3), 306-315.

- Taiz, L., & Zeiger, L. (2013). *Fisiología Vegetal*. Porto Alegre: Artmed.
- Tobe, K., Zhang, L., & K., O. (2003). Alleviatory effects of calcium on the toxicity of sodium, potassium and magnesium chlorides to seed germination in three non-halophytes. *Seed Science Research*, 13, 47-54.
- Vallejo, C. F., & Estrada, S. E. (2004). *Producción de Hortalizas de Clima Cálido*. Palmira: Universidad Nacional de Colombia.
- Yamato, M., Okimori, Y., Wibowo, I. F., Anshori, S., & Ogawa, M. (2006). Effects of the application of charred bark of *Acacia mangium* on the yield of maize, cowpea and peanut, and soil chemical properties in South Sumatra, Indonesia. *Soil Science & Plant Nutrition*, 52(4), 489-485.

## 16 ANEXOS

|   |   |  |  |  |                |                   |                |
|---|---|--|--|--|----------------|-------------------|----------------|
|  | <b>UNIVERSIDAD DE LOS LLANOS</b>                        |  |  |  |                | CÓDIGO: FO-GAA-92 |                |
|   | PROCESO GESTION DE APOYO A LA ACADEMIA                  |  |  |  |                | VERSIÓN: 01       | PÁGINA: 3 de 3 |
|   | FORMATO ENTREGA DE RESULTADO ANALISIS QUIMICO DE SUELOS |  |  |  |                | FECHA: 17/10/2012 |                |
|   |   |  |  |  | VIGENCIA: 2012 |                   |                |

  

| Muestra Lab. No. | Ident. de Campo  | Text. | M.O %    | P. ppm | pH 1:1            | CATIONES meq/100g suelos                 |      |      |       |              | CATIONES (ppm) |        |       |      |      |        |
|------------------|------------------|-------|----------|--------|-------------------|--|------|------|-------|--------------|----------------|--------|-------|------|------|--------|
|                  |                  |       |          |        |                   | Al                                       | Ca   | Mg   | K     | Na           | Cu             | Fe     | Mn    | Zn   | B    | S      |
| 596              | Maracuyá + suelo | FArA  | 8.2      | 176.3  | 7.5               | 0.10                                     | 2.30 | 1.30 | 22.00 | 0.58         | 1.35           | 208.75 | 10.05 | 4.00 | 3.35 | 129.55 |
| Valoración:      |                  |       | Muy alto | Alto   | Ligeramente ácido | Probablemente no hay problemas con el Al | Bajo | Bajo | Alto  | Nivel Normal | Medio          | Alto   | Alto  | Alto | Alto | Alto   |

  

|            | %Nt      | Bases totales meq/100g suelos | CICe meq/100gsuelos | Relaciones                          |                   |                        |
|------------|----------|-------------------------------|---------------------|-------------------------------------|-------------------|------------------------|
|            |          |                               |                     | Ca/Mg                               | Mg/K              | Ca/k                   |
| Resultado  | 0.41     | 26.18                         | 26.28               | 1.77                                | 0.06              | 0.1                    |
| Valoración | Muy alto | Alto                          | Alto                | Bajo nivel de Ca con respecto al Mg | Deficiencia de Mg | Margen adecuada para K |

  

|   |  |  |                  |     |      |
|---|--|--|------------------|-----|------|
| M.O. Walkley black<br>S: Fosfato monobásico de calcio<br>Cationes: AcNH4, 1N pH 7.0<br>Elementos Menores: DTPA.<br>Al: KCl1N<br>Textura por Bouyoucos | B: solución HCl, 0.05 M<br>P: Bray II<br>pH 1:1 (Suelo : Agua) | <b>LUIS ALFONSO GUARÍN GUTIÉRREZ</b><br>Director Laboratorio de Suelos | Fecha de entrega |     |      |
|   |  |  | Día              | Mes | Año  |
|   |  |  | 25               | 09  | 2017 |

  

Km. 12 vía Puerto López, Vereda Barcelona, Tel. (098) 6616800, ext. 119, Villavicencio - Meta  
 E-Mail: laboratoriodesuelos@unillanos.edu.co

**Ilustración 1.** Análisis químico del bio-carbón de maracuyá mezclado con suelo.

|   |   |  |  |  |  |                   |                |
|---|---|--|--|--|--|-------------------|----------------|
|  | <b>UNIVERSIDAD DE LOS LLANOS</b>                        |  |  |  |  | CÓDIGO: FO-GAA-92 |                |
|   | PROCESO GESTION DE APOYO A LA ACADEMIA                  |  |  |  |  | VERSIÓN: 01       | PAGINA: 1 de 3 |
|   | FORMATO ENTREGA DE RESULTADO ANALISIS QUIMICO DE SUELOS |  |  |  |  | FECHA: 17/10/2012 | VIGENCIA: 2012 |

|                   |     |      |
|-------------------|-----|------|
| Fecha de recibido |     |      |
| Día               | Mes | Año  |
| 19                | 09  | 2017 |

|   |                           |
|---|---------------------------|
| SOLICITANTE: <b>SERGIO PARRA GONZALEZ</b> |                           |
| MUNICIPIO: VILLAVICENCIO                  | DEPARTAMENTO: <b>META</b> |
| FINCA: <b>LAS LINDAS</b>                  | VEREDA: LA CALCETA        |

| Muestra Lab. No. | Ident de Campo  | Text. | M.O. %   | P. ppm | pH 1:1      | CATIONES meq/100g suelos                 |      |      |      |      | CATIONES (ppm) |        |       |      |      |       |
|------------------|-----------------|-------|----------|--------|-------------|--|------|------|------|------|----------------|--------|-------|------|------|-------|
|                  |                 |       |          |        |             | Al                                       | Ca   | Mg   | K    | Na   | Cu             | Fe     | Mn    | Zn   | B    | S     |
| 594              | Naranja + suelo | FArA  | 6.4      | 45.1   | 6.6         | 0.15                                     | 3.10 | 0.70 | 7.00 | 0.12 | 1.10           | 335.62 | 5.75  | 1.30 | 2.57 | 24.25 |
| Valoración:      |                 |       | Muy alto | Alto   | Casi Neutro | Probablemente no hay problemas con el Al |      |      |      |      | Medio          | Alto   | Medio | Bajo | Alto | Alto  |

|            | %Nt      | Bases totales meq/100g suelos | CICe meq/100gsuelos | Relaciones        |                   |                        |
|------------|----------|-------------------------------|---------------------|-------------------|-------------------|------------------------|
|            |          |                               |                     | Ca/Mg             | Mg/K              | Ca/k                   |
| Resultado  | 0.3      | 10.92                         | 11.07               | 4.43              | 0.10              | 0.44                   |
| Valoración | Muy alto | Alto                          | Medio               | Deficiencia de Mg | Deficiencia de Mg | Margen adecuada para K |

Km. 12 via Puerto López, Vereda Barcelona, Tel. (098) 6616800. ext. 119. Villavicencio - Meta  
E-Mail: [laboratoriodesuelos@unillanos.edu.co](mailto:laboratoriodesuelos@unillanos.edu.co)

**Ilustración 2. Análisis químico del bio-carbón de naranja mezclado con suelo.**

|   |   |  |  |  |                   |                |
|---|---|--|--|--|-------------------|----------------|
|  | <b>UNIVERSIDAD DE LOS LLANOS</b>                        |  |  |  | CÓDIGO: FO-GAA-92 |                |
|   | PROCESO GESTION DE APOYO A LA ACADEMIA                  |  |  |  | VERSIÓN: 01       | PAGINA: 2 de 3 |
|   | FORMATO ENTREGA DE RESULTADO ANALISIS QUIMICO DE SUELOS |  |  |  | FECHA: 17/10/2012 |                |
|   |   |  |  |  |                   | VIGENCIA: 2012 |

| Muestra Lab. No. | Ident. de Campo | Text. | M.O. %   | P. ppm   | pH 1:1            | CATIONES meq/100g suelos                 |      |      |       |              | CATIONES (ppm) |        |       |      |      |       |
|------------------|-----------------|-------|----------|----------|-------------------|--|------|------|-------|--------------|----------------|--------|-------|------|------|-------|
|                  |                 |       |          |          |                   | Al                                       | Ca   | Mg   | K     | Na           | Cu             | Fe     | Mn    | Zn   | B    | S     |
| 595              | Plátano + suelo | FArA  | 9.5      | 166.9    | 7.7               | 0.10                                     | 1.30 | 0.70 | 30.00 | 0.48         | 1.35           | 239.37 | 12.85 | 3.95 | 3.64 | 66.30 |
| Valoración:      |                 |       | Muy alto | Muy alto | Ligeramente ácido | Probablemente no hay problemas con el Al | Bajo | Bajo | Alto  | Nivel Normal | Medio          | Alto   | Alto  | Alto | Alto | Alto  |

|            | %Nt      | Bases totales meq/100g suelos | CICe meq/100gsuelos | Relaciones                          |                   |                        |
|------------|----------|-------------------------------|---------------------|-------------------------------------|-------------------|------------------------|
|            |          |                               |                     | Ca/Mg                               | Mg/K              | Ca/k                   |
| Resultado  | 0.48     | 32.48                         | 32.58               | 1.86                                | 0.02              | 0.04                   |
| Valoración | Muy alto | Muy alto                      | Alto                | Bajo nivel de Ca con respecto al Mg | Deficiencia de Mg | Margen adecuada para K |

Km. 12 via Puerto López, Vereda Barcelona, Tel. (098) 6616800, ext. 119: Villavicencio - Meta  
E-Mail: laboratoriodesuelos@unillanos.edu.co

**Ilustración 3. Análisis químico del bio-carbón de plátano mezclado con suelo.**

