



MARILEYDY MARTÍNEZ HERNÁNDEZ

**SUBSTRATOS ALTERNATIVOS PARA A PRODUÇÃO DE
MUDAS DE *Eucalyptus grandis* L. E *Coffea arabica* L.**

**LAVRAS-MG
2019**

MARILEYDY MARTÍNEZ HERNÁNDEZ

SUBSTRATOS ALTERNATIVOS PARA A PRODUÇÃO DE MUDAS DE
Eucalyptus grandis L. E *Coffea arabica* L.

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, área de concentração em Silvicultura e Genética Florestal, com a finalidade de obtenção do título de Mestre em Engenharia Florestal

Orientador
Prof. Dr. Lucas Amaral de Melo

LAVRAS-MG
2019

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

Hernández, Marileydy Martínez.

Substratos Alternativos para a produção de mudas de Eucalyptus grandis L. E Coffea arábica L. / Marileydy Martínez Hernández. - 2019.

81 p. : il.

Orientador(a): Lucas Amaral de Melo.

Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de Lavras, 2019.

Bibliografia.

1. Casca de arroz carbonizada. 2. Casca de café carbonizada. 3. Casca de café in natura. I. Melo, Lucas Amaral de. II. Título.

MARILEYDY MARTÍNEZ HERNÁNDEZ

SUBSTRATOS ALTERNATIVOS PARA A PRODUÇÃO DE MUDAS DE *Eucalyptus grandis* L. E *Coffea arabica* L.

SUSTRATOS ALTERNATIVOS PARA A PRODUCCIÓN DE PLANTULAS DE *EUCALYPTUS GRANDIS* L. Y *Coffea arabica* L.

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, área de concentração em Silvicultura e Genética Florestal, com a finalidade de obtenção do título de Mestre em Engenharia Florestal

APROVADA em 19 de julho de 2019.

Dr. Lucas Amaral de Melo -UFLA

Dr. Virgílio Anastácio da Silva -UFLA

Dr. Regis Pereira Venturin -EPAMIG

Prof. Dr. Lucas Amaral de Melo

Orientador

LAVRAS-MG

2019

A Dios,

Principalmente por darme la fuerza necesaria para concluir una meta más, llenarme de tantas bendiciones, fortalecer mi corazón e iluminar mi mente por ser mi guía y protector. Por haber puesto en mi camino a aquellas personas que han sido mi soporte y compañía durante todo el periodo de estudio.

A mi padre Ramón Bartolomé Martínez Uribe,

Por ser el principal promotor de mis sueños, por cada día confiar y creer en mí, por su amor, trabajo y sacrificio en todos estos años: Es un orgullo y el privilegio ser su hija.

Mi hermana Estrella de Jesús y a mi sobrino Cristian Caleb,

Quien son una bendición en mi vida, por darme todo el cariño, apoyo, por todos los momentos buenos y malos que juntos hemos superado, siendo un ejemplo, motivación y fuerza para salir adelante.

A mi esposo Nicolas Pereira de Souza y a mi hija Luna Mayara de Souza Martínez,

En el camino encuentras personas que iluminan tu vida, que con su apoyo alcanzas de mejor manera tus metas, a través de sus consejos, de su amor, y paciencia. A ustedes gracias por ser mi más grande motivación, para terminar una de las fases de mis estudios profesionales que constituyen el legado más grande que pudiera recibir.

Dedico

AGRADECIMIENTOS

Son muchas las personas que han contribuido al proceso y conclusión de este trabajo de maestría, por este motivo deseo expresar mis más sinceros agradecimientos a todas aquellas personas e instituciones que estuvieron involucradas, porque han fomentado en mí el deseo de superación y de triunfo en la vida en especial a:

Al Instituto Tecnológico de México / Instituto Tecnológico de Comitán, por haberme permitido formarme como profesionista ya que gracias a su existencia pude alcanzar una de mis metas.

A la Universidad Federal de Lavras por aceptarme como alumna extranjera para la realización de la maestría.

Al Departamento de ciencias forestales y al laboratorio de silvicultura, a sus profesores, alumnos, administrativos y a todos aquellos que me apoyaron ahora por sus enseñanzas y formación.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por otorgarme la beca de maestría durante 2 años y permitirme alcanzar una de mis metas más importantes. Al Prof. Dr. Lucas Amaral de Melo por ser mi orientador, guiarme en este camino con mucha paciencia, por brindarme su experiencia, conocimiento, sencillez y confianza para realizar el presente trabajo de investigación.

A mi esposo Nicolas Pereira de Souza por ser mi ejemplo de superación, humildad y sacrificio, enseñándome a valorar todo lo que tengo. Por ser mi guía en este proceso tan importante, gracias a su apoyo he llegado a realizar uno de los anhelos más grandes de mi vida, fruto de un inmenso amor, paciencia y de la gran confianza que en mi se depositó. Por lo cual les viviré eternamente agradecida.

Gracias Dios por este nuevo triunfo y por estar presente en cada momento de mi vida, darme todo lo que tengo y permitir concluir una de mis metas más importantes.

MUITO OBRIGADA!

RESUMO

Com o objetivo de avaliar substratos alternativos para a produção de mudas de *Eucalyptus grandis* e *Coffea arabica* L., foi estabelecido o experimento em viveiro de 8 tratamentos, avaliaram-se suas propriedades físicas e químicas, das quais 7 foram geradas com base no esterco, fibra de coco, casca de arroz carbonizada, casca de café carbonizada, casca de café *in natura*, como substratos alternativos em diferentes combinações, com uma testemunha (substrato comercial), utilizando o delineamento experimental com estes oito tratamentos agrupados em blocos casualizados (DBC), com quatro repetições, nas seguintes proporções T1 = 50% casca de arroz carbonizada, T2 = 30% casca de arroz carbonizada, 20% casca de café carbonizada, T3 = 20% casca de arroz carbonizada, 30% casca de café carbonizada, T4 = 50% de casca de café carbonizada, T5 = 30% de casca de arroz carbonizada, 20% de casca de café em natura, T6 = 20% de casca de arroz carbonizada, 30% de casca de café *in natura* e T7 = 50% de casca café *in natura*, cada tratamento com 30% de esterco, 20% de fibra de coco, como substrato base para essas combinações, exceto a testemunha, foi realizada a caracterização morfológica e qualitativa aos 120 dias, utilizou a análise ANOVA para resultados significativos utilizando a análise de Tukey a 5% de probabilidade de erro, verificando que todos os tratamentos à base de esterco, fibra de coco, casca de arroz carbonizada, casca de café carbonizada, casca de café *in natura*, foram adequados para a produção de mudas de *Eucalyptus grandis* e *Coffea arabica* L., na maioria das variáveis analisadas.

Palavras chave: Esterco. Fibra de coco. Casca de arroz carbonizada. Casca de café carbonizada. Casca de café *in natura*.

RESUMEN

Con el objetivo de evaluar sustratos alternativos para la producción de plantulas de *Eucalyptus grandis* L y *Coffea arabica* L., se estableció el experimento en vivero ocho tratamientos, los cuales fueron evaluadas sus propiedades físicas e químicas, de los cuales siete fueron generados a base de estiércol, fibra de coco, cascara de arroz carbonizada, cascara de café carbonizada, cascara de café *in nutura* como sustratos alternativos en diferentes combinaciones, con un testigo (Sustrato comercial), utilizando el diseño experimental con estos ocho tratamientos agrupados en bloques casualizados (DBC), con cuatro repeticiones, en las siguientes proporciones T1= 50% cascara de arroz carbonizada, T2= 30% cascara de arroz carbonizada, 20% de cascara de café carbonizada, T3= 20% cascara de arroz carbonizada, 30% de cascara de café carbonizada, T4= 50% de cascara de café carbonizada, T5= 30% cascara de arroz carbonizada, 20% de cascara de café *in nutura*, T6= 20% cascara de arroz carbonizada, 30% de cascara de café *in nutura* y T7 = 50% de cascara de café *in nutura*. Todos los tratamiento con 30% de estiércol, 20% fibra de coco, como sustrato base para estas combinaciones, con excepción del testigo, fue realizado caracterización morfológica y cualitativa a los 120 días, utilizó el análisis ANOVA para resultados significativos utilizado el análisis de Tukey a 5% de probabilidad de error, verificándose que todos los tratamientos a base de estiércol, fibra de coco, cascara de arroz carbonizada, cascara de café carbonizada, cascara de café *in nutura*, fueron adecuados para a producción de mudas de *Eucalyptus grandis* L y *Coffea arabica* L., en la mayoría de las variables analizadas.

Palabras clave: Estiércol. Fibra de coco. Cáscara de arroz carbonizada. Cáscara de café carbonizada. Cáscara de café *in nutura*.

ÍNDICE

1 INTRODUCCIÓN	11
2 MARCO TEORICO	12
2.1 Producción de plantulas en vivero	12
2.2. Especies evaluadas en el estudio	12
2.2.1 Producción de <i>Eucalyptus grandis</i> L.	13
2.2.2 Producción <i>Coffea arabica</i> L.	13
2.3. SISTRATOS	14
2.3.1 Sustratos para la producción de plántulas	14
2.3.2 Sustratos alternativos para a producción de plantulas	15
2.3.3 Caficultura e residuos do beneficiamiento de café	16
2.3.4 Características químicas y físicas de sustratos para la producción de plantulas ..	17
2.4 Sustratos utilizados en el estudio	21
2.4.1 Cascara de café	21
2.4.2 Cáscara de arroz	22
2.4.3 Fibra de coco	22
2.4.4 Estiércol	23
2.4.5 Sustrato comercial	23
3 REFERENCIAS	25
CAPITULO I. SISTRATOS ALTERNATIVOS PARA LA PRODUCCIÓN DE <i>Eucalyptus grandis</i> L. EN VIVERO	32
1 INTRODUCCIÓN	34
2 MATERIAL Y MÉTODOS	35
2.1 Obtención y preparación de los constituyentes para la formulación de sustratos....	35
2.2 Análisis físico-químicos de los sustratos	37
2.3 Producción de plantulas de <i>Eucalyptus grandis</i> L.	37
2.4 Caracterización morfológica y cualitativa de plantulas de eucalipto	39
2.5 Análisis estadístico	41
3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN	41
3.1. Análisis físico químico de los sustratos formulados	41
3.2 Sobrevivencia, altura y diámetro de plantulas de <i>Eucalyptus grandis</i>	44
3.2.1 Sobrevivencia.	44
3.2.2. Altura de plantulas de <i>Eucalyptus grandis</i>	45
3.2.3 Diámetro de plantulas de <i>Eucalyptus grandis</i>	47

3.3 Relación altura / diámetro del colecto H / DC, masa seca de la parte aérea MSPA, masa seca radicular MSR, masa seca total MST, relación de la masa seca de la parte aérea/raíz RMSPAR.....	48
3.2.4 Índice de calidad de Dickson (IQD), facilidad de retirada de las plantas (FRT) y índice de agregación (AGR).....	50
4 CONCLUSIONES	52
5 REFERENCIAS	53
CAPITULO II. SUSTRATOS ALTERNATIVOS PARA LA PRODUCCIÓN DE <i>Coffea arabica</i> L. EN VIVERO	56
1 INTRODUCCIÓN.....	58
2 MATERIAL Y MÉTODOS.....	59
2.1 Obtención y preparación de los constituyentes para la formulación de sustratos....	60
2.2 Análisis físico-químicos de los sustratos	61
2.3 Producción de plantulas de <i>Coffea arabica</i> L.....	62
2.4 Caracterización morfológica y cualitativa de plantulas de café.....	64
2.5 Análisis estadístico	66
3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN	66
3.1 Análisis físico químico de los sustratos formulados.....	66
3.2 Análisis de sobrevivencia, altura y diámetro en plantulas de café	69
3.2.1 Sobrevivencia.....	69
3.2.2 Altura de plantulas de <i>Coffea arabica</i>	70
3.2.3 Diámetro de plantulas de <i>Coffea arabica</i>	72
3.3 Relación altura / diámetro del colecto H / DC, masa seca de la parte aérea MSPA, masa seca radicular MSR, masa seca total MST, relación de la masa seca de la parte aérea/raíz RMSPAR.	73
3.4 Índice de calidad de Dickson (IQD), facilidad de retirada de las plantas (FRT) y índice de agregación (AGR).	75
4 CONCLUSIONES	77
5 REFERENCIAS.....	78

1 INTRODUCCIÓN

El éxito de una plantación depende directamente de las potencialidades genéticas de las semillas y de la calidad de las mudas producidas, además de tener mayor capacidad de resistir las condiciones adversas encontradas en el campo, pueden desarrollarse produciendo árboles con crecimiento deseable. A pesar de ello, la obtención de patrones de calidad de la muda y el perfeccionamiento de las técnicas de vivero no han acompañado la evolución lograda en otras fases de la reforestación (SANTOS et al., 2000).

La importancia de promover culturas con un enfoque comercial implica el uso de nuevos sistemas de producción desde la fase inicial hasta la etapa de instalación en campo. Sin embargo, actualmente no se posee un protocolo específico definido para la producción de cada especie de plantulas, siendo utilizados algunos métodos empíricos, los cuales pueden limitar la producción a nivel comercial, como resultado de esta parte, la sociedad viene desarrollando investigaciones con el uso de residuos orgánicos e industriales, que dependiendo de la variedad a ser producida pueden tener un gran potencial en el uso agrícola, principalmente como sustratos en la producción de plantulas (ABANTO et al., 2013).

El sustrato es un factor que ejerce una influencia significativa en el desarrollo de las mudas y varios son los materiales que se pueden utilizar en su composición original o combinados. En la elección de un sustrato, se deben observar, principalmente, sus características físicas y químicas, la especie a ser plantada, además de los aspectos económicos, que son: bajo costo y gran disponibilidad (FONSECA, 2001).

La utilización de sustratos comerciales como el Plantmax®, para la producción de plantulas de especies forestales y también de café, esta ha sido una opción por sus características físicas, sin embargo, necesita fertilizantes complementarios (COSTA et al., 2000). Una opción que puede ser rentable es la utilización de cavidades de polietileno, sin embargo, en este caso no se recomienda la utilización de tierra y arena (GOMES et al., 1985), utilizando cascara de arroz carbonizada, por sus características físicas, químicas y biológicas (MINAMI & GONÇALVES, 1994) así como sustratos a base de vermicomposto, humus que han sido utilizados en la producción de plantulas de especies forestales (SCHUMACHER et al., 2001; VOGEL et al., 2001), y de plantulas de café (ANDRADE NETO et al., 1999).

Con la búsqueda de nuevos sustratos compuestos de residuos orgánicos para proponer cambios que permiten un desarrollo adecuado, para obtención calidad en el desarrollo en la producción de plantulas, el objetivo del estudio fue evaluar el efecto de sustratos alternativos

en la producción de plantas de *Eucalyptus grandis* L y *Coffea arabica* L con materiales de calidad a base de Estiércol, fibra de coco, cascara de arroz carbonizada, cascara de café carbonizada, cascara de café *in natura*, que permitan desarrollar protocolos, promoviendo su uso contribuyendo a la reducción del impacto sobre el medio ambiente, la conservación y sostenibilidad del uso de recursos naturales y al mismo tiempo reducir costos en la producción.

2 MARCO TEORICO

2.1 Producción de plantulas en vivero

La producción de plantulas en vivero es una de las etapas más importantes del sistema productivo, en su mayoría siendo limitados por el costo o la calidad de los sustratos. Este último es la primera fuente de nutrientes en el desarrollo de las plantulas y cualquier cambio en su composición puede alterar o cambiar significativamente el desarrollo y la calidad, además de servir como soporte estructural para las raíces de las plantas suministrando agua y nutrientes (FERREIRA et al., 2009; FERMINO et al., 2010)

De acuerdo con Gomes et al., (2002), es importante la evaluación en la producción de plantulas conforme a los parámetros morfológicos, usando el estándar de calidad y tener una comprensión más intuitiva por parte de los viveristas. Aun son necesarias definiciones concretas para responder a las exigencias, en cuanto a la supervivencia y al crecimiento, frente a las adversidades encontradas en el campo después del plantío.

La formación de árboles de buena calidad involucra los procesos de germinación, iniciación y formación del sistema radicular además de la parte aérea, que están directamente relacionados con características que definen el nivel de eficiencia de los sustratos, tales como: aireación, drenaje, retención de agua y disponibilidad equilibrada de nutrientes. Por su parte, las características de los sustratos son altamente correlacionadas entre sí: la macroporosidad con aireación y drenaje, así como la microporosidad con la retención de agua y nutrientes (GONÇALVES y POGGIANI, 1996; CALDEIRA et al., 2000).

2.2. Especies evaluadas en el estudio

2.2.1 Producción de *Eucalyptus grandis* L.

La producción de eucalipto fue introducida en Brasil en el siglo XX, se ha convertido en una importante actividad económica del país (ABRAF, 2012). En este país la importancia de la cultura del eucalipto puede ser evaluada por la participación del sector forestal en la economía del país, usado para la producción de papel, celulosa, leña, carbón, aglomerados, aserraderos, aceites para industrias farmacéuticas, miel, ornamentación y rompevientos.

En el marco de los Programas Nacionales de Siderurgia de carbón vegetal, celulosa y papel, el sector responde actualmente por el 4% del PIB (producto interno bruto), setecientos mil empleos directos y dos millones de empleos indirectos (SANTOS et al., 2001). Los bosques artificiales ocupan actualmente en Brasil, la cuarta posición en área cultivada, para el año 2007 cubría 5.56 millones de hectáreas, con crecimiento de 3.4% en relación al año 2006, según Barcelpa-la asociación brasileña de celulosa y papal, fue el país con mayor superficie de área plantada de eucalipto (SCHLESINGER, 2008).

La importancia económica de la producción de eucalipto se debe principalmente de su rápido crecimiento, a su capacidad productiva, adaptabilidad en diversos ambientes y la diversidad de especies e híbridos, lo que hace posible atender a la demanda de gran de los segmentos que utilizan productos forestales (GARLET et al., 2009), así como en el sector de papel y celulosa (BACHA & BARROS, 2004). Las plantaciones de eucalipto pueden acelerar el proceso de regeneración forestal en áreas degradadas (NAPPO et al., 2000).

2.2.2 Producción *Coffea arabica* L.

La planta del cafeto (*Coffea arabica* L.) y el fruto cosechado que es el conocido grano de café, es indudablemente, el producto agrícola del cual se han beneficiado más regiones y poblaciones, en el trópico del hemisferio occidental; ha sido, además, el negocio de generación de divisas y riqueza más importante en esta actividad. Algunos de los caficultores han elevado significativamente su calidad de vida y sus regiones son de las más desarrolladas en el ámbito rural (BOTERO, 2006). Es un cultivo nativo de regiones tropicales de África que evolucionó del sotobosque, razón por la cual las primeras plantaciones se establecieron bajo sombra, con el fin de simular su hábitat natural (DAMATTA y RODRÍGUEZ, 2007).

El café ha dominado totalmente la escena social, económica, política y cultural de Brasil desde la primera mitad del siglo XIX hasta comienzos del siglo XX. En efecto, los avatares que acompañan dicho cultivo se confunden con los hitos de la historia de este país latinoamericano

la expansión de la cultura del café produjo el crecimiento del sector de transporte por ferrocarriles y el posterior desplazamiento de la economía hacia el sureste del país (SACCO DOS ANJOS et al., 2011). Sin embargo, en tiempos más recientes se mantiene la tendencia al descenso del nivel de empleo en esta actividad, sobre todo en lo que afecta a la recolección y mantenimiento de los cafetales, incluso en las zonas productivas más retrasadas (ORTEGA y MOURO, 2007).

Brasil es el mayor productor y exportador mundial de café, con una superficie cultivada de 2,1 millones de hectáreas y una productividad media de 22 bolsas de 60 kg por hectárea. Además, se estima que dicho sector genera 8,4 millones de empleos directos e indirectos, donde se encuentra un elevado grado de concentración de la producción nacional en los estados del sureste brasileño, siendo que los mayores productores son Minas Gerais (49%), Espírito Santo (29%), São Paulo (9%), Bahía (7%) y Paraná (6%) (SACCO et al., 2011).

La planta del café se puede propagar por semilla en condiciones de viveros, en estacas y por embriogénesis somática, siendo la primera la más usada en todo el mundo (PROCAFE, 2005). La producción en viveros, se realiza a partir de semilleros y para realizar el trasplante a bolsas de polietileno se efectúa en la etapa de emergencia del primer par de cotiledones, en esta fase se escogen las plántulas con una adecuada formación y calidad fitosanitaria, las cuales se recomienda colocar a una distancia de 20*20 cm y permanecen de 4 a 6 meses en vivero antes de ser llevadas a campo, así mismo en esta etapa, es común que se fertilizan con productos químicos, aplicados periódicamente (ICAFE, 2004).

2.3. SUSTRATOS

2.3.1 Sustratos para la producción de plántulas

Entre algunos factores que influyen en la producción de plantulas, más allá de la calidad de semilla, son el recipiente utilizado y el sustrato. Los cuales influyen directamente en la calidad de las plantulas, que deben proporcionar las características favorables para su supervivencia en campo. En todos los casos se busca la mejor productividad, donde por medio de los trabajos de investigación se puede buscar o definir los mejores tamaños, tipos de recipientes y sustratos, adecuándolos a la producción de plantulas de calidad deseable (SANTOS et al., 2000).

El sustrato es uno de los elementos más importantes en la producción y desarrollo para la obtención de plántulas de buena calidad, la composición física y química del sustrato está directamente relacionada al desarrollo, vigor, producción de materia seca y supervivencia de las especies. En general, las mezclas se utilizan buscando una textura ligera que facilite el drenaje, generando la aireación un medio adecuado para que la planta desarrolle un sistema radicular adecuado para sobrevivir en el terreno (MALDONADO-BENITEZ et al., 2011).

Según Fermino y Kampf (2003) y Neves et al., (2010), para que un productor pueda adquirir un sustrato sustentable que evite la contaminación del medio ambiente, debe ser de preferencia orgánicos, de bajo costo, abundante y disponible. Que posean principalmente algunas características como reducción del tiempo de cultivo, menor incidencia de patógenos, aireación, retención de agua y nutrientes, drenaje eficiente. Y que así mismo ayuden a reducir la aplicación de agroquímicos, generando mayor eficiencia en el crecimiento de las plántulas.

En general, el sustrato se define como el medio para la sustentación del desarrollo que a su vez sirve para mejorar la retención de cantidades suficientes y necesarias de agua, oxígeno y todos los nutrientes que las plantas exigen y deben ofrecer un pH adecuado, Según Rosa JR et al., (1998) ; Gonçalves y Poggiani, 1996 ; Caldeira, et al., (2008) la fase sólida del sustrato debe estar constituida por una mezcla de partículas minerales y orgánicas, como fuente de nutrientes que actuarán directamente sobre el crecimiento y desarrollo de las plantas, que están directamente influenciadas por el suministro de nutrientes, agua disponible y oxígeno.

2.3.2 Sustratos alternativos para a producción de plántulas.

Un sustrato ideal para el productor debe ser de bajo costo, y también necesita ser abundante, por lo que generalmente se utilizan residuos industriales. Esta práctica agrícola de carácter sostenible busca minimizar el impacto ambiental que sería provocado por la disposición de estos residuos de forma inadecuada en la naturaleza, provocando la contaminación del medio ambiente (NEVES et al., 2010).

Los materiales orgánicos se han utilizado para la formulación de sustratos en la producción de plántulas en vivero, habiendo necesidad de determinar los más adecuados para el desarrollo de cada especie, para el suministro adecuado de nutrientes y propiedades físicas propicias tales como: retención de agua, aireación, facilidad de penetración en las raíces (GUIMARÃES et al., 2006).

Para la elaboración de sustratos con bajo costo y con características convenientes para el desarrollo de las plantulas se puede utilizar la mezcla en proporciones de dos o más materiales para la obtención de un sustrato adecuado y de buena calidad. Esto considerando la especie o variedad, las condiciones de la producción, el tipo de fertilización, el tamaño de contenedor, la infraestructura del vivero, la disponibilidad y el precio del material, donde el sustrato ejerce una influencia en el desarrollo del sistema radical (SANTOS et al., 2000).

Las fuentes más comunes de materia orgánica que contienen macro y micronutrientes son los abonos orgánicos. Para estos, no se debe tener en cuenta solamente el contenido de nutrientes, debe tenerse en cuenta también su efecto sobre el suelo o sustrato como: procesos microbianos, aireación, estructura y capacidad de retener agua más allá de la regulación de la temperatura del medio (SANTOS et al., 2000).

La materia orgánica es uno de los componentes fundamentales de los sustratos, cuya finalidad básica es aumentar la capacidad de retención de agua y nutrientes para las plantas. Se deben considerar otras ventajas de este componente sobre el desarrollo vegetal, tales como: reducción en la densidad aparente y global, así como el aumento de la porosidad del medio, características que pueden tener una participación positiva de los materiales orgánicos (CALDEIRA et al., 2008).

El uso de sustratos sin suelo mineral ha sido señalado como alternativa para eliminar la necesidad del uso de biocidas, sustancias que contribuye a la destrucción de la capa de ozono y que en la agricultura se utiliza para esterilización del suelo (KÄMPF, 2002).

A partir de las informaciones reveladas en varios trabajos Gonçalves et al. (2000); Caldera, et al. (2008) mencionan que la mezcla de sustratos de un mismo grupo no genera muchas alteraciones de las características del producto: Esto justifica el uso de tres componentes en una mezcla de sustratos para la propagación de especies forestales, que sugieren que los sustratos para la producción a través de semilla y de estaca se pueden obtener a partir de la mezcla de 70 a 80% de un componente orgánico (estiércol de vacuno, cáscara de eucalipto o pino, bagazo de caña, basura urbana, otros residuos y humus de lombriz) , con un 20 a 30% de un componente utilizado para elevar la macroporosidad (cáscara de arroz carbonizada, ceniza de caldera de biomasa, bagazo de caña carbonizada).

2.3.3 Caficultura e residuos do beneficiamiento de café

Marana et al. (2008), menciona que la producción de café en Brasil es de grande importancia tanto económica y social, dado a que este es el mayor productor mundial. Para esta actividad se utiliza alta mano de obra, desde la producción de plantulas hasta la cosecha, lo que se realiza de formas distintas, en estos procedimientos son diversos residuos que se generan (corteza, pulpa, pergamino, mucilago), en cada uno de estos se trata de mantener los residuos como la corteza, parte del mucílago y la cáscara obtenidos de la pos-cosecha (REINATO et al., 2012).

Los residuos generados por la caficultura pueden aprovecharse como fuentes alternativas para el uso como sustratos en la producción de plantulas, intentando sustituir la adquisición de insumos agrícolas evitando que se vuelvan indispensables para la producción. De acuerdo con Caielli (1984), la corteza representa el 50% de la producción total de café.

Costa et al. (2013), mencionan que el uso de residuos puede ser una solución para generar más sostenibilidad minimizando el impacto ambiental de las industrias, siendo aprovechados y al mismo tiempo, promueve la reducción en los costos de producción, beneficiando toda la cadena, del productor al consumidor.

2.3.4 Características químicas y físicas de sustratos para la producción de plantulas

Para la elección de un sustrato como medio de crecimiento de las plantulas, se deben observar principalmente las características físicas y químicas relacionadas con la especie y los aspectos económicos a lo largo de la producción. El medio ideal de crecimiento debe presentar: homogeneidad; baja densidad; buena porosidad; tener buena capacidad de campo y buena capacidad de intercambio catiónico; debe estar exento de plagas, organismos patógenos y semillas extrañas, esto se debe a que es el principal soporte de la planta y debe dar buena adherencia entre las partículas. Sin embargo, las propiedades físicas y químicas son diferentes para cada sustrato (SANTOS et al., 2000).

En particular en relación a eso según Verdonok et al. (1981) y Santos et al., (2000) las características de los sustratos son de extrema importancia estas deben ser conocidas y corregidas según las diversas situaciones de uso. Estas propiedades están claramente asociadas con la salinidad del suelo y su estimación que representan un especial interés científico, para nuevas aplicaciones tanto agrícolas como ambientales (ALLAIRE et al., 2012).

2.3.4.1 Conductividad eléctrica (CE)

El conocimiento de los suelos agrícolas, así como los sustratos utilizados en la producción resultan ser unos de los factores predominante para el desarrollo óptimo de las actividades agrícolas: En la actualidad, estos enfrentan algunos problemas que pueden afectar el desarrollo de los cultivos, algunos factores se relacionan con la acidez, la cantidad de nutrientes disponibles y el contenido de sales este último afecta la productividad agrícola, además de causar la degradación del suelo. (CORTES et al., 2013). La producción en todas sus fases se ve influenciada por la variación espacial de algunos de estos factores del suelo (GODWIN & MILLER, 2003).

El conocimiento y control de estos factores además del conocimiento del suelo y los insumos, nos permite utilizarlos de manera más eficiente. Esto se puede llevar a cabo mediante técnicas que presenten nuevas tecnologías para el manejo de cultivos (MOLIN et al., 2008) y que, a su vez tenga la capacidad de satisfacer el concepto de agricultura sostenible, que se basa en el uso del equilibrio entre la maximización de la productividad de cultivos y la estabilidad económica, reduciendo así al mínimo, tanto la utilización de recursos naturales como el impacto ambiental (CORWIN et al., 1999).

A través de la medición de algunas características del medio de cultivo, como es el caso de la conductividad eléctrica (CE) se permite establecer la factibilidad, la viabilidad y el buen desarrollo en un medio específico, ya que se considera un método rápido y económico para indicar la productividad (MCBRIDE et al., 1990). Además de verse influenciada por el contenido de agua, arcilla y la presencia de iones intercambiables en el suelo (CORWIN et al., 1999), los cuales son capaces de conducir la corriente eléctrica que inciden en las características nutritivas del medio de producción. De acuerdo a Baudoin et al. (2002) un sustrato ideal, debería mostrar una conductividad eléctrica de 0,75 a 3,49 dSm^{-1} .

2.3.4.2 Potencial de Hidrogeno (pH)

Sin duda son muchos los factores que determinan la calidad de las plantulas producidas en vivero, uno de los factores más importantes son la calidad del agua para el riego que se suministrara al sustrato. La calidad de esta se refiere a la característica que puede afectar su adaptabilidad a un uso específico y se define por sus características físicas, químicas o biológicas (AYERS & WESTCOT, 1987). Estas características son definidas por la concentración de iones específicos, Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^{+} y K^{+} como cationes; CO_3^{2-} , HCO_3^{-} , Cl^{-} y

SO_4^{2-} como aniones, así como otros de menor proporción como el B^{3+} y el P (NISHANTHINY, et al. 2010). Sin embargo, una de las características más importantes es la concentración total de sales solubles, la concentración relativa del sodio con respecto a otros cationes, la concentración de boro u otros elementos que puedan ser tóxicos, en otras palabras, determinada por la concentración y composición de los constituyentes disueltos que contenga (SILVA, 2004).

La concentración de iones puede determinarse por el potencial de Hidrogeno (pH), que es una medida de acides o alcalinidad, que indica la concentración de iones de hidrógenos presentes. Es importante conocer la calidad de los insumos utilizados en la producción para poder predecir los efectos sobre el cultivo, para evitar los problemas más comunes como la salinización paulatina de los suelos, que trae como consecuencia problemas osmóticos sobre las plantas, y la toxicidad de algunas sales y elementos iónicos. (CAN-CHULIM et al., 2014).

La parte osmótica se refiere a la concentración salina cuando existe mayor concentración menor es el potencial osmótico y en consecuencia menor disponibilidad del agua para las plantas (CASIERRA & RODRÍGUEZ, 2006; BACCARO et al., 2006). Conforme a la toxicidad por una alta concentración de sales o iones, podrán causar efectos tóxicos en las plantas este dependerá del tipo de sal o ion predominante y se vera reflejado en las hojas, que presentan cambios fisiológicos y morfológicos (STROGONOV, 1964; SÁNCHEZ et al., 2002). Un sustrato puede estar formulado por uno o más materiales, buscando que fornezcan las propiedades adecuadas, es conveniente valores de pH entre 5 a 6 y niveles salinos menores a 1 dS m^{-1} (1+5 v/v) (ANSORENA, 1994).

2.3.4.3 Densidad aparente

La producción de plantas en recipientes en condiciones de vivero ha aumentado considerablemente en los últimos años, especialmente, en las explotaciones de flores de corte y plantas de follaje y paisajismo (BURÉS, 1999). Las raíces de las plantas en estas condiciones están más expuestas a las fluctuaciones de las condiciones dado a que la relación entre el área y el volumen de estos recipientes es considerablemente grande. La producción en recipientes tiene poca capacidad amortiguadora contra las variaciones de las condiciones del medio así mismo los medios de crecimiento tienen la función de proveer soporte físico a la vez de proporcionar aire, agua y nutrientes para el apropiado funcionamiento de las raíces. En este caso se debe considerar la existencia de suficientes poros pequeños para retener el agua que será absorbida y poros grandes para permitir el intercambio de aire con el medio externo y poder

mantener las concentraciones de oxígeno por encima de los niveles críticos (PIRE & PEREIRA, 2003).

Las propiedades físicas que determinan el medio de cultivo (sustratos o suelo) son el espacio poroso total, la capacidad de retención de agua y de aire, la densidad aparente y densidad de las partículas (PASTOR, 2000). De estas propiedades el medio de producción a ser utilizado debe tener la suficiente densidad aparente, este debe ser lo suficientemente pesado, para mantener a la planta en posición vertical y al mismo tiempo sin exceso de peso que dificulte la manipulación de las plantas, que podría incrementar los costos de transporte (JIMÉNEZ Y CABALLERO, 1990). La densidad aparente se representa por el peso seco del medio que se relaciona con el volumen total que ocupa y en el caso de la densidad de partículas está se representa por el mismo peso con relación al volumen del material sólido. (PIRE & PEREIRA, 2003). De acuerdo a Baudoin et al. (2002) un sustrato ideal, debería mostrar una densidad aparente de 220 kg m^{-3} .

2.3.4.4 Porosidad

Referente a las propiedades físicas en varias investigaciones se menciona deben ser óptimas desde el establecimiento del cultivo, esto se debe a que no pueden modificarse una vez establecido (VENCE 2008). Sin embargo, es evidente que aún se requiere más investigación básica para entender estas propiedades y su relación con el tamaño, forma, naturaleza y acomodo de las partículas del medio de producción del cultivo (VERDONCK y DEMEYER, 2004). En especial es importante la generación de conocimiento entre la porosidad (espacio poroso) y el empaquetamiento de partículas de los sustratos (VERDONCK et al., 1984). Así como la relación de los poros internos con el contenido de humedad, la distribución, naturaleza y acomodo de las partículas, este conocimiento no se puede generar de manera directa, con las metodologías de rutina, ya que los poros ni la morfología de las partículas, ni mucho menos su distribución, se cuantifican directamente en un contenedor (GUTIÉRREZ-CASTORENA et al., 2011). De acuerdo a Baudoin et al. (2002) un sustrato ideal, debería una porosidad superior al 85%.

2.3.4.5 Capacidad de retención de agua (CRA)

La caracterización física de cualquier suelo o sustrato para la producción de plantas, se basa en el estudio de la distribución de las tres fases (sólido, líquido y gaseoso) expresadas en unidades volumétricas, las mediciones de las variables del contenido hídrico volumétrico en función del potencial se generan de la relación del volumen del agua y aire (VENCE et al., 2013).

El sustrato para la producción de un cultivo puede ser un material natural, artificial, mineral u orgánico distinto al suelo, el cual colocado en un contenedor en forma pura o en mezcla debe permitir el anclaje del sistema radicular, proporcionando agua y nutrientes (ABAD et al., 2004). Este sustrato puede estar formulado por uno o más materiales, otorgando porosidad y capacidad de retención de agua (ANSORENA 1994).

Según de Boodt & Verdonck (1972) el agua en los sustratos debe estar disponible a las más bajas tensiones posibles en ese rango, sin limitar el volumen de aire necesario para las raíces. El valor de la capacidad de retención de agua (CRA) en 10 hPa y del rango 10 a 100 hPa como agua disponible proviene de considerar que sería próximo a la tensión correspondiente al fin del drenaje libre (capacidad de contenedor), donde el agua disponible después del drenaje debería repartirse en 75-90% como agua fácilmente disponible liberada entre 10 a 50 hPa (AFD) y un 4-5% de agua de reserva (AR) entre 50 a 100 hPa, para ser usada por la planta en momentos de excesiva transpiración, en aumentos de la temperatura y el resto sería agua difícilmente disponible. (VENCE et al. 2013).

2.4 Sustratos utilizados en el estudio

2.4.1 Cascara de café

En los procesos de beneficiamiento de la producción de café genera restos como la cáscara que pueden ser materiales ricos en materia orgánica, así como en contenido químico como potasio, nitrógeno y otros nutrientes como calcio y fósforo, donde el reciclaje de los restos vegetales presenta potencial a la formación de sustratos. Además de la reducción en los costos de producción, el uso de la cascara de café puede minimizar impactos ambientales, utilizado como sustrato alternativo en la producción de mudas generando diferentes efectos sobre los procesos de transformación que ocurren en el suelo lo que concuerda con lo mencionado con Peroni (2012) que sugiere que el uso con compuestos que poseen partículas de mayor tamaño, son capaces de promover mayor drenaje al sustrato, formando así un sustrato de más calidad.

Los residuos generados en el beneficiamiento de café usado como compuesto orgánico pueden ser utilizados en la agricultura como fertilizante en cultivos y por los viveristas en la producción de plantulas, siendo incentivado el crecimiento y desarrollo inicial de las mudas y su potencial productivo, (CALDEIRA et al., 2000). El uso de cascara de café puede ser de fácil manejo, práctico para los pequeños productores y promover la incorporación de nitrógeno.

Según Caldeira et al. (2013), en un estudio realizado con plantulas producidas con las formulaciones con sustratos con tres tipos de residuos diferentes con lodo, cáscara de arroz carbonizada, cascara de café y un testigo, los que presentaron media de altura inferior a la de los demás tratamientos son los que no contenían residuos orgánicos, así destacando, el efecto positivo con la cascara de café in natura y sustratos formulados con lodo, cáscara de arroz carbonizada.

2.4.2 Cáscara de arroz

Según Trigueiro; Guerrini (2003), la cáscara de arroz se ha vuelto en los últimos años un material muy utilizado en la formulación de sustratos, siendo este el residuo generado a partir del procesamiento industrial de la industria del arroz. El residuo contiene características favorables en el desarrollo vegetal utilizado como sustrato para el crecimiento de plantas.

La cáscara de arroz presenta alta capacidad de retención de agua, drenaje eficiente, oxigenación para las raíces, aireación en el sustrato, resistencia a la descomposición, relativa estabilidad de estructura, una baja densidad y pH cerca de la neutralidad (SOARES et al., 2012).

Klein et al. (2002), menciona que, al evaluar los cambios de las propiedades físico-hídricas de sustratos comerciales, mezclados con la cáscara de arroz carbonizada en diferentes proporciones, puede ser utilizada para mejorar las propiedades físico-hídricas de sustratos, propiciando mejor porosidad.

Según Vallone, H. S. et al. (2004), la sustitución de sustrato comercial por cáscara de arroz carbonizada, entre el 60 y el 70%, proporciona un mayor desarrollo de plantulas en vivero y que el ciclo de producción es reducido, a medida que se aumenta el porcentaje de sustitución del sustrato comercial por la cáscara de arroz carbonizada.

2.4.3 Fibra de coco

La producción de plantas en sustrato es diferente a la producción en suelo, al usar contenedores el volumen es limitado, dado a que las raíces no pueden extenderse fuera de él para absorber el agua, oxígeno y elementos nutritivos, siendo estos restringidos. Donde el mejor sustrato será aquel que proporcione la mayor cantidad de agua, volumen de aire, elementos nutritivos además de el anclaje adecuado para las raíces y no deben contener ningún componente que frene el crecimiento de la planta (BURES, 2002).

La fibra de coco es un desecho de la industria alimentaria de procesado de coco, que contiene, elevada porosidad (64,1-98,3%), baja densidad aparente (0,03-0,9 gcm^{-3}), aireación (24,2-89,4%), capacidad de retención de agua (137-786 ml^{-1} de sustrato), donde estos valores dependen del tamaño de las partículas (Abad et al., 2005). Su Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC) varía entre 38,6 y 7,6 $cmolkg^{-1}$, el pH entre 4,9 y 6,1; y la conductividad eléctrica entre 0,4 y 4,5 $dS m^{-1}$, donde influye marcadamente su procedencia (Abad et al., 2002).

2.4.4 Estiércol

Existe una gran dependencia de fertilizantes de síntesis química para la producción agrícola sin embargo CONPES (2009) menciona que los fertilizantes son un componente importante en los costos de producción y que este afecta directamente el precio de comercialización de los productos y el margen de ganancia del agricultor. En este sentido, se hace necesario impulsar el desarrollo de técnicas innovadoras que propicien la disminución del uso de fertilizantes minerales a la vez que mejoren las condiciones del suelo para los cultivos (ZÚÑIGA, 2016).

La ganadería de es una de las principales actividades productivas en países como México, que genera alrededor de 312,609 toneladas de estiércol (JURADO, 2004), el uso de estiércol como compuesto para abonos orgánicos pueden satisfacer la demanda de nutrientes de los cultivos, reduciendo el uso de fertilizantes químicos y mejorando las características de las plantas producidas (RODRÍGUEZ et al., 2009). Los abonos orgánicos mejoran las características de suelos que han sido deteriorados por el uso excesivo de agroquímicos y su sobre-explotación (NIETO et al., 2002).

2.4.5 Sustrato comercial

La disponibilidad de sustrato adecuado para la producción de plantas en vivero en suficiente cantidad para producir plantas a gran escala es uno de los principales problemas que afronta un viveristas por lo cual la selección de un determinado tipo de material es una de las consideraciones más importantes en la producción (MALDONADO, 2010). La tendencia actual es utilizar sustratos comerciales en base a la mezcla de varios componentes como, turba rubia, arena, pumicita (arena volcánica), perlita y vermiculita. La utilización de mezclas con sustratos comerciales en variadas proporciones permite obtener sustratos con las características físicas y químicas necesarias para la producción de distintas especies. Sin embargo, el mal uso de algunos de estos materiales está restringido legalmente como lo es la turba de musgo del género *Sphagnum* lo cual generan impactos ambientales indeseables (ABAD et al., 2001).

3 REFERENCIAS

- ABAD, M.; FORNES, F.; CARRIÓN, C.; NOGUERA, V.; NOGUERA, P.; MAQUIEIRA, A.; PUCHADES, R. Physical properties of various coconut coir dusts compared to peat. **HortScience**, 2005. 40(7): p.2138-2144.
- ABAD, M.; NOGUERA P.; BURÉS S. National inventory of organic wastes for use as growing media for ornamental potted plant production: case study in Spain. **Bioresource Technology**, 2001. 77: p.197-200.
- ABANTO, R. C.; ALVES C. E.; PINEDO P. M.; GARCÍA S. D.; SANCHEZ-CHOY J.; BARDALES L. R.; SALDAÑA RIOS G. Producción de plantas de camu camu con diferentes sustratos orgánicos en camas de vivero convencional. **Scientia Agropecuaria**, 2013. 4 (4), p. 321-324.
- ABRAF. Anuário estatístico da Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas 2012: ano base de 2011. Brasília, **ABRAF**. 150p.
- AGUILAR, A. A.; MENDOZA, L. R. M.; MENA, CH. J.. Comportamiento del guayabo en la zona oriente de Michoacán. Memoria del 1er. **Simposio Internacional de la Guayaba-Guava-Goiabeira**. Aguascalientes, Aguascalientes. México, 2003. p. 124-146.
- ALLAIRE, S.E.; LANGE, S.F.; LAFOND, J.A.; PELLETIER, B.; CAMBOURIS, A.N.; DUTILLEUL, P. Multiscale spatial variability of CO2 emissions and correlations with physico-chemical soil properties. **Geoderma** (Netherlands), 2012. 170: p. 251-260.
- ALVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; GONÇALVEZ, J.L.DE M.; SPAROVEK.G. Koppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, 2013. v. 22, n. 6, p. 711–728.
- ANDRADE N. A. et al. Avaliação de substratos alternativos e tipos de adubação para a produção de mudas de cafeeiro (*Coffea arabica* L.) em tubetes. **Ciência e Agrotecnologia**, 1999.v.23, n.2, p.270-280.
- ANSORENA, M.J. Sustratos propiedades y caracterización. Ed. Mundi-Prensa. Madrid, 1994. 172 p.
- AYERS, R. S., & WESTCOT, D. W. La calidad del agua y su uso en la agricultura. Estudio FAO Riego y Drenaje, 1987. 29, **Rev. 1. Roma: FAO**. p.81.
- BACHA C.J.C.; BARROS A.L.M. Reflorestamento no Brasil: evolução recente e perspectivas para o futuro. **Scientia Florestalis**, 2004. 66 p.191-203.
- BAUDOIN, W.; GRAFIADELLIS, M.; JIMÉNEZ, R.; LA MALFA, G.; MARÍNEZ-GARCÍA, P.; NISEN, A.; VERLODT, H.; DE VILELE, O. VON ZABELITZ, C.; GARNAUD, J. El cultivo protegido en clima mediterráneo. Estudio FAO Producción y Protección Vegetal 90. **Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación Roma-Italia**, 2002. p.318.
- BLISKA F.M.M. et al. custos de produção de café nas principais regiões produtoras do brasil. **VI Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil**, 2009.
- BOTERO, L.F. El café en Antioquia. En: Hermelin, M. Geografía de Antioquia: geografía histórica, física, humana y económica. (Ed.). **Fondo Editorial Universidad EAFIT**, Medellín, 2006. p. 338.

- BURÉS, S. Introducción a los sustratos: aspectos generales In: J.N. Pastor S. (ed.) *Tecnología de Sustratos: Aplicación a la Producción Viverística Ornamental, Hortícola y Forestal*. Universidad de Lleida. España, 1999. p. 19-46.
- BURES, S. Sustratos: propiedades físicas, químicas y biológicas. Informes sobre la Industria Hortícola. **Revista Horticultura**, 2002. Extra: p. 70-78.
- CAIELLI, E.L. Uso da palha de café na alimentação de ruminantes. **Inf. Agropec**, 1984. 10(119), p. 36-38.
- CALDEIRA, M.V.W.; DELARMELINA, W. M.; FARIA, J. C. T.; JUVANOL, R. S. Sustratos alternativos na produção de mudas de Chamaecrista desvauxii. **Revista Árvore**, 2013. v. 37, n. 1, p. 31-39.
- CALDEIRA, M. V. W.; ROSA, G. N.; FENILLI, T. A. B.; HARBS, R. M. P. Composto orgânico na produção de mudas de aroeira vermelha. **Scientia agrária**, 2008. v.9, n.1, p.27-33.
- CALDEIRA, M. V. W.; SCHUMACHER, M. V.; BARICHELLO, L. R.; VOGEL, H. L. M.; OLIVEIRA, L. S. Crescimento de mudas de Eucalyptus saligna Smith em função de diferentes doses de vermicomposto. **Revista Floresta**, 2000. v.28, n.1/2, p.19-30.
- CAN-CHULIM.; ÁLVARO, ORTEGA-ESCOBAR.; HÉCTOR MANUEL, SÁNCHEZ-BERNAL.; EDGAR IVÁN, & CRUZ-CRESPO, ELIA. (2014). Irrigation Water Quality in the Sierra Norte in Puebla, México. **Tecnología y ciencias del agua**, 5(5), 77-96. Retrieved April 26, 2019, from http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-24222014000500005&lng=en&tlng=en.
- CASIERRA, F.; RODRÍGUEZ, S. Y. Tolerancia de plantas de feijoa (*Acca sellowiana* [Berg] Burret) a la salinidad por NaCl. **Agronomía Colombiana**, 2006. 24(2), p. 258-265.
- CONSEJO NACIONAL DE POLITICA ECONOMICA Y SOCIAL (CONPES). Política nacional para la racionalización del componente de costos de producción asociado a los fertilizantes en el sector agropecuario, 2016.
- CORWIN, D.L.; LOAGUE, K.; ELLSWORTH, T.R. Introduction: Assessing non-point source pollution in the vadose zone with advanced information technologies. In: Corwin, D.L.; Loague, K.; Ellsworth, T.R. eds. *Assessment of Nonpoint Source Pollution in the Vadose Zone. Geophysical Monograph Series*, 1999. Vol. 108. AGU, Washington, D.C., USA, p.1- 20.
- CORTÉS-D.; DIEGO L.; PÉREZ-B.; JHON H.; CAMACHO-TAMAYO.; JESÚS H. spatial relation between electrical conductivity and some chemical soil properties. (2013) **Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica**, 16(2), 401-408. Retrieved April 26, 2019, from http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-42262013000200014&lng=en&tlng=en.
- COSTA, A.C.M. et al. Mudas em tubetes: novos componentes e misturas. **Informativo da Cooperativa dos Cafeicultores da Região de Garça**, 2000. Ano 5, n.51, p.14-15.
- COSTA, A. S. V. et al. Uso do resíduo de granito oriundo da serraria e polimento como corretivo e fertilizante de solos agrícolas. **Revista Geonomos**, 2013 Belo Horizonte, v. 18, n. 1, p. 23-27.
- DA MATTA, F. M.; RODRÍGUEZ, N. Producción sostenible de cafetales en sistemas agroforestales del neotrópico. Una visión agronómica y ecofisiológica. **Rev. Agron**, 2007. Col. 25 p.113 – 123.

DE BOODT, M.; VERDONCK, O. The physical properties of the substrates in **horticulture**. **Acta Hort**, 1972. 26 p.37-44.

DOS SANTOS A. F.; AUER C. G., JR A. G. Doenças do eucalipto no sul do Brasil: identificação e controle. Ministério de agricultura e de abastecimento. **EMBRAPA**, 2001. p. 20.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - **EMBRAPA**. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. 3.ed. Rio de Janeiro, 2013. p.353.

GARLET, J.; ZAUZA E.A.V.; FERREIRA, F; SALVADORI, J.R. Danos provocados por coró-das-pastagens em plantas de eucalipto. **Ciência Rural**, 2009. 39 p. 575-576.

GODWIN, R.; MILLER, C. Review of the technologies for mapping within-field variability. **Biosys. Eng.** (United Kingdom), 2003. 84(4) p. 393-407.

GOMES, J. M.; COUTO, L.; LEITE, H. G.; XAVIER, A.; GARCIA, S. L. R. Parâmetros morfológicos na avaliação da qualidade de mudas de *Eucalyptus grandis*. **Revista Árvore**, 2002. Viçosa, v. 26, n. 6, p. 655-664.

GOMES, J.M. et al. Uso de diferentes substratos na produção de mudas de *Eucalyptus grandis* em tubetes e em bandejas de isopor. **Revista Árvore**, 1985. v.9, n.1, p.58-86.

GONÇALVES; J.L.M., POGGIANI; F. Substrato para produção de mudas florestais. In: **CONGRESSO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIA DO SOLO**, Águas de Lindóia, 1996. Resumos. Piracicaba. Sociedade Latino Americana de Ciência do solo, 1996. CD-ROM. GONZÁLEZ, G. E.; PADILLA, R. J. S.; ESQUIVEL, V. F.; ROBLES, E. F. J.; PERALES, C. M. A. Tecnología para producir guayaba en Calvillo, Aguascalientes. **CIRNE**- Campo Experimental Pabellón. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, 2000. Pabellón folleto para productores p. 28.

GONZÁLEZ, G. E.; PADILLA, R. J. S.; REYES, M. L.; PERALES DE LA C., A.; ESQUIVEL, V. F. Guayaba su cultivo en México. **CIRNE**- Campo Experimental Pabellón. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Pabellón, 2002. Aguascalientes. Libro Técnico Núm. 1.

GONÇALVES, J.L.M.; POGGIANI, F. Substrato para produção de mudas florestais. In: **CONGRESSO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIA DO SOLO**, Águas de Lindóia, 1996. Resumos. Piracicaba. Sociedade Latino Americana de Ciência do solo, 1996. CD-ROM. GONÇALVES, J.L.M.; SANTERELLI, E.G.; NETO, S.P.M.; MANARA, M.P. Produção de mudas de espécies nativas: substrato, nutrição, sombreamento e fertilização. In: GONÇALVES, J.L.M.; BENEDETTI, V. (Eds.) **Nutrição e fertilização florestal Piracicaba**: ESALQ/USP, 2000. p. 309-350.

GUIMARÃES, M.M.B.; SEVERINO, L.S.; BELTRÃO, N.E.; COSTA, F.X.; XAVIER, J.F.; LUCENA, A.M.A. Produção de muda de mamoneira em substrato contendo diferentes resíduos orgânicos e fertilizante mineral. In: **Anais. 2º Congresso Brasileiro de Mamona**, 2006.

GUTIÉRREZ-CASTORENA, M.; HERNÁNDEZ ESCOBAR, J.; ORTIZ-SOLORIO, C.; ANICUA SÁNCHEZ, R.; HERNÁNDEZ LARA, M. Relación porosidad-retención de humedad en mezclas de sustratos y su efecto sobre variables respuesta en plántulas de lechuga. **Revista Chapingo serie horticultura**, 2011. 17 (3), p. 183-196.

FERMINO, M.H.; GONÇALVES, R.S.; BATTISTIN, A.; SILVEIRA, J.R.P; BUSNELLO, A.C; TREVISAM, M. Aproveitamento dos resíduos da produção de conserva de palmito como substrato para plantas. **Horticultura Brasileira, Brasília**, DF, v.28. 2010. p. 282-286

- FERMINO, M.H.; KAMPF, A.N. Uso do solo bom Jesus com condicionadores orgânicos como alternativa de substrato para plantas. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, 2003. 9(1-2) p, 33-41.
- FERREIRA, M.G.R.; ROCHA, R.B.; GONÇALVES, E.P.; RIBEIRO, G.D. Influência do substrato no crescimento de mudas de cupuaçu (*Theobroma grandiflorum Schum*). **Acta Scientiarum Agronomy**, 2009. v. 31, n. 4, p. 677-681.
- FONSECA, T.G. **Produção de mudas de hortaliças em substratos de diferentes composições com adição de CO₂ na água de irrigação**. Piracicaba, 2001. p. 72. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz
- IBGE. Aspectos das atividades agropecuárias e extração vegetal. In **IBGE** (ed.), Anuário estatístico do Brasil. Rio de Janeiro, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2000. v. 60 seções 3, p.23-61.
- INSTITUTO COSTARRICENSE DEL CAFÉ (ICAFE). El manejo de almacígaes de café en bolsa. San José Costa Rica. **Boletín informativo**, 2004. 4(2) p.1-12.
- JIMÉNEZ, R.; M. CABALLERO. El Cultivo Industrial de Plantas en Maceta. **Ediciones de Horticultura**. Reus, España. 1990.
- JURADO, J. Encuestas aplicadas a Productores y Procesadoras. J.J. Consultores. **Publicado por Fundación Produce**, 2004.
- KÄMPF, A. N. O uso de substrato em cultivo protegido no agronegócio brasileiro. In: FURLANI, A. M. C. Caracterização, manejo e qualidade de substratos para produção de plantas. Campinas: (Documentos IAC, 70). **Instituto Agronômico**, 2002. p. 1-6.
- KLEIN, V. A.; CAMARA, R. K.; SIMON, M. A.; DIAS, S. T. Casca de arroz carbonizada como condicionador de substrato. In: FURLANI, A. M. C. **Caracterização, manejo e qualidade de substrato para produção de plantas**. (Documentos IAC, n. 70). Campinas: Instituto Agronômico, 2002. p. 95.
- MALDONADO-BENITEZ, K. Reyna et al. Producción de *Pinus greggii* Engelm. En mezclas de sustrato con hidrogel y riego, en vivero. **Agrociencia**, México, mayo 2011.v. 45, n. 3, p. 389-398.
- MALDONADO, B. K. R. **Sustratos alternativos para la producción de *Pinus greggii* Engelm. en vivero**. Tesis para optar al grado de Magíster en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Instituto de enseñanza e investigación en Ciencias Agrícolas. Campus Montecillo Forestal. Montecillo Texcoco, México DF, México. Colegio de Postgraduados, 2010. p. 115.
- MARANA, J. P.; MIGLIORANZA, E.; FONSECA, E. P.; KAINUMA, R. H. Índices de qualidade e crescimento de mudas de café produzidas em tubetes. **Ciência Rural**, 2008. v. 38, n. 1, p. 39-45.
- MINAMI, K.; GONÇALVES, A.L. Efeito de substrato artificial no enraizamento de *Kalanchoe* (*Kalanchoe x blossfeldiana* cv. Singapur, Crassulaceae). **Scientia Agricola**, 1994. v.51, n.2, p.151-155.
- MOLIN, J.P.; NUNES, C. Establishing management zones using soil electrical conductivity and other soil properties by the fuzzy clustering technique. **Sci. Agric.** (Brasil), 2008. 65(6) p.565-573

- NAPPO, M. E.; OLIVEIRA FILHO, A. T.; MARTINS, S. V. A. Estrutura do sub-bosque de povoamentos homogêneos de *Mimosa scabrella* Bentham, em área minerada, em Poços de Caldas, MG. **Ciência Florestal**, v.10, n.2. 2000. p.17-29
- NEVES, G.J.M.; SILVA, P.H.; DUARTE, F.R. Uso de substratos alternativos para produção de mudas de moringas. **Revista Verde**, 2010. 5(1) p. 173-177.
- NIETO, G. A.; MURILLO A.B.; TROYO DE, LARRINAGA MJ, GARCÍA H. El uso de compostas como alternativa ecológica para la producción sostenible del chile (*Capsicum annum* L.) en zonas áridas. **Interciencia**, 2002. 27(8) p. 417-421.
- NISHANTHINY, S. C.; THUSHYANTHY, M.; BARATHITHASAN, T.; SARAVANAN, S. Irrigation Water Quality Based on Hydro Chemical Analysis, Jaffna, Sri Lanka. **American Eurasian J. Agric. & Environ. Sci.**, 2010. 7(1) p. 100-102.
- ORTEGA, A. C.; MOURO, M. C. Mecanização e emprego na cafeicultura do cerrado mineiro. En: XLV Congresso da Sober, Londrina, 22 a 25 julho 2007, **Universidade Estadual de Londrina - UEL**. ISBN 9788598571058
- PASTOR, J. Utilización de sustratos en viveros. *Terra*, 2000. 17(3) p. 231-235.
- PÉREZ, J. P. **Uso de los fertilizantes y su impacto en la producción agrícola**. Tesis de maestría. Facultad de Ciencias, Departamento de Biociencias, Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia, 2014.
- PERONI, L. **Substratos renováveis na produção de mudas de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden**. 82f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais), Universidade Federal do Espírito Santo, ES, 2012.
- PIRE, R.; PEREIRA, A. Propiedades físicas de componentes de sustratos de uso común en la horticultura del estado Lara, Venezuela. propuesta metodológica. **Bioagro**, 15 (1). 2003. 55-64.
- PROGRAMA DEL MEJORAMIENTO DEL CAFÉ (PROCAFE). Cultivo de tejidos vegetales. La libertad, República del Salvador. **Hoja técnica 13**. 2005.p.1-3.
- REINATO, C. H. R. et al. Qualidade do café secado em terreiros com diferentes pavimentações e espessuras de camadas. **Coffee Science**, Lavras, v. 7, n. 3. 2012. p. 223-237.
- RODRÍGUEZ D.N.; CANO R.P.; FIGUEROA V.U.; FAVELA C.E.; MORENO R.A.; MÁRQUEZ H.C.; OCHOA M.E.; PRECIADO R. Uso de abonos orgánicos en la producción de tomate en invernadero. **Terra Latinoamericana**, 2009. p. 319-327.
- ROSA R. E. J.; DANIEL, O.; VITORINO, A.C.T.; SANTOS FILHO, V.C. Efeito de diferentes substratos sobre o desenvolvimento de mudas de *Eucalyptus grandis* Hill, em tubetes. **Cerrados**, 1998v. 1, p. 18-22.
- SACCO, A.F.; WALTER, B.; NÁDIA, V. C. La caficultura en Brasil Evolución, situación actual y nuevos retos cara al futuro. **Mundo agrario**, 2011. 12(23), 00. Retrieved April 25, 2019, from http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1515-59942011000200005&lng=en&tlng=en.
- SACCO, A.F.; WALTER, B.; NÁDIA, V. C. La caficultura en Brasil. Evolución, situación actual y nuevos retos cara al futuro. **Mundo Agrario**, vol. 12, nº 23, segundo semestre de 2011.

- SÁNCHEZ, E.; ORTEGA, M.; GONZÁLES, V.; RUELAS, G.; KOHASHI, J.; GARCÍA, N. Tolerancia de tubérculos de papa cv. Alpha en etapa de brotación a condiciones de salinidad. **Terra**, 2002. 21 p. 481-491.
- SANTOS, C.; LONGHI JONAS, S.; HOPPE MARTINS, J.; MOSCOVICH, F. Efeito do volume de tubetes e tipos de substratos na qualidade de mudas de *cryptomeria japonica* (l.f.) d. don. **Ciência Florestal**, 2000.10 (2), p. 1-15.
- SCHUMACHER, M.V. et al. Influência de vermicomposto na produção de mudas de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden. **Ciência Florestal**, 2001. v.11, n.2, p.01-08.
- SILVA, E. I. L. Quality of Irrigation Water in Sri Lanka Status and Trends. **Asian Journal of Water**, 2004. 1(1-2), p. 5-12.
- SILVA, I.R.; NETO FURTINI, A.E.; CURI, N. VALE, F.R. Crescimento inicial de quatorze espécies florestais nativas em resposta à adubação potássica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília**, fev. 1997. v.32, n.2, p.205-212.
- SCHLESINGER, Sérgio. Lenha nova para a velha fornalha. Rio de Janeiro: **FASE**, 2008.
- SOARES, F. C. et al. Consumo de água pela cultura do lírio, cultivado em substratos alternativos em condições de ambiente protegido. **Ciencia. Rural**, 2012. v.42, n.6, p.1001-1006
- SOUZA, M.; COSTALONGA, C. **florística e estrutura da vegetação arbustivo-arbórea do sub-bosque de um povoamento de eucalyptus grandis w. hill ex maiden em Viçosa, MG, brasil**, 2007. 12p.
- STROGONOV, B. P. Physiological Basis of Salt Tolerance of Plants (As Affected by Various Types of Salinity). Jerusalem: **Israel Program for Scientific Translation**, 1964. p. 279.
- TRIGUEIRO, R. M.; GUERRINI, I. A. Uso de biossólido como substrato para produção de mudas de eucalipto. **Revista Scientia Florestalis**, 2003. v.64, n.2, p.150-162.
- VALLONE, H. S.; GUIMARÃES, R. J.; SOUZA, C. A. S.; CARVALHO, J. D. A.; FERREIRA, R. D. S.; OLIVEIRA, S. D. Substituição do substrato comercial por casca de arroz carbonizada para produção de mudas de cafeeiro em tubetes na presença de polímero hidroretentor. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, 2004. v. 28, n. 3, p. 593-599.
- VENCE, L. B. Disponibilidad de agua-aire en sustratos para plantas. **Ciencia del Suelo**, Argentina, 2008. 26: p. 105-114.
- VENCE, L. B.; VALENZUELA, O. R.; SVARTZ, H. A.; CONTI, M. E. Water retention curves as a tool in the selection of a plant-growing substrate and the watering scheme. **Ciencia del suelo**, 2013. 31(2), 153-164. Retrieved April 26, 2019, from http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1850-20672013000200002&lng=en&tlng=en.
- VERDONCK, O.; DEMEYER, P. The Influence of the particle sizes on the physical properties of growing media. **Acta Hort**, 2004. 644: p. 99-101.
- VERDONCK, O. R.; PENINCK, R.; DE BOODT M. The physical properties of different horticultural substrates. **Acta Hort**, 1984. 150: p. 155-167.
- VERDONOK, O. R.; VLEESCHAUWE, D.; DEBOODT, M. The influence of the substrate to plant growth. **Acta Horticulturae**, 1981. Wageningen, n.126, p.251-258.

VOGEL, H.L.M. et al. Utilização de vermicomposto no crescimento de mudas de *Hovenia dulcis* Thunberg. **Ciência Florestal**, 2001. v.11, n.1, p.21-27.

YAM T. J. A.; VILLASEÑOR P. C. A.; KRIUCHKOVA E. R.; SOTO E. M.; PEÑA P. M. A. Una revisión sobre la importancia del fruto de Guayaba (*Psidium guajava* L.) y sus principales características en la postcosecha. **Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias**, 2010. Vol. 19, No. 4.

ZÚÑIGA E.; ORLANDO, J. A.; CRISTIAN O.; BENAVIDES B.; JHONY A.; TORRES G. C. Effect of Electromagnetic Fields on Microbial Activity of a Bio-Fertilizer. **Revista de Ciencias**, 2016. 20(1), p. 27-40. Retrieved April 27, 2019, from http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0121-19352016000100002&lng=en&tlng=en.

**CAPITULO I. SUSTRATOS ALTERNATIVOS PARA LA PRODUCCIÓN DE
Eucalyptus grandis L. EN VIVERO**

**SUBSTRATOS ALTERNATIVOS PARA A PRODUÇÃO DE *Eucalyptus grandis* L. EM
VIVEIRO**

Marileydy Martínez Hernández, Oclizio Medeiros das Chagas Silva, Jean Portineli de Souza,
Paloma Carvalho Diniz, Lucas Amaral de Melo.

Resumen

Con el objetivo de evaluar sustratos alternativos para la producción de plantulas de *Eucalyptus grandis* L se estableció el experimento en vivero ocho tratamientos, los cuales fueron evaluadas sus propiedades físicas e químicas, de los cuales siete fueron generados a base de estiércol, fibra de coco, cascara de arroz carbonizada, cascara de café carbonizada, cascara de café *in nutura* como sustratos alternativos en diferentes combinaciones, con un testigo (Sustrato comercial), utilizando el diseño experimental con estos ocho tratamientos agrupados en bloques casualizados (DBC), con cuatro repeticiones, en las siguientes proporciones T1= 50% cascara de arroz carbonizada, T2= 30% cascara de arroz carbonizada, 20% de cascara de café carbonizada, T3= 20% cascara de arroz carbonizada, 30% de cascara de café carbonizada, T4= 50% de cascara de café carbonizada, T5= 30% cascara de arroz carbonizada, 20% de cascara de café *in nutura*, T6= 20% cascara de arroz carbonizada, 30% de cascara de café *in nutura* y T7 = 50% de cascara de café *in nutura*. Todos los tratamiento con 30% de estiércol, 20% fibra de coco, como sustrato base para estas combinaciones, con excepción del testigo, fue realizado caracterización morfológica y cualitativa a los 120 días, utilizó el análisis ANOVA para resultados significativos utilizado el análisis de Tukey a 5% de probabilidad de error, verificándose que todos los tratamientos a base de estiércol, fibra de coco, cascara de arroz carbonizada, cascara de café carbonizada, cascara de café *in nutura*, fueron adecuados para a producción de mudas de *Eucalyptus grandis* L., en la mayoría de las variables analizadas.

Palabras clave: Estiércol. Fibra de coco. Cáscara de arroz carbonizada. Cáscara de café carbonizada. Cáscara de café *in nutura*.

Resumo

Com o objetivo de avaliar substratos alternativos para a produção de mudas de *Eucalyptus grandis*, foi estabelecido o experimento em viveiro de 8 tratamentos, avaliaram-se suas propriedades físicas e químicas, das quais 7 foram geradas com base no esterco, fibra de coco, casca de arroz carbonizada, casca de café carbonizada, casca de café *in natura*, como substratos alternativos em diferentes combinações, com uma testemunha (substrato comercial), utilizando o delineamento experimental com estes oito tratamentos agrupados em blocos casualizados (DBC), com quatro repetições, nas seguintes proporções T1 = 50% casca de arroz carbonizada, T2 = 30% casca de arroz carbonizada, 20% casca de café carbonizada, T3 = 20% casca de arroz carbonizada, 30% casca de café carbonizada, T4 = 50 % de casca de café carbonizada, T5 = 30% de casca de arroz carbonizada, 20% de casca de café em nutura, T6 = 20% de casca de arroz carbonizada, 30% de casca de café *in natura* e T7 = 50% de casca café *in natura*, cada tratamento com 30% de esterco, 20% de fibra de coco, como substrato base para essas combinações, exceto a testemunha, foi realizada a caracterização morfológica e qualitativa aos 120 dias, utilizou a análise ANOVA para resultados significativos utilizando a análise de Tukey a 5% de probabilidade de erro, verificando que todos os tratamentos à base de esterco, fibra de coco, casca de arroz carbonizada, casca de café carbonizada, casca de café *in natura*, foram adequados para a produção de mudas de *Eucalyptus grandis* na maioria das variáveis analisadas.

Palavras chave: Esterco. Fibra de coco. Casca de arroz carbonizada. Casca de café carbonizada. Casca de café *in natura*.

1 INTRODUCCIÓN

Las plantaciones forestales presentan gran importancia socioeconómica en varios países y con la apertura de nuevas áreas forestales además de la producción de madera y el uso en áreas degradadas requieren la producción de grandes volúmenes de plantas de buena calidad, principalmente en viveros para atender la demanda de los plantíos sanos y más vigorosos, capaces de producir altos rendimientos. Por lo que algunos productores prefieren comprar las plantas en viveros comerciales en lugar de producirlas, para no tener el riesgo de obtener plantas de baja calidad o de poca supervivencia en el campo, lo que abre un gran campo para la producción de viveros con buenos estándares de calidad (diámetro, altura de la planta y porcentaje de supervivencia en el campo).

El aumento del consumo de productos forestales para la regeneración de áreas degradadas o para la producción de madera tiene como consecuencia la necesidad de introducir en los programas de forestación y reforestación especies de alta productividad que permitan un ciclo de corte relativamente corto asociado a las buenas características silviculturales (SANTOS et al., 2010).

De acuerdo a las necesidades socioeconómicas la producción de eucalipto, debido a su importancia económica por su rápido crecimiento, capacidad productiva, de su adaptabilidad en diversos ambientes y, principalmente, de la diversidad de especies e híbridos, lo que hace posible atender a la demanda de gran parte de los segmentos que utilizan productos forestales (GARLET et al., 2009).

Con la búsqueda de nuevos sustratos con residuos orgánicos para proponer cambios que permitan un desarrollo adecuado en la calidad y desarrollo en la producción de plantulas, el objetivo del estudio fue evaluar el efecto de sustratos alternativos en la producción de plantulas de *Eucalyptus grandis* con materiales a base de estiércol, fibra de coco, cascara de arroz carbonizada, cascara de café carbonizada, cascara de café *in natura*, que permitieran desarrollar protocolos y promover su uso contribuyendo a la reducción del impacto sobre el medio ambiente y la conservación y sostenibilidad del uso de recursos naturales y al mismo tiempo promover la reducción en los costos de producción.

2 MATERIAL Y MÉTODOS

El experimento fue realizado en el Vivero Forestal de la Universidad Federal de Lavras, con las siguientes coordenadas: latitud 21 ° 14'19,6 "S y longitud 44 ° 58'28,5" W a 905 metros sobre el nivel del mar, en el período de agosto de 2018 hasta marzo de 2019. Dicho vivero se encuentra en la ciudad de Lavras Minas Gerais, Brasil. Donde según la clasificación de Köppen el clima es Cwa, templado lluvioso (mesotérmico) con invierno seco y verano lluvioso, subtropical, la temperatura del mes más caliente mayor que 22 ° C, con una temperatura media de 19.9 ° C, presentando la precipitación media anual de 1486 mm (DANTAS et al., 2007; ALVARES et al., 2013). En este mismo vivero fueron evaluados los residuos de café (carbonizada e in nutra) la cáscara de arroz (carbonizada), estiércol bovino y la fibra de coco, en una combinación como constituyentes de sustratos alternativos para la producción de mudas de especies forestales.

2.1 Obtención y preparación de los constituyentes para la formulación de sustratos

Los tratamientos evaluados se elaboraron a partir de las mezclas de las siguientes fuentes, estiércol bovino (ES), la fibra de coco (FC), cascara de arroz carbonizada (CAC), residuos de café carbonizada (CCC), cascara de café *in nutura* (RCI) (Figura 1.) y como testigo se utilizará el sustrato comercial Maxfétil, elaborado con cascara de pinos pasado por el proceso de compostaje durante un año con, cáscaras de pino carbonizado, vermiculita, cal y NPK.

Figura 1. Fuentes para la elaboración de sustratos, estiércol bovino (ES), la fibra de coco (FC), cascara de arroz carbonizada (CAC), cascara de café carbonizada (CCC), y cascara de café *in nutura* (CCI).

Figura 1. Fontes para a elaboração de substratos, resíduos de esterco bovino (ES), fibra de coco (FC), casca de arroz carbonizada (CAC), casca de café carbonizado (RCC), e casca drcafé em *in nutura* (CCI).



Fuente: Del autor (2019).

Para el diseño experimental utilizado fue establecido con ocho tratamientos agrupados en bloques casualizados (DBC), con cuatro repeticiones, siendo la unidad experimental con 16 plantulas. Las proporciones de cada tratamiento del experimento uno está dispuestas en la siguiente formulación. (Tabla 1).

Tabla 1- Proporción volumétrica de los materiales (%) usados como compuestos de sustratos alternativos para producción de plantulas *Eucalyptus grandis* en vivero.
Tabela 1- Proporção de materiais (%) utilizados como substratos alternativos para produção de *Eucalyptus grandis* em Viveiro.

Tratamientos	Proporción volumétrica de los materiales %				
	E	FC	CAC	CCC	CCI
T1	30	20	50	0	0
T2	30	20	30	20	0
T3	30	20	20	30	0
T4	30	20	0	50	0
T5	30	20	30	0	20
T6	30	20	20	0	30
T7	30	20	0	0	50
T8	Substrato comercial 100%				

*Estiércol (ES), fibra de coco (FC), cascara de arroz carbonizada (CAC), cascara de café carbonizada (CCC), cascara de café *in natura* (CCI)

Fuente: Del autor (2019).

La cascara de café que se utilizó en la implementación del proyecto fue adquirida a través de INOVACAFE, de los residuos generados a partir de la recolección de café de sus campos experimentales, la corteza de arroz fue obtenida de los productores próximos de la región, para el uso del sustrato comercial y la fibra de coco fueron adquiridos en la ciudad de Lavras en las casas de fertilizantes.

El procedimiento para la carbonización de la cáscara de arroz y de café, se realizó al aire libre separadamente, esto en el Vivero Forestal de la Universidad Federal de Lavras. Se utilizo un recipiente de metal perforado en su periferia, con una chimenea en la parte superior de esta forma hasta obtener brasas incandescentes cubriéndolo con cáscara cruda, dejando tan sólo la parte superior de la chimenea libre. Se espero hasta que las cáscaras alcanzan una temperatura elevada y con falta de oxígeno por combustión incompleta, hasta carbonizar, este tipo de carbón que se deja a secar y se humedece para evitar incendios, a temperatura ambiente o a bajas

temperaturas, y enseguida se almacenaron para utilizarlo como constituyentes de los sustratos evaluados en el experimento.

Después de la obtención de los componentes para la composición de los sustratos, se determinaron las proporciones de cada constituyente, de acuerdo con los objetivos del proyecto. Enseguida se realizó la mezcla de acuerdo a la proporción destinada para cada tratamiento. Para un mejor crecimiento de las plantulas, durante la mezcla de los constituyentes, se añadieron abono de liberación lenta (Osmocote) en la proporción 4 kg / m³ de sustrato.

2.2 Análisis físico-químicos de los sustratos

Para la evaluación del contenido nutricional y de las características físicas de los sustratos, una muestra de cada tratamiento y fueron enviadas al Laboratorio de Sustratos del Departamento de Horticultura y Silvicultura de la Universidad Federal de Rio Grande do Sul (UFRGS) para ser analizadas, está basada en metodología descrita en la Norma nº 17 del Ministério de agricultura, Pecuária y Abastecimento (MAPA, 2007; Fermino 2003).

El análisis de los sustratos se realizado conforme a la metodología descrita por Silva (1999) para muestras de suelo, donde el pH fue determinado en agua, con dilución 1: 5 (v / v) la conductividad eléctrica obtuvo solución 1: 5 (v / v). Se determinó la densidad húmeda, densidad seca y humedad actual, la porosidad total, espacio de aireación, agua fácilmente disponible, agua-tampón, agua remanente y la capacidad de retención de agua en 10, 50 y 100 cm de columna de agua determinada en base volumétrica v / v.

2.3 Producción de plantulas de *Eucalyptus grandis* L.

Las semillas de *Eucalyptus grandis* fueron semillas disponibles del banco de semillas del Laboratorio de Semillas Forestales, del Departamento de Ciencias Forestales de la Universidad Federal de Lavras, que fueron recolectadas de regiones de la ciudad de Lavras.

Para la producción de las plantulas en vivero en charolas de polipropileno con cavidades de capacidad de 55 cm³ que fueron apoyadas en soportes suspendidos a 80 cm del suelo aproximadamente. (Figura 3. A).

La siembra fue realizada en septiembre 2018 en las cavidades de las charolas, previamente lavadas y desinfectadas con cloro comercial a una dosis de 15 ml/l de agua (Figura

2. B), colocando de tres a cuatro semillas por cavidad y enseguida las semillas fueron cubiertas con el mismo sustrato utilizado en el llenado de los recipientes. (Figura 2. C y D) .

Figura 2. Producción en vivero, charolas de polietileno A, lavado de cavidades B, siembra y cobertura de semillas C y D de *Eucalyptus grandis*.

Figura 2. Produção em viveiro, bandejas de polietileno A, lavagem de cavidades B, sementeira e cobertura de sementes C e D de *Eucalyptus grandis*.



Fuente: Del autor (2019)

A los 15 días después de la germinación, se realizó el desbaste, dejándose una plántula por cavidad, eligiendo la que presentó mayor vigor y la más centralizada (ABREU et al., 2017) (Figura 4.). La irrigación de las plantulas fue hecha por sistema de microaspersión, tres veces al día, o de acuerdo con la necesidad hídrica de las mudas.

Figura 3. Desbaste (Eliminación de exceso de plantulas en una sola cavidad) de *Eucalyptus grandis*.

Figura 3. Desbaste (Remoção de excesso de mudas em uma única cavidade) de *Eucalyptus grandis*.



Fuente: Del autor (2019).

A los 90 días, se realizó el alternado de las plantulas (Figura 4), proceso aplicado cuando la parte área de ellas aumentó en anchura, causando competencia y disminuyendo la capacidad

de obtención de luz y nutrientes. El alternador fue realizado con el objetivo de reducir esta competencia por luz, y aumentar el espaciamiento entre las mismas, contribuyendo así al mejor crecimiento de las mudas. Durante el proceso de producción de las plantulas, se realizaron limpiezas, haciendo la retirada de malas hierbas y musgos de los recipientes, que perjudican el desarrollo de las plantulas. A cada 15 días fueron fertilizadas con KCl (cloruro de potasio) e MAP (monoamonio fosfato), a una dosis de 100 g y 1000 g, respectivamente, diluidos en 100 L de agua, solución suficiente para 10000 mudas, aplicadas con regador.

Figura 4. Alternado de las plantulas de *Eucalyptus grandis*.
 Figura 4. Alternação de mudas de *Eucalyptus grandis*.



Fuente: Del autor (2019).

2.4 Caracterización morfológica y cualitativa de plantulas de eucalipto

Para evaluar la influencia de los diferentes sustratos, se evaluó la tasa de supervivencia (S) a los 30 días después de la germinación, así mismo se realizaron mediciones de las características morfológicas como la altura de la parte aérea (H), midiendo a nivel de sustrato hasta la inserción de la última hoja, ayuda de una regla graduada en milímetros y diámetro (D) también a nivel del sustrato con el uso de un vernier digital a cada 30 días.

A los 150 días después de la germinación, se seleccionaron cuatro plantulas que presentaron valores más cercanos al promedio para todas las características por tratamiento (diámetro y altura) (Figura 5), con las elegidas se realizó la evaluación de facilidad de retirada de las plantulas de las cavidades, agregación de las raíces al sustrato, éstas de acuerdo a la metodología descrita por Wendling et al. (2002).

Figura 5. Plantulas de cada tratamiento de *Eucalyptus grandis*.

Figura 5. Mudas de cada tratamiento de *Eucalyptus grandis*.



Fuente: Del autor (2019).

Para la facilidad de retirada de las plantulas de las cavidades se dieron notas después de tres golpes en la parte superior de la cavidad, dichas notas de uno a diez, siendo la nota menor como dificultad máxima y la mayor como mejor facilidad de retirada de las plantulas. Después de este procedimiento se continuo con la agregación de las raíces al sustrato, éstas fueron soltadas en caída libre a cerca de un metro del suelo y para la agregación le atribuyó una nota de uno a diez, siendo uno para el sustrato totalmente desbordado y diez para el sustrato integro.

Enseguida se realizó las destructivas, las cuales se le lavaron las raíces en agua corriente para retirar el sustrato y se separaron la parte aérea del sistema radicular, y las mismas fueron debidamente identificadas y etiquetadas, acondicionadas en bolsas de papel y se colocaron durante un período de 72 horas en estufa a una temperatura de 65 ° C y posteriormente pesadas en balanza analítica de precisión 0,001g. (Figura 6).

Figura 6. Destructivas (separación y lavado de raíces, etiquetado, colocación en la estufa y pesado de destructivas) de *Eucalyptus grandis*.

Figura 6. Destrutivas (separação e lavagem de raízes, rotulagem, colocação na estufa e pesado das destrutivas) de *Eucalyptus grandis*.



Fuente: Del autor (2019).

Después de recolectar los datos fueron evaluados, la altura de la parte aérea (H), diámetro (D), relación entre altura de la parte aérea y diámetro (RHD) , de acuerdo con DICKSON et al. (1960), así mismo se evaluó la relación entre masa seca de la parte aérea y masa seca del sistema radicular (RMSPAR), esto con la determinación de la masa seca de la parte aérea (MSPA), masa seca del sistema radicular (MSR) y la masa seca total (MST), y el índice de calidad de Dickson (IQD) (DICKSON et al. (1960):

$$\text{IQD} = \frac{\text{MST (g)}}{\text{H(cm)/D (mm) + MSPA (g)/MSR(g)}}$$

donde: MST es la seca total; H es la altura; D es el diámetro; MSPA es la masa seca da parte aérea; y MSR es la masa seca radicular.

2.5 Análisis estadístico

De acuerdo al diseño experimental, se utilizó el análisis ANOVA a fin de evaluar la influencia del tipo de tratamiento utilizado. Para resultados significativos fue utilizado el análisis de Tukey a 5% de probabilidad de error, con el Software SISVAR, versión 5.6. (FERREIRA, 2014).

3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Análisis físico químico de los sustratos formulados.

Conforme pH los resultados en esta característica el tratamiento que presento un valor mayor fue el T3 (7.98) y todos los demás tratamientos a base de Estiércol, fibra de coco, cascara de arroz carbonizada, cascara de café carbonizada, cascara de café *in nutura* fueron próximos a este resultado y el menor fue el testigo T8(5.53) (Tabla 2).

El pH más adecuado para la producción de plantulas en vivero, fue el testigo T8 fue de 5.53 (Tabla 2) esto coincide con lo dicho por Ansorena (1994) que define que un sustratos usados en producción de plantas debe ser de 5.2 a 6.3 y que un valor menor a 4.0 puede causar enfermedades de la raíz, con esta referencia podemos destacar que todos los demás tratamientos no presentaron un valor adecuado, dado a que permanecieron en un rango de 7.28 a 7.98

Tabla 2- Análisis físico químico de los sustratos formulados.

Tabela 2- Análise físico-química dos substratos formulados.

Parámetros	Unidad	Tratamientos							
		T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
pH	H ₂ O	7.35	7.28	7.98	7.57	7.62	7.69	7.97	5.53
CE	mS cm ⁻¹	0.72	0.93	1.00	1.27	0.82	1.05	1.06	0.23
DU	kg m ⁻³	258.03	406.82	283.19	396.14	271.13	265.73	247.84	625.47
DS	kg m ⁻³	221.29	240.08	231.37	271.88	221.61	222.37	203.67	308.80
PT	%	82.74	86.93	78.41	78.62	79.78	70.42	66.76	85.49
CRA (10)	%	38.81	45.97	50.03	43.99	36.98	32.79	30.13	57.32
CRA (50)	%	24.30	30.76	32.18	32.21	29.48	26.95	26.01	37.90
CRA (100)	%	23.77	30.00	31.49	31.65	28.93	26.44	25.69	35.66

Donde: **pH** es potencial de hidrogeno, **CE** conductividad eléctrica, **DU** densidad húmeda, **DS** densidad seca, **UA** Humedad Actual, **PT** porosidad total, **CRA10, 50 y 100**= capacidad de retención de agua en 10, 50 y 100 cm.

Fuente: Del autor (2019).

Conforme a Valeri e Corradini (2000) con valores arriba de 6,5 pueden presentarse síntomas de deficiencia fósforo, fierro, zinc y cobre. La importancia de conocer esta característica es poder predecir su efecto sobre el suelo y los cultivos (RASHIDI & SEILSEPUOR, 2011).

Conforme a la conductividad eléctrica (CE) el resultado más alto fue del tratamiento T4 (1.27 mS cm⁻¹) con valores próximos a los demás tratamientos a base Estiércol, fibra de coco, cascara de arroz carbonizada, cascara de café carbonizada, cascara de café *in natura* y el menor fue el testigo T8 (0.23 mS cm⁻¹)(Tabla 2), cabe destacar que los tratamientos T4 (1.27 mS cm⁻¹), fue consideraron como el mejor sustratos determinado por esta característica, esto concordando con lo mencionado por Lorenzo et al. (1996) consideran que el intervalo óptimo de CE debe ser 1.2 a 2.5 dS m⁻¹. Sin embargo no debe subestimarse a los tratamientos T2 (0.93 mS cm⁻¹), T3 (1.0 mS cm⁻¹), T4 (1.27 mS cm⁻¹), T5 (0.82 mS cm⁻¹), T6 (1.05 mS cm⁻¹) y T7 (1.06 mS cm⁻¹), dado a que estos pueden considerarse ricos en materia orgánica, esto según Bunt (1988) y Landis et al. (1990), que mencionan que los sustratos ricos en materia orgánica alcanzan valores de CE de 0.75 a 1.99 mS cm⁻¹ por lo tanto, la mayoría de las mezclas tuvieron valores apropiados de CE.

Conforme a la densidad húmeda **DU** y seca **DS**, todos los valores de los sustratos a base de estiércol, fibra de coco, cascara de arroz carbonizada, cascara de café carbonizada, cascara de café *in natura* obtuvieron valores entre 203 kg m⁻³ y 403 kg m⁻³ en ambos casos y el testigo (100% de sustrato comercial) obtuvo DU 625.47 kg m⁻³, DS 308.80 kg m⁻³ (Tabla 2), donde solo el testigo T8 ultrapaso el límite máximo de la densidad húmeda, esto podría ser uno de los

principales motivos de que las plantulas no crecieron bien en este sustrato, donde según Gonçalves e Poggiani (1996) el límite máximo de densidad debe ser de 500 kg m^{-3} , y la mayoría presento densidad a bajo de lo recomendado ($< 403 \text{ kg m}^{-3}$).

De acuerdo con Vence (2008) las características físicas de los sustratos deben determinarse antes del establecimiento del cultivo, dado a que no pueden modificarse después de ser establecido. Conforme a los resultados obtenidos, referente a la porosidad de las combinaciones utilizadas para la generación de los sustratos, la porosidad total (PT) con una cifra mayor en porcentaje, fue el tratamiento T2 y el menor fue el T7 con valores de 86.93% y 66.76% correspondientemente (Tabla 2).

Los sustratos a base estiércol, fibra de coco, cascara de arroz carbonizada, cascara de café carbonizada, cascara de café *in natura* incluyendo el T2 obtuvieron valores mayores de porosidad y reduciendo en cuanto se aumentó la proporción de cascara de café *in natura*, estos datos no pueden obtenerse de manera directa, dado a que los poros ni la morfología de las partículas, ni mucho menos su distribución, se cuantifican directamente en un contenedor (GUTIÉRREZ-CASTORENA et al., 2011).

En general los tratamientos considerados como mejores en esta característica (porosidad) son; T3(78.41%), T4(78.62%), T5(79.78%), T6(70.42%) y el T7 (66.76%). Esto considerando lo dicho por Landis et al. (1990) que consideran adecuado nivel de porosidad total de 60 a 80 %. Sin embargo, los sustratos que sobre pasan los 80% antes definidos T1(82.74%), T2(86.93%), incluyendo el testigo T8(85.49%). Considerando lo dicho por Peñuelas y Ocaña (1996) que considera que estos valores mayores a 80 % podrían favorecer el crecimiento de la raíz, lo cual favorece el desarrollo de la parte aérea. Esta característica según Kämpf (2005) es importante en el crecimiento das plantas, dado a que la alta concentración de raíces exige elevado fornecimiento de oxígeno, el cual debe ser lo suficientemente poroso para permitir intercambios gaseosos eficientes, evitando falta de oxígeno para la respiración y la actividad de los microorganismos.

Una combinación para la formulación de un sustrato puede estar formulado por uno o más materiales, sin embargo, lo importante es que el producto final tenga las propiedades adecuadas, con elevada porosidad, drenaje, aireación y capacidad de retención de agua (Ansorena, 1994).

Conforme a esta última, los resultados en el estudio para la capacidad de retención de agua en 10 cm el valor menor fue el tratamiento T7 (30.13%) y el más alto fue el testigo T8 (57.32%), para la capacidad de retención de agua en 50 y 100cm el tratamiento con valor más

alto fue el testigo T8 con 37.9% y 35.66 respectivamente y el de menor valor fue el T1 con 24.30 % en 50cm y 23.77% en 100cm, (Tabla 2).

Por consiguiente, la capacidad de retención de agua de la mayoría de las formulaciones alcanzaron niveles adecuados de retención de agua, esto conforme a lo dicho por Abad et al., (2004) que menciona que deben estar en un rango de 24 y 40% , lo que facilita la posibilidad de producir plantulas de *Eucalyptus grandis*, con estiércol, fibra de coco, cascara de arroz carbonizada, cascara de café carbonizada, cascara de café *in natura* en sus diferentes combinaciones.

3.2 Sobrevivencia, altura y diámetro de plantulas de *Eucalyptus grandis*

3.2.1 Sobrevivencia.

Entre los factores que pueden influir en la germinación y sobrevivencia de una semilla y la velocidad son la humedad del sustrato, temperatura, luz, oxígeno, entre otros (PROBERT, 2000). El análisis de varianza de los ocho tratamientos dio como resultado que existe diferencia estadísticamente diferencia significativa entre los sustratos evaluados (Tabla 3). Se observa que el testigo T8 es diferente estadísticamente del tratamiento T1, T2, T3, T6 y T7, sin embargo, a su vez es semejante al T4 y T5 (Tabla 4).

Tabla 3. Cuadrados medios de Sobrevivencia (S), diámetro (D) a los 60,90 y 120 días, altura (H) a los a los 30, 60, 90 y 120 días después de la germinación de la producción en vivero de *Eucalyptus grandis*.

Tabela 3. Quadrados medios de sobrevivência (S), diâmetro (D) a 60,90 e 120 dias, altura (H) a 30, 60,90 e 120 dias, depois da germinação da produção em viveiro de *Eucalyptus grandis*.

T	GL	S	Días después de la germinación							
			30		60		90		120	
			H	D	H	D	H	D	H	D
T	7	239.78*	8.56*	0.58*	28.57*	0.42ns	98.05*	0.50*	137.30*	
Media	-	90.04	5.17	1.58	10.67	2.20	18.55	2.90	27.10	
Cv	-	8.11	11.9	17.19	11.18	20.48	21.09	4.52	13.34	

Donde: * = significativo al 5% de probabilidad de error; ns = no significativo al nivel de 5% de probabilidad de erro por el análisis F; GL= grados de libertad; CV= coeficiente de variación experimental

Fuente: Del autor (2019).

Tabla 4. Los valores medios Sobrevivencia (S), diámetro (D) a los 60,90 y 120 días, altura (H) a los a los 30, 60, 90 y 120 días despues de la germinación de *Eucalyptus grandis*.

Tabela 4. Valores médios de sobrevivência (S), diâmetro (D) a 60,90 e 120 dias, altura (H) a 30, 60,90 e 120 dias, depois da germinação de *Eucalyptus grandis*.

T	S	30 D		60 D		90 D		120 D	
		H	D	H	D	H	D	H	
T1	93.75b	5.58 b	1.65 b	10.84 bc	2.28 a	21.10 b	3.02b	26.81 b	
T2	93.75b	5.48 b	1,67 b	10.75 bc	2.25 a	21.83 b	2.99b	27.41 b	
T3	90.62b	5.19 b	1.94b	10.57 b	2.19 a	22.58 b	2.96b	29.17 b	
T4	85.94ab	5.39 b	1.69 b	10.98 bc	2.52 a	22.06 b	3b	29.01 b	
T5	89.06ab	6.32 b	1.8b	13.37 c	2.47 a	25.91 b	3.22b	33.17 b	
T6	95.31b	6.24 b	1.71b	12.65 bc	2.29 a	22.29 b	3.06b	28.51 b	
T7	98.44b	5.44 b	1.54b	11.61 bc	2.41 a	23.51 b	3.09b	29.33 b	
T8	73.44a	1.69 a	0.68 a	4.53 a	1.42 a	9.37 a	2.07a	13.37 a	
CV%	8.11	11.90	17.19	11.18	20.48	21.09	4.52	13.34	

Fuente: Del autor (2019).

En la comparación de los ocho tratamientos el mayor índice de sobrevivencia fue el tratamiento T7 con 98.44% y el menor fue el testigo T8(sustrato comercial) con 73.44%, esto puede deberse a que el sustrato ultrapaso el límite máximo de la densidad húmeda, esto podría ser uno de los principales motivos de que las plantulas no crecieron bien en este, y todos los demás tratamientos alcanzaron un índice arriba de 85%. Se observando una tasa alta de sobrevivencia en la mayoría de los tratamientos, mostrando la posibilidad de producir plantulas de *Eucalyptus grandis*, con estiércol, fibra de coco, cáscara de arroz carbonizada, cáscara de café carbonizada, cascara de café *in natura* en sus diferentes combinaciones. En este sistema de producción la evaluación de la calidad de las plantulas puede ser una herramienta para identificar si está siendo conducida de manera adecuada, si las mudas se encuentran sanas, con el máximo potencial para supervivencia y posterior desarrollo en el campo (FONSECA, 2000).

3.2.2. Altura de plantulas de *Eucalyptus grandis*

En la evaluación de crecimiento de altura las plantulas de *Eucalyptus grandis* el análisis estadístico para los 30, 60, 90 y 120 días en centímetros revelo, diferencia significativa entre los 8 tratamientos en los cuatro periodos (Tabla 3), lo que coincidió con Kratz et al., (2013) quienes evaluaron el crecimiento en altura de *Eucalyptus benthamii* mostraron una diferencia

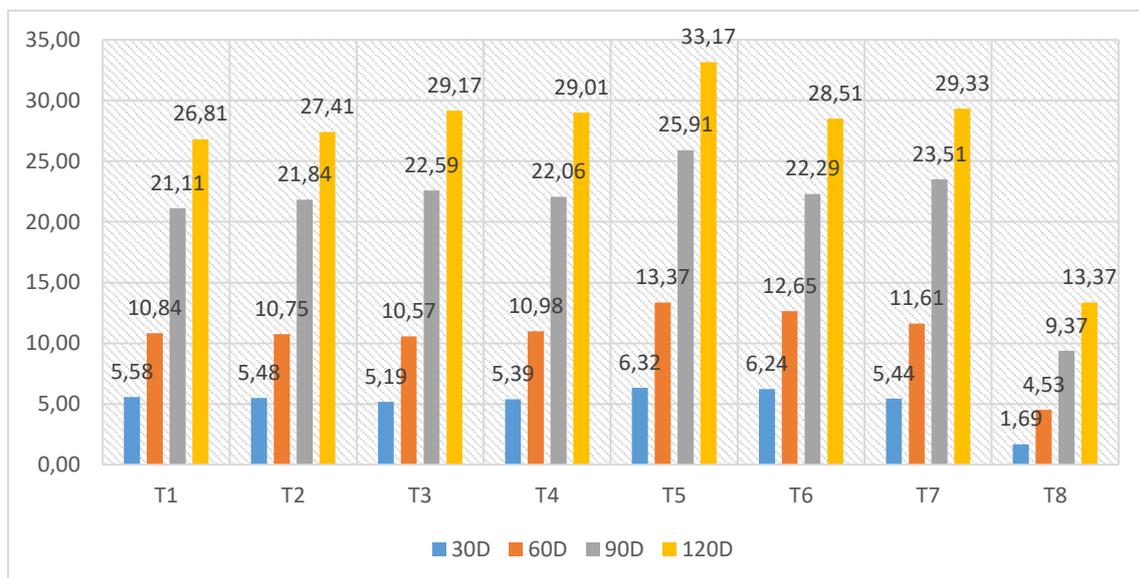
significativa entre los sustratos evaluados, para todos los períodos de evaluación (30, 60 y 90 días), quienes usaron componentes renovables.

Se considero que para los 30, 90 y 120 días el testigo T8 estadísticamente fue diferente a todos los otros sustratos y a partir del T1 al T7 fueron iguales entre si, en la evaluación de los 60 días de altura el resultado arrojó que el testigo T8 el T5 y el T3 fueron diferentes entre sí, sin embargo, el T5 y el T3 fueron semejantes al T1, T2 T4 y T7 (Tabla 4).

Conforme a la tendencia de crecimiento en altura en todos los tratamientos fueron ascendentes, de esta forma todas las combinaciones con sustratos alternativos son aptos para la producción de *Eucalyptus grandis*, sin embargo, puede apreciarse la diferencia en cada uno de los periodos donde los menores valores en todos los periodos lo obtuvieron el testigo T8 (1.69, 4.53, 9.37 y 13.37cm) y el mejor fue el tratamiento T5 (6.32, 13.37, 25.91 y 33.17 cm) a los 30, 60, 90 y 120 días (Figura 8) con 30% estiércol, 20% fibra de coco, 30% cáscara de arroz carbonizada, y 20% cáscara de café *in natura*.

Figura 8. Altura en centímetros a los 30, 60, 90 y 120 días de cada tratamiento de *Eucalyptus grandis*.

Figura 8. Altura em centímetros aos 30, 60, 90 e 120 dias de cada tratamento de *Eucalyptus grandis*.



Fuente: Del autor (2019).

Puede destacarse que las alturas a los 30, 60 y 90 días, dio una predicción del mejor tratamiento en esta característica (altura) para la evaluación final a los 120 días, lo que coincide con lo observado por Aguiar et al. (1989) con *Eucalyptus grandis* cuyo experimento resultó que las mediciones realizadas anteriormente a la evaluación final pueden no generarse, destacando

que no obtuvieron poca variación de la tendencia de crecimiento entre las evaluaciones anteriores con la final. De esta forma no sería viable la evaluación de crecimiento anteriores a la evaluación final, a diferencia de lo observado por Trigueiro e Guerrini (2003) en plantulas de *Eucalyptus grandis* producidas en diferentes sustratos, donde los mejores tratamientos a los 30 días no siguieron la misma tendencia hasta el final da fase de producción en vivero.

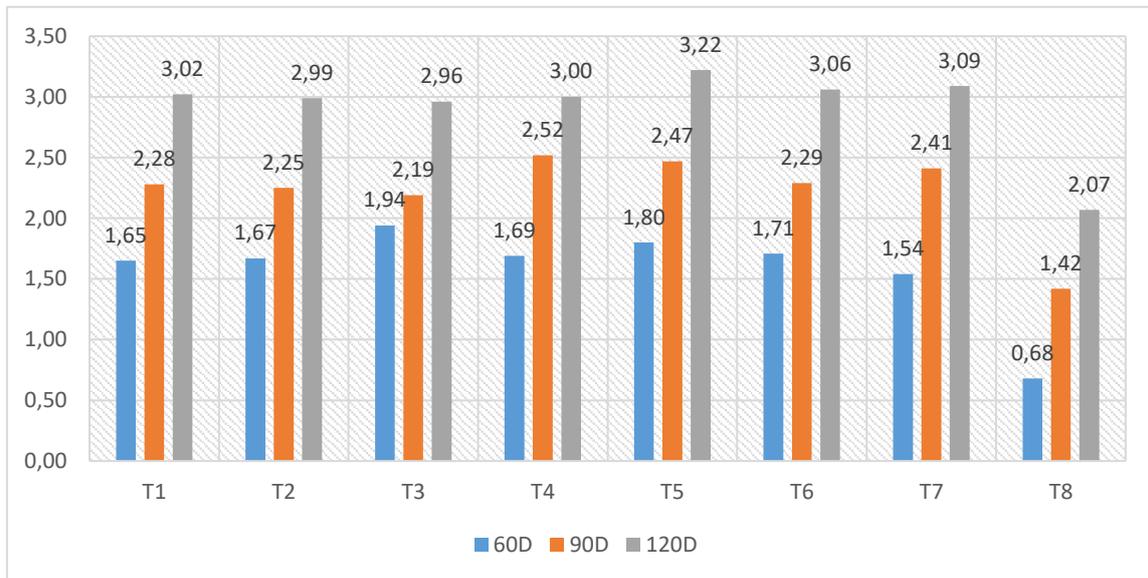
3.2.3 Diámetro de plantulas de *Eucalyptus grandis*

En la evaluación de crecimiento de diámetro las plantulas de *Eucalyptus grandis* el análisis estadístico para los 60 y 120 días en milímetros revelo, diferencia significativa entre los 8 tratamientos y para los 90 días no se encontró diferencia significativa (Tabla 3), Se considero que para estos periodos (60 y 120 días) el testigo T8 estadísticamente fue diferente a todos los otros sustratos y a partir del T1 al T7 fueron iguales entre si (Tabla 4).

En función a la tendencia de crecimiento conforme al diámetro en todos los tratamientos fueron ascendentes, de esta forma todas las combinaciones con sustratos alternativos son aptos para la producción de *Eucalyptus grandis*. Sin embargo, puede apreciarse la diferencia en cada uno de los periodos (60, 90 y 120 días) donde los menores valores en todos los periodos lo obtuvieron el testigo T8 (0.68, 1.42 y 2.07mm) y el mejor tratamiento fue el T5 (1.80, 2.47 y 3.22 mm) a los 60, 90 y 120 días, con 30 % Estiércol, 20% fibra de coco, 30% cascara de arroz carbonizada, y 20% cascara de café *in nutura*, conforme a la última evaluación todas las combinaciones incluyendo el testigo presentaron diámetros superiores a 2.07mm (Figura 9).

Figura 9. Diámetro en milímetros a los 60, 90 y 120 días de cada tratamiento de *Eucalyptus grandis*.

Figura 9. Diámetro en milímetros aos 60, 90 e 120 días de cada tratamento de *Eucalyptus grandis*.



Fuente: Del autor (2019).

Estos valores coinciden con lo dicho por Wendling e Dutra (2010), quienes destacan que un diámetro mínimo para plantío debe ser de 2mm, lo que es semejante a lo encontrado por Freitas et al. (2005), quienes obtuvieron medias de 2mm a base de cascara de arroz carbonizada y cascara de eucalipto a una proporción de 50% para cada uno en plantulas de *Eucalyptus grandis*.

Siendo el Testigo de sustrato comercial con el menor valor a los 120 días (T8= 2.07mm) su valor es próximo a lo encontrado por Trigueiro e Guerrini (2003), quienes obtuvieron como resultado 1.85mm para plantulas de *Eucalyptus grandis* producidas em sustrato comercial a base de cascara de pinos. de la misma manera Bonnet (2001) encontró un diámetro menor con 1.51mm a los 106 días con plantulas de *Eucalyptus viminalis* estas producidas a una proporción de 70 % de sustrato comercial.

3.3 Relación altura / diámetro del colecto H / DC, masa seca de la parte aérea MSPA, masa seca radicular MSR, masa seca total MST, relación de la masa seca de la parte aérea/raíz RMSPAR.

Conforme a la Relación altura / diámetro del colecto H / DC realizado con los datos a los 120 días, la masa seca de la parte aérea MSPA, masa seca radicular MSR, masa seca total MST los datos revelaron en todos los casos, diferencia significativa entre los ocho tratamientos

a diferencia de relación de la masa seca de la parte aérea/raíz (RMSPAR) que dio como resultado que no existe diferencia significativa entre los tratamientos (Tabla 5).

Tabla 5. Cuadrados medios de relación altura / diámetro del colecto (H / DC), masa seca de la parte aérea (MSPA), masa seca radicular (MSR), masa seca total (MST), relación de la masa seca de la parte aérea/raíz (RMSPAR) de la producción en vivero de *Eucalyptus grandis*.

Tabela 5. Quadrados medios da relação altura/diâmetro do coletor (H/D), massa seca de parte aérea (MSPA), massa seca radicular (MSR), massa seca total (MST), relação massa seca da parte aérea/raiz (RMSPAR), da produção em viveiro de *Eucalyptus grandis*.

T	GL	H/D	MSPA(gr)	MSR(gr)	MST(gr)	RMSPAR(gr)
T	7	5.38*	0.52*	0.07*	0.97*	0.38ns
media	-	9.13	1.12	0.56	1.68	2.04
cv	-	11.85	13.39	23.29	13	23.21

Donde: * = significativo al 5% de probabilidad de error; ns = no significativo al nivel de 5% de probabilidad de error por el análisis F; GL= grados de libertad; CV= coeficiente de variación experimental.

Fuente: Del autor (2019).

Conforme a la Relación altura / diámetro del colecto H / DC Carneiro (1995), menciona que esta variable muestra el equilibrio de crecimiento de las plantulas en vivero que conjuga dos características con un índice que debe situarse entre 5,4 y 8,1 conforme a esto todas las combinaciones con sustratos alternativos incluyendo el testigo (sustrato comercial) serian aptos para la producción de *Eucalyptus grandis* presentando buen aspecto de vigor, estando aptas para plantío en campo.

Así mismo puede observarse que el testigo T8 es semejante al T1 y diferente entre los otros tratamientos, donde el mayor fue T5 (10.28) y el menor valor lo representa el testigo T8 con 6.46 (Tabla 5). Sin embargo considerando lo encontrado por Trigueiro e Guerrini (2003) con plantulas de *Eucalyptus grandis*, dando para esta variable valores de un rango entre 10,74 e 13,90, que son próximos a los encontrados en este trabajo para las diferentes combinaciones de los sustratos alternativos lo que indica que estas combinaciones son aptas para esta especie, así mismo indica que el rango para esta especie es mayor que lo recomendado por Carneiro (1995), de esta manera el sustrato comercial al 100% no seria recomendado para la producción de *Eucalyptus grandis*.

El análisis estadístico muestra que en el caso de la masa seca de la parte aérea MSPA y la masa seca total MST el testigo T8 es diferente a los demás tratamientos, donde este obtuvo el menor valor con 0.27 gr (MSPA), 0.52gr (MST) en ambos casos y el valor más alto fue

apenas el del T5 1.45gr (MSPA) y 2.13 gr (MST) con una proporción de sustrato con 30 % Estiércol, 20 % fibra de coco, 30 % cascara de arroz carbonizada, y 20 % cascara de café *in natura*, encontrando menores valores para el sustrato comercial al 100%.

Para la masa seca radicular MSR, estadísticamente el testigo T8 es semejante al T1 y T5, al mismo tiempo diferente entre los demás tratamientos, donde el menor valor lo representa el testigo T8 (0.25 gr) y el mayor T5 y T7 (0.67 gr en ambos casos) (Tabla 6), en cuando a esta variable no se observó una respuesta clara de preferencia por alguno de los componentes de los sustratos alternativos, así mismo puede apreciarse que el testigo a base de sustrato comercial fue el menos eficiente.

Tabla 6. Los valores medios de la de relación altura / diámetro del colecto (H / DC), masa seca de la parte aérea (MSPA), masa seca radicular (MSR), masa seca total (MST), relación de la masa seca de la parte aérea/raíz (RMSPAR) de *Eucalyptus grandis*.

Tabela 6. Valores medios da relação altura/diâmetro do coletor (H/D), massa seca de parte aérea (MSPA), massa seca radicular (MSR), massa seca total (MST), relação massa seca da parte aérea/raiz (RMSPAR), de *Eucalyptus grandis*.

T	H/D	MSPA(gr)	MSR(gr)	MST(gr)	RMSPAR(gr)
T1	8.84ab	1.13 b	0.54 ab	1.67 b	2.09 a
T2	9.18b	1.10 b	0.56 b	1.66 b	2.07 a
T3	9.82b	1.24 b	0.56 b	1.80 b	2.24 a
T4	9.66b	1.27 b	0.54 ab	1.81 b	2.40 a
T5	10.28b	1.45 b	0.67 b	2.13 b	2.16 a
T6	9.31b	1.22 b	0.62 b	1.85 b	2.02 a
T7	9.47b	1.29 b	0.67 b	1.96 b	1.97 a
T8	6.46a	0.27 a	0.25 a	0.52 a	1.35 a
CV%	11.85	13.39	23.29	13.00	23.21

Fuente: Del autor (2019).

3.2.4 Índice de calidad de Dickson (IQD), facilidad de retirada de las plantas (FRT) y índice de agregación (AGR).

El análisis estadístico muestra que Índice de calidad de Dickson (IQD) tiene diferencia significativa entre los tratamientos, donde se observa que el testigo T8 siendo el menor valor con 0.07 es diferente a las demás combinaciones de los sustratos con medias arriba de 0.15 (Tabla 7). Oliveira Junior (2009) obtuvo IQD medio de 0.11 en *Eucalyptus urophylla* producidas en sustrato comercial y Gomes e Paiva (2004) mencionan que para especies *Pseudotsuga menziessi* y *Picea abies* el IQD se deben tener valores mínimos de 0.20.

Tabla 7. Cuadrados medios del índice de calidad de Dickson (IQD), facilidad de retirada de las plántula (FRT) y índice de agregación (AGR) de la producción en vivero de *Eucalyptus grandis*.

Tabela 7. Quadrados medios do Índice de Qualidade de Dickson (IQD), facilidade de retirada das mudas dos tubetes (FRT) e índice de agregação (AGR) da produção em viveiro de *Eucalyptus grandis*.

T	GL	IQD	FRT	AGR
T	7	0.00*	0.12ns	0.25ns
media	-	0.14	9.8	9.89
cv	-	18.59	3.65	2.68

Donde: * = significativo al 5% de probabilidad de error; ns = no significativo al nivel de 5% de probabilidad de error por el análisis F; GL= grados de libertad; CV= coeficiente de variación experimental.

Fuente: Del autor (2019).

De esta forma todos los tratamientos a base de Estiércol, fibra de coco, cascara de arroz carbonizada, cascara de café carbonizada, cascara de café *in natura* en sus diferentes combinaciones se acercan a este valor, mostrando la posibilidad de producir plántulas de *Eucalyptus grandis* en estas proporciones. Los datos de este trabajo coinciden con lo encontrado por Binotto (2007) quien encontró IQD de 0,05 en plántulas de *Eucalyptus grandis* a los 120 días indicando de esta manera que el IQD depende de la especie producida.

El sustrato para producir plántulas en vivero debe estar agregado lo suficiente para que las raíces no se rompan durante el embalado (WENDLING E DELGADO 2008), para la facilidad de retirada de las plantas de las cavidades (FRT) y el índice de agregación (AGR) no se encontró diferencia significativa (Tabla 7) notando que el enraizamiento está directamente relacionado con la facilidad de retirada de las cavidades, encontrando medias estadísticamente iguales (Tabla 8).

Tabla 8. Los valores medios del índice de calidad de Dickson (IQD), facilidad de retirada de las plántula (FRT) y índice de agregación (AGR) de *Eucalyptus grandis*.

Tabela 8. Valores medios do Índice de Qualidade de Dickson (IQD), facilidade de retirada das mudas dos tubetes (FRT) e índice de agregação (AGR) de *Eucalyptus grandis*.

T	IQD	FRT	AGR
T1	0.15b	9.75a	9.87 a
T2	0.15b	9.75 a	9.87 a
T3	0.15b	10.0 a	9.75 a
T4	0.15b	9.87 a	10.00 a
T5	0.17b	9.50 a	10.00 a
T6	0.16b	9.87 a	9.87 a
T7	0.17b	10.00 a	9.87 a
T8	0.07a	9.62 a	9.87 a

CV%	18.59	3.65	2.68
-----	-------	------	------

Fuente: Del autor (2019)

De esta manera se muestra la posibilidad de producir plantulas de *Eucalyptus grandis*, con estiércol, fibra de coco, cáscara de arroz carbonizada, cáscara de café carbonizada, cáscara de café *in natura* en sus diferentes combinaciones promoviendo buena agregación de las raíces, lo que permitirá una mayor agilidad en el proceso. Estos datos se asemejan a lo encontrado por Aguiar et al. (1989) quienes en sus resultados encontraron estado de agregación apto para plantulas de *Eucalyptus grandis* producidas con sustratos a base de residuos de caña, eucalipto, cascara de arroz carbonizada y vermiculita superando la tierra del subsuelo combinada con estos mismos elementos.

4 CONCLUSIONES

El conocimiento de los valores numéricos de cada uno de los parámetros evaluados en el estudio fue importante para determinar que todos los sustratos a base de estiércol, fibra de coco, cascara de arroz carbonizada, cascara de café carbonizada, cascara de café *in natura* en sus diferentes combinaciones, fueron adecuados para la producción en vivero de plantulas de *Eucalyptus grandis*.

Para la producción de *Eucalyptus grandis* en la mayoría de sus variables el sustrato comercial (Testigo) resulto menos eficiente que los demás evaluados en este estudio.

El tratamiento con una proporción de 30% cascara de arroz carbonizada, 20% de cascara de café *in natura*, 30% de estiércol y 20% fibra de coco (T5), resulto ser el más eficiente. Sin embargo, se consideró que todas las proporciones a base de estos sustratos presentaron potencial para ser utilizado en la producción de lo cual da la facilidad de escoger la mejor proporción de acuerdo a la disponibilidad de la región y costo de la adquisición.

5 REFERENCIAS

- ABAD, M; NOGUERA N.P.; CARRION, C. Los sustratos en los cultivos sin suelo. En: Urrestarazu Gavilan M. **Tratado de cultivo sin suelo**. Ed. MundiPrensa. 2004.. p. 914.
- ABANTO R. C.; ALVES C. E.; PINEDO P. M.; GARCÍA S. D.; SANCHEZ-CHOY, J.; BARDALES L. R.; SALDAÑA R. G. Producción de plantas de camu camu con diferentes sustratos orgánicos en camas de vivero convencional. **Scientia Agropecuaria**, 2013. 4 (4), p. 321-324.
- ABREU, A. H. M.; LELES. P. S. S.; MELO, L. M.; OLIVEIRA, R. R.; FERREIRA, D. H. A. A. Caracterização e potencial de substratos formulados com biossólido na produção de mudas de *Schinus terebinthifolius* Raddi. e *Handroanthus heptaphyllus* (Vell.) Mattos. **Ciência Florestal**, 2017. Santa Maria, v. 27, n. 4, p. 1179-1190.
- AGUIAR, I. B. et al. Seleção de componentes de substrato para produção de mudas de eucalipto em tubetes. **IPEF**, Piracicaba, jan./ dez.1989. n. 41/42, p.36-43.
- ANSORENA, M. J. Sustratos. Propiedades y Caracterización. Ed. **Mundi-Prensa**. Madrid, España, 1994. p. 169.
- ANSORENA, M.J. Sustratos propiedades y caracterización. Ed. **Mundi-Prensa**. Madrid, 1994. p.172.
- AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. La calidad del agua y su uso en la agricultura. Estudio FAO Riego y Drenaje 29, **Rev. 1. Roma**, 1987. p. 8.
- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS. P. C.; GONÇALVES, J. L. De M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, 2013 v. 22, n. 6, p. 711–728.
- BINOTTO, A. F. **Relação entre variáveis de crescimento e o Índice de Qualidade de Dickson em mudas de Eucalyptus grandis W. Hill ex Maid e Pinus elliottii var. elliottii – Engelm.** 2007. 53 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal), Universidade Federal de Santa Maria, RS, 2007.
- BONNET, B. R. P. **Produção de mudas de Eucalyptus viminalis Lambill. (Myrtaceae), Schinus terebinthifolius Raddi (Anacardiaceae) e Mimosa scabrella Benth. (Mimosaceae) em substrato com lodo de esgoto anaeróbico digerido alcalinizado e compostado.** Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) 135 f. Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2001.
- BUNT, A. C. Media and Mixes for Container-Grown Plants (2nd ed.). **Unwin Hyman**, London, UK., 1988. p.309.
- CARNEIRO, J. G. DE A. Produção e Controle de Qualidade de Mudas Florestais. Curitiba: **UFPR/ FUPEF**. 1995.
- DANTAS, A. A.; A.; DE CARVALHO, L. G.; FERREIRA, E. Classificação e tendências climáticas em Lavras, MG. **Ciência agrotécnica**, Lavras, 2007. v. 31, n. 6, p. 1862-1866.
- DICKSON, A.; LEAF, A.L.; HOSNER, J.F. Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries. **Forest Chronicle**, 1960. v. 36, p.10-13.

FERMINO, M. H. **Métodos de análise para caracterização de física de substratos**. Tese (Doutorado em Fitotecnia) 89 f. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a guide for its bootstrap procedures in multiple comparisons. **Ciência e Agrotecnologia**. Lavras, v.38, n.2. 2014. p.109- 112.

FONSECA, T.G. **Produção de mudas de hortaliças em substratos de diferentes composições com adição de CO₂ na água de irrigação**. Piracicaba, 2001. 72 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz

FONSECA, E.P. **Padrão de qualidade de mudas de *Trema micrantha* (L.) Blume, *Cedrela fissilis* Vell. e *Aspidosperma polyneurom* Müll. Arg. produzidas sob diferentes períodos de sombreamento**. Tese (Doutorado em Agronomia – Produção Vegetal) 113f. - Universidade Estadual Paulista, 3000.

FREITAS, T. A. S. et al. Desempenho radicular de mudas de eucalipto produzidas em diferentes recipientes e substratos. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 29, n. 6. 2005. p. 853-861.

GARLET J.; ZAUZA E.A.V.; FERREIRA F.; SALVADORI J.R.; Danos provocados por coró-das-pastagens em plantas de eucalipto. **Ciência Rural**, 39: 2009. p. 575-576.

GOMES, J. M.; PAIVA, H. N. Viveiros florestais (propagação sexuada). Viçosa: Ed. UFV, **Caderno didático**. 2004.p.72.

GONÇALVES, L. M.; POGGIANI, F. Substratos para produção de mudas florestais. In: **CONGRESSO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIA DO SOLO**. Águas de Lindóia. Resumo. Piracicaba, Sociedade Latino Americana de Ciência do Solo, 1996. 1 CD-ROM.

GUTIÉRREZ-CASTORENA; MA. DEL CARMEN, H. E.; JORGE, ORTIZ-SOLORIO; CARLOS A. A. S.; ROSA, H. L. Relación porosidad-retención de humedad en mezclas de sustratos y su efecto sobre variables respuesta en plántulas de lechuga. **REVISTA CHAPINGO SERIE HORTICULTURA**, 2011. 17 (Septiembre-Diciembre): [Fecha de consulta: 27 de mayo de 2019] Disponible en:<<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=60921383009>> ISSN 1027-152X

KÄMPF, A. N. Substrato. In: KAMPF, A. N. **Produção comercial de plantas ornamentais**. 2. ed. Guaíba: Agrolivros, 2005. p. 45 - 72.

KRATZ, D.; WENDLING, I.; NOGUEIRA, A. C.; SOUZA, P. V. D. Renewable substrates in the seedling production of *Eucalyptus benthamii*. **Ciênc. Florest.** [online]. 2013, vol.23, n.4 [cited 2019-06-01].p.607-621.Available from:<http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S198050982013000400607&lng=en&nrm=iso>.ISSN01039954. <http://dx.doi.org/10.5902/1980509812345>.

LANDIS, T. D.; TINUS, R. W.; MCDONALD, S. E.; BARNETT, J. P. The Container Tree Nursery Manual. Containers and Growing Media, Vol. 2. **Agric. Handbook**. 674. Washington: USDA, Forest Service, 1990. p 88.

LORENZO, P.; MEDRANO, E.; GARCÍA, M. Estudio comparativo de la eficiencia hídrica de dos sistemas de control de riego en sustrato. **XIV Congreso Nacional de Riegos**. D.G.I.A. Congresos y Jornadas, 1996. 37: p. 668-672.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO (MAPA). Instrução Normativa SDA nº 17. Diário Oficial da União - Seção 1, nº 99, 24 de maio de 2007. Métodos

Analíticos Oficiais para Análise de Substratos para Plantas e Condicionadores de Solo. Brasília, 2007.

M. CELESTE S; GASTÓN, A. V; GONZALO, G.; GISELLE, V. V. Selección de Plantas Acuáticas y Substratos para el Tratamiento de Efluentes de Predio Lecheros Utilizando Sistemas Wetland. **Revista tecnología y Ciencia**, 2016.

PEÑUELAS, R. J. L.; OCAÑA, B. L. Cultivo de Plantas Forestales en Contenedor. **Mundi-Prensa**. Madrid, España, 1996. p.90.

PROBERT, R.J. The role of temperature in the regulation of seed dormancy and germination. In **M. Fenner**. (ed.). *Seeds: The Ecology of Regeneration in Plant Communities*. CAB International, Wallingford, United Kingdom, 2000. p. 261–292.

RASHIDI, M., & SEILSEPOUR, M. Prediction of Soil Sodium Adsorption Ratio Based on Soil Electrical Conductivity. Middle-East **Journal of Scientific Research**, 2011. 8(2), p. 379-383.

SANTOS, C. B; LONGHI J. S.; HOPPE M. J.; MOSCOVICH, F. Efeito do volume de tubetes e tipos de substratos na qualidade de mudas de cryptomeria japonica (l.f.) d. don. . **Ciência Florestal**, 2010. 10 (2), p. 1-15.

SILVA, E. I. L. Quality of Irrigation Water in Sri Lanka Status and Trends. **Asian Journal of Water**, 2004. 1(1-2), p. 5-12.

SILVA, F. C. DA (Org). Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes. Brasília, DF: **Embrapa Comunicação para Transparência de Tecnologia**; Rio de Janeiro: Embrapa Solos; Campinas: Embrapa Informatica Agropecuaria, 1999. p. 370.

TRIGUEIRO, R. M.; GUERRINI, I. A. Uso de biossólido como substrato para produção de mudas de eucalipto. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, 2003. v. 64, p. 150-162.

VALERI, S.V.; CORRADINI, L. Fertilização em viveiro para produção de mudas de Eucalyptus e Pinus. In: GONÇALVES, J.L.M.; BENEDETTI, V. **Nutrição e fertilização florestal**. Piracicaba: IPEF, 2000. p.168-190.

VENCE, I. B. Disponibilidade de água-aire em substratos para plantas. **Ciencia del Suelo** (Argentina), 2008. 26: p.105-114.

WENDLING, I.; DELGADO, M. E. Produção de mudas de araucária em tubetes. Colombo: **Embrapa Florestas**, 2008. 8 p. (Embrapa Florestas. Comunicado técnico, 201).

WENDLING, I.; DUTRA, L. F. Produção de mudas de eucalipto por sementes. In: WENDLING, I.; DUTRA, L. F. Produção de mudas de eucalipto. Colombo: **Embrapa Florestas**, 2010. p. 13 - 47.

WENDLING, I.; GATTO, A. Substratos, adubação e irrigação na produção de mudas. Viçosa: **Aprenda Fácil**, 2002.

CAPITULO II. SUSTRATOS ALTERNATIVOS PARA LA PRODUCCIÓN DE *Coffea arabica* L. EN VIVERO

Marileydy Martínez Hernández, Jean Portineli de Souza, Paloma Carvalho Diniz, Mauro Magalhães Leite Faria, Nicolas Pereira de Souza, Lucas Amaral de Melo.

Resumen

La planta del cafeto y su grano, es uno de los productos agrícolas del cual se han beneficiado más regiones y poblaciones, generando divisas y riquezas, donde algunos caficultores han elevado su calidad de vida y algunas de sus regiones son de las más desarrolladas en el ámbito rural, de esta manera, se estableció el experimento en vivero, conformado por ocho tratamientos, los cuales fueron evaluadas sus propiedades físicas e químicas, de los cuales siete fueron generados a base de estiércol, fibra de coco, cascara de arroz carbonizada, cascara de café carbonizada, cascara de café *in nutura* como sustratos alternativos en diferentes combinaciones, con un testigo (Sustrato comercial), utilizando el diseño experimental con estos ocho tratamientos agrupados en bloques casualizados (DBC), con cuatro repeticiones, en las siguientes proporciones T1= 50% cascara de arroz carbonizada, T2= 30% cascara de arroz carbonizada, 20% de cascara de café carbonizada, T3= 20% cascara de arroz carbonizada, 30% de cascara de café carbonizada, T4= 50% de cascara de café carbonizada, T5= 30% cascara de arroz carbonizada, 20% de cascara de café *in nutura*, T6= 20% cascara de arroz carbonizada, 30% de cascara de café *in nutura* y T7 = 50% de cascara de café *in nutura*, todos los tratamiento con 30% de estiércol, 20% fibra de coco, como sustrato base para estas combinaciones a excepción del testigo, realizando caracterización morfológica y cualitativa a los 150 días, utilizó el análisis ANOVA para resultados significativos utilizado el análisis de Tukey a 5% de probabilidad de error, verificándose que todos los tratamientos a base de estiércol, fibra de coco, cascara de arroz carbonizada, cascara de café carbonizada, cascara de café *in nutura*, fueron adecuados, en la mayoría de las variables estudiadas, para a producción de mudas de *Coffea arabica* L., en vivero.

Palabras clave: Estiércol. Fibra de coco. Cáscara de arroz carbonizada. Cáscara de café carbonizada. Cáscara de café *in nutura*.

SUBSTRATOS ALTERNATIVOS PARA A PRODUÇÃO DE *Coffea arabica* L. EN VIVERO

Resumo

A planta de café e seu grão é um produto agrícola que beneficia muitas regiões e populações, gerando lucros e riquezas, aonde alguns cafeicultores tem melhorado sua qualidade de vida e desenvolvendo algumas regiões rurais. Assim foi estabelecido o experimento em viveiro, seguindo oito tratamentos, dos quais foram avaliadas suas propriedades físicas e químicas, gerados a base de esterco, fibra de coco, casca de arroz carbonizada, casca de café carbonizada, casca de café in natura como substratos alternativos em diferentes combinações, com uma testemunha (Substrato comercial), utilizando o desenho experimental com os oito tratamentos agrupados em blocos casualizados (DBC), com quatro repetições, com as seguintes proporções: T1= 50% casca de arroz carbonizada; T2= 30% casca de arroz carbonizada e 20% de casca de café carbonizada; T3= 20% casca de arroz carbonizada e 30% de casca de café carbonizada; T4= 50% de casca de café carbonizada; T5= 30% casca de arroz carbonizada e 20% de casca de café in natura; T6= 20% casca de arroz carbonizada e 30% de casca de café in natura e T7 = 50% de casca de café in natura, todos esses tratamentos com 30% de esterco e 20% de fibra de coco, como substrato base para estas combinações, exceto a amostra de testemunha. Foi realizada a caracterização morfológica e qualitativa das mudas aos 150 dias, utilizando a análise ANOVA. Para os resultados significativos, utilizou as análises de Tukey a 5% de probabilidade de erro. Foi verificado que todos os tratamentos à base de esterco, fibra de coco, casca de arroz carbonizada, casca de café carbonizada e casca de café in natura foram adequados, na maioria das variáveis estudadas, para a produção de mudas de *Coffea arabica* L.

Palavras chave: Esterco. Fibra de coco. Casca de arroz carbonizada. Casca de café carbonizada. Casca de café *in natura*.

1 INTRODUCCIÓN

La planta del cafeto (*Coffea arabica* L.) y el grano de café, es indudablemente uno de los productos agrícolas del cual se han beneficiado más regiones y poblaciones, ha sido además, el negocio de generación de divisas y riquezas, donde algunos caficultores han elevado significativamente su calidad de vida y algunas de sus regiones son de las más desarrolladas en el ámbito rural (BOTERO, 2006).

La producción de café tiene importancia tanto económica como social, Brasil es el país es el mayor productor mundial, para su producción predomina la mano de obra, desde la implantación hasta la cosecha, para la producción comercial de plantulas de café tradicionalmente se emplean bolsas de polietileno (MARANA et al., 2008), donde permanecen de cuatro a seis meses en vivero antes de ser llevadas a campo, en esta etapa, las plántulas se fertilizan con productos químicos, aplicados periódicamente (ICAFE, 2004).

El café es una planta que se puede propagar por semilla en viveros, estacas y por embriogénesis somática, siendo la primera la más usada en todo el mundo en su mayoría se realiza convencionalmente con la aplicación de fertilizantes químicos (PROCAFE, 2005). Al utilizar bolsas de polietileno se necesitan mayor volumen de sustrato, lo que amplía la posibilidad de diseminación de plagas y enfermedades, lo que puede inviabilizar futuros cultivos, así mismo, aumenta el área del vivero y dificulta su manejo (distribución de agua, transporte al campo y distribución para la siembra directa en campo (CAMPINOS JR. & IKEMORI, 1983).

Una opción rentable para la producción de plantulas café, es en cavidades de polietileno, que viene siendo efectuada desde 1989 y actualmente es usada en casi todo Brasil (COSTA et al., 2000). El uso de estos constituye una alternativa ventajosa (SIMÕES 1987), los cuales ya se han utilizado con éxito en viveros de pinos y de eucaliptos, con reducción en los costos de producción de aproximadamente 50% (CAMPINHOS JR & IKEMORI, 1983). La utilización de sustratos comerciales como el Plantmax®, para la producción de plantulas de café, ha sido una opción por sus características físicas, sin embargo, necesita fertilizantes complementarios (COSTA et al., 2000).

Para la producción con cavidades de polietileno, no se recomienda sustratos con predominio de tierra o arena (GOMES et al., 1985). Por lo que se sugiere utilizar la cáscara de arroz carbonizada, debido a sus características físicas, químicas y biológicas, es potencialmente utilizable (MINAMI & GONÇALVES, 1994), así como el vermicomposto, húmus

(SCHUMACHER et al., 2001; VOGEL et al., 2001), usado en la producción de plantulas de café (ANDRADE NETO et al., 1999). Actualmente, bajo estas expectativas, se observa un interés en la reimplantación del sombrío en los cafetales, especialmente en áreas con grandes oscilaciones de temperatura y déficit hídrico, con el fin de utilizar menos insumos y obtener una producción más sostenible (DAMATTA y RENA, 2002).

Para que el café se introduzca en los mercados orgánicos, se debe producir con prácticas agroecológicas desde el semillero hasta su cosecha, que promueven el crecimiento al incrementar el suministro o la disponibilidad de nutrientes primarios a la planta huésped, que no contaminen los productos vegetales, ni el suelo (VESSEY, 2003).

Con la búsqueda de nuevas alternativas de producción con sustratos a base de residuos orgánicos para proponer cambios que permitan un desarrollo adecuado en la calidad y desarrollo en la producción de plantulas, el objetivo del estudio fue evaluar el efecto de sustratos alternativos en la producción de plantulas de *Coffea arabica* L con materiales de calidad que permitieran desarrollar protocolos y promover su uso contribuyendo a la reducción del impacto sobre el medio ambiente y la conservación y sostenibilidad del uso de recursos naturales y al mismo tiempo promover la reducción en los costos de producción.

2 MATERIAL Y MÉTODOS

El experimento de producción de plantulas de *Coffea arabica* L. fue realizado en el Vivero Forestal de la Universidad Federal de Lavras y en las instalaciones de INOVACAFE con las siguientes coordenadas: latitud 21 ° 14'19,6 "S y longitud 44 ° 58'28,5" W a 905 metros sobre el nivel del mar. La implementación del experimento fue en el período de agosto de 2018 hasta abril de 2019.

Dicho vivero e instalaciones se encuentra en la ciudad de Lavras Minas Gerais, Brasil. Donde según la clasificación de Köppen, es Cwa, templado lluvioso (mesotérmico) con invierno seco y verano lluvioso, subtropical, la temperatura del mes más caliente mayor que 22 ° C, con una temperatura media de 19.9 ° C, presentando la precipitación media anual de 1486 mm (DANTAS et al., 2007; ALVARES et al., 2013).

En este mismo vivero fueron evaluados los residuos de café (carbonizada e in nutra) la cáscara de arroz (carbonizada), estiércol bovino y la fibra de coco, en una combinación como constituyentes de sustratos alternativos para la producción de plantulas.

2.1 Obtención y preparación de los constituyentes para la formulación de sustratos

Los tratamientos evaluados se elaboraron a partir de las mezclas de las siguientes fuentes, estiércol bovino (ES), la fibra de coco (FC), cascara de arroz carbonizada (CAC), cascara de café carbonizada (CCC), cascara de café *in natura* (CCI) (Figura 1.). Como testigo se utilizará el sustrato comercial Maxfértil, elaborado cáscara de pinos pasado por el proceso de compostaje durante un año con, cáscaras de pino carbonizado, vermiculita, cal y NPK.

Figura 1. Fuentes para la elaboración de sustratos, estiércol bovino (ES), la fibra de coco (FC), cascara de arroz carbonizada (CAC), cascara de café carbonizada (CCC), cascara de café *in natura* (CCI).

Figura 1. Fontes para a elaboração de substratos, resíduos de esterco bovino (ES), fibra de coco (FC), casca de arroz carbonizada (CAC), casca de café carbonizado (RCC), café em *in natura* (RCI).



Fuente: Del autor (2019).

Para el diseño experimental utilizado fue establecido con ocho tratamientos agrupados en bloques casualizados (DBC), con cuatro repeticiones, siendo la unidad experimental con 16 plantulas. Las proporciones de cada tratamiento del experimento uno está dispuestas en la siguiente formulación. (Tabla 1).

Tabla 1- Proporción volumétrica de los materiales (%) usados como compuestos de sustratos alternativos para producción de *Coffea arabica* L., en vivero.

Tabela 1- Proporção volumetrica de materiais (%) utilizados como substratos alternativos para produção de *Coffea arabica* L., a em viveiro.

Tratamientos	Proporción volumetrica de los materiales %				
	ES	FC	CAC	CCC	CCI
T1	30	20	50	0	0
T2	30	20	30	20	0
T3	30	20	20	30	0
T4	30	20	0	50	0
T5	30	20	30	0	20
T6	30	20	20	0	30

T7	30	20	0	0	50
T8	Substrato comercial				

*Estiércol (ES), fibra de coco (FC), cascara de arroz carbonizada (CAC), cascara de café carbonizada (CCC), cascara de café *in natura* (CCI)

Fuente: Del autor (2019).

La cascara de café que se utilizó en la implementación del proyecto fue adquirida a través de INOVACAFE, de los residuos generados a partir de la recolección de café que se encuentran en los campos experimentales de la misma universidad, la corteza de arroz fue obtenida de los productores próximos de la región, para el uso del sustrato comercial y la fibra de coco fueron adquiridos en la ciudad de Lavras en las casas de fertilizantes.

El procedimiento para la carbonización de la cascara de arroz y de café, se realizó al aire libre separadamente, esto en el Vivero Forestal de la Universidad Federal de Lavras, utilizando un recipiente de metal perforado en su periferia, con una chimenea en la parte superior de esta forma hasta obtener brazas incandescentes cubriéndolo con cáscara cruda, dejando tan sólo la parte superior de la chimenea libre, hasta que las cáscaras alcanzan una temperatura elevada y con falta de oxígeno por combustión incompleta, se carbonizo, este tipo de carbón que se deja a secar y se humedece para evitar incendios, hasta una temperatura ambiente o a bajas temperaturas, y enseguida se almacenaron para utilizarlo como constituyentes de los sustratos evaluados en el experimento.

Después de la obtención de los componentes para la composición de los sustratos, se determinaron las proporciones de cada constituyente, de acuerdo con los objetivos del proyecto. Enseguida se realizó la mezcla de acuerdo a la proporción destinada para cada tratamiento. Para un mejor crecimiento de las plantulas, durante la mezcla de los constituyentes, se añadieron abono de liberación lenta (Osmocote) en la proporción 4 kg / m³ de sustrato.

2.2 Análisis físico-químicos de los sustratos

Para la evaluación del contenido nutricional y de las características físicas de los sustratos, una muestra de cada tratamiento, fue enviada al Laboratorio de Substratos del Departamento de Horticultura y Silvicultura de la Universidad Federal de Rio Grande do Sul (UFRGS) está basada en metodología descrita en la Norma n° 17 del Ministério de agricultura, Pecuária y Abastecimento (MAPA, 2007; FERMINO, 2003).

El análisis de los sustratos se realizado conforme a la metodología descrita por Silva (1999) para muestras de suelo, donde el pH fue determinado en agua, con dilución 1: 5 (v / v)

la conductividad eléctrica obtuvo solución 1: 5 (v / v). Se determinó la densidad húmeda, densidad seca y humedad actual, la porosidad total, espacio de aireación, agua fácilmente disponible, agua-tampón, agua remanente y la capacidad de retención de agua en 10, 50 y 100 cm de columna de agua determinada en base volumétrica v / v.

2.3 Producción de plantulas de *Coffea arabica* L.

INOVACAFE fue facilitador para la obtención de semillas de *Coffea arabica* L., cuyos frutos se recogieron de mayo a julio 2018 en los campos experimentales de la Universidad Federal de Lavras, fue recolectada la fruta para la obtención de las semillas específicamente para este proyecto. En el mes de julio, después de pasar por el proceso de descascarado, fue colocado en agua para despulpar y luego retirará el agua, si elimino excesos y granos que no serían adecuados para germinar, y se colocaron a secar por un periodo de 2 a 3 días dependiendo de las condiciones climáticas y las semillas elegidas para germinación se colocaron en una caja de arena, con irrigación automatizada continua, con periodos de sombra para no perder humedad (Figura 2), las cuales germinaron en un periodo de 90 días.

Figura 2. Secado de semillas, colocación en caja de arena para su germinación.
 Figura 2. Secagem de sementes, colocação em uma caixa de areia para germinação.



Fuente: Del autor (2019).

Se acondicionaron charolas de polipropileno, apoyadas en soportes, suspendidos a 80 cm del suelo aproximadamente, previamente llenados con las combinaciones de cada sustrato de acuerdo a los tratamientos. Dichas cavidades previamente lavadas y desinfectadas con cloro comercial a una dosis de 15 ml/l de agua antes del llenado.

Figura 3. Lavado acondicionado y llenado de charolas.
 Figura 3., Lavagem, condicionamento e enchimento de bandejas.



Fuente: Del autor (2019).

A los 120 días después de la siembra directa en la caja de arena se realizó el repique, colocando una plántula por cavidad (Figura 4), para el riego de las plantulas fue hecha en casa sombra, de manera sistemática por el sistema de microaspersión, durante tres periodos al día.

Figura 4. Repique de plantulas de la caja de arena a las cavidades.
 Figura 4. Repicagem das mudas de café da sementeira para os tubetes.



Fuente: Del autor (2019).

Para el alternado de las plantulas se realizó a los 90 dejando un espacio de una cavidad entre cada planta (Figura 5), este proceso fue aplicado debido al aumentó en anchura de las hojas y así mejorar la aireación y reducir competencia o disminuyendo la capacidad de obtención de luz y nutrientes, para mejor el desarrollo de las plantulas.

Durante todo el proceso de producción de las plantulas, se realizó eliminación semanal de malezas, así como de y musgos de las cavidades, para evitar que perjudicaran el desarrollo de las plantulas. También en periodos de 15 días se realizó fertilización de cobertura, con KCl

(cloruro de potasio) y MAP (monoamonio fosfato), con dosis de 100g/100L y 1000g/100L respectivamente, dosis suficiente para 10 000 plantulas y fueron aplicados con regador.

Figura 5. Alternado de plantulas de café a los 90 días después del repique.

Figura 5. Alternagem nas mudas de café, aos 90 dias após a repicagem.



Fuente: Del autor (2019).

Para la prevención enfermedades se aplicó Cuprico a una dosis de 400g/100L a cada 15 días (Figura 6). A los 120 después del repique se colocaron bajo periodos de 6 horas de sol en vivero para aclimatar las plantas, para estar listas para colocarse en campo.

Figura 6. Aplicación de Cuprico a cada 15 días en las plantulas de café.

Figura 6. Aplicação de Cuprico a cada 15 dias em mudas de café.



Fuente: Del autor (2019).

2.4 Caracterización morfológica y cualitativa de plantulas de café.

Para evaluar la influencia de los diferentes sustratos, se evaluó la tasa de supervivencia (S) a los 30 días después del repique, así mismo se realizaron mediciones de las características (altura y diámetro) a cada 30 días después del repique.

A los 150 días después del repique, se seleccionaron cuatro plantulas que presentaron valores más cercanos a la media en diámetro y altura, con las elegidas se realizó primero la evaluación de facilidad de retirada de las plantulas de las cavidades y la agregación de las raíces al sustrato, éstas de acuerdo a la metodología descrita por Wendling et al. (2010). Para la facilidad de retirada de las plantulas de las cavidades las notas se designaron después de tres golpes en la parte superior de la cavidad, donde se asignaron notas de uno a diez, siendo la nota menor como la dificultad máxima y la mayor como menor dificultad de retirada de las plantulas. Después de este procedimiento se continuo con la agregación de las raíces al sustrato, éstas fueron soltadas en caída libre a cerca de un metro del suelo y para la agregación le atribuyó una nota de uno a diez, siendo uno para el sustrato totalmente desbordado y diez para el sustrato integro.

Enseguida para las destructivas estas mismas plantulas se le lavaron las raíces en agua corriente para retirar el sustrato y se separó la parte aérea del sistema radicular, siendo debidamente identificadas y etiquetadas, acondicionadas en bolsas de papel y se colocaron durante un período de 72 horas en estufa a una temperatura de 65 ° C y posteriormente pesadas en balanza analítica de precisión 0,001 g (Figura 7).

Figura 7. Pesado de destructivas de plantulas de café a los 150 días después del repique.
Figura 7. Pesado de destructivas de mudas de café aos 150 dias depois do repicagem.



Fuente: Del autor (2019).

Con la recolección de los datos se evaluaron, la altura de la parte aérea (H), diámetro (D), relación entre altura de la parte aérea y diámetro (RHD) , de acuerdo con Dickson et al.

(1960), así mismo se evaluó la relación entre masa seca de la parte aérea y masa seca del sistema radicular (RMSPAR), esto con la determinación de la masa seca de la parte aérea (MSPA), masa seca del sistema radicular (MSR) y la masa seca total (MST), y el índice de calidad de Dickson (IQD) (DICKSON et al. (1960):

$$IQD = \frac{MST (g)}{H(cm)/D (mm) + MSPA (g)/MSR(g)}$$

donde: MST es la seca total; H es la altura; D es el diámetro; MSPA es la masa seca da parte aérea; y MSR es la masa seca radicular.

2.5 Análisis estadístico

De acuerdo al diseño experimental, se utilizó el análisis ANOVA a fin de evaluar la influencia del tipo de tratamiento utilizado. Para resultados significativos fue utilizado el análisis de Tukey a 5% de probabilidad de error, con el Software SISVAR, versión 5.6. (FERREIRA, 2014).

3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Análisis físico químico de los sustratos formulados.

Conforme al pH los resultados el tratamiento que presento un pH mayor fue el T3 (7.98) y todos los demás tratamientos a base de Estiércol, fibra de coco, cascara de arroz carbonizada, cascara de café carbonizada, cascara de café *in nutura* fueron próximos a este resultado y el menor fue el testigo T8(5.53) (Tabla 2). Al hablar de calidad de agua se refiere a las característica físicas, químicas o biológicas que pueden afectar su adaptabilidad a un uso (AYERS & WESTCOT, 1987). La calidad del agua para el uso de riego según Silva (2004) se refiere a la concentración total de sales solubles (pH).

Tabla 2- Análisis físico químico de los sustratos formulados.

Tabela 2- Análise físico-química dos substratos formulados.

Parámetros	Unidad	Tratamientos
------------	--------	--------------

		T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
pH	H ₂ O	7.35	7.28	7.98	7.57	7.62	7.69	7.97	5.53
CE	mS m ⁻¹	0.72	0.93	1.00	1.27	0.82	1.05	1.06	0.23
DU	kg m ⁻³	258.03	406.82	283.19	396.14	271.13	265.73	247.84	625.47
DS	kg m ⁻³	221.29	240.08	231.37	271.88	221.61	222.37	203.67	308.80
PT	%	82.74	86.93	78.41	78.62	79.78	70.42	66.76	85.49
CRA (10)	%	38.81	45.97	50.03	43.99	36.98	32.79	30.13	57.32
CRA (50)	%	24.30	30.76	32.18	32.21	29.48	26.95	26.01	37.90
CRA (100)	%	23.77	30.00	31.49	31.65	28.93	26.44	25.69	35.66

Donde **pH** es potencial de hidrogeno, **CE** conductividad eléctrica, **DU** densidad húmeda, **DS** densidad seca, **PT** porosidad total, **CRA10, 50 y 100**= capacidad de retención de agua en 10, 50 y 100 cm.

Fuente: Del autor (2019).

En el caso sobre el efecto del sustrato sobre la plántula, el tratamiento con un resultado más adecuado para la producción de las mudas en vivero fue el testigo T8 fue de 5.53 (tabla 2), la importancia de conocer esta característica es poder predecir su efecto sobre el suelo y los cultivos (RASHIDI & SEILSEPUOR, 2011). Esto coincide con lo dicho por Ansorena (1994) que define que un sustrato usado en producción de plantas debe ser de 5.2 a 6.3 y que un valor menor a 4.0 puede causar enfermedades de la raíz. Con esta referencia podemos destacar que todos los demás tratamientos no presentaron un valor adecuado, dado a que permanecieron en un rango de 7.28 a 7.98.

Conforme a Valeri e Corradini (2000) con valores arriba de 6,5 pueden presentarse síntomas de deficiencia fósforo, fierro, zinc y cobre. Para reducir estas posibles deficiencias, es importante evaluar el contenido de nutrientes en los sustratos a utilizar, así como realizar un plan de fertilización adecuado a la necesidad nutricional de cada especie.

Para determinar los procesos antes de la producción de las plantulas, conforme a la conductividad eléctrica (CE) el resultado más alto fue del tratamiento T4 (1.27 mS cm⁻¹) con valores próximos a los demás tratamientos a base Estiércol, fibra de coco, cascara de arroz carbonizada, cascara de café carbonizada, cascara de café *in natura* y el menor fue el testigo T8 (0.23 mS cm⁻¹)(Tabla 2). Cabe destacar que los tratamientos T4 (1.27 mS cm⁻¹), fue considerado como el mejor sustrato determinado por esta característica, esto concordando con lo mencionado por Lorenzo et al. (1996) consideran que el intervalo óptimo de CE debe ser 1.2 a 2.5 dSm⁻¹.

Sin embargo no debe subestimarse a los tratamientos T2 (0.93 mS cm⁻¹), T3(1.0 mS cm⁻¹), T4 (1.27 mS cm⁻¹), T5(0.82 mS cm⁻¹), T6(1.05 mS cm⁻¹) y T7 (1.06 mS cm⁻¹), dado a que estos pueden considerarse ricos en materia orgánica, esto según Bunt (1988) y Landis et al. (1990), que mencionan que los sustratos ricos en materia orgánica alcanzan valores de CE de 0.75 a 1.99 mS cm⁻¹ por lo tanto, la mayoría de las mezclas tuvieron valores apropiados de CE.

Conforme a la densidad húmeda DU y seca DS, todos los valores de los sustratos a base de Estiércol, fibra de coco, cascara de arroz carbonizada, cascara de café carbonizada, cascara de café *in nutura* obtuvieron valores entre 203 kg m^{-3} y 403 kg m^{-3} para ambos casos, y el testigo (100% de sustrato comercial) obtuvo DU 625.47 kg m^{-3} , DS 308.80 kg m^{-3} (Tabla 2), donde solo el testigo T8 ultrapasa el límite máximo de la densidad húmeda que según Gonçalves e Poggiani (1996) el límite máximo de densidad debe ser de 500 kg m^{-3} , y la mayoría presento densidad a bajo de lo recomendado ($< 403 \text{ kg m}^{-3}$).

De acuerdo con Vence (2008) las características físicas de los sustratos deben determinarse antes del establecimiento del cultivo, dado a que no pueden modificarse después de ser establecido. Conforme a los resultados obtenidos, referente a la porosidad de las combinaciones utilizadas para la generación de los sustratos, la porosidad total (PT) con una cifra mayor en porcentaje, fue el tratamiento T2 y el menor fue el T7 con valores de 86.93% y 66.76% correspondientemente (Tabla 2).

Los sustratos a base estiércol, fibra de coco, cascara de arroz carbonizada, cascara de café carbonizada, cascara de café *in nutura* incluyendo el T2 obtuvieron valores mayores conforme a la porosidad y reduciendo en cuanto se aumentó la proporción de cascara de café *in nutura*, estos datos no pueden obtenerse de manera directa, dado a que los poros ni la morfología de las partículas, ni mucho menos su distribución, se cuantifican directamente en un contenedor (GUTIÉRREZ-CASTORENA et al., 2011).

En general los tratamientos considerados como mejores en esta característica (porosidad) son; T3(78.41%), T4(78.62%), T5(79.78%), T6(70.42%) y el T7 (66.76%). Esto considerando lo dicho por Landis et al. (1990) que consideran adecuado nivel de porosidad total de 60 a 80 %. Sin embargo, los sustratos que sobre pasan los 80% antes definidos T1(82.74%), T2(86.93%), incluyendo el testigo T8(85.49%).

Considerando lo dicho por Peñuelas y Ocaña (1996) que considera que estos valores mayores a 80 % podrían favorecer el crecimiento de la raíz, lo cual favorece el desarrollo de la parte aérea. Esta característica según Kämpf (2005) es importante en el crecimiento das plantas, dado a que la alta concentración de raíces exige elevado fornecimiento de oxígeno, el cual debe ser lo suficientemente poroso para permitir intercambios gaseosos eficientes, evitando falta de oxígeno para la respiración y la actividad de los microorganismos.

Una combinación para la formulación de un sustrato puede estar formulado por uno o más materiales, sin embargo, lo importante es que el producto final tenga las propiedades adecuadas, con elevada porosidad, drenaje, aireación y capacidad de retención de agua (Ansorena, 1994). Conforme a esta última, los resultados en el estudio para la capacidad de

retención de agua en 10 cm el valor menor fue el tratamiento T7 (30.13%) y el más alto fue el testigo T8 (57.32%), para la capacidad de retención de agua en 50 y 100cm el tratamiento con valor más alto fue el testigo T8 con 37.9% y 35.66 respectivamente y el de menor valor fue el T1 con 24.30 % en 50cm y 23.77% en 100cm, (Tabla 2).

3.2 Análisis de sobrevivencia, altura y diámetro en plantulas de café

3.2.1 Sobrevivencia.

El análisis de varianza de los ocho tratamientos dio como resultado que existe diferencia estadísticamente diferencia significativa entre los sustratos evaluados (Tabla 3). Se observa que el Tratamiento T7 es diferente estadísticamente a todos los demás tratamientos a excepción del tratamiento T5 (Tabla 4). Entre los factores que pueden influir en la germinación y sobrevivencia de una semilla y la velocidad son la humedad del sustrato, temperatura, luz, oxígeno, entre otros (PROBERT, 2000).

Tabla 3. Cuadrados medios de Sobrevivencia (S), diámetro (D) a los 60,90, 120 y 150 días, altura (H) a los a los 30, 60, 90 y 120 días después del repique, de la producción en vivero de *Coffea arabica* L.

Tabela 3. Quadrados medios de sobrevivência (S), diâmetro do coleto (DC) a 60,90, 120 e 150 dias, altura (H) a 30, 60,90 e 120 dias, depois da repicagem,, da produção em viveiro de *Coffea arabica* L.

T	GL	S	Días después del repique									
			30		60		90		120		150	
			H	D	H	D	H	D	H	D	H	
T	7	19.36*	0.5*	0.01*	1.03*	0.09*	2.87*	0.17*	11.86*	0.68*	17.18*	
Media	-	99.02	4.27	1.96	4.36	2.10	8.41	2.72	11.94	3.02	14.13	
Cv	-	2.14	9.32	3.00	10.04	9.23	3.80	5.80	6.55	12.88	6.39	

Donde: * = significativo al 5% de probabilidad de error; ns = no significativo al nivel de 5% de probabilidad de erro por el análisis F; GL= grados de libertad; CV= coeficiente de variación experimental.

Fuente: Del autor (2019).

Tabla 4. Los valores medios Sobrevivencia (S), diámetro (D) a los 60,90 y 120 días, altura (H) a los a los 30, 60, 90 y 120 días, después del repique de *Coffea arabica* L.

Tabela 4. Valores médios de sobrevivência (S), diâmetro (D) a 60,90 e 120 dias, altura (H) a 30, 60,90 e 120 dias, depois da repicagemde *Coffea arabica* L.

T	S	Días después del repique	
---	---	--------------------------	--

		30		60		90		120		150	
		H	D	H	D	H	D	H	D	H	
T1	100b	4.11 ab	2.01b	4.26abc	2.11a	8.61bcd	2.88b	12.90bc	3.23b	15.38c	
T2	100b	4.46b	1.96ab	4.80bc	2.17a	9.05d	2.85b	13.31c	3.11b	15.28bc	
T3	100b	4.65b	1.99ab	4.79bc	2.26a	8.99cd	2.90b	12.73bc	3.57b	15.28bc	
T4	100b	4.59ab	2.02b	5.12c	2.31a	9.04d	2.83b	12.84bc	3.21b	15.27bc	
T5	98.44ab	4.38ab	1.96ab	4.28abc	2.08a	8.75bcd	2.81b	12.75bc	3.18b	15.11bc	
T6	100b	4.00ab	1.92ab	4.11abc	2.07a	8.29bc	2.64ab	11.69bc	3.00ab	14.15bc	
T7	93.75a	3.71a	1.85 ^a	3.65a	1.92a	8.06b	2.59ab	11.26b	2.73ab	13.24b	
T8	100b	4.03ab	1.92ab	3.85ab	1.87a	6.52a	2.29a	8.02a	2.19a	9.35a	
CV%	2.14	9.32	3.00	10.04	9.23	3.80	5.80	6.55	12.88	6.39	

Fuente: Del autor (2019).

Uno de los objetivos principales de la aclimatación es sobrevivencia de las plantas al momento traslado de un ambiente a otro (repique) hasta alcanzar un desarrollo que les permita ser trasplantadas a campo abierto, lo cual normalmente ocurre en fase de vivero, durante este periodo de sobrevivencia puede existir altos porcentajes de pérdidas de plantas (KOZAI et al., 1991; AGRAMONTE et al., 1998). Conforme a esto en la comparación de los ocho tratamientos, la mayoría de los sustratos alcanzaron medias altas de 100% para sobrevivencia después del repique de la caja de arena a las cavidades.

Así mismo los tratamientos T5 (98.44) y el T7 (93.70) obtuvieron valores menores notables (Figura 4), esto puede deberse al cambio de ambiente, de la caja de arena a las cavidades. Los resultados se asemejan a lo dicho por Ribas et al (2008) quienes mencionan que valores se asocian al trasplante a la bolsa de cultivo, ya que durante esta operación se producen variaciones en el contenido hídrico de las plantas y marchitez de las hojas, incluso un estrés hídrico discreto que ocasiona una reducción del crecimiento, siendo especialmente sensible la expansión celular.

Puede observarse una tasa alta de sobrevivencia en la mayoría de los tratamientos, mostrando la posibilidad de producir plantulas de *Coffea arabica* L, con sustratos alternativos a base de Estiércol, fibra de coco, cascara de arroz carbonizada, cascara de café carbonizada, cascara de café *in nutura* en sus diferentes combinaciones. La utilización de sustratos alternativos con buenos resultados coincide con lo encontrado por MÜLLER et al., (1999) quienes consiguieron producir plantulas de café de buena calidad con el uso de vermiculita y cáscara carbonizada de arroz.

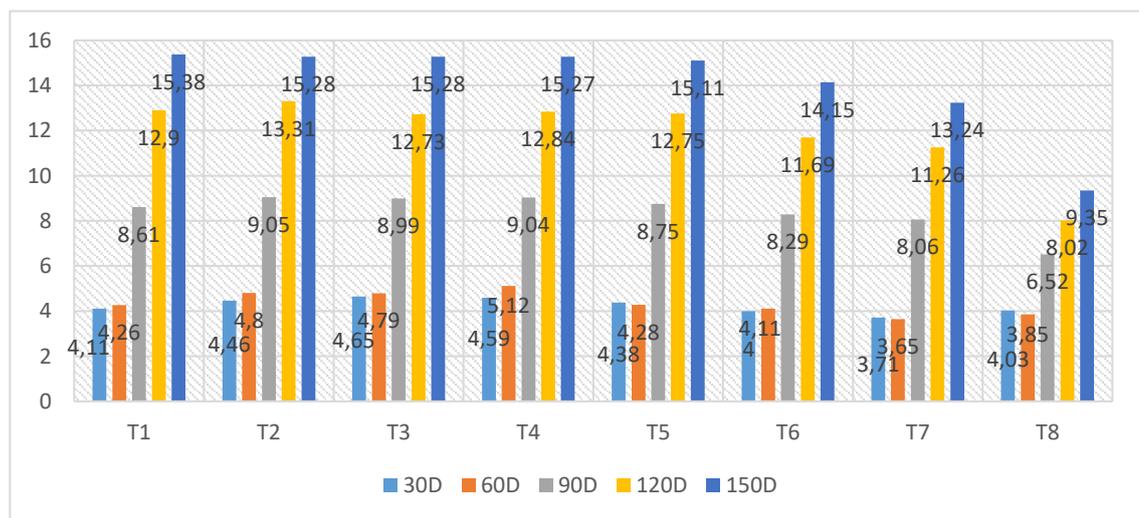
3.2.2 Altura de plantulas de *Coffea arabica*

Las plántulas de café presentaron diferencias significativas a lo largo del proceso de producción, dependiendo de los sustratos probados. (Tabla 3). Para los cinco periodos en las alturas se observó una tendencia clara del comportamiento de estas variables en cada uno de los tratamientos (Tabla 4). La eficiencia de esta tendencia de crecimiento en vivero, es trascendental para el sector comercial, pues del resultado de ésta depende en gran medida la eficiencia total del proceso y la calidad final de las plantas (AGRAMONTE et al., 1998).

Los primeros días de la etapa de crecimiento en vivero las plantas dependen de sus reservas debido al incremento de la actividad respiratoria, asociado a la transformación de almidones en azúcares para crecimiento, que puede ocasionar una disminución del peso seco (TADEO y GÓMEZ, 2008). Conforme a la tendencia de crecimiento en altura en todos los tratamientos fueron ascendentes, en los primeros dos periodos de las mediciones se observa que el crecimiento fue mínimo a comparación de los últimos periodos (Figura 10), esto se debe a la adaptación de las plántulas después del repique, de esta forma todas las combinaciones tienen efecto positivo, dando como alternativa la producción de *Coffea arabica* L., con estos sustratos en sus diferentes combinaciones.

Figura 10. Altura en centímetros a los 30, 60, 90, 120 y 150 días de cada tratamiento de *Coffea arabica* L.

Figura 10. Altura em centímetros aos 30, 60, 90, 120 e 150 dias de cada tratamento de *Coffea arabica* L.



Fuente: Del autor (2019)

Puede apreciarse la diferencia en cada uno de los periodos donde los menores valores en todos los periodos lo obtuvieron el testigo T8 tratamiento (Sustrato comercial) y T6, T7 estos últimos con mayores concentraciones de cascara de café *in natura*. (Figura 10). Los datos del

sustrato comercial coinciden con Silva & Giorgi (1993), quienes evaluaron sustrato comercial Plantmax® en plantulas de café y presentaron un comportamiento inferior al estiercol, donde como base al sustrato, este puede no promover un adecuado desenvolvimiento, dependiendo de la forma como sea usado.

Puede destacarse que las alturas a los 90 días, dio una predicción del mejor tratamiento en esta característica (altura) para la evaluación final a los 150 días, lo que coincide con lo observado por Aguiar et al. (1989) cuyo experimento resulto que las mediciones realizadas anteriormente a la evaluación final pueden no generarse, destacando que no obtuvieron poca variación de la tendencia de crecimiento entre las evaluaciones anteriores con la final. De esta forma no sería viable la evaluación de crecimiento anteriores a la evaluación final, a diferencia de lo observado por Trigueiro e Guerrini (2003) donde los mejores tratamientos a los 30 días no siguieron la misma tendencia hasta el final da fase de producción en vivero.

3.2.3 Diámetro de plantulas de *Coffea arabica*

Al crecimiento se define como el aumento de protoplasma, el incremento irreversible en peso seco o volumen que ocurre en un órgano o en la planta completa (MONTALDI, 1995); esto acompañado de procesos como la morfogénesis y la diferenciación celular (SEGURA, 2008). Para la evaluación de crecimiento de diámetro las plantulas de *Coffea arabica* L., el análisis estadístico para todos los periodos revelo diferencia significativa entre los 8 tratamientos (Tabla 3). Sin embargo, para los 60 y 90 días no se observa una tendencia clara entre el efecto de los tratamientos conforme a esta variable a diferencia de los 120 días que genera una predicción de los resultados obtenidos a los 150 días (Tabla 4), esto puede deberse a que las plantulas demoraron en mostrar una tendencia clara conforme al diámetro después del repique.

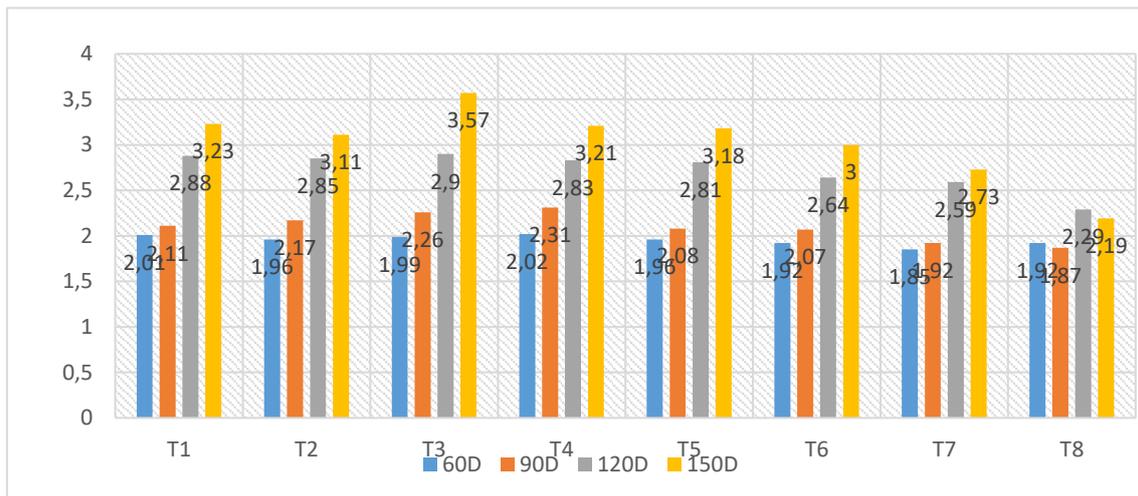
En función a la tendencia de crecimiento conforme al diámetro en todos los tratamientos fueron ascendentes, de esta forma todas las combinaciones con sustratos alternativos son aptos para la producción de *Coffea arabica* L., a su vez, puede apreciarse la diferencia en cada uno de los periodos, donde en su mayoría, los menores valores en todos los periodos lo obtuvieron el testigo T8 (Sustrato comercial). De esta forma el sustrato comercial demuestra menos eficiencia para esta especie, lo que concuerda con lo mencionado por Costa et al. (2000) quienes menciona que un sustrato comercial como el Plantmax®, por características físicas, puede ser utilizado en la producción de plantulas de café, sin embargo necesita fertilizantes

complementarios, debido al pequeño volumen de las cavidades, no consigue suministrar las cantidades de nutrientes adecuados para el crecimiento y su desarrollo, de esta forma, los nutrientes deben ser suministrados en forma sólida o por medio de fertiirrigación.

Los tratamientos con mayor eficiencia conforme a la altura fueron el T3 (Estiércol 30%, fibra de coco 20%, cascara de arroz carbonizada 20% y cascara de café carbonizada 30%) y T5 (Estiércol 30%, fibra de coco 20%, cascara de arroz carbonizada 30% y cascara de café *in natura* 20%), en la mayoría de los periodos, mostrando que para esta variable, la cascara de arroz carbonizada obtuvo el mismo efecto que la cascara de café *in natura*, dando la opción de sustituir la carbonización de la cascara de arroz y utilizar la cascara de café *in natura*. En el sistema de producción en vivero, la evaluación de la calidad de las plantulas puede ser una herramienta para identificar si está siendo conducida de manera adecuada, si las mudas se encuentran sanas, con el máximo potencial para supervivencia y posterior desarrollo en el campo (FONSECA, 2000). Los resultados de los diámetros a los 150 días en todos los tratamientos, obtuvieron medias mayores de 2.19 mm (Figura 11).

Figura 11. Diámetro en milímetros a los 60, 90, 120 y 150 días de cada tratamiento de *Coffea arabica* L.

Figura 11. Diámetro em milímetros aos 60, 90, 120 e 150 dias de cada tratamento de *Coffea arabica* L.



Fuente: Del autor (2019)

3.3 Relación altura / diámetro del colecto H / DC, masa seca de la parte aérea MSPA, masa seca radicular MSR, masa seca total MST, relación de la masa seca de la parte aérea/raíz RMSPAR.

Para la relación altura / diámetro del colecto H / DC y la relación de la masa seca de la parte aérea/raíz (RMSPAR) que dio como resultado que no existe diferencia significativa entre los tratamientos (Tabla 5), cuyos resultados coinciden con lo encontrado por Marana et al., (2008), quienes para esta variable fueron prácticamente iguales en relación a los dos sustratos evaluados (Sustrato comercial y sustrato a base de cascara de arroz carbonizada).

Tabla 5. Cuadrados medios de la Relación altura / diámetro del colecto H / DC, masa seca de la parte aérea (MSPA), masa seca radicular (MSR), masa seca total (MST), relación de la masa seca de la parte aérea/raíz (RMSPAR) a los 150 días después del repique de la producción en vivero de *Coffea arabica* L.

Tabela 5. Quadrados medios da Relação altura / diâmetro do coletor H / DC, massa seca de parte aérea (MSPA), massa seca radicular (MSR), massa seca total (MST), relação massa seca da parte aérea/raiz (RMSPAR) aos 150 dias depois da repicagem, da produção em viveiro de *Coffea arabica* L.

T	GL	H/D	MSPA (gr)	MSR (gr)	MST(gr)	RMSPAR(gr)
T	7	0.17ns	0.44*	0.24*	1.31*	0.5ns
Media	-	4.69	1.27	0.77	2.03	1.86
CV	-	9.76	22.99	37.57	25.35	35.05

Donde: * = significativo al 5% de probabilidad de error; ns = no significativo al nivel de 5% de probabilidad de error por el análisis F; GL= grados de libertad; CV= coeficiente de variación experimental

Fuente: Del autor (2019).

Conforme a los datos realizado los 150 días, la masa seca de la parte aérea MSPA, masa seca radicular MSR, masa seca total MST los datos revelaron en todos los casos, existe diferencia significativa entre los ocho tratamientos (Tabla 5). El análisis matemático del crecimiento usa medidas directas tales como masa seca total de la planta, área foliar total y tiempo; y medidas derivadas, que representa la relación entre el área foliar o superficie fotosintetizador, que estima la magnitud del aparato fotosintético de la planta, considerado un índice de la productividad agrícola que mide incremento de biomasa por unidad de tiempo en el periodo de crecimiento del cultivo (GARDNER et al., 1985; CLAVIJO, 1989; BARRERA et al., 2010). Estas características muestran una relación positiva al uso de sustratos alternativos para la producción de plantulas de café a base de cascara de arroz carbonizada, cascara de café carbonizada y cascara de café *in natura*.

El análisis estadístico muestra que en el caso de la masa seca de la parte aérea MSPA, masa seca radicular MSR, masa seca total MST, para estas variables el testigo T8 (sustrato comercial) demostró un comportamiento semejante al T7 y diferencia entre los demás tratamientos, donde el T8 obtuvo los menores valores con 0.50gr (MSPA), 0.24gr (MST) y

0.74gr (MST), donde existe semejanza estadística con el tratamiento T7 y todos los demás tratamientos son iguales entre si (Tabla 6).

Tabla 6. Los valores medios de la Relación altura / diámetro H / D, masa seca de la parte aérea (MSPA), masa seca radicular (MSR), masa seca total (MST), relación de la masa seca de la parte aérea/raíz (RMSPAR), a los 150 días después del repique de *Coffea arabica* L.

Tabela 6. Valores médios de la da Relação altura / diâmetro H / D, massa seca de parte aérea (MSPA), massa seca radicular (MSR), massa seca total (MST), relação massa seca da parte aérea/raiz (RMSPAR), aos 150 dias depois da repicagem de *Coffea arabica* L.

T	H/D	MSPA	MSR	MST	RMSPAR
T1	4.78a	1.57b	0.99b	2.57b	1.59a
T2	4.92a	1.46b	0.91b	2.37b	1.79a
T3	4.51a	1.37b	0.98b	2.35b	1.55a
T4	4.75a	1.37b	0.81ab	2.18b	1.75a
T5	4.75a	1.42b	0.83ab	2.24b	1.80a
T6	4.72a	1.34b	0.75ab	2.08b	1.87 ^a
T7	4.84a	1.17ab	0.64ab	1.80ab	1.87 ^a
T8	4.27a	0.50a	0.24a	0.74a	2.69 ^a
CV%	9.76	22.99	37.57	25.35	35.05

Fuente: Del autor (2019).

Sin embargo, se observa una tendencia clara del efecto positivo del uso de sustratos a base de cascara de arroz carbonizada, cascara de café carbonizada y cascara de café *in nutura*, con medias con valores arriba de 1.80 gr MST. Estos datos sobre pasan la media máxima encontradas por Marana et al., (2008), donde los valores de MST máximo fueron de 1,86 considerándolo como valores adecuados para el crecimiento y desenvolvimiento de las plantulas de café. Estos parámetros son obtenidos a partir de las medidas directas y son de utilidad para conocer cómo un ambiente o práctica de manejo afecta la eficiencia de una planta con respecto a otra, o bien para detectar diferencias entre variedades cultivadas bajo las mismas condiciones (PALOMO, 2003; SANTOS et al., 2010).

3.4 Índice de calidad de Dickson (IQD), facilidad de retirada de las plantas (FRT) y índice de agregación (AGR).

El análisis estadístico muestra que Índice de calidad de Dickson (IQD) tiene diferencia significativa entre los tratamientos (Tabla 7). Donde se observa que el testigo T8 mostro

comportamiento similar al T4, T6 y T7, así mismo el testigo obtuvo el menor valor (0.11) y en este caso los mayores fueron el tratamiento T1 y el T3 con 0.40 cada uno. (Tabla 8). Sin embargo, son estadísticamente iguales, el principio de evaluación cuantitativa es que cuanto mayor es la mejor, donde se utilizan índices de calidad, que son relaciones entre los parámetros de crecimiento (MARANA et al., 2008).

Tabla 7. Cuadrados medios del índice de calidad de Dickson (IQD), facilidad de retirada de las plantula (FRT) y índice de agregación (AGR) a los 150 días después del repique de la producción en vivero de *Coffea arabica* L.

Tabela 7. Quadrados medios do Índice de Qualidade de Dickson (IQD), facilidade de retirada das mudas dos tubetes (FRT) e índice de agregação (AGR) aos 150 dias depois da repicagem, da produção em viveiro de *Coffea arabica* L.

T	GL	IQD	FRT	AGR
T	7	0.04*	0.38ns	0.16ns
Media	-	0.32	9.31	8.67
CV	-	31.18	11.23	9.17

Donde: *= significativo al 5% de probabilidad de error; ns = no significativo al nivel de 5% de probabilidad de error por el análisis F; GL= grados de libertad; CV= coeficiente de variación experimental

Fuente: Del autor (2019).

Tabla 8. Los valores medios del índice de calidad de Dickson (IQD), facilidad de retirada de las plantula (FRT) y índice de agregación (AGR) a los 150 días después del repique de *Coffea arabica* L.

Tabela 8. Valores médios do Índice de Qualidade de Dickson (IQD), facilidade de retirada das mudas dos tubetes (FRT) e índice de agregação (AGR) aos 150 dias depois da repicagem de *Coffea arabica* L.

T	IQD	FRT	AGR
T1	0.40b	9.38a	8.63a
T2	0.36b	9.63a	8.63a
T3	0.40b	9.75a	9.13 ^a
T4	0.34ab	9.25a	8.63 ^a
T5	0.35b	9.38a	8.50 ^a
T6	0.32ab	9.13a	8.5 ^a
T7	0.27ab	9.25a	8.63 ^a
T8	0.11a	8.75a	8.75 ^a
CV%	31.18	11.23	9.17

Fuente: Del autor (2019).

Conforme al IQD Marana et al., (2008), evaluó plantulas de café con sustrato comercial y sustrato a base de cascara de café carbonizada y encontró valores apenas de 0.04 y 0.21. Donde comparándolos con los sustratos alternativos utilizados en este trabajo todos los

tratamientos a base de Estiércol, fibra de coco, cascara de arroz carbonizada, cascara de café carbonizada, cascara de café *in nutura* en sus diferentes combinaciones los valores suelen ser más altos, mostrando la eficiencia al producir plantulas calidad de *Coffea arabica* L., a base de estos sustratos alternativos.

Para la facilidad de retirada de las plantas de las cavidades (FRT) y el índice de agregación (AGR) no se encontró diferencia significativa (Tabla 7), notando que el enraizamiento está directamente relacionado con la facilidad de retirada de las cavidades, encontrando medias estadísticamente iguales y altas (Tabla 8). El sustrato para producir plantulas en vivero debe estar agregado lo suficiente para que las raíces no se rompan durante el embalado (WENDLING E DELGADO 2008), mostrando de esta manera la eficiencia al producir plantulas de *Coffea arabica* L., con estiércol, fibra de coco, cascara de arroz carbonizada, cascara de café carbonizada, cascara de café *in nutura* en sus diferentes combinaciones promoviendo buena agregación de las raíces.

4 CONCLUSIONES

Es posible que los sustratos a base de estiércol, fibra de coco, cascara de arroz carbonizada, cascara de café carbonizada, cascara de café *in nutura* en sus diferentes combinaciones, contribuyeron adecuadamente, para la producción en vivero de plantulas de *Coffea arabica* L.

La producción de *Coffea arabica* L., ayudo, argumentar el uso de sustratos alternativos, dado a que en la mayoría de sus variables el sustrato comercial (Testigo) resulto menos eficiente que los demás evaluados en este estudio.

El manejo en vivero, con sustratos a base de, cascara de arroz carbonizada, cascara de café carbonizada y cascara de café *in nutura*, permite que se alcance valores deseados para la producción de plantulas de calidad.

5 REFERENCIAS

- AGRAMONTE, D.; JIMÉNEZ, F.; DITA M. Aclimatación. En Pérez J (Comp.) **Propagación y Mejora Genética de Plantas por Biotecnología**. 1a ed. Universidad Central de las Villas. Santa Clara, Cuba, 1998. p. 193-205.
- AGUIAR, I. B. et al. Seleção de componentes de substrato para produção de mudas de eucalipto em tubetes. **IPEF**, Piracicaba, n. 41/42, p.36-43, jan./ dez, 1989.
- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS. P. C.; GONÇALVES, J. L. De M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6. 2013 p. 711–728.
- ANDRADE NETO, A. et al. Avaliação de substratos alternativos e tipos de adubação para a produção de mudas de cafeeiro (*Coffea arabica* L.) em tubetes. **Ciência e Agrotecnologia**, v.23, n.2. 1999. p.270-280.
- ANSORENA, J. Sustratos. Propiedades y Caracterización. Ed. **Mundi-Prensa**. Madrid, España, 1994. p. 169.
- BARRERA, J.; SUÁREZ, D.; MELGAREJO, L. Análisis de crecimiento en plantas. En Melgarejo L (Comp.) **Experimentos en Fisiología Vegetal**. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia, 2010 p. 25-37.
- BOTERO, L.F. El café en Antioquia. En: **Hermelin, M. Geografía de Antioquia: geografía histórica, física, humana y económica**. (Ed.). Fondo Editorial Universidad EAFIT, Medellín, 2006. p. 338.
- BUNT, A. C. Media and Mixes for Container-Grown Plants (2nd ed.). **Unwin Hyman**. London, UK, 1988. 309 p.
- CAMPINHOS, J. E.; IKEMORI, Y.K. Introdução de nova técnica na produção de mudas de essências florestais. **Silvicultura**, 1983. n.28, p.226-228.
- DAMATTA, F. M.; RENA, A. B. Ecofisiologia de cafezais sombreados e a pleno sol. En: Zambolim L (ed.). **O Estado da arte de tecnologias na produção de café**. Editora UFV. Viçosa, Brasil, 2002. p. 93-135.
- COSTA, A.C.M. et al. Mudas em tubetes: novos componentes e misturas. **Informativo da Cooperativa dos Cafeicultores da Região de Garça**, 2000. Ano 5, n.51, p.14-15.
- DANTAS, A. A.; A.; DE CARVALHO, L. G.; FERREIRA, E. Classificação e tendências climáticas em Lavras, MG. **Ciência agrotécnica**, Lavras, 2007. v. 31, n. 6, p. 1862-1866.
- DICKSON, A.; LEAF, A.L.; HOSNER, J.F. Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries. **Forest Chronicle**, 1960. v. 36, p.10-13.
- CLAVIJO J. Análisis del crecimiento en malezas. **Comalfi**, 1989. 26: p. 12-16.
- FERMINO, M. H. **Métodos de análise para caracterização de física de substratos**. Tese (Doutorado em Fitotecnia), 89 f. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.
- FONSECA, E.P. **Padrão de qualidade de mudas de Trema micrantha (L.) Blume, Cedrela fissilis Vell. e Aspidosperma polyneurom Müll. Arg. produzidas sob diferentes períodos**

de sombreamento. 2000. 113f. Tese (Doutorado em Agronomia – Produção Vegetal) - Universidade Estadual Paulista.

GARDNER F.P.; PEARCE R. B.; MITCHELL RL. Physiology of Crop Plants. **Iowa State University Press.** Iowa City, IA, EEUU, 1985. p. 325.

GOMES, J.M. et al. Uso de diferentes substratos na produção de mudas de Eucaliptos grandis em tubetes e em bandejas de isopor. **Revista Árvore**, 1985. v.9, n.1, p.58-86.

GONÇALVES, L. M.; POGGIANI, F. Substratos para produção de mudas florestais. In: **CONGRESSO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIA DO SOLO**, 13., 1996, Águas de Lindóia. Resumos... Piracicaba, Sociedade Latino Americana de Ciência do Solo, 1996. 1 CD-ROM.

GUTIÉRREZ-CASTORENA, MA. DEL CARMEN, H. E.; JORGE, ORTIZ-SOLORIO.; CARLOS A. A.; SÁNCHEZ, R. H.; LARA, MA. E. Relación porosidad-retención de humedad en mezclas de sustratos y su efecto sobre variables respuesta en plántulas de lechuga. **REVISTA CHAPINGO SERIE HORTICULTURA** [en línea] 2011, 17 (Septiembre-Diciembre): [Fecha de consulta: 27 de mayo de 2019] Disponible en:<<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=60921383009>> ISSN 1027-152X

INSTITUTO COSTARRICENSE DEL CAFÉ (ICAFE). El manejo de almacígaes de café en bolsa. San José Costa Rica. **Boletín informativo**, 2004. 4(2): p. 1-12.

KÄMPF, A. N. Substrato. In: **KAMPF**, A. N. Produção comercial de plantas ornamentais. 2. ed. Guaíba: Agrolivros, 2005. p. 45 - 72.

KOZAI, T.; FUJIWARA, K.; GIACOMELLY, G. Environmental control in micropropagation. **Am. Soc. Agric. Biol. Eng. Meet**, 1991. 9: p. 11-13.

LANDIS, T. D.; TINUS, R. W.; MCDONALD, S. E; BARNETT, J. P. The Container Tree Nursery Manual. Containers and Growing Media. Vol. 2. Agric. Handbook. 674. Washington: USDA, **Forest Service**, 1990. p. 88.

LORENZO, P.; MEDRANO, E.; GARCÍA, M. Estudio comparativo de la eficiencia hídrica de dos sistemas de control de riego en sustrato. **XIV Congreso Nacional de Riegos. D.G.I.A.** Congresos y Jornadas, 1996. 37: p. 668-672.

MARANA J. P.; MIGLIORANZA É.; FONSECA É. DE P.; Kainuma Roberto Hiroshi. Índices de qualidade e crescimento de mudas de café produzidas em tubetes. **Ciência Rural**, Santa Maria, jan-fev, 2008. v.38, n.1, p.39-45.

MONTALDI, E. Principios de Fisiología Vegetal. Sur. La Plata, Argentina, 1995. p. 298.

MÜLLER, M.L. et al. Produção de mudas de cafeeiro (Coffea arabica L.) cv. Mundo Novo em tubetes. **Revista Unimar**, 1999. v.19, n.3, p.777-786

MINAMI, K.; GONÇALVES, A.L. Efeito de substrato artificial no enraizamento de Calanchoe (Kalanchoe x blossfeldiana cv. Singapur, Crassulaceae). **Scientia Agricola**, 1994. v.51, n.2, p.151-155.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO (MAPA). Instrução Normativa SDA nº 17. Diário Oficial da União - Seção 1, nº 99, 24 de maio de 2007. Métodos Analíticos Oficiais para Análise de Substratos para Plantas e Condicionadores de Solo. Brasília, 2007.

- PALOMO, A. Análisis de crecimiento de variedades de algodón transgénicas y convencionales. **Fitotecn. Mex.**, 2003. 24: p.197-202.
- PEÑUELAS R. J. L.; OCAÑA, B.L. Cultivo de Plantas Forestales en Contenedor. **Mundi-Prensa**. Madrid, España, 1996. p.190.
- PROBERT, R.J. The role of temperature in the regulation of seed dormancy and germination. In M. Fenner. (ed.). **Seeds: The Ecology of Regeneration in Plant Communities**. CAB International, Wallingford, United Kingdom, 2000. p. 261–292.
- PROGRAMA DEL MEJORAMIENTO DEL CAFÉ (PROCAFE). Cultivo de tejidos vegetales. La libertad, República del Salvador. **Hoja técnica**, 2005. 13: p.1-3
- RASHIDI, M.; SEILSEPOUR, M. Prediction of Soil Sodium Adsorption Ratio Based on Soil Electrical Conductivity. Middle-East **Journal of Scientific Research**, 2011. 8(2), p. 379-383.
- RIBAS, M.; FLÓREZ I.; GONZÁLEZ, M. La respiración de las plantas. En Azcon-Bieto J, Talón M (Comps.) **Fundamentos de Fisiología Vegetal**, 2008. 2a ed. McGraw-Hill Interamericana Madrid, España. p. 265-286.
- SANTOS, C. M.; SEGURA, A. M.; ÑÚSTEZ L. C. E. Análisis de crecimiento y relación fuente-demanda de cuatro variedades de papa (*Solanum tuberosum* L.) en el municipio de Zipaquirá (Cundinamarca, Colombia). **Rev. Fac. Nac. Agron**, Medellín, 2010. 63(1): p.5253-5266.
- SCHUMACHER, M.V. et al. Influência de vermicomposto na produção de mudas de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden. **Ciência Florestal**, 2001. v.11, n.2, p.01-08.
- SEGURA, J. Introducción al desarrollo. Concepto de hormana vegetal. En Azcon-Bieto J, Talón M (Comps.) **Fundamentos de Fisiología Vegetal**. 2a ed. McGraw-Hill Interamericana Madrid, España, 2008. p. 349-376.
- SILVA, E. I. L. Quality of Irrigation Water in Sri Lanka Status and Trends. **Asian Journal of Water**, 2004. 1(1-2), p.5-12.
- SILVA, J. A. A.; GIORGI, E. Substratos alternativos para a produção de mudas de tomateiro. **Florianópolis: (Boletim Técnico)**, EPAGRI, 1993. p. 59.
- SIMÕES, J.W. Problemática de produção de mudas em essências florestais. **Série Técnica IPEF**. v.4, n.13,.1987p.1-6.
- TADEO, F.; GÓMEZ, A. Fisiología de las plantas y el estrés. En Azcon-Bieto J, Talón M (Comps.). **Fundamentos de Fisiología Vegetal**. 2a ed. McGraw-Hill Interamericana Madrid, España. 2008. p. 577-598.
- TRIGUEIRO, R. M.; GUERRINI, I. A. Uso de biossólido como substrato para produção de mudas de eucalipto. **Scientia Forestalis**, Piracicaba. v. 64. 2003. p. 150-162.
- VALERI, S.V.; CORRADINI, L. Fertilização em viveiro para produção de mudas de *Eucalyptus* e *Pinus*. In: GONÇALVES, J.L.M.; BENEDETTI, V. **Nutrição e fertilização florestal**. Piracicaba: IPEF, 2000. p.168-190.
- VENCE, L. B. Disponibilidad de agua-aire en sustratos para plantas. **Ciencia del Suelo** (Argentina), 2008. p.105-114.

VESSEY, J. K. Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizers. **Plant and Soil**, 2003. p.571-586.

VOGEL, H.L.M. et al. Utilização de vermicomposto no crescimento de mudas de *Hovenia dulcis* Thunberg. **Ciência Florestal**, v.11, n.1. 2001. p. 21-27.

WENDLING, I.; DELGADO, M. E. Produção de mudas de araucária em tubetes. Colombo: **Embrapa Florestas**, comunicado técnico 201, 2008. p.8.

WENDLING, I.; DUTRA, L. F. Produção de mudas de eucalipto por sementes. In: WENDLING, I.; DUTRA, L. F. Produção de mudas de eucalipto. Colombo: **Embrapa Florestas**, 2010. p. 13 - 47.