

Seguimiento de parámetros físicos y químicos en sustratos de enraizamiento de plántulas de aguacate (*Persea americana*) variedad Hass su relación con el manejo y variables de desarrollo

JENIFER SALAMANCA POLO

UNIVERSIDAD ABIERTA Y A DISTANCIA – UNAD

Escuela De Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente – ECAPMA

Programa de Agronomía

CEAD PALMIRA

2019

Seguimiento de parámetros físicos y químicos en sustratos de enraizamiento de plántulas de aguacate (*Persea americana*) variedad Hass su relación con el manejo y variables de desarrollo

JENIFER SALAMANCA POLO

Proyecto aplicado como opción de grado para optar al título profesional de Agrónomo

MILTON CESAR ARARAT OROZCO

Tutor

UNIVERSIDAD ABIERTA Y A DISTANCIA – UNAD

Escuela De Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente – ECAPMA

Programa de Agronomía

CEAD PALMIRA

2019

DEDICATORIA

Este trabajo lo dedico especialmente a Dios por haberme dado las fortalezas necesarias para superar cada uno de los obstáculos que se me presentaron a lo largo de la trayectoria y que gracias a él he logrado culminar uno de mis mayores anhelos el cual es ser una profesional.

Le dedico también este logro a mis familiares que de alguna manera me apoyaron para avanzar en este proceso de formación.

A mis compañeros y tutores de trabajo académico por el apoyo en los trabajos colaborativos que contribuyeron a retroalimentar mi conocimiento.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por haberme brindado la oportunidad de empezar mi proceso de formación académica y terminar satisfactoriamente este objetivo.

A mi familia por haberme apoyado durante mi proceso de formación académica.

Al ingeniero y tutor Milton Cesar Ararat por brindarme su apoyo en cada proceso del proyecto y su excelente disposición.

A la Universidad Nacional Abierta y a Distancia “UNAD” por las personas que hacen parte de la universidad y que me apoyaron durante mi proceso de formación académica.

Contenido

1.RESUMEN	8
2.INTRODUCCIÓN	10
3.JUSTIFICACION.....	11
4.OBJETIVOS.....	12
5.MARCO TEORICO	13
5.1Generalidades del cultivo.....	13
5.2 Sustratos para la obtención de plántulas de aguacate. (<i>Persea americana</i>).....	13
5.3 Parámetros físicos de sustratos	15
5.4 Insumos agrícolas para el manejo del pH en los sustratos.....	16
5.5 Parámetros químicos de los sustratos	17
5.6 Determinantes biológicos de las plántulas de aguacate (<i>persea american</i>)	17
6. MATERIALES Y MÉTODOS.....	19
6.1 Fase de campo	19
6.2 Materiales de siembra:	20
6.3 Fase de determinantes químicos y físicos	20
6.5 Análisis estadístico.....	21
7. RESULTADOS.....	23
8. CONCLUSIONES	30
9. RECOMENDACIONES	31
10.BIBLIOGRAFIA	32
11.ANEXOS.....	37

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. mezcla de compuestos de los tratamientos.....	38
Tabla 2. Curvas de retención de humedad.....	38
Tabla 3. Densidad aparente de los sustratos.....	38
Tabla 4. promedios de PH y conductividad eléctrica en sustratos al tercer mes de muestreo.....	39
Tabla 5. Promedio de materia seca.....	39
Tabla 6. Biomasa de raíz muestreo 60 días después del trasplante.....	39
Tabla 7. Área foliar Muestreo 60 días después del trasplante.....	40

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Curvas de retención de humedad.....	24
Figura 2. Promedios de densidad aparente de los sustratos.....	25
Figura 3. Promedio de pH y conductividad eléctrica en sustratos.....	26
Figura 4. Promedio de biomasa de raíz en plántulas de aguacate.....	28
Figura 5. Área foliar, muestreo 60 días después del trasplante.....	29
Figura 6. porcentaje de materia seca.....	30

1.RESUMEN

Este proyecto se desarrolla bajo las condiciones ambientales de Palmira Valle del Cauca en la zona plana, basado en la evaluación preliminar de algunos factores químicos y físicos en el manejo de sustratos de enraizamiento para plántulas de aguacate (*Persea americana* L) variedad Hass, con el propósito de identificar variables adecuadas que permitan un óptimo desarrollo en el crecimiento vegetal.

El trabajo busca contribuir a los itinerarios técnicos relacionados con la producción a nivel de vivero para establecer criterios agronómicos de control y mejoramiento de labores en el caso de los sustratos. El proyecto contempla resultados que hacen parte del proyecto de investigación titulado “Herramientas biotecnológicas en el manejo ambiental de la rizósfera de plántulas de aguacate”, ejecutado en la Escuela de Ciencias Agrícolas Pecuarias y de Medio Ambiente de la UNAD. Presentado por el grupo de investigación “Producción Sostenible” en 2017.

Palabras claves: evaluación, factores, químicos, físicos, sustratos, enraizamientos, plántulas, aguacate (*Persea americana*), variables, crecimiento, contribuir, itinerarios, producción, mejoramiento, biotecnología, ambiental, rizosfera, producción sostenible.

SUMMARY

This project is developed under the environmental conditions of Palmira Valle del Cauca in the flat area, based on the preliminary evaluation of some chemical and physical factors in the handling of rooting substrates for avocado seedlings (*Persea americana* L) Hass variety, with the purpose of identifying suitable variables that allow an optimal development in plant growth.

The work seeks to contribute to the technical itineraries related to nursery level production to establish agronomic criteria for control and improvement of work in the case of substrates. The project includes results that are part of the research project entitled "Biotechnological tools in the environmental management of the avocado seedling rhizosphere", executed in the School of Agricultural Agricultural Sciences and the Environment of the UNAD. Presented by the research group "Sustainable Production" in 2017.

Key words: evaluation, factors, chemical, physical, substrates, rooting, seedlings, avocado (*Persea americana*), variables, growth, contribute, itineraries, production, improvement, biotechnology, environmental, rhizosphere, sustainable production.

2.INTRODUCCIÓN

Este proyecto contiene información sobre el establecimiento de criterios agronómicos de control en el mejoramiento de labores en el caso de sustratos mediante la determinación de algunos factores físicos (densidad aparente y retención de humedad) con el objetivo de seleccionar un sustrato óptimo y mediante la aplicación de insumos agrícolas para el manejo del PH realizar análisis y discusión sobre condiciones químicas (PH y conductividad eléctrica) y biológicas (Estimación del desarrollo de la materia seca en hojas, biomasa fresca de raíces y área foliar de plántulas de aguacate *persea americana*) con el propósito de estimar los valores más convenientes para el desarrollo de las plántulas. Entre tanto este proyecto hace parte de las actividades del semillero de investigación SIPAS (semillero de investigación en producción agropecuaria sostenible) de la ECAPMA.

3.JUSTIFICACION

El análisis de resultados acerca de sustratos de enraizamiento en plántulas de aguacate (*Persea americana*) es importante ya que debido a las exigencias de calidad en el mercado se deben implementar herramientas tecnológicas desde la selección de la semilla hasta la producción, es por ello la necesidad de evaluar algunas variables físicas y químicas que ofrezcan óptimas condiciones para determinar su influencia en las plántulas de aguacate (*Persea americana*).

4.OBJETIVOS

4.1Objetivo general

Establecer un seguimiento de parámetros físicos y químicos en sustratos de enraizamiento de plántulas de aguacate (*Persea americana*) variedad Hass su relación con el manejo y variables de desarrollo biológico de las plántulas bajo la aplicación de insumos agrícolas.

4.2Objetivos Específicos

Evaluar la densidad aparente y la retención de humedad en sustratos para definir una condición óptima en plántulas de aguacate (*Persea americana*).

Analizar las mediciones de variables físicas (retención de humedad y densidad aparente) y químicas (pH y conductividad eléctrica) en sustratos bajo la aplicación de insumos agrícolas en plántulas de aguacate (*Persea americana*)

Estimar desarrollo de área foliar, materia seca en hojas y biomasa fresca de raíces de plántulas de aguacate (*Persea americana*) después de la enjertación

5.MARCO TEORICO

5.1 Generalidades del cultivo

El aguacate (*persea americana*) tiene como su centro de origen a América; se considera que la especie que dio origen al aguacatero proviene de la zona montañosa situada al occidente de México y Guatemala. Su distribución natural va desde México hasta Perú, pasando por Centro América, Colombia, Venezuela y Ecuador (Bernal & Diaz, 2008).

La variedad Hass fue obtenido por semilla de una planta guatemalteca en la Habra Heights, California, Estados Unidos, por Rudolph Hass y patentado en 1935. Es la principal variedad comercial en el mundo (Teliz et al., 2000) Muy desarrollada comercialmente en EE.UU. y difundida a Israel, Islas Canarias, Sur de España, México y América del Sur. Posee 95% de las características de la raza guatemalteca y solamente 5 % de la raza mexicana.

5.2 Sustratos para la obtención de plántulas de aguacate. (*Persea americana*)

Según Abad et al (2004), el término sustrato se aplica en agricultura para definir a todo material sólido distinto del suelo, natural o sintético, mineral u orgánico, que, puesto en un contenedor, en forma pura o en mezcla, que desempeña un soporte fisiológico para la planta; en otros términos, se ha definido también al sustrato, a todo material natural o artificial, que permite el anclaje del sistema radical y también el aporte de elementos nutritivos (Crozon & Neyroud, 1990).

La composición y manejo del sustrato de enraizamiento de plántulas o porta injertos de aguacate, son los principales factores agronómicos para la obtención de material sano para las siembras en campo, los cuales deben garantizar óptimas características tanto en su sistema de raíces como en su parte aérea (Ararat, 2013).

En un sustrato elaborado, el componente orgánico es el que usualmente favorece la retención de agua y de nutrientes, el material mineral, comúnmente otorga peso y solidez para mantener la planta erecta y un adecuado espacio poroso para una buena aireación (Aburto, 2007).

La cachaza

es un residuo de la industria azucarera que se forma a partir de los lodos formados por las impurezas, ceras, hidrocarburos y azúcares que aporta la caña (Hernández et al., 2008).

efecto sobre las características físicas del suelo: Cuando se compostea la cachaza en fresco y se aplica al suelo, esta beneficia su estructura y aireación y promueve el desarrollo de raíces y la penetración del agua en su interior (Elsayed et al., 2007)

Cuando el suelo dispone de material orgánico en forma de cachaza, éste aumenta su capacidad de almacenaje de agua (Romero et al., 2002).

Efectos sobre las características químicas del suelo: Elsayed et al. (2007) quienes indicaron que la aplicación de cachaza estimula el aumento de las reservas de materia orgánica del suelo, el carbono orgánico, el nitrógeno total y la cantidad de fósforo.

Efectos sobre las características biológicas del suelo: El compost de cachaza presenta 59.8% de materia orgánica (Hernández et al., 2008), que es el alimento de una multitud de microorganismos y favorece procesos de mineralización, el desarrollo de la cubierta vegetal y estimula el crecimiento de la planta en un sistema ecológico equilibrado (Julca et al., 2006).

Bagazo

Aguilar-Rivera (2011) menciona que “El bagazo en condiciones de humedad (48 - 52%) constituye un rico sustrato para el desarrollo de microorganismos (bacterias, hongos, levaduras y mohos) y tienen lugar varias reacciones simultáneas, como la fermentación, debido a los factores ambientales, dando lugar a la generación de calor”.

Cascarilla de arroz

facilita la aireación, absorción de humedad y el filtraje de nutrientes. Aumenta la actividad macro y microbiológica de la tierra y estimula el desarrollo del sistema radicular de las plantas. Es una

fuelle de sílice y favorece así la resistencia de las plantas contra plagas y enfermedades. Corrige la acidez del suelo y es una fuente constante de humus. Este material puede ocupar hasta un 33% del volumen de los ingredientes y es importante para controlar los excesos de humedad. Puede ser sustituida por cascarilla de café o pajas secas trituradas (Brechelt, 2004).

la cascarilla de arroz tiene buena inercia química, sin embargo, se pueden encontrar semillas de otras plantas, generando problemas de malezas. Con el tiempo de uso, van ocurriendo algunos cambios en sus propiedades físico químicas, los cambios más notables tienen que ver con la degradación física, es decir las partículas se van fracturando y se genera un polvillo que tiende a aumentar la retención de humedad (Valverde, 2007), además el contenido de sílice de la cascarilla favorece a los vegetales del ataque de insectos y microorganismos (Restrepo, 1996).

Carbonilla

La carbonilla es un residuo de caldera de las fábricas de ingenios azucareros, empleado como mejorador de la porosidad y el drenaje (Ararat, 2013).

5.3 Parámetros físicos de sustratos

curva de retención de humedad: refleja la capacidad del suelo para retener humedad en función de la succión y es utilizada para determinar el índice de humedad disponible del suelo, es decir la porción de agua que puede ser tomada por la planta (SENA, 2013)

densidad aparente: se define como la masa de suelo por unidad de volumen (g. cm⁻³ o t. m³). Describe la compactación del suelo, representando la relación entre sólidos y espacio poroso (Keller & Håkansson, 2010). Es una forma de evaluar la resistencia del suelo a la elongación de las raíces. También se usa para convertir datos expresados en concentraciones a masa o volumen, cálculos muy utilizados en fertilidad y fertilización de cultivos extensivos. La densidad aparente varía con la textura del suelo y el contenido de materia orgánica; puede variar estacionalmente por efecto de labranzas y con la humedad del suelo sobre todo en los suelos con arcillas expandentes (Taboada & Alvarez, 2008).

Con respecto a la densidad del suelo o los sustratos se puede decir que la organización de las partículas individuales del suelo en unidades mayores hace que el suelo sea un medio poroso, lo que permite establecer dos tipos de densidades, la densidad de las partículas (minerales y orgánicas) o densidad real y la del suelo en su conjunto o densidad de volumen o aparente (Porta y cols., 1999). Los valores que puede tomar la densidad aparente dependen de muchos factores, incluyendo la textura, estructura y contenido de materia orgánica del suelo, así como del manejo del mismo.

La densidad aparente corresponde a la densidad del suelo determinada a partir de del espacio ocupado por los poros al cuantificar el volumen de la muestra de suelo, siendo de esta forma dependiente de la estructura de la fracción sólida del suelo (Ramírez ,2012).

5.4 Insumos agrícolas para el manejo del pH en los sustratos

Para el manejo del pH del sustrato, principalmente para bajar el pH cercano a la alcalinidad, se usan usualmente precursores de carga positiva como el sulfato de amonio (SA); según lo reportado por Adams (1984), cada mol de N proveniente del SA produce 4 moles de H⁺, mientras que cada mol de N proveniente de la urea o del Nitrato de Amonio produce solamente 2 moles de H⁺.

Otro producto utilizado es la Vinaza, resultante de la destilación de melaza fermentada, tiene una composición elemental interesante y contiene componentes que han sido arrastrados por el vapor de agua, así como cantidades de azúcar residual y componentes volátiles (García & Rojas, 2004); se utiliza fundamentalmente por el potencial redox, reconociendo su composición de microorganismos, elementos químicos y compuestos orgánicos de naturaleza acida.

FOSETIL AL 80 WP – DVA es un fungicida sistémico recomendado en aplicaciones preventivas sobre cultivos en crecimiento activo, para proteger el interior de la planta contra el ataque de hongos. Al ser absorbido por la planta se metaboliza rápidamente y es transportado por la savia al conjunto de la vegetación, incluyendo las raíces y los rebrotes que se forman después de la aplicación (DVA Agro).

5.5 Parámetros químicos de los sustratos

conductividad eléctrica (CE): resulta una forma de expresar el contenido y calidad de sales presentes en un sustrato; según Martínez (2005) los valores superiores al rango de 1,8-2,25 (ds/m) reducirían el crecimiento de las plántulas, causarían problemas de marchites apical de las hojas. Valores superiores a 3,4 ds/m causarían lesiones severas y pérdidas irreversibles de los cultivos.

pH: Según Abad *et al* (1992, citado por Terés, 2001) el rango de pH para materiales orgánicos que son usados en la elaboración de sustratos debe estar entre 5,2 y 6,3 debido a que en esta condición la mayoría de los nutrientes mantienen su máximo nivel de asimilabilidad. Por su parte Handreck y Black (2002) estrechan el rango de pH de 5,5 a 6,3.

Según Ezziyyani *et al* (2005), el valor de pH es de vital importancia, ya que la concentración de iones hidrógeno modifica la disponibilidad de nutrientes. Generalmente el pH ácido no es favorable para el desarrollo de la mayoría de los cultivos, por lo que en los ensayos *in vivo* se observa que tanto el porcentaje de germinación, como el desarrollo morfológico de las plántulas crecidas a partir de semillas de *Capsicum annuum* L en un sustrato de turba, presentaban un aspecto amarillento en los extremos de los cotiledones; esto se debe a que a un pH menor que 4 es demasiado ácido y por tanto crea un ambiente desfavorable.

5.6 Determinantes biológicos de las plántulas de aguacate (*persea americana*)

Área foliar: Las mediciones del área foliar (AF) son parte fundamental de la investigación en fisiología vegetal, en la agricultura y en la dendrología (Broadhead *et al.* 2003). El área foliar está asociada con la mayoría de procesos agronómicos, biológicos, ambientales y fisiológicos, que incluyen el análisis de crecimiento, la fotosíntesis, la transpiración, la interceptación de luz, la asignación de biomasa y el balance de energía (Kucharik *et al.* 1998). Los fisiólogos vegetales, los biólogos y los agrónomos demostraron la importancia del área foliar en la estimación de crecimiento vegetal, en la determinación de etapas fenológicas, en la estimación del potencial de rendimiento biológico y agronómico, en el cálculo del uso eficiente de la radiación solar, como también en el cálculo del uso eficiente del agua y de la nutrición mineral (Sonnentag *et al.* 2008).

Biomasa de raíces: Los estudios que relacionan las raíces con la parte aérea (biomasa de raíz/biomasa de parte aérea) muestran que existe una interdependencia entre el sistema radical y la parte aérea de la planta y, resaltan la importancia del equilibrio funcional entre las dos partes (Van Noordwijk y Willigen, 1987). Russell (1977) afirma que cuando las condiciones del medio donde se desarrollan las plantas no son limitantes, se encuentra una relación logarítmica entre el crecimiento de las raíces y de la parte aérea en la fase de crecimiento vegetativo. Por otra parte, un sistema radicular más corto y menos proliferado es capaz de explorar menos volumen de suelo para la obtención de agua y nutrientes. Una menor longitud de raíces por unidad de volumen de suelo o una menor densidad radicular requieren que la tasa de absorción de agua y nutrientes se mantengan más elevadas de lo normal a fin de satisfacer las demandas (Bennie, 1991).

Materia seca en hojas: La materia seca según Salazar (2002), nos permite relacionar de forma preliminar la cantidad de carbono en forma de carbohidratos, proteínas, aceites y de otros nutrimentos empleados durante el desarrollo y crecimiento estructuras vegetativas.

6. MATERIALES Y MÉTODOS

La primera fase del proyecto contempla las actividades de campo, es decir, la preparación de sustratos de enraizamiento y siembra de plántulas de aguacate, los cuales se establecerán en el invernadero o casa de malla correspondiente al área de fisiología vegetal de la Universidad Nacional de Colombia sede Palmira (teniendo en cuenta un acuerdo interinstitucional).

Fase de determinaciones físicas y químicas: laboratorio multipropósito de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD CEAD Palmira.

Fase de determinantes biológicos de las plántulas

6.1 Fase de campo

La fase de preparación de sustratos permitirá hacer la selección de un sustrato con óptimas condiciones a partir del seguimiento de 2 variables de respuesta (curvas de retención de humedad con el método de mesa de tensión 10 a 50 Kpa de presión y también la determinación de densidad aparente con el método de cilindro de volumen conocido).

Tratamientos	Mezcla de compuestos
T1	compost cachaza 20%
	bagazo caña 20%

	cascarilla arroz 20%
	carbonilla 40%
T2	compost cachaza 30%
	cascarilla 30%
	carbonilla 40%
T3	compost cachaza 30%
	bagazo de caña 30%
	carbonilla 40%

6.2 Materiales de siembra:

Las semillas y plántulas fueron obtenidas de un vivero comercial del Valle del Cauca, cuya variedad de injerto de aguacate es Hass y el porta-injerto de raza antillana.

6.3 Fase de determinantes químicos y físicos

Después de obtener el sustrato con la mezcla definitiva, se realizarán determinaciones químicas (pH y CE) y físicas (densidad aparente) en un sustrato para enraizamiento de plántulas de aguacate (*Persea americana*) (Variedad Hass) de acuerdo al manejo de productos fitosanitarios preventivos (para la pudrición de raíz) y fertilizantes (sulfato de amonio) y vinaza (subproducto orgánico proveniente de la industria del alcohol carburante).

Métodos para determinación de parámetros químicos:

PH; método de Potenciómetro. Relación 1:1 (ICA, 1993)

CE; Extracto de saturación. Medición conductivímetro (IGAC, 1990).

6.4 Fase de determinantes biológicos de las plántulas

Las plántulas obtenidas de vivero comercial certificado por el ICA, pasarán tener las respectivas mediciones de parámetros relacionados con el desarrollo:

- Materia seca MS (hojas): se determina según Waissbluth & Valenzuela (2007), tomando tres plantas de cada tratamiento, pesando independientemente las raíces y las hojas en una balanza analítica, después se llevan a un horno 44 microonda a una temperatura de 80°C por 24 horas hasta que la muestras quedaron totalmente secas, se toma el peso en seco y se logra establecer el porcentaje de materia seca con la siguiente formula:

$$\% MS = PS / Pf * 100$$

Donde PS: peso seco de la muestra Pf: peso fresco de la muestra. Indicador biológico en la concentración de carbohidratos en tejido vegetal.

- Biomasa de las raíces: se mide el peso en gramos desde la base del tallo hasta el extremo más larga de la raíz pivotante (Ararat, 2013).

-Área foliar se calculará mediante un medidor modelo CI-202 que está constituido básicamente por un scanner de alta velocidad integrado a un almacenador de datos (Datalogger); La placa de medición esta provista de un film transparente para posicionar la hoja que va a ser medida, y guías para facilitar el desplazamiento del scanner. Las unidades expresadas en cm² /planta (Ararat, 2013)

De acuerdo a lo anterior mencionado las actividades se llevarán a cabo en los siguientes rangos de tiempo; en el primer mes se preparan los sustratos y se realizan las mediciones de humedad (curvas de retención), en el segundo mes se determina la densidad aparente (g/cm³), en el tercer y cuarto mes análisis de pH y CE y el monitoreo de materia seca, biomasa de raíz y área foliar desde el segundo mes hasta el quinto mes.

6.5 Análisis estadístico

Los datos recolectados en campo pasaran a una matriz en programa Microsoft EXCEL para proceder al análisis de estadística descriptiva. Las gráficas se establecerán en las unidades

establecidas desde el punto de vista agronómico para analizar las tendencias y criterios que fortalecerán la discusión.

7. RESULTADOS

La figura 1 muestra el comportamiento de los tres sustratos con diferentes porcentajes de compost cachaza, bagazo caña, cascarilla de arroz y carbonilla, de los cuales se elige el que sea más favorable para que las plántulas tengan un óptimo desarrollo, en este caso el que presente menor retención de humedad para evitar la pudrición de raíces. Tanto el sustrato 1 y el 3 se presenta un mayor descenso en la retención de humedad en comparación con el sustrato 2 que presentó más del 100% de retención de humedad cuando se sometió el sustrato a 0,3 bares (capacidad de campo).

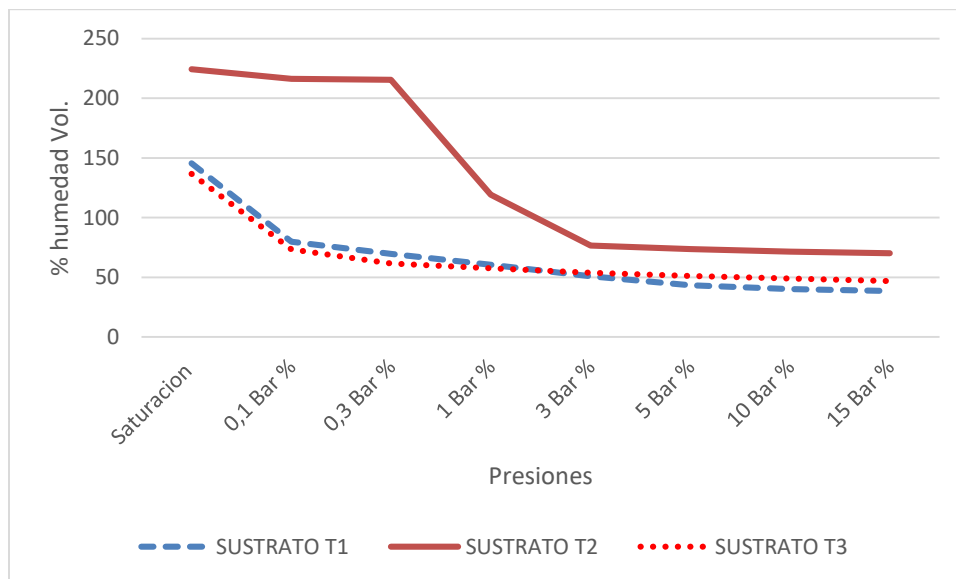


Figura 1. Curvas de retención de humedad

Con esta tendencia se presume un cambio favorable en T1 y T3, sin embargo, el sustrato ideal para evitar la pudrición de raíz presenta otros problemas fitosanitarios dado que las plántulas de aguacate son susceptibles a esta condición; Con este resultado, el sustrato 1 el elegido para

continuar los análisis de pH y conductividad eléctrica, ya que cumple con la condición física debido al contenido de la cascarilla de arroz y la cachaza para facilitar el drenaje y la aireación del sustrato.

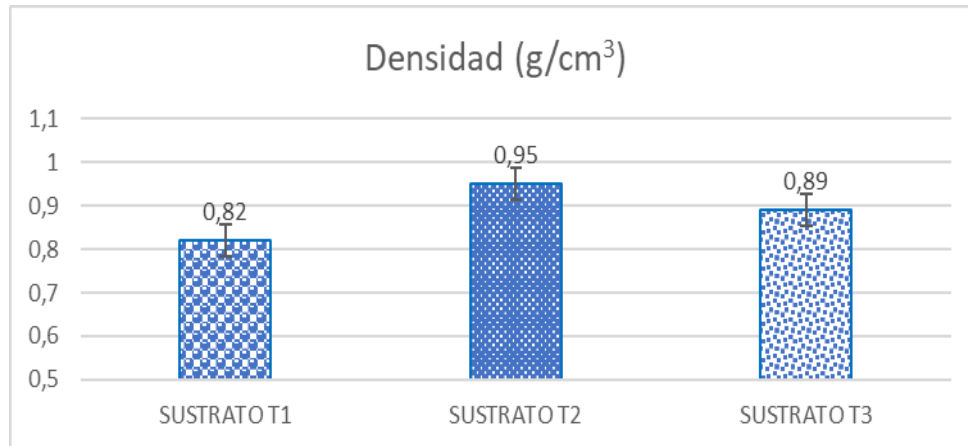


Figura 2. Promedios de densidad aparente de los sustratos.

Al observar la figura 2 que representa los tres tratamientos se puede apreciar que la densidad aparente que arrojó el sustrato T1 fue de 0.82 g/cm³, la más baja de los tres sustratos analizados lo cual favorece el crecimiento de las raíces y la macro porosidad. La materia orgánica aumenta el volumen de los poros y promueve la agregación disminuyendo así la densidad aparente, por lo que se puede decir que la densidad aparente es como un reflejo del estado poroso. La densidad aparente afecta al crecimiento de las plantas debido al efecto que tiene la resistencia y la porosidad del suelo sobre las raíces. Con un incremento de la densidad aparente, la resistencia mecánica tiende a aumentar y la porosidad del suelo tiende a disminuir, con estos cambios limitan el crecimiento de las raíces a valores críticos. Los valores críticos de la densidad aparente para el crecimiento de las raíces, varían según la textura que presenta el suelo y de la especie de que se trate (Rubio A, 2010).

pH y conductividad eléctrica

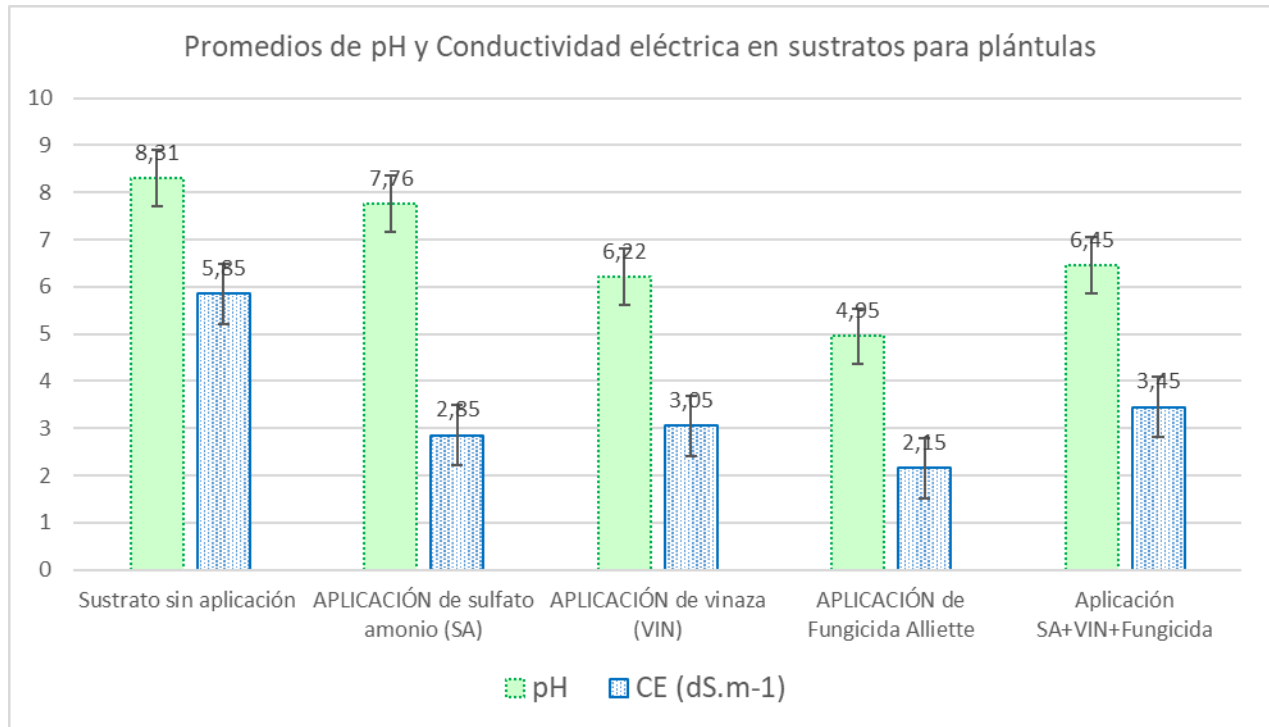


Figura 3. Promedio de pH y conductividad eléctrica en sustratos

Después de seleccionar el sustrato T1 como el óptimo para el desarrollo de las plántulas, según los datos observados en la figura 3 el pH del sustrato es alcalino, arrojando un valor de 8.3; este valor no es favorable para el desarrollo de las plántulas de aguacate, ya que según Abad et al (1992, citado por Terés, 2001) el rango de pH para materiales de origen orgánicos que son usados en la elaboración de sustratos debe estar entre 5.2 y 6.3 debido a que en esta condición la mayor parte de los nutrientes pueden ser asimilados por las plantas, sin embargo otros autores como Handreck y Black (2002) mencionan que el pH debe estar entre 5.5 y 6.3.

Para un mejor desarrollo de las plántulas de aguacate se sugiere que el pH tenga una tendencia hacia la acidez, una de las formas para alcanzar esto es aplicarle sustancias que provean iones H^+ como es el caso del sulfato de amonio (SA) ya que cada mol de N que proviene del SA produce 4

moles de H^+ (Adams, 1984); al observar los resultados, la aplicación de sulfato de amonio (SA) hace que el pH cambie a 7,7 siendo ésta una condición casi neutra pero al aplicar la Vinaza hace que sea mucho mayor el cambio pasando a pH 6.22 que es una condición ácida. Según Messerer (1998), el aguacate es uno de los árboles frutales que tiene mucha sensibilidad a las condiciones físicas y químicas del medio donde se encuentra; es una especie que necesita de sustratos con buena aireación y poca saturación de humedad y el pH donde se encuentre debe ser de neutro a ácido, un rango de pH de 5.5 a 7.0 es el más adecuado para que haya desarrollo en la mayor parte de las plántulas de aguacate u otras frutales en condiciones de vivero. Con la aplicación del fungicida Alliete las condiciones cambiaron a pH 4.95, lo cual parece ser una condición ya muy ácida para el desarrollo de las plántulas; sin embargo, cuando existe una combinación de sulfato de amonio, vinaza y fungicida el pH arroja un valor de 6.45 siendo esta la condición mas adecuada.

Según Ezziyyani et al (2005), la concentración de iones hidrógeno, es decir, el pH hace que las plantas puedan o no disponer de los nutrientes, en esto radica la importancia del pH.

Generalmente el pH ácido no es favorable para el desarrollo de la mayoría de los cultivos, por lo que en los ensayos in vivo se observa que tanto el porcentaje de germinación, como el desarrollo morfológico de las plántulas crecidas a partir de semillas de *Capsicum annuum* L en un sustrato de turba, presentaban un aspecto amarillento en los extremos de los cotiledones; esto se debe a que a un pH menor que 4 es demasiado ácido y por tanto crea un ambiente desfavorable (Ararat, 2013).

Los resultados de pH deben ir ligados a los valores de conductividad eléctrica, ya que se observa que a medida que el valor de pH baja en la escala el valor de conductividad también presenta un cambio, generando éstos una base para que la combinación del sustrato y otras sustancias sea la más adecuada para las plántulas que se desean tratar como en este caso el aguacate.

La conductividad eléctrica es la medida de la cantidad de corriente que pasa a través de la solución del suelo, en una solución es proporcional al contenido de sales disueltas ionizadas contenidas en esa solución (Ramírez, 2012), debido a esto con la conductividad eléctrica (CE) se

puede expresar el contenido de sales y la calidad de éstas en un sustrato. Según Martínez (2005) los valores de CE superiores al rango de 1,8-2,25 (ds/m) reducirían el crecimiento de las plántulas, causarían problemas de marchites apical de las hojas y los valores superiores a 3,4 ds/m causarían lesiones severas y pérdidas irreversibles de los cultivos. Para el sustrato analizado los valores de CE varían de acuerdo al pH; para el sustrato solo es 5,85 lo cual ocasionaría problemas de marchites como se menciona anteriormente, según esto la aplicación más conveniente teniendo en cuenta el valor de pH y CE será el sustrato con aplicación de vinaza, debido a que el pH está dentro del rango ácido (6.22) y la conductividad eléctrica es 3.05 ds/m para que se puedan asimilar mejor los nutrientes y que el contenido de sales no sea demasiado alto.

Biomasa raíz muestreo a los 60 días después del trasplante

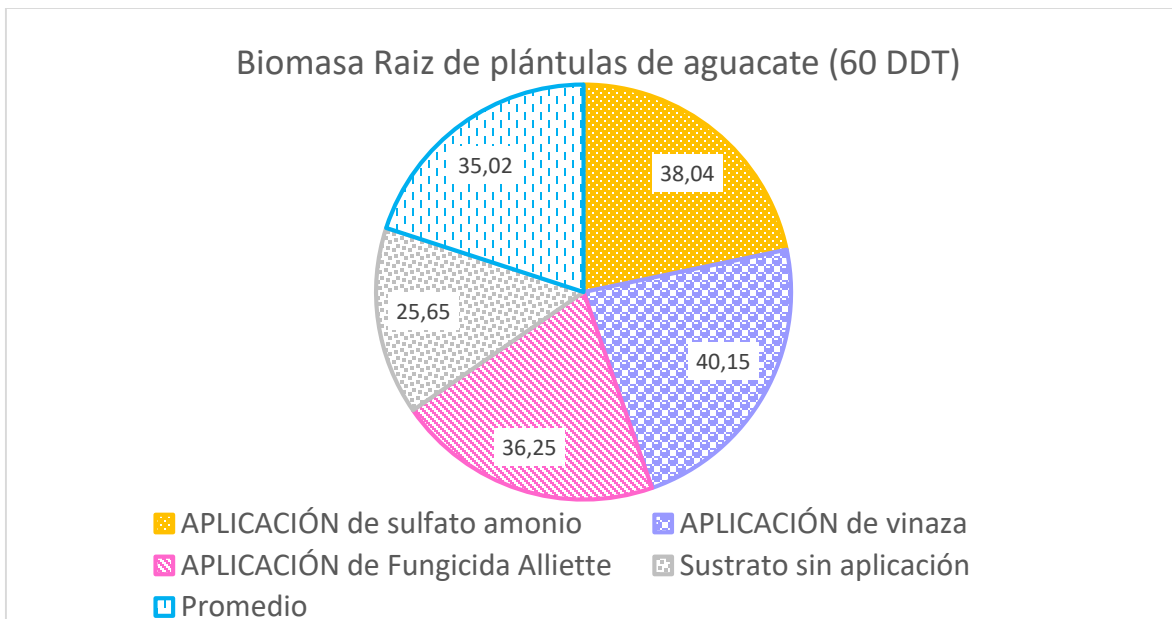


Figura 4. Promedio de biomasa de raíz en plántulas de aguacate

En la figura 4 se puede observar que en el sustrato sin aplicación se evidencio menor biomasa de raíz (25,65 gramos) posiblemente porque no se aplicó ningún tratamiento para bajar el PH del sustrato, con la aplicación de fungicida Alliette aumento (36,25 gramos); este efecto es atribuible

a que el fungicida Alliette ayuda a prevenir problemas de pudrición de raíz por lo cual permite un incremento adecuado en tal, con la aplicación de sulfato de amonio aumento (38,04 gramos) por lo cual se puede deducir que el sulfato de amonio contribuye a la formación de tejidos vegetales y por ende a incrementar la biomasa de raíces y finalmente la aplicación con vinaza fue la que mayor incremento demostró obteniendo como resultado (40, 15 gamos) por lo cual Korndörfer et al (2004), quienes argumentan que el aumento de la actividad microbiana se debe al contenido de fuentes orgánicas provenientes de la vinaza que proporcionan energía para los microorganismos, y a su vez aumenta el crecimiento acelerado de la masa microbiana. Por tanto, se puede destacar que la actividad microbiana en el suelo es un aporte que contribuye positivamente en la nutrición de las plantas y por ende a mejorar la biomasa de la raíz.

Área foliar muestreo a los 60 días después del trasplante

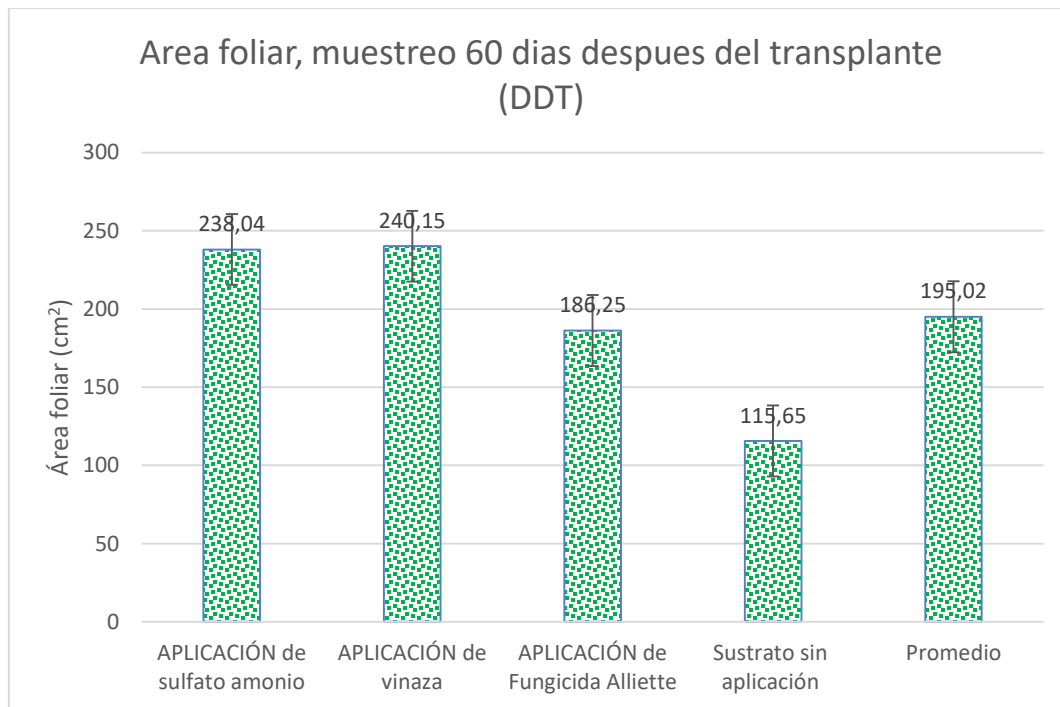


Figura 5. Área foliar, muestreo 60 días después del trasplante

En la figura 5 con el sustrato sin aplicación aumento (115, 65cm²), con la aplicación de fungicida Alliette aumento (186,25 cm²), con la aplicación de sulfato de amonio aumento (238,04 cm²) y

finalmente con la aplicación de vinaza tuvo un aumento significativo de (240,15 cm²); por tanto, según lo anterior teniendo en cuenta los resultados de la biomasa de raíz con la aplicación de los mismos tratamientos. Los estudios que relacionan las raíces con la parte aérea (biomasa de raíz/biomasa de parte aérea) muestran que existe una interdependencia entre el sistema radical y la parte aérea de la planta y, resaltan la importancia del equilibrio funcional entre las dos partes (Van Noordwijk y Willigen, 1987).

Materia seca en hojas de plántulas de aguacate

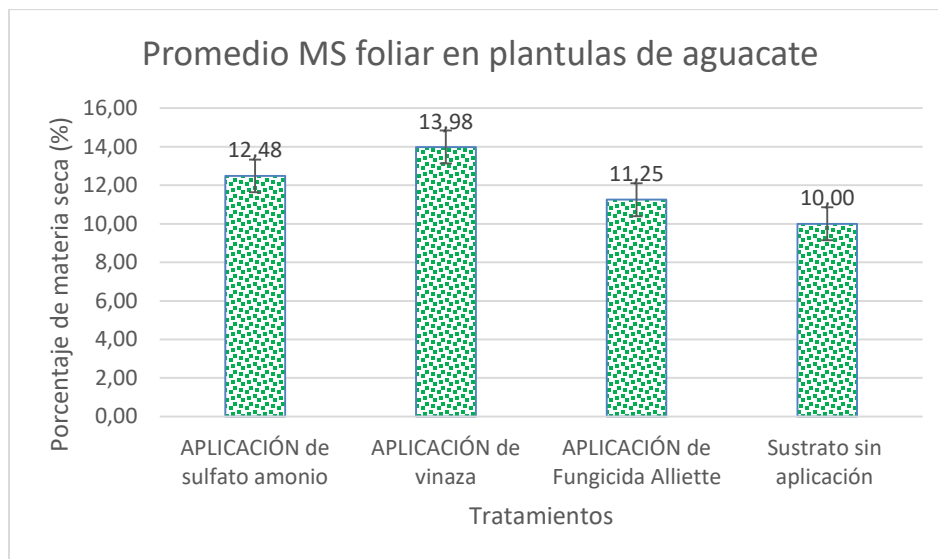


Figura 6. porcentaje de materia seca

Según los datos observados en la figura 6 se puede demostrar que con el sustrato sin aplicación dio como resultado un (10 %), con la aplicación de fungicida Alliette se obtuvo un valor de (11,25%), con la aplicación de sulfato de amonio se obtuvo un valor de (12,48%) y con la aplicación de vinaza se obtuvo un valor de (13,98 %); por lo que se puede mencionar que la biomasa de raíz, el área foliar y la materia seca son factores biológicos de la planta que tienen una relación entre sí.

8. CONCLUSIONES

En la selección del sustrato, las plántulas de aguacate (variedad Hass) requieren un descenso en la retención de humedad para evitar problemas fitosanitarios en la raíz como la aparición de microorganismos desfavorables que puedan causar pudrición de raíces, por tanto, el tratamiento T1 (compost cachaza 20% bagazo caña 20% cascarilla arroz 20% carbonilla 40%) fue el que arrojó el mejor resultado teniendo en cuenta lo mencionado.

En los cambios químicos de sustratos, se obtuvieron diferentes valores de pH y conductividad eléctrica de acuerdo con los insumos aplicados, (Alliette, sulfato de amonio y vinaza) obteniendo una disminución en todos los tratamientos, sin embargo, la aplicación con el fungicida Alliette tuvo el mayor efecto acidificante (pH 4.95 y CE 2.15 dS.m⁻¹).

Los parámetros biológicos de las plántulas evaluados como materia seca en hojas, área foliar y biomasa de raíz según los resultados, demuestran que estos aumentan su óptimo desarrollo según los factores físico químicos que presente el sustrato es decir sus componentes adecuados para lograr una buena asimilación de nutrientes que permitan una buena relación entre el sustrato y las plántulas.

9. RECOMENDACIONES

Para la composición de sustratos de crecimiento es importante la utilización de cascarilla de arroz y carbonilla ya que estos son compuestos que contribuyen significativamente en la baja retención de humedad debido a que son compuestos que facilitan la aireación, absorción de humedad y filtraje de nutrientes. Aumentando la actividad microbiana de los sustratos y en consecuencia ayudando prevenir la pudrición de raíz por altas concentraciones de humedad.

En el manejo de sustratos para la propagación de plántulas de aguacate variedad Hass es recomendable la implementación de aplicaciones de precursores de carga positiva para bajar el pH cercano a la alcalinidad como el sulfato de amonio y la vinaza; la relación que se da entre estos con el sistema sustrato planta es atribuible a un óptimo desarrollo de las plántulas.

10.BIBLIOGRAFIA

Abad, M; Noguera, P y Carrión, C. 2004. Los sustratos en os cultivos sin suelos. pp. 113- 158. In: Urrestarazu, M. Tratado de cultivo sin suelo. Ediciones MundiPrensa, Barcelona, España. 911p.

Abad, M; Martínez, M; Martínez, P. y Martínez, J. 1992. Evaluación agronómica de los sustratos de cultivo. I Jornada de sustratos. Actas de Horticultura 11: 141- 154.

Aburto Guerrero, Felipe Andrés (2007); Evaluación de sustratos obtenidos a partir de la mezcla de un residuo orgánico bioprocesado con materiales comunes para la propagación de Palto. Universidad de Chile.

Abad, M; Martínez, M; Martínez, P. y Martínez, J. 1992. Evaluación agronómica de los sustratos de cultivo. I Jornada de sustratos. Actas de Horticultura 11: 141-154.

Aguilar- Rivera N. Efecto del almacenamiento de bagazo de caña en las propiedades físicas de celulosa grado papel. Ingeniería, Investigación y tecnología, volumen 12, No 2. 2011.

Recuperado el 18 septiembre de 2014, de la base de datos Scielo.

Adams, P. B. 1984. The potential of mycoparasites for biological control of plant diseases. Annu. Rev. Phytopathol. 28: 59-72

Ararat M. 2013. Influencia de la nutrición mineral y la actividad biológica rizosférica en la disminución del daño ocasionado por *Phytophthora cinnamomi* Rands en plántulas de Aguacate (*Persea americana* Mill).

Bernal, J., & Diaz, C. (2008). Tecnología para el Cultivo del Aguacate. Obtenido de <https://conectarural.org/sitio/sites/default/files/documentos/tecnologacultivoaguacate.pdf>

BROADHEAD, J.S.; MUXWORTHY, A.R.; ONG, C.K.; BLACK, C.R. 2003. Comparison of methods for determining leaf area in tree rows. *Agric. Forest. Meteorol.* 115:151–161.

Bennie, A. T. 1991. Groth and mechanical impedance. pp. 393-416. In: Y. Waisel, A. Eshel, and U. Kafkafi (eds.). *Plants root: The hidden half*. Marcel Dekker. New York, NY, USA

Brechelt , A. (08 de 2004). *Manejo Ecologico Del Suelo*. Obtenido de https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/37723842/Manejo_Ecologico_del_Suelo.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A&Expires=1540855010&Signature=NNDVaMRBK8gyNM6L8PQuHesOE9E%3D&response-content-disposition=inline%3B%20fi

Crozon, J. & Neyroud, J. 1990. Etude des caractéristiques physiques de quelques substrats en horticultures. *Review Suisse. Viticulture, Arboriculture, Horticulture* 22(6): 441-446.

Elsayed, M. T.; Babiker, H. M.; Abdelmalik, E. M.; Mukhtar, N. O. and Montage, D. 2007. Impact of filter mud applications on the germination of sugarcane and small-seeded plants and on soil and sugarcane nitrogen contents. *Bio. Technol.* 99:4164-4168.

DVA Agro. (s.f.). *ficha tecnica fosetyl al 80 wp dva - DVA de Colombia*. Recuperado el 23 de 02 de 2019, de ficha tecnica fosetyl al 80 wp dva - DVA de Colombia: <http://www.dva.com.co/wp-content/uploads/2014/12/FICHA-TECNICA-FOSETYL-AL-80-WP-DVA.pdf>

Ezziyyani Mohammed, Requena M. Emilia, Pérez-Sánchez Consuelo & Candela M. Emilia; 2005. *Anales de Biología* 26: 35-45, Facultad de Biología, Universidad de Murcia -España.

Epstein, E., 2004. Silicon in plants: Facts vs. concepts. In: L.E. Datnoff, G.H. Snyder & G.H. Korndorfer (Eds.), *Silicon in Agriculture*, Elsevier Science B.V., pp 1-15

García, O., Rojas, C., 2004. Posibilidades de uso de la vinaza en la agricultura de acuerdo con su modo de acción en los suelos. *Nota técnica Técnicaña*.

Handreck, K. and Black, N. 2002. *Growing Media for Ornamental Plants and Turf*. UNSW Press. Tercera edición. 550p. Disponible en: <http://books.google.cl/> Leído el: 27 de Septiembre del 2006.

Hernández, M. G. I.; Salgado, G. S.; Palma, L. D.; Lagunes, E. L. C.; Castelán, E. M. y Ruíz, R. O. 2008. Vinaza y composta de chachaza como fuente de nutrientes en caña de azúcar en un gleysol mólico de Chiapas México. *Interciencia* 33:855-860

Instituto Colombiano Agropecuario - ICA. 1993. Manual de análisis de suelos, plantas y aguas para riego. Bogotá. 236p.

Julca, O. A.; Meneses, F. L.; Blas, S. R. y Bello, A. S. 2006. La materia orgánica, usos y experiencias de su uso en la agricultura. *Rev. Cien. Suelo Nut. Veg.* 24:49-61.

KUCHARIK, CH.J.; NORMAN, J.M.; GOWER, S.T. 1998. Measurements of branch area and adjusting leaf area index to indirect measurements. *Agric. Forest Meteorol.* 91:69-88.

Keller, T.; Håkansson, I. 2010. Estimation of reference bulk density from soil particle size distribution and soil organic matter content. *Geoderma* 154: 398-406

Martínez, X. 2005. Identificación de las propiedades físicas, químicas y biológicas de los sustratos y su relación con el crecimiento y desarrollo de las plantas. 20p En: Seminario internacional sobre sustratos para uso en agricultura. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Agronómicas. Santiago, Chile.

Malagón, D. y Montenegro H. 1990. Propiedades físicas de los suelos. Instituto Geográfico Agustín Codazzi. 632p IGAC. Subdirección Agrológica. Bogotá D. E

Messerer, M. Daniel Antonio; 1998. Sustratos Alternativos en la propagación de Palto (*Persea americana*). Universidad Católica de Valparaíso, Chile.

Porta, J., López-Acevedo, M. y Roquero, C. (1999). Edafología para la agricultura y el medio ambiente. Ed. Mundi-Prensa. Madrid.

Russell, R. S. 1977. Plant rootsystem: Their function and interaction with the soil. McGraw-Hill Book. Maidenhead, Berkshire, UK.

Romero, E. R.; Scandalaris, R.; Rufino, M.; Pérez, F.; Rufino, R. y Alonso, L. 2002. Efecto de los factores de manejo en la emergencia de caña planta. *Avance Agroindustrial* 23:7-11.

Ramírez R. 2012. Módulo de química agrícola, Universidad nacional abierta y a distancia- UNAD- Bogotá Colombia.

Rubio A. (2010). La densidad aparente en suelos forestales del parque natural los alcornocales. Tesis de grado. Universidad de Sevilla. España.

Restrepo, J., 1996. Abonos Orgánicos Fermentados. Experiencias de Agricultores en Centroamérica y Brasil, Cedeco- OIT (1 ed.), San José, C. R., 52 pp

SONNENTAG, O., TALBOT, J.; CHEN, J.M.; ROULET, N.T. 2008. Using direct and indirect measurements of leaf area index to characterize the shrub canopy in an ombrotrophic peatland. Agric. Forest. Meteorol. 144:200-212.

SENA. (2013). *Manual de Practicas de Campo y Laoratorio de Suelos*. Obtenido de https://repositorio.sena.edu.co/bitstream/11404/2785/1/practicas_campo_laboratorio_suelos.pdf

Salazar-García, Samuel. 2002. Nutrición del aguacate, principios y aplicaciones. INPOFOS, INFAP. Querétaro, México

Téliz D, Coordinador. 2000. El Aguacate y su manejo integrado. Primera edición, Mundi–Prensa, México, D. F.

Terés V. 2001. Relación aire agua en sustratos de cultivos como base para el control de riego. Metodología de laboratorio y modelización. Escuela técnica superior de Ingenieros Agrónomos, Universidad Politécnica de Madrid, España. 531p.

Taboada, M.A.; Alvarez, C.R. 2008. Fertilidad física de los suelos. 2da Ed. Editorial Facultad de Agronomía. Universidad de Buenos Aires.

Van Noordwijk, M. and P. Willigen. 1987. Agricultural concepts of roots: from morphogenetic to functional equilibrium between root and shoot growth. Neth. J. Agric. Sci. 35: 487-496

Valverde, A., Sarria, L., Monteagudo, J. 2007. Análisis comparativo de las características fisicoquímicas de la cascarilla de arroz. Scientia et Technica Año XIII, No 37. Universidad Tecnológica de Pereira. ISSN 0122-1701.

Waissbluth R.; Valenzuela J. 2007. Determination of the minimum percentage of dry matter to authorize the harvest of hass avocado pears for export. Proceedings VI World Avocado Congress Viña Del Mar, Chile. 12 – 16 nov.

11.ANEXOS

Tabla 1. mezcla de compuestos de los tratamientos.

Tratamientos	Mezcla de compuestos
T1	compost cachaza 20%
	bagazo caña 20%
	cascarilla arroz 20%
	carbonilla 40%
T2	compost cachaza 30%
	cascarilla 30%
	carbonilla 40%
T3	compost cachaza 30%
	bagazo de caña 30%
	carbonilla 40%

Tabla 2. Curvas de retención de humedad.

Tratamientos	Saturación	0,1 Bar %	0,3 Bar %	1 Bar %	3 Bar %	5 Bar %	10 Bar %	15 Bar %
SUSTRATO T1	145,38	79,98	69,58	60,46	50,94	43,42	40,27	38,52
SUSTRATO T2	224,43	216,34	215,54	119,36	76,72	73,61	71,5	70,23
SUSTRATO T3	136,79	73,41	61,5	57,66	53,96	51,25	48,98	46,76

Tabla 3. Densidad aparente de los sustratos.

Tratamientos	Densidad (g/cm ³)
SUSTRATO T1	0,82
SUSTRATO T2	0,95

SUSTRATO T3	0,89
-------------	------

Tabla 4. promedios de PH y conductividad eléctrica en sustratos al tercer mes de muestreo.

Valores promedios en sustratos al tercer mes de muestreos		
Tratamientos	pH	CE (dS.m ⁻¹)
Sustrato sin aplicación	8,31	5,85
APLICACIÓN de sulfato amonio (SA)	7,76	2,85
APLICACIÓN de vinaza (VIN)	6,22	3,05
APLICACIÓN de Fungicida Alliette	4,95	2,15
Aplicación SA+VIN+Fungicida	6,45	3,45

Tabla 5. Promedio de materia seca.

Promedio MS foliar en plántulas de aguacate	Tratam.
12,48	T1
13,98	T2
11,25	T3
10,00	T4

Tabla 6. Biomasa de raíz muestreo 60 días después del trasplante.

Biomasa Raiz, Muestreo 60 días después del trasplante (DDT)	
Tratamientos	gramos
APLICACIÓN de sulfato amonio	38,04
APLICACIÓN de vinaza	40,15
APLICACIÓN de Fungicida Alliette	36,25
Sustrato sin aplicación	25,65
Promedio	35,02

Tabla 7. Área foliar Muestreo 60 días después del trasplante.

Área foliar, Muestreo 60 días después del trasplante (DDT)	
Tratamientos	cm ²
APLICACIÓN de sulfato amonio	238,04
APLICACIÓN de vinaza	240,15
APLICACIÓN de Fungicida Alliette	186,25
Sustrato sin aplicación	115,65
Promedio	195,02