

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DEL NORTE
TÉCNICO EN PRODUCCIÓN AGRÍCOLA

TRABAJO DE GRADUACIÓN



EVALUACIÓN DE CUATRO TIPOS DE SUSTRATOS PARA LA
PRODUCCIÓN DE EUCALIPTO (*Eucalyptus torelliana* F. Muell) EN
VIVERO, EN EL MUNICIPIO DE SANTA CRUZ, ALTA VERAPAZ

WILLIAM FABIAN PRADO QUIROA

COBÁN, ALTA VERAPAZ, OCTUBRE DE 2016

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DEL NORTE
TÉCNICO EN PRODUCCIÓN AGRÍCOLA

TRABAJO DE GRADUACIÓN

EVALUACIÓN DE CUATRO TIPOS DE SUSTRATOS PARA LA
PRODUCCIÓN DE EUCALIPTO (*Eucalyptus torelliana* F. Muell) EN
VIVERO, EN EL MUNICIPIO DE SANTA CRUZ, ALTA VERAPAZ

PRESENTADO AL HONORABLE CONSEJO DIRECTIVO DEL
CENTRO UNIVERSITARIO DEL NORTE

POR

WILLIAM FABIAN PRADO QUIROA
CARNÉ: 201342937

COMO REQUISITO PREVIO A OPTAR AL TÍTULO DE TÉCNICO
EN PRODUCCIÓN AGRÍCOLA

COBÁN, ALTA VERAPAZ, OCTUBRE DE 2016

AUTORIDADES UNIVERSITARIAS

RECTOR MAGNÍFICO

Dr. Carlos Guillermo Alvarado Cerezo

CONSEJO DIRECTIVO

PRESIDENTE: Lic. Zoot. Erwin Gonzalo Eskenazy Morales
SECRETARIO: Ing. Geól. César Fernando Monterroso Rey
REPRESENTANTE DOCENTES: Lcda. T.S. Floricelda Chiquin Yoj
REPRESENTANTE EGRESADOS: Lic. Admón. Fredy Fernando Lemus Morales
REPRESENTANTES ESTUDIANTILES: Br. Fredy Enrique Gereda Milián
PEM. César Oswaldo Bol Cú

COORDINADOR ACADÉMICO

Ing. Ind. Francisco David Ruiz Herrera

COORDINADORA DE LA CARRERA

Ing. Agr. M.Sc. Sandra Anabella Tello Coutiño

COMISIÓN DE TRABAJOS DE GRADUACIÓN

COORDINADOR: Ing. Agr. M.Sc. Edgar Armando Ruiz Cruz
SECRETARIO: Ing. Agr. M.Sc. Alex Ernesto Chén Chiquín
VOCAL: Ing. Agr. M.Sc. Gustavo Adolfo García Macz

REVISOR DE REDACCIÓN DE ESTILO

Ing. Agr. M.Sc. Gustavo Adolfo García Macz

REVISOR DE TRABAJOS DE GRADUACIÓN

Ing. Agr. M.Sc. Alex Ernesto Chén Chiquín

ASESOR

Ing. Agr. Marcos Rafael Flores Delgado



**CENTRO UNIVESITARIO DEL
NORTE - CUNOR -
CARRERA AGRONOMÍA**
Código Postal 16001 - Cobán, Alta Verapaz
PBX 79 56 66 00 Ext. 208
Finca Sachamach, Km. 110.5 Ruta Cobán, A.V.
Guatemala, C. A.
E-mail: agrocunor@gmail.com

Cobán, A.V., 19 de julio de 2016.
Ref.: 15-A-254/2016.

Señores
Miembros de la Comisión de
Trabajos de Graduación de
Práctica Profesional Supervisada
Carrera de Agronomía
CUNOR.

Señores:

Por este medio informo a ustedes que en mi calidad de Asesor del Trabajo de Graduación del Informe de la Práctica Profesional Supervisada, del estudiante **William Fabian Prado Quiroa** supervisé la fase final de campo y he revisado el Informe Final de su investigación titulado **“Evaluación de cuatro tipos de sustratos para la producción de Eucalipto (*Eucalyptus torelliana* F. Muell) en vivero, en el municipio de Santa Cruz, Alta Verapaz”**.

Al respecto puedo indicar que a mi juicio, el informe reúne las calidades requeridas por la Carrera, por lo que recomiendo se le de el trámite respectivo para ser aprobado como Informe Final de PPS.

Atentamente,



Id. y enseñad a todos

Ing. Agr. Marcos Rafael Flores Delgado
Asesor

c.c. archivo



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

**CENTRO UNIVESITARIO DEL
NORTE – CUNOR –
CARRERA AGRONOMÍA**

Código Postal 16001 – Cobán, Alta Verapaz
PBX 79 56 66 00 Ext. 208
Finca Sachamach, Km. 110.5 Ruta Cobán, A.V.
Guatemala, C. A.

E-mail: agrocunor@gmail.com

Cobán, A.V., 27 de julio de 2016
Ref. 15-A-286/2016

Señores:
Miembros de la Comisión de
Trabajos de Graduación de
Práctica Profesional Supervisada
Carrera Agronomía
CUNOR.

Estimados señores:

Por este medio remito el Informe Final de Investigación de Práctica Profesional Supervisada titulado: **“Evaluación de cuatro tipos de sustratos para la producción de Eucalipto (*Eucalyptus torelliana* F. Muell) en vivero, en el municipio de Santa Cruz, Alta Verapaz”**.

Dicho trabajo es presentado por el estudiante **William Fabian Prado Quiroa** y de acuerdo a mi opinión cumple satisfactoriamente con las normas de redacción y estilo; por lo que se solicita continuar con el trámite respectivo.

Atentamente,



“Id y enseñad a todos”

Ing. Agr. M.Sc. Sandra Anabella Tello Coutiño
Revisor de Informes Finales Trabajos de Graduación a Nivel Técnico
Carrera Agronomía
CUNOR- USAC

c.c. archivo



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

**CENTRO UNIVESITARIO DEL
NORTE – CUNOR –
CARRERA AGRONOMÍA**

Código Postal 16001 – Cobán, Alta Verapaz
PBX 79 56 66 00 Ext. 208
Finca Sachamach, Km. 110.5 Ruta Cobán, A.V.
Guatemala, C. A.

E-mail: agrocunor@gmail.com

Cobán, A.V., 09 de septiembre de 2016
Ref. 15-A-306/2016

Señores:
Miembros de la Comisión de
Trabajos de Graduación de
Práctica Profesional Supervisada
Carrera Agronomía
CUNOR.

Estimados señores:

Por este medio remito el Informe Final de Investigación de Práctica Profesional Supervisada titulado: **“Evaluación de cuatro tipos de sustratos para la producción de Eucalipto (*Eucalyptus torelliana* F. Muell) en vivero, en el municipio de Santa Cruz, Alta Verapaz”**.

Dicho trabajo es presentado por el estudiante **William Fabian Prado Quiroa** y de acuerdo a mi opinión cumple satisfactoriamente con las normas de redacción y estilo; por lo que se solicita continuar con el trámite respectivo.

Atentamente,



“Id y enseñad a todos”

Ing. Agr. M.Sc. Gustavo Adolfo García Macz
Revisor de Redacción y Estilo
Informes Finales Trabajos de Graduación a Nivel Técnico
Carrera Agronomía –CUNOR-

c.c. archivo



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

**CENTRO UNIVESITARIO DEL
NORTE – CUNOR –
CARRERA AGRONOMÍA**
Código Postal 16001 – Cobán, Alta Verapaz
PBX 79 56 66 00 Ext. 208
Finca Sachamach, Km. 110.5 Ruta Cobán, A.V.
Guatemala, C. A.
E-mail: agrocunor@gmail.com

Cobán, A.V., 30 de septiembre de 2016
Ref. 15-A-309/2016

**Licenciado Zootecnista:
Erwin Gonzalo Eskenasy Morales
Director del Centro Universitario del Norte,
CUNOR - USAC**

Señor Director:
Saludos cordiales

Adjunto remito el Trabajo de Graduación del Informe de Práctica Profesional Supervisada titulado **“Evaluación de cuatro tipos de sustratos para la producción de Eucalipto (*Eucalyptus torelliana* F. Muell) en vivero, en el municipio de Santa Cruz, Alta Verapaz”**.

Dicho trabajo es presentado por el estudiante **William Fabian Prado Quiroa** y de acuerdo a la opinión de las diferentes comisiones responsables de su revisión y del suscrito, cumple con los requisitos para ser aceptado como tesis de pre-grado; por lo que solicito se le dé el trámite correspondiente a fin de que el estudiante Prado Quiroa, pueda someterse al examen para optar al título de Técnico en Producción Agrícola.

Atentamente,



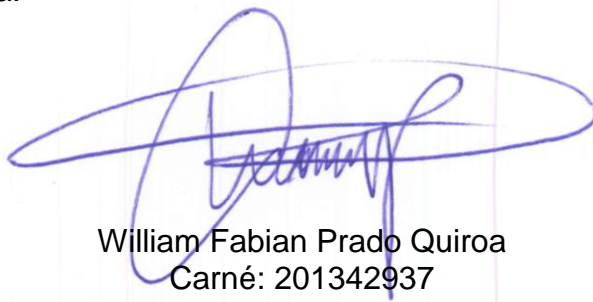
“D y enseñad a todos”

Ing. Agr. Edgar Armando Ruiz Cruz
Coordinador Comisión de Trabajos de Graduación a Nivel Técnico
Carrera de Agronomía
CUNOR- USAC

c.c. archivo

HONORABLE COMITÉ EXAMINADOR

En cumplimiento a lo establecido por los estatutos de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a consideración de ustedes el trabajo de graduación titulado: Evaluación de cuatro tipos de sustratos para la producción de eucalipto (*Eucalyptus torelliana* F. Muell) en vivero, en el municipio de Santa Cruz, Alta Verapaz; como requisito previo para optar al título profesional de Técnico en Producción Agrícola.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'William Fabian Prado Quiroa', is written over a faint, light blue rectangular stamp or watermark.

William Fabian Prado Quiroa
Carné: 201342937

RESPONSABILIDAD

“La responsabilidad del contenido de los trabajos de graduación es: Del estudiante que opta al título, del asesor y del revisor; la Comisión de Redacción y Estilo de cada carrera, es la responsable de la estructura y la forma”.

Aprobado en punto SEGUNDO, inciso 2.4, subinciso 2.4.1 del Acta No. 17-2012 de Sesión extraordinaria de Consejo Directivo de fecha 18 de julio del año 2012.

AGRADECIMIENTOS

A mi familia en general, a mis hermanos y mi mamá por proporcionarme su cariño, consejos y respaldo para superarme y ser una persona más integra. A catedráticos por transmitir los conocimientos para poder terminar este ciclo académico.

ÍNDICE GENERAL

	Página
RESUMEN	xi
INTRODUCCIÓN	1
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
JUSTIFICACIÓN	5
OBJETIVOS	7
ANTECEDENTES	9

CAPÍTULO 1 MARCO TEÓRICO

1.1 Eucalipto (<i>Eucalyptus torelliana</i> F. Muell)	11
1.1.1 Generalidades	11
1.1.2 Nombre científico	11
1.1.3 Sinónimos	11
1.1.4 Familia	11
1.1.5 Procedencia	11
1.2 Características	11
1.2.1 Morfológicas	11
1.2.2 Usos	12
1.2.3 Propagación	12
1.2.4 Madera	12
1.2.5 Hábitat y distribución	13
1.3 Sustratos	13
1.3.1 Peat moss	13
1.3.2 Cascarilla de café	14
1.3.3 Aserrín de pino	14
1.3.4 Arena de río	14
1.4 Propiedades de los sustratos	14
1.4.1 Porosidad	14
1.4.2 Densidad	15
1.4.3 Estructura	15

1.5 Características del sustrato ideal	15
1.5.1 Propiedades físicas	16
1.5.2 Propiedades químicas	16
1.5.3 Otras propiedades	16

HIPÓTESIS	17
------------------	----

CAPÍTULO 2 MARCO METODOLÓGICO

2.1 Descripción general del área	19
2.1.1 Ubicación geográfica	19
2.1.2 Características ecológicas	19
2.1.3 Características climáticas	19
2.2 Preparación del área experimental	19
2.2.1 Tamaño del experimento	20
2.2.2 Materiales e insumos	20
2.2.3 Contenedores	21
2.2.4 Características del material experimental	21
2.3 Metodología experimental	21
2.3.1 Modelo estadístico	21
2.3.2 Análisis experimental	21
2.3.3 Tratamientos	22
2.3.4 Diagrama experimental	22
2.3.5 Variables respuestas	23
2.4 Manejo experimental	23
2.4.1 Elaboración de semillero	23
2.4.2 Desinfección de sustrato de semillero	24
2.4.3 Preparación de estructuras para colocar contenedores	24
2.4.4 Preparación de sustratos	24
2.4.5 Trasplante	24
2.4.6 Replante	25
2.4.7 Fertilización	25
2.4.8 Desmalezado y riegos	25
2.4.9 Control de plagas y enfermedades	25

CAPÍTULO 3 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

3.1 Peso seco de la raíz	28
3.2 Altura de la planta	31
3.3 Diámetro del fuste	35

3.4 Peso fresco del follaje	38
CONCLUSIONES	43
RECOMENDACIONES	45
BIBLIOGRAFÍA	47
ANEXOS	49

ÍNDICE DE CUADROS

1	MATERIALES E INSUMOS UTILIZADOS EN LA INVESTIGACIÓN	20
2	TRATAMIENTOS	22
3	CARÁCTERÍSTICAS DE LOS SUSTRATOS EVALUADOS	27
4	PROMEDIO DE PESO SECO DE RAÍCES	28
5	ANÁLISIS DE VARIANZA, PROMEDIO DE PESO SECO DE RAÍCES	29
6	PRUEBA DE COMPARACIÓN DE MEDIAS DE TUKEY PARA PROMEDIO DE PESO SECO DE RAÍCES	29
7	PROMEDIO DE ALTURA DE PLANTAS EN CENTÍMETROS	31
8	ANÁLISIS DE VARIANZA, PROMEDIO DE ALTURA DE PLANTAS EN CENTÍMETROS	32
9	PRUEBA DE COMPARACIÓN DE MEDIAS DE TUKEY PARA PROMEDIO DE PESO SECO DE RAÍCES	33
10	PROMEDIO DE DIÁMETRO DE FUSTE EN MILÍMETROS	35
11	ANÁLISIS DE VARIANZA, PROMEDIO DE DIÁMETRO DE FUSTE EN MILÍMETROS	36
12	PRUEBA DE COMPARACIÓN DE MEDIAS DE TUKEY PARA PROMEDIO DE DIÁMETRO DE FUSTE EN MILÍMETROS	36
13	PROMEDIO DE PESO FRESCO DEL FOLLAJE EN GRAMOS	38
14	ANÁLISIS DE VARIANZA, PROMEDIO DE PESO FRESCO DEL FOLLAJE EN GRAMOS	39
15	PRUEBA DE COMPARACIÓN DE MEDIAS DE TUKEY PARA PROMEDIO DE PESO FRESCO DEL FOLLAJE EN GRAMOS	39
16	COSTOS DE LA PRODUCCIÓN DE 10 000 PLANTAS DE EUCALIPTO	41

ÍNDICE DE GRÁFICOS

1	DIAGRAMA EXPERIMENTAL	22
2	PROMEDIO DE PESO SECO DE RAÍCES, MUESTREADAS 15 PLANTAS POR REPETICIÓN	28
3	PROMEDIO DE ALTURA DE PLANTAS EN CENTÍMETROS, MUESTREADAS 15 PLANTAS POR REPETICIÓN	32
4	PROMEDIO DE DIÁMETRO DE FUSTE EN MILÍMETROS, MUESTREADAS 15 PLANTAS POR REPETICIÓN	35
5	PROMEDIO DE PESO FRESCO DEL FOLLAJE EN GRAMOS, MUESTREADAS 15 PLANTAS POR REPETICIÓN	38

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

1	RAÍCES DE CADA TRATAMIENTO	49
2	MEDICIÓN DEL DIÁMETRO DE FUSTE	50
3	SEMILLERO	50
4	PLANTAS EN CAMPO	50

RESUMEN

La producción forestal cada vez toma mayor auge e importancia debido a la preservación de los recursos naturales, así como la prevención del cambio climático y producción de maderables. El eucalipto (*Eucalyptus torelliana* F. Muell) es una especie que actualmente es explotada gracias a su resistencia a climas drásticos así como a su rápido crecimiento.

La presente investigación, se realizó para evaluar los sustratos (suelo 50 % + arena de río 50 %, suelo 50 % + aserrín 50 %, suelo 50 % + cascarilla de café 50 %, *Peat moss*) y determinar en cual se producen plantas de mejores características y menor costo, en el municipio de Santa Cruz, Alta Verapaz.

Esta investigación se realizó con un diseño experimental completamente al azar con cuatro tratamientos y tres repeticiones cada uno y se utilizó la prueba de Tukey en los tratamientos donde existía diferencia significativa

Al realizar las mediciones después de los 100 días de la siembra, se determinó que el mejor sustrato fue el de suelo 50 % + cascarilla de café 50 %, debido a las características físicas que posee, se obtuvo una media de peso seco de raíz de 0,52 g, 25,2 cm de altura, 3,89 mm de diámetro de fuste y un peso promedio de parte aérea de 4,94 g.

INTRODUCCIÓN

El éxito de una plantación forestal, independientemente del objetivo, inicia con la selección de semillas de calidad y la producción de plantas a nivel de vivero, la producción de plantas con buenas características no depende únicamente de las propiedades genéticas de las semillas, sino también de las propiedades de los sustratos, pues las plantas se desarrollan inicialmente en estos.

Actualmente, se utilizan gran variedad de sustratos para la producción de las plantas en viveros, estos son: fibra de coco, turbas, suelo, piedra pómez, arena de río, *lombricompost*, etc. Generalmente en viveros se utiliza el sustrato importado denominado turba, más conocido como *Peat moss*, el cual presenta buenas propiedades para la producción de plantas pero su costo es muy elevado.

Encontrar un sustrato adecuado y de bajo costo es un reto que se presenta para un productor de plantas en vivero, pues cada especie tiene requerimientos distintos, sin embargo de investigaciones científicas es posible determinar un sustrato óptimo. Por lo que en esta investigación se evaluaron cuatro sustratos a base de cascarilla de café y suelo, aserrín y suelo, arena de río y suelo y *peat moss*, para la producción de plantas de eucalipto (*Eucalyptus torelliana* F. Muell) en el municipio de Santa Cruz, Alta Verapaz.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la producción de plantas en viveros forestales, se utilizan distintos sistemas de establecimiento, entre ellos están las bolsas de polietileno y los contenedores; estos últimos son los más recomendados debido a su durabilidad, ahorro de espacio y sustrato, pero tienen una alta inversión inicial respecto a las bolsas de polietileno.¹

Las plantas de eucalipto (*Eucalyptus torelliana* F. Muell) son producidas generalmente mediante turbas comerciales tipo *Peat moss*, debido a que este sustrato presenta buenos resultados al producir especies del género *Pinus*, sin embargo para el caso de la especie (*Eucalyptus torelliana*) no se conoce en qué tipo de sustrato se desarrolla mejor según las condiciones climáticas de la región.

Las turbas como el *Peat moss* son importadas principalmente de países como Canadá y Finlandia por lo que tienen un alto costo respecto a sustratos utilizados convencionalmente. Hasta el momento, la demanda mundial de sustratos obtenidos a partir de turbas comerciales ha sido satisfecha; sin embargo presenta un panorama difícil en relación con el incremento de la demanda del sustrato.²

En la actualidad se empiezan a tener restricciones ecológicas en los países como Canadá donde se extrae este recurso natural en grandes volúmenes, pues es natural que ocurra un desequilibrio ecológico en las regiones de extracción,

¹Enriquez Giron, Fernando Isaac. Evaluación de nueve sustratos para la producción de pino candelillo (*Pinus maximinoi* H.E. Moore), Utilizando contenedores V-93, Cobán, Alta Verapaz. Informe Técnico en Producción Agrícola., USAC, Centro Universitario del Norte. 2003.

²ibíd

autoridades oficiales de ecología y ambiente en estos países, detectaron ya este problema, por lo que implementaron un control en las extracciones para no impactar de manera severa el medio ambiente de dichas áreas, lo que podría reducir la oferta y disponibilidad de este producto para los países importadores.

Cuando se desea establecer un vivero de plantas de eucalipto en contenedores es necesario utilizar un sustrato que otorgue buenas condiciones a la planta y costo accesible al productor, por lo tanto debe existir una relación que permita hacer la producción rentable.

Generalmente se utilizan sustratos importados tipo *Peat moss* que poseen buenas características, para un adecuado desarrollo de la planta, sin embargo la producción de eucalipto no está limitada únicamente a productores que puedan obtener esta turba. En la región de las verapaces al ser una zona con abundantes recursos naturales, existen materiales que pueden ser utilizados para la elaboración de sustratos. Estos materiales pueden ser: broza de pino, aserrín, cascarilla de café, cascarilla de arroz, fibras de plantas de la familia *poaceae* como el maíz (*Zea mays* L.) o jaragua (*Hyparrhenia rufa*) entre muchas otras. Por lo que surge la interrogante si estos sustratos son igualmente adecuados para producir plantas de eucalipto.

JUSTIFICACIÓN

Cualquier evaluación que se realice sobre sustratos para producir eucalipto en las verapaces, permite generar información para los productores de plantas forestales, que podría favorecer la reducción de costos y maximizar el uso de recursos en el proceso de producción. Por lo tanto se generaría una independencia de la importación de turbas y de los altos costos que esto implica.

Esta investigación tiene la finalidad de aportar elementos que posiblemente ampliarían los espacios de comercialización y producción de eucalipto (*Eucalyptus torelliana* F. Muell) en vivero, mediante la propuesta de sustratos que presenten características como buen drenaje, retención de humedad, adecuada aireación y disponibilidad de nutrientes, que permitan desarrollar plantas en buenas condiciones y disminuir costos.

OBJETIVOS

General

Evaluar alternativas de sustratos para la producción de eucalipto (*Eucalyptus torelliana* F. Muell) en vivero en el municipio de Santa Cruz, Alta Verapaz

Específicos

- a) Contribuir a la generación de información técnica de sustratos para la producción de plantas de eucalipto (*Eucalyptus torelliana* F. Muell) en vivero en el municipio de Santa Cruz, Alta Verapaz
- b) Identificar el efecto de las propiedades físicas de los sustratos evaluados en el desarrollo de plantas de eucalipto (*Eucalyptus torelliana* F. Muell) en vivero en el municipio de Santa Cruz, Alta Verapaz
- c) Realizar un análisis económico, de los sustratos evaluados para medir la relación que existe entre los beneficios y los costos

ANTECEDENTES

Hasta el año 2014 en el Centro Universitario del Norte -CUNOR- no se había realizado ningún estudio técnico o tesis sobre la evaluación de sustratos para la producción de plantas de eucalipto (*Eucalyptus torelliana* F. Muell) en la etapa de vivero.

En el trabajo realizado por Tut Si en el año 2013, sobre sustratos orgánicos como alternativa para la producción de palo blanco (*Tabebuia donnell-smithi*), se llegó a la conclusión de que el *lombricompost* a base de pulpa de café y arena de río en relación 1:1 como sustrato, favorece al crecimiento de esa planta.

Castillo M. en el año 2007, indica en su investigación de evaluación de sustratos y endurecimientos en plantas de *Eucalyptus grandis* Mill en Cuba, que el sustrato con mejores características para un desarrollo de plantas es la fibra de coco debido a sus condiciones de aireación y drenaje.³

En el CUNOR de la Universidad de San Carlos de Guatemala -USAC- se realizó una evaluación de sustratos por Enriquez en el año 2003, para la producción de pino candelillo (*Pinus maximinoi*) en contenedores, donde concluyó que el mejor sustrato es el que está compuesto por lombricompost+ arena pómez+ *Peat moss* (1:2:1)⁴

³Castillo Martinez, *Efectos de diferentes sustratos y del endurecimiento por riego de calidad de las plantas de (Eucalyptus grandis Mill) en contenedores en pinar del rio Cuba.* <http://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/17029/1/Castillo%20Mart%C3%ADnez,%20Iris%20de%20la%20Caridad.pdf> (18 de marzo de 2015).

⁴ Enriquez Giron, Fernando Isaac. *Evaluación de nueve sustratos para la producción de pino candelillo (Pinus maximinoi H.E. Moore), Utilizando contenedores V-93, Cobán, Alta Verapaz.* Informe Técnico en Producción Agrícola., USAC, Centro Universitario del Norte. 2003.

CAPÍTULO 1 MARCO TEÓRICO

1.1 Eucalipto (*Eucalyptus torelliana* F. Muell)

1.1.1 Generalidades

El eucalipto últimamente toma importancia a nivel mundial para la producción de celulosa, como bosques energéticos así como plantas ornamentales bien manejadas, debido a su rápido crecimiento y alta adaptabilidad a condiciones adversas.

1.1.2 Nombre científico

Eucalyptus torelliana F. Muell

1.1.3 Sinónimos

En otros países se le conoce como *Corymbia torelliana*.

1.1.4 Familia

Myrtaceae

1.1.5 Procedencia

Es endémico de Australia y Tasmania.

1.2 Características

1.2.1 Morfológicas

Eucalyptus torelliana F. Muell es un árbol que puede alcanzar alturas de 45 m a 55 m, es de hojas perennes. En entornos desfavorables crece en forma de arbusto retorcido, aunque su tronco suele ser recto. La corteza varía en textura según sea la disponibilidad

de humedad y la altitud, pero generalmente es persistente o escamosa, suave y sus fibras color marrón rojizo.⁵

1.2.2 Usos

La madera se utiliza principalmente para la producción de leña, otro uso principal de la madera es para postes. El árbol también se utiliza para jardines de exterior y bosque urbano, como árbol de calle, se adapta a muchas condiciones climáticas y de suelo. Es de denso follaje por lo tanto es ideal para proporcionar sombra. Se puede utilizar para bosques con fines energéticos sin embargo, existen otras especies con mejores características para esa función.⁶

1.2.3 Propagación

Se propaga fácilmente a partir de semillas, que germinan en una a dos semanas. Tienen una larga vida útil media vez se tengan los parámetros ideales de humedad y temperatura los cuales son 22 °C a 24 °C. La semilla germina de 7 días a 14 días aproximadamente. El tamaño de la semilla es de 2 mm de largo y 1 mm de ancho aproximadamente, es de color café claro.⁷

1.2.4 Madera

Su madera es dura y pesada. El duramen es de color marrón rojizo que a veces se torna más oscura a la exposición del Sol. La albura es de color blanco, crema o rosado claro, y está claramente diferenciada del duramen.⁸

⁵ *Trees in the landscape, Part 3: Corymbia torelliana*. <http://ucanr.edu/sites/HodelPalmsTrees/files/186122.pdf> (10 de marzo 2015)

⁶ *Ibíd*

⁷ *Ibíd*

⁸ *Ibíd*

1.2.5 Hábitat y distribución

Esta especie tiene su área de dispersión natural en las costas de *Queensland* y Nueva Gales del Sur, desde los 17 °S hasta los 32 °S. Se desarrolla bien de una altura de los 300 msnm hasta los 1800 msnm, es moderadamente resistente a la aridez y bastante resistente al calor. Temperaturas medias de 15 °C a 21 °C máximas de 46 °C y mínimas de -5°C, precipitaciones medias de 1500 mm, es propia de suelos pobres, ligeramente húmedos, drenados.⁹

1.3 Sustratos

Es todo material físico, natural, sintético o residual, donde se desarrollan las raíces, que colocados en un contenedor, en forma pura o mezclada, permite el anclaje y el soporte de toda la planta. El mejor sustrato es aquel que proporcione a las raíces las mejores condiciones de desarrollo en cuanto a la aireación, retención de agua, nutrientes y temperatura.¹⁰

1.3.1 Peat moss

Este sustrato es a base de musgo *Sphagnum*, el cual es muy utilizado en la germinación de semillas, es originario de Canadá. Proporciona condiciones para un buen desarrollo radicular de las plántulas, está libre de plagas y enfermedades como hongos, larvas, nematodos y porciones de otras plantas. Es un material que posee características similares a las de la fibra de coco. Posee una excelente retención de humedad, alrededor de un 70 %.¹¹

⁹ Ibíd

¹⁰ Sustrato. https://www.cosechandonatural.com.mx/que_es_el_sustrato_articulo24.html (26 de febrero 2015).

¹¹ Peatmoss. https://www.cosechandonatural.com.mx/Saco_peat_moss_7_lts_fm18_sfm3_prd248.html (26 de febrero 2015).

1.3.2 Cascarilla de café

La cascarilla de café es un subproducto de la industria cafetera. Entre sus principales propiedades físico-químicas tenemos que es un sustrato orgánico de baja tasa de descomposición, es liviano, de buen drenaje, buena aireación y su principal costo es el transporte.¹²

1.3.3 Aserrín de pino

Las propiedades físicas del aserrín dependen del tamaño de sus partículas y se recomienda que del 20 % - 40 % sean inferiores a 0,8 mm. Es un sustrato ligero, con una densidad aparente de 0,1 g/cm³ a 0,45 g/cm³. La porosidad total es superior al 80 %, la capacidad de retención de agua es de baja a media, pero su capacidad de aireación suele ser adecuada. La ventaja principal del aserrín es su bajo costo.¹³

1.3.4 Arena de río

Es un material disponible en nuestro país, su origen es variable según en la región en la que se encuentre. Posee una retención de agua de un 38 %, posee una buena estabilidad física y durabilidad, desde el punto de vista biológico es completamente libre de microorganismos.¹⁴

1.4 Propiedades de los sustratos

1.4.1 Porosidad

La porosidad es el volumen total del medio no ocupado por las partículas sólidas, por lo que está ocupado por aire o agua en una cierta proporción. El valor no debería ser inferior al valor 70 % - 85 %,

¹² Cascarilla de café. http://www.drcalderonlabs.com/Investigaciones/Cascarilla_Caolinizada/La_Cascarilla_Caolinizada.htm (26 de febrero 2015)

¹³ Aserrín de pino. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=60923315007> (26 de febrero de 2015)

¹⁴ Piedra pómez. http://www.hydroenv.com.mx/catalogo/index.php?main_page=page&id=32&chapter=1(26 de febrero 2015)

aunque sustratos de menor porosidad pueden ser usados ventajosamente en determinadas condiciones.

La porosidad debe ser abierta, pues la porosidad ocluida, al no estar en contacto con el espacio abierto, no sufre intercambio de fluidos con él y por tanto no sirve como almacén para la raíz. El menor peso del sustrato será el único efecto positivo.¹⁵

1.4.2 Densidad

Hay dos formas de expresar la densidad de un sustrato. La densidad aparente, se define como la masa contenida en la unidad de volumen, incluyendo el volumen ocupado por los poros. La densidad real es la densidad de las partículas sólidas del sustrato.¹⁶

1.4.3 Estructura

La estructura es otra de las propiedades de un sustrato y puede ser granular como la de la mayoría de los sustratos minerales o bien fibrilares. La primera no tiene forma estable, acoplándose fácilmente a la forma del contenedor, mientras que la segunda dependerá de las características de las fibras. Si son fijadas por algún tipo de material de cementación, conservan formas rígidas y no se adaptan al recipiente pero tienen cierta facilidad de cambio de volumen y consistencia cuando pasan de secas a mojadas.¹⁷

1.5 Características del sustrato ideal

El mejor medio de cultivo depende de numerosos factores como el tipo de material vegetal con el que se trabaja (semillas, plantas, estacas, etc.),

¹⁵Infoagro Systems, S.L. *Tipos de sustratos de cultivo*.
http://www.infoagro.com/industria_auxiliar/tipo_sustratos2.htm (13 de febrero de 2015).

¹⁶ibíd

¹⁷ibíd

especie vegetal, condiciones climáticas, sistemas y programas de riego y fertilización, aspectos económicos, etc. Para obtener buenos resultados durante la germinación, el enraizamiento y el crecimiento de las plántulas, se requieren las siguientes características del medio de cultivo:¹⁸

1.5.1 Propiedades físicas

- Elevada capacidad de retención de agua.
- Suficiente suministro de aire.
- Distribución del tamaño de las partículas que mantenga las condiciones anteriores.
- Baja densidad aparente.
- Elevada porosidad.
- Estructura estable, que impida la contracción (o hinchazón del medio).

1.5.2 Propiedades químicas

- Baja o apreciable capacidad de intercambio catiónico, dependiendo de que la fertirrigación se aplique permanentemente o de modo intermitente, respectivamente.
- Suficiente nivel de nutrientes asimilables.
- Baja salinidad.
- Elevada capacidad tampón y capacidad para mantener constante el pH.
- Mínima velocidad de descomposición.

1.5.3 Otras propiedades

- Libre de semillas de malas hierbas, nemátodos y otros patógenos y sustancias fitotóxicas.
- Reproductividad y disponibilidad.
- Fácil de mezclar.
- Fácil de desinfectar y estabilidad frente a la desinfección

¹⁸ Toledo, Pablo, *Evaluación de un sustituto de turba de musgo (Peat moss) como sustrato y un estimulador radicular en la producción de plántulas de maíz dulce (Zea mays l.) y tomate (Lycopersicum esculentum l.) bajo condiciones de invernadero en San Jerónimo, Baja Verapaz.* http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/01/01_2341.pdf (18 de marzo de 2015).

HIPÓTESIS

En la investigación se espera un mejor resultado durante la producción de plantas de eucalipto en vivero, en aquellas que se encuentren en los sustratos de cascarilla de café, debido a que es el sustrato que posee buenas propiedades como de baja tasa de descomposición, es liviano, de buen drenaje y buena aireación, lo que permitiría un mejor crecimiento radicular y de retención de humedad.

CAPÍTULO 2

MARCO METODOLÓGICO

2.1. Descripción del área

2.1.1 Ubicación geográfica

La investigación se realizó en el municipio de Santa Cruz, departamento de Alta Verapaz, la ubicación exacta está en la carretera CA-14 en el km 200,5 en el cruce de la finca María Auxiliadora a 500 m de la cinta asfáltica. Con las coordenadas geográficas: latitud norte 15°22'25" y longitud oeste 90°25'50".

2.1.2 Características ecológicas

De acuerdo a la Clasificación de Zonas de vida según Holdridge adaptadas a Guatemala por J.R. De la Cruz, la mayor parte del municipio corresponde al Bosque muy húmedo subtropical frío (bmh-S(f)).¹⁹

2.1.3 Características climáticas

La precipitación pluvial anual media es de 2 284 mm y la altura en la que se encuentra es de 1 406 msnm. La temperatura promedio se ubica entre los 18 °C y 22 °C.

¹⁹ USAC. *Ubicación geográfica de Santa Cruz, Alta Verapaz*. http://biblioteca.usac.edu.gt/eps/03/03_0719_v8 (20 de abril de 2015)

2.2 Preparación del área experimental

Se eligió un terreno con la menor pendiente posible, luego se procedió a limpiarlo con machete y azadón, se eliminaron malezas y rocas presentes.

Con cuatro reglas de madera de las siguientes dimensiones, dos de 80" x 4" x 1" y dos de 40" x 4" x 1" se construyó una estructura rectangular con malla metálica de 1/4" para separar las plantas 10 cm del suelo. Se elaboró un techo para evitar que la lluvia cayera directamente sobre el terreno, aproximadamente a 2m de altura, con *nylon* de polietileno.

2.2.1 Tamaño del experimento

Cada tratamiento contó con tres repeticiones y cada repetición 32 plantas, por lo tanto se tuvieron 96 plantas por tratamiento. En total se evaluaron 384 plantas.

2.2.2 Materiales e insumos

**CUADRO 1
MATERIALES E INSUMOS UTILIZADOS EN LA
INVESTIGACIÓN**

Cantidad	Unidad de medida	Descripción
2	unidad	reglas de madera de 80" x 4" x 1"
2	unidad	reglas de madera de 40" x 4" x 1"
2.5	metro cuadrado	malla metálica de 1/4"
6	Unidad	bandejas
0,5	Kg	fertilizante
5	g	Semillas

Fuente: Investigación de campo. Año 2015.

2.2.3 Contenedores

Los contenedores poseían 64 celdas. Cada celda tenía 3 cm de diámetro superior y aproximadamente 2 cm de inferior, y 10 cm de profundidad, con un volumen de 50 cm³ cada celda.

2.2.4 Características del material experimental

Para el establecimiento de las plantas se utilizaron semillas certificadas por Banco Nacional de Semillas Forestales (BANSEFOR) del INAB para garantizar una buena germinación y buen desarrollo de las plantas.

2.3 Metodología experimental

2.3.1 Modelo estadístico

Se utilizó el siguiente modelo estadístico para un diseño experimental completamente al azar.

$$Y_{ij} = U + T_i + E_{ij}$$

En donde

Y_{ij} = Variable respuesta observada

U = Efecto de la media general

T_i = Efecto del i -ésimo tratamiento

E_{ij} = Error experimental asociado a ij -ésima unidad experimental.

2.3.2. Análisis experimental

Se utilizó un análisis de varianza (ANDEVA) del experimento para identificar los tratamientos con niveles de significancia y se realizó la prueba de Tukey para comparar las medias de los tratamientos con nivel de significancia.

2.3.3 Tratamientos

**CUADRO 2
TRATAMIENTOS**

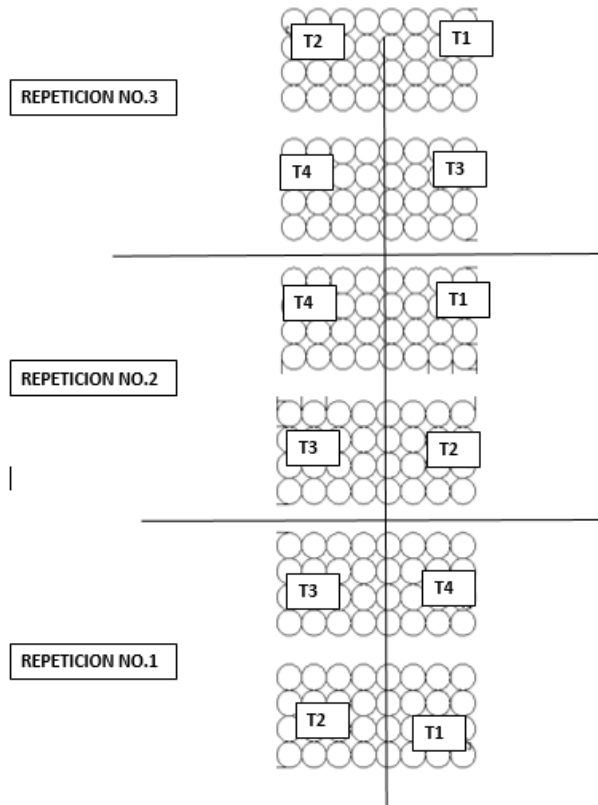
TRATAMIENTOS	DESCRIPCIÓN
1	Suelo 50 % y arena río 50 %
2	Suelo 50 % y aserrín 50 %
3	Suelo 50 % y cascarilla de café 50 %
4	<i>Peat moss</i>

Fuente: Investigación de campo. Año 2015.

2.3.4 Diagrama experimental

Esta fue la manera en que se encontraban distribuidos los tratamientos en el campo

**GRÁFICO 1
DIAGRAMA EXPERIMENTAL**



2.3.5 Variables respuestas

Las variables respuestas se midieron luego de 100 días de trasplantadas las plantas a las bandejas.

a. Altura de la planta

Se midió la altura de la planta desde el cuello de la raíz hasta el meristemo apical para ello se utilizó una regla graduada en centímetros.

b. Peso seco de la raíz

Al medir esta variable respuesta se cortó la raíz desde el cuello y se removió el suelo con agua, posteriormente se llevó al laboratorio donde se introdujo al horno a 105 °C y se pesó a las 24 horas.

c. Peso fresco del follaje

Se cortó el follaje desde el cuello de la raíz e inmediatamente se pesó en el lugar, para evitar que existieran pérdidas de agua por transpiración y evaporación, se midió en gramos con una balanza analítica.

d. Diámetro del cuello de la raíz

Se midió en milímetros por medio de un *vernier* para tener una mayor precisión en las lecturas, esta medición se realizó al ras del sustrato con el fuste de la planta.

2.4 Manejo experimental

2.4.1 Elaboración de semillero

Se elaboró un semillero en una caja de madera con arena pómez tamizada en malla de 1 mm a 2 mm donde se dieron las mejores

condiciones para una buena germinación y crecimiento de las plántulas. Luego de 15 días de la germinación se procedió a seleccionar a las mejores plantas y trasplantarlas a los contenedores.

2.4.2 Desinfección de sustrato de semillero

La desinfección se realizó con agua hirviendo antes de realizar la siembra.

2.4.3 Preparación de estructuras para colocar contenedores

El experimento se realizó en unas estructuras de madera y malla metálica el cual se levantó 10 cm del suelo.

2.4.4 Preparación de los sustratos

Los materiales que se usaron para la elaboración de los sustratos fueron suelo negro, arena de río, aserrín, cascarilla de café, *Peat moss*. Todos los sustratos fueron tamizados en una malla de 2 mm para garantizar buenas condiciones y uniformidad en el medio. Se llenaron los contenedores con los sustratos de manera uniforme, y se golpearon un poco para evitar cámaras de aire. Finalmente se identificaron los sustratos con rótulos de madera.

2.4.5 Trasplante

Luego de seleccionar las mejores plántulas se procedió a retirarlas con delicadeza del semillero y se colocaron en papel húmedo para transportarlas a los contenedores. Posteriormente se humedecieron los sustratos y se realizó un pequeño agujero del largo de la raíz de la planta y se colocaron en él, con los dedos se ejerció una pequeña presión para evitar que quedaran cámaras de aire y al mismo tiempo evitar daño la planta.

2.4.6 Replante

Si por algún motivo de algún mal manejo, estrés u otro factor una planta se perdía, 3 días después del trasplante era sustituida.

2.4.7 Fertilización

A los tres días de realizar el trasplante se aplicó un fertilizante de lenta liberación (12-8-16 + (3MgO) + (10S) + ME) a razón de 1 gr aproximadamente por celda. A partir de los 15 días del trasplante se aplicó un fertilizante soluble 20-20-20 aproximadamente 0.5 gramos de fertilizante por planta. A partir de 60 días se aplicó un gramo por planta del mismo fertilizante soluble.²⁰

2.4.8 Desmalezado y riegos

Se realizó un desmalezado del ensayo una vez por semana para evitar la propagación de plantas que podrían afectar el crecimiento de las plantas de eucalipto.

El riego se realizó diariamente, excepto los días de lluvia, para mantener la uniformidad de humedad en el sustrato y al mismo tiempo evitar que la humedad fuera un factor de variación del experimento.

2.4.9 Control de plagas y enfermedades

Se realizaron monitoreos constantes, para identificar la incidencia de plagas y enfermedades, y en base a ello se aplicaron los controles mecánicos adecuados, como eliminación manual de insectos y hojas enfermas, para evitar daños en el experimento.

²⁰ Castillo Martínez, *Efectos de diferentes sustratos y del endurecimiento por riego de calidad de las plantas de (Eucalyptus grandis Mill) en contenedores en pinar del rio Cuba.*

CAPÍTULO 3 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

A continuación se presentan los resultados que se obtuvieron en los cuatro tratamientos. En los cuales se evaluaron cuatro variables respuestas las cuales fueron: peso seco de las raíces, altura de la planta, diámetro del fuste y peso del follaje de las plantas. Esto para medir el efecto que tiene el tipo de sustrato en las variables antes mencionadas.

A cada variable, se le realizó el análisis de varianza, se utilizó un alfa de 0,05 o sea del 5 %. También incluye un cuadro con las siguientes características de los sustratos: densidad aparente, densidad real, porosidad y pH.

**CUADRO 3
CARACTERÍSTICAS DE LOS SUSTRATOS EVALUADOS**

Sustrato	Densidad aparente (g/ cm³)	Densidad real (g/ cm³)	Porosidad	pH
Suelo 50 % + arena de río 50 %	0,81	1,77	54,24	7,2
Suelo 50 % + aserrín 50 %	0,31	1,43	78,32	5,8
Suelo 50 % + cascarilla de café 50 %	0,29	1,25	76,80	6,9
<i>Peat moss</i>	0,12	1,1	89,09	4,2
Sustrato optimo	0,1 – 0,75	1- 1,75	70 % - 90 %	6,5 – 7,5

Fuente: Investigación de campo. Año 2015

Se puede observar que las propiedades físicas que se evaluaron de los sustratos se encuentran dentro de los rangos ideales que un sustrato debe tener para producir plantas sin problemas según Catillo 2007 (las cuales están en la última fila del cuadro). El único sustrato que no presenta características aceptables es el sustrato compuesto por Suelo 50 % + arena de río 50 %.

3.1 Peso seco de raíces

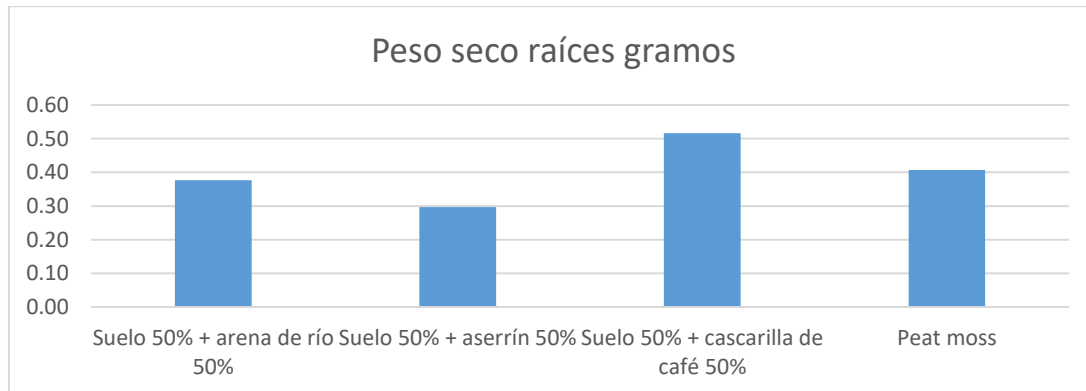
CUADRO 4
PROMEDIO DE PESO SECO DE RAÍCES, 15 PLANTAS MUESTREADAS
POR REPETICIÓN

Peso seco raíces gramos				
Tratamiento	1	2	3	promedio/tratamiento
Suelo 50 % + arena de río 50 %	0,35	0,41	0,37	0,38
Suelo 50 % + aserrín 50 %	0,33	0,26	0,3	0,30
Suelo 50 % + cascarilla de café 50 %	0,55	0,51	0,49	0,52
<i>Peat moss</i>	0,42	0,39	0,41	0,41
Promedio/repetición	0,41	0,39	0,39	

Fuente: Investigación de campo. Año 2015

Al comparar aritméticamente los promedios del peso seco de las raíces se puede observar que el tratamiento que presenta un mayor peso es el compuesto por suelo 50 % + cascarilla de café 50 % y el menor es el de suelo 50 % + aserrín 50 % por lo que se realizó un análisis de varianza para comprobar si existía diferencia estadística.

GRÁFICO 2
PROMEDIO DE PESO SECO DE RAÍCES, MUESTREADAS 15 PLANTAS
POR REPETICIÓN



Fuente: Investigación de campo. Año 2015

Como se observó en los promedios anteriormente, el sustrato a base de cascarilla de café presenta la media más alta.

CUADRO 5
ANÁLISIS DE VARIANZA PARA PROMEDIO DE PESO SECO DE RAÍCES,
MUESTREADAS 15 PLANTAS POR REPETICIÓN.

Fuente	GL	SC	MC	Valor Fcal	Valor Ftab
Tratamiento	3	0,074625	0,024875	29,85*	4,066
Error	8	0,006667	0,000833		
Total	11	0,081292	(*)Significativo		

Fuente: Investigación de campo. Año 2015

Referencias:

G.L. : grados de libertad

S.C. : suma de cuadrados

C.M. : cuadrado medio o varianza

F_c : F calculada u observada

F_{0.05} : F con alfa de 5 %

S : significativo

Los resultados del análisis de varianza del cuadro anterior indican que existe diferencia significativa con un alfa de 0,05 o 5 % entre los tratamientos evaluados, por lo que fue necesario realizar una comparación de medias.

CUADRO 6
PRUEBA DE COMPARACIÓN DE MEDIAS DE TUKEY PARA PROMEDIO DE
PESO SECO DE RAÍCES, MUESTREADAS 15 PLANTAS POR REPETICIÓN

Tratamiento	Media	Agrupación
Suelo 50 % + cascarilla de café 50 %	0,52	A
Suelo 50 % + arena de río 50 %	0,38	B
<i>Peat moss</i>	0,41	B
Suelo 50 % + aserrín 50 %	0,30	C

Fuente: Investigación de campo. Año 2015

Al observar los resultados de la prueba de Tukey del peso seco de las raíces se puede observar que el mejor tratamiento está compuesto por suelo 50 % + cascarilla de café 50 % y el menor fue el de suelo 50 % + aserrín 50 %, si se toma en cuenta que la densidad aparente de ambos sustratos es similar, con alrededor de 0.3 g/cm³ cada uno por lo que esta no puede ser la causa de dicha variación.

El sustrato con la mejor media es el compuesto de suelo 50 % + cascarilla de café 50 %, esta última es un compuesto celulo-lignoso que es de muy lenta descomposición, por tal razón no modifica las características químicas de un sustrato a lo largo del tiempo, solo mejora las características físicas si se emplea de una manera correcta en las mezclas²¹. Caso contrario de lo que ocurre con el aserrín no compostado principalmente de coníferas, que por su contenido de resinas y taninos que producen fitotoxicidad en las plantas. Otro factor a considerar es que el aserrín al estar en constante descomposición, genera un desequilibrio en la relación carbono- nitrógeno que causa una deficiencia de nitrógeno en las plantas debido a la constante actividad descomponedora que presentan los microorganismos en el sustrato.

Únicamente el sustrato suelo 50 % + arena de río 50 % se encuentra fuera de los rangos óptimos de un sustrato ideal, respecto a su densidad aparente, densidad real y porosidad. Al poseer una densidad aparente alta de $0,81 \text{ g/cm}^3$ respecto al sustrato ideal mencionado por Castillo 2003, ($0,1 \text{ g/cm}^3 - 0,75 \text{ g/cm}^3$), este puede ser un factor que afecte negativamente el crecimiento de las raíces por consiguiente su peso, pues las plantas gastarían una mayor cantidad de energía en tratar de crecer y darle un buen anclaje a la planta. Por poseer una porosidad baja de un 54,24 %, esto repercute en la cantidad de oxígeno que se encuentra en el sustrato pues se observó que de todos los sustratos este es el que poseía un tamaño de partículas menor, así como el aumento de la compactación.

Mientras tanto el sustrato a base de *Peat moss* mostró un peso de raíces sin diferencia significativa con el sustrato de suelo 50 % + arena de río 50 %. Al ser de origen orgánico y de turba en descomposición posee un pH bajo de 4,2 que puede afectar la disponibilidad de algunos elementos para ser absorbidos por

²¹ Castillo Martínez, Efectos de diferentes sustratos y del endurecimiento por riego de calidad de las plantas de (*Eucalyptus grandis* Mill) en contenedores en pinar del río Cuba.

las plantas, este pH que se encuentra muy por debajo del rango ideal recomendado para la producción de plantas del género *Eucalipus* que abarca desde 5,2 hasta 7,1.²²

3.2 Altura de plantas

CUADRO 7
PROMEDIO DE ALTURA DE PLANTAS EN CENTÍMETROS,
MUESTREADAS 15 PLANTAS POR REPETICIÓN.

Altura planta cms				
Tratamiento	1	2	3	promedio/tratamiento
Suelo 50 % + arena de río 50 %	19,8	20,3	19,5	19,87
Suelo 50 % + aserrín 50 %	16,5	17,2	17,7	17,13
Suelo 50 % + cascarilla de café 50 %	25,1	24,4	26,1	25,20
<i>Peat moss</i>	23,1	22,5	22,7	22,77
Promedio/repetición	21,13	21,10	21,50	

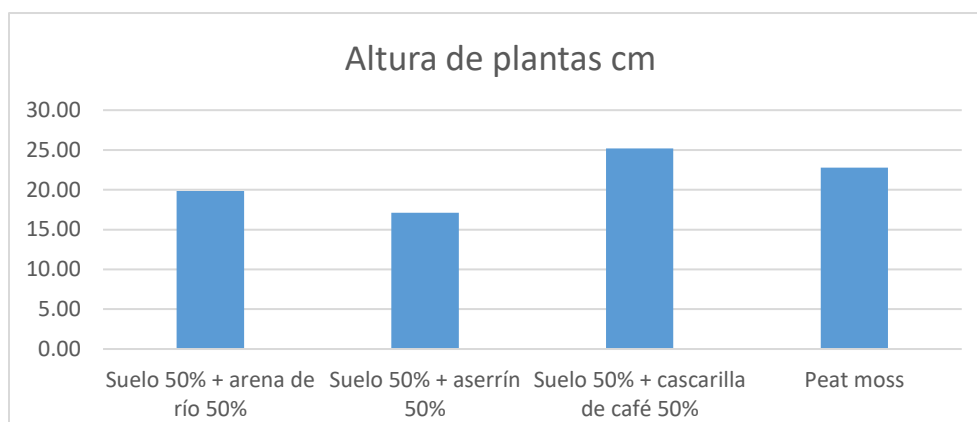
Fuente: Investigación de campo. Año 2015

La altura es un indicador del grado de desarrollo de la parte aérea, por lo que presenta fuertes correlaciones con el número de hojas y con la superficie foliar, que son determinantes en los procesos fotosintéticos y de transpiración.

Al observar los resultados que se obtuvieron en la fase de campo se determinó que al igual que en el peso seco de la raíz el tratamiento que posee las plantas con una mayor altura es suelo 50 % + cascarilla de café 50 % y el que posee la menor altura es suelo 50 % + aserrín 50 %, se puede decir que existe una relación entre dichas variables respuesta que afectan estos dos aspectos morfológicos de las plantas de eucalipto a los cien días de su siembra.

²² ibíd

GRÁFICO 3
PROMEDIO DE ALTURA DE PLANTAS EN CENTÍMETROS,
MUESTREADAS 15 PLANTAS POR REPETICIÓN



Fuente: Investigación de campo. Año 2015

En la gráfica se percibe que las medias de los tratamientos generalmente presentan parecidos datos, sin embargo se observa claramente que el tratamiento número tres es el que más sobresale.

CUADRO 8
ANÁLISIS DE VARIANZA PARA PROMEDIO DE ALTURA DE PLANTAS
MUESTREADAS EN CENTÍMETROS, MUESTREADAS 15 PLANTAS
POR REPETICIÓN

Fuente	GL	SC	MC	Valor F _{cal}	Valor F _{tab}
Tratamiento	3	110,289	36,7631	108,93*	4,066
Error	8	2,7	0,3375		
Total	11	112,989		(*)Significativo	

Fuente: Investigación de campo. Año 2015

Referencias:

- G.L.** : grados de libertad
- S.C.** : suma de cuadrados
- C.M.** : cuadrado medio o varianza
- F_c** : F calculada u observada
- F_{0.05}** : F con alfa de 5 %
- S** : significativo

Los resultados del análisis de varianza del cuadro anterior indican que existe diferencia significativa con un alfa de 0,05 o 5 % entre los tratamientos evaluados, por lo que fue necesario realizar una comparación de medias.

CUADRO 9
PRUEBA DE COMPARACIÓN DE MEDIAS DE TUKEY PROMEDIO DE
ALTURA DE PLANTAS EN CENTÍMETROS, MUESTREADAS 15
PLANTAS POR REPETICIÓN

Tratamiento	Media	Agrupación
Suelo 50 % + cascarilla de café 50 %	25,20	A
<i>Peat moss</i>	22,77	B
Suelo 50 % + arena de río 50 %	19,87	C
Suelo 50 % + aserrín 50 %	17,13	D

Fuente: Investigación de campo. Año 2015

El sustrato compuesto de suelo 50 % + cascarilla de café 50 % presentó las plantas que poseían una mayor altura, por lo que fue estadísticamente mejor. Esta diferencia se debió al único factor de variación que fue el sustrato, que por poseer un material adecuado para la aireación mantuvo sus características durante la estancia de la planta en el vivero. Por lo tanto permitió un mejor desarrollo radicular para una adecuada absorción de nutrientes y un buen desarrollo de las raíces gracias a su facilidad de intercambio gaseoso, y que las plantas con un buen sistema radicular poseen sistemas aéreos mejor desarrollados.

Mientras que el sustrato a base de aserrín con suelo, probablemente tenía una relación carbono - nitrógeno que le causó una deficiencia de nitrógeno a las plantas, el cual es un nutriente indispensable para el desarrollo foliar y vegetativo, por lo tanto al existir una deficiencia de este elemento las plantas tendrán un menor tamaño, disminuyen su estructura foliar por consiguiente su altura total. En el campo se observó que las plantas de este tratamiento presentaron un tono de verde más amarillento que el resto.

El *Peat moss* al ser un sustrato orgánico que se genera de la descomposición de compuestos vegetales, presenta características ácidas con un pH de 4,2. Según Ladis 2002 un pH menor de 5 afecta la disponibilidad de nutrientes como N, K, Ca, Mg y B, de los cuales el calcio y el boro son fundamentales al momento de la formación de la pared celular, al estar deficientes o no estar en los niveles adecuados estos nutrientes afectan el crecimiento de las plantas, por otra parte el N y Mg son indispensables para los procesos de fotosíntesis que al estar deficientes repercuten significativamente en el desarrollo de las plantas.

Se observó que el sustrato de suelo 50 % + arena de río 50 % al no poseer características físicas buenas como densidad aparente, densidad real muy elevadas y una porosidad baja, esto afectó el desarrollo radicular lo cual está íntimamente relacionado con el crecimiento de la parte aérea de una planta. La falta de oxígeno redujo el crecimiento de las raíces y de la parte aérea, y cuando es por un tiempo prolongado el déficit de oxígeno puede llegar a provocar la muerte de las raíces. El oxígeno también es requerido por los microorganismos que se encuentran dentro del sustrato por lo tanto sería una pérdida más de este elemento en el sustrato.

El período de tiempo en que permanece en el vivero y el tamaño medio de la planta al momento de su establecimiento en campo, varían mucho de un país a otro. En Papúa Nueva Guinea, cerca del ecuador terrestre, necesita aproximadamente 2 meses para obtener plantas de *E. deglupta* de 25 cm a 30 cm de altura²³. En la mayor parte de las regiones tropicales y subtropicales, la altura media para la plantación varía de 20 cm a 30 cm y las plantas de este tamaño pueden obtenerse en 3 a 5 meses. Guatemala por encontrarse en latitud 14°N a 16°N se considera como subtropical, por lo tanto según este autor, los tratamientos que están adecuados para su trasplante según la altura

²³ Ibíd

son únicamente suelo 50 % + cascarilla de café 50 % con una altura promedio de 25,20 cm y el de *Peat moss* con un promedio de altura de 22,77 cm.

3.3 Diámetro del fuste

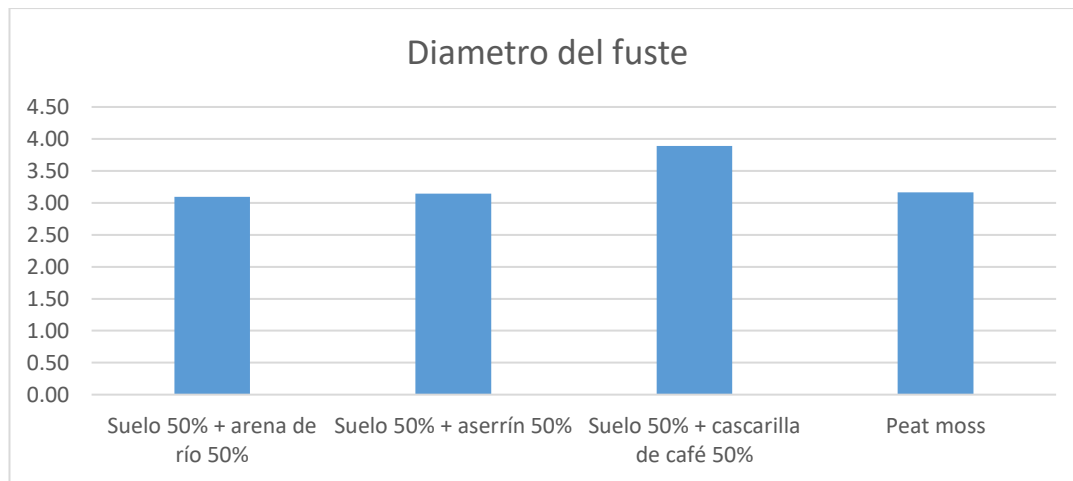
CUADRO 10
PROMEDIO DE DIÁMETRO DE FUSTE EN MILÍMETROS,
MUESTREADAS 15 PLANTAS POR REPETICIÓN

Diámetro del fuste mm				
Tratamiento	1	2	3	media/tratamiento
Suelo 50 % + arena de río 50%	2,98	3,14	3,17	3,10
Suelo 50 % + aserrín 50 %	3,01	3,15	3,27	3,14
Suelo 50 % + cascarilla de café 50 %	3,75	4,14	3,78	3,89
<i>Peat moss</i>	3,12	3,31	3,06	3,16
Promedio/repeticón	3,22	3,44	3,32	

Fuente: Investigación de campo. Año 2015

Se puede observar que las medias de esta variable respuesta son muy parecidas únicamente el sustrato de suelo 50 % + cascarilla de café 50 % presenta una leve diferencia de aproximadamente 0,7 mm respecto a los demás.

GRÁFICO 4
PROMEDIO DE DIÁMETRO DE FUSTE EN MILÍMETROS,
MUESTREADAS 15 PLANTAS POR REPETICIÓN



Fuente: Investigación de campo. Año 2015

CUADRO 11
ANÁLISIS DE VARIANZA PARA PROMEDIO DE DIÁMETRO DE FUSTE
EN MILÍMETROS, MUESTREADAS 15 PLANTAS POR REPETICIÓN

Fuente	GL	SC	MC	Valor Fcal	Valor Ftab
Tratamiento	3	1,2915	0,43049	18,82*	4,066
Error	8	0,183	0,02287		
Total	11	1,4745	(*)Significativo		

Fuente: Investigación de campo. Año 2015

Referencias:

- G.L.** : grados de libertad
- S.C.** : suma de cuadrados
- C.M.** : cuadrado medio o varianza
- F_c** : F calculada u observada
- F_{0.05}** : F con alfa de 5 %
- S** : significativo

Los resultados del análisis de varianza del cuadro anterior indican que existe diferencia significativa con un alfa de 0.05 o 5 % entre los tratamientos evaluados, por lo que fue necesario realizar una comparación de medias.

CUADRO 12
PRUEBA DE COMPARACIÓN DE MEDIAS DE TUKEY PARA PROMEDIO
DE DIÁMETRO DE FUSTE EN MILÍMETROS, MUESTREADAS 15
PLANTAS POR REPETICIÓN

Tratamiento	Media	Agrupación
Suelo 50% + cascarilla de café 50%	3,89	A
<i>Peat moss</i>	3,16	B
Suelo 50% + aserrín 50%	3,14	B
Suelo 50% + arena de río 50%	3,10	B

Fuente: Investigación de campo. Año 2015

Como se puede observar existe diferencia significativa en el diámetro del fuste, en un solo tratamiento que es el suelo 50 % + cascarilla de café 50 %, los tratamientos restantes son iguales estadísticamente. El diámetro del cuello

de la raíz o de la base del fuste es el atributo que pronostica con mayor precisión la supervivencia y desarrollo post-trasplante, aproximación del transporte de agua, de la resistencia mecánica y de la capacidad relativa para tolerar altas temperaturas en la superficie del suelo²⁴. Por lo tanto esta es una variable de crecimiento que está relacionada con la distribución de los haces vasculares principalmente el xilema pues es para el transporte de agua. De ello dependerá el diámetro que este posea. Es un parámetro muy utilizado para la determinación de la calidad de las plantas y es de muy fácil medición.

El diámetro de fuste está relacionado con el desarrollo de raíces, debido a que el tratamiento constituido por suelo 50 % + cascarilla de café 50 %, presentó las raíces con un mayor peso y por consiguiente una mayor distribución y un área de contacto para la absorción de agua y nutrientes que a su vez hacen que la planta acelere su metabolismo genere una mayor multiplicación celular, por lo tanto sus tejidos tendieron a crecer, entre ellos los haces vasculares donde se encuentra el xilema que es uno de los principales tejidos de los cuales depende el diámetro del fuste de las plantas.

A su vez los tratamientos como suelo 50 % + arena de río 50 % y suelo 50 % + aserrín 50 % presentaron bajos pesos radiculares, por lo tanto su absorción de agua y minerales probablemente fue bajo, debido a que sus haces vasculares seguramente no se desarrollaron de una manera adecuada esto repercutió en el diámetro de su tallo.

²⁴ *Ibíd*

3.4 Peso fresco del follaje

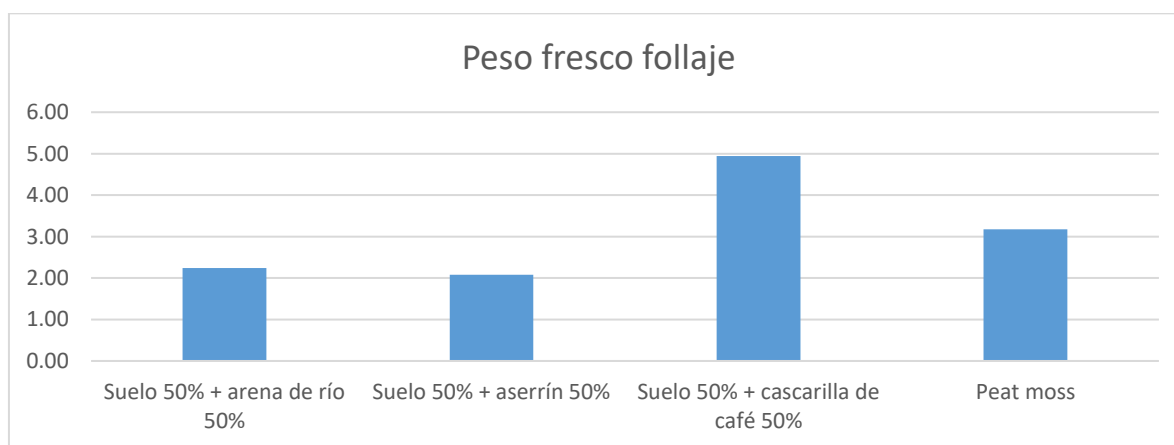
CUADRO 13
PROMEDIO DE PESO FRESCO DEL FOLLAJE EN GRAMOS,
MUESTREADAS 15 PLANTAS POR REPETICIÓN

Peso fresco Follaje				
Tratamiento	1	2	3	media/tratamiento
Suelo 50 % + arena de río 50 %	2,09	2,22	2,42	2,24
Suelo 50 % + aserrín 50 %	1,89	2,02	2,32	2,08
Suelo 50 % + cascarilla de café 50 %	4,78	4,94	5,11	4,94
<i>Peat moss</i>	3,32	3,42	2,78	3,17
Promedio/repetición	3,02	3,15	3,16	

Fuente: Investigación de campo. Año 2015

En el cuadro anterior se puede observar que las medias del peso fresco de follaje se comportan relativamente igual a los parámetros evaluados anteriormente, por lo tanto el mejor sustrato que se observa es el de suelo con cascarilla de café y el sustrato que presenta el menor promedio es el de suelo y aserrín.

GRÁFICO 5
PROMEDIO DE PESO FRESCO DEL FOLLAJE EN GRAMOS,
MUESTREADAS 15 PLANTAS POR REPETICIÓN



Fuente: Investigación de Campo. Año 2015

Con esta grafica se puede apreciar claramente que el sustrato de cascarilla de café sobresale sobre los valores del resto.

CUADRO 14
PROMEDIO DE PESO FRESCO DEL FOLLAJE EN GRAMOS,
MUESTREADAS 15 PLANTAS POR REPETICIÓN

Fuente	GL	SC	MC	Valor Fcal	Valor Ftab
Tratamiento	3	15,552	5,18401	93,39*	4,066
Error	8	0,4441	0,05551		
Total	11	15,9961	(*)Significativo		

Fuente: Investigación de campo. Año 2015

Referencias:

- G.L.** : grados de libertad
- S.C.** : suma de cuadrados
- C.M.** : cuadrado medio o varianza
- F_c** : F calculada u observada
- F_{0.05}** : F con alfa de 5%
- S** : significativo

Los resultados del análisis de varianza del cuadro anterior indican que existe diferencia significativa con un alfa de 0,05 o 5 % entre los tratamientos evaluados, por lo que fue necesario realizar una comparación de medias.

CUADRO 15
PRUEBA DE COMPARACIÓN DE MEDIAS DE TUKEY PESO FRESCO
DEL FOLLAJE EN GRAMOS, MUESTREADAS 15 PLANTAS POR
REPETICIÓN

Tratamiento	Media	Agrupación
Suelo 50 % + cascarilla de café 50 %	4,94	A
<i>Peat moss</i>	3,17	B
Suelo 50 % + arena de río 50 %	2,24	C
Suelo 50 % + aserrín 50 %	2,08	C

Fuente: Investigación de campo. Año 2015

Como se puede observar existe diferencia significativa entre el peso fresco del follaje donde el tratamiento de suelo 50 % + cascarilla de café 50 % es el sustrato que posee una mayor altura, peso seco de raíces y diámetro del

fuste, esto no solo se debe a las características físicas que se evaluaron de los sustratos, su adecuado nivel de pH para la disponibilidad de nutrientes, sino que otro aspecto muy importante para tomar en cuenta es que posee suelo con contenido de arcilla que aumenta la capacidad de intercambio catiónico.

El sustrato *peat moss* posee un pH bajo de 4,2²⁵, mientras el sustrato de suelo 50 % + cascarilla de café 50 % el pH se encuentra de una manera relativamente neutra con 6,9, por lo tanto la disponibilidad de nutriente no estaría restringida. Probablemente el sustrato a base de aserrín posee un desbalance en la relación carbono nitrógeno ello puede generar deficiencia de nitrógeno además de presentar fitotoxicidad, por lo que el peso de follaje disminuye respecto al mejor tratamiento. El tratamiento compuesto por suelo 50 % + arena de río 50 % presentó malas propiedades que impiden un buen desarrollo y respiración radicular por lo que no presenta un buen desarrollo foliar que está relacionado con el peso del follaje.

Los parámetros de altura y peso fresco del follaje están relacionados debido a que en el orden de medias que posee la altura igualmente está relacionado el peso del follaje, debido a que a una mayor altura mayor contenido de biomasa, más agua y cenizas.

²⁵ Toledo, Pablo, *Evaluación de un sustituto de turba de musgo (Peat moss) como sustrato y un estimulador radicular en la producción de plántulas de maíz dulce (Zea mays l.) y tomate (Lycopersicum esculentum l.) bajo condiciones de invernadero en San Jerónimo, Baja Verapaz.* http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/01/01_2341.pdf, (18 de marzo de 2015).

CUADRO 16
COSTOS DE LA PRODUCCIÓN DE 10 000 PLANTAS DE (*Eucalyptus*
***torreliana*) PRECIOS EN QUETZALES**

Tratamiento	Sustrato		Renta terreno	Contenedores	mano de obra
	Suelo	Compuesto			
Suelo 50 % + arena de río 50 %	300,00	200,00	1500,00	2000,00	6300,00
Suelo 50 % + aserrín 50 %	300,00	50,00	1500,00	2000,00	6300,00
Suelo 50 % + cascarilla de café 50 %	300,00	100,00	1500,00	2000,00	6300,00
Peat moss		700,00	1500,00	2000,00	6300,00

insumos	semilla	Herramientas	Total
500,00	100,00	200,00	11100,00
500,00	100,00	200,00	10950,00
500,00	100,00	200,00	11000,00
500,00	100,00	200,00	11300,00

Fuente: Investigación de campo. Año 2015

La elaboración de los costos partió de que no se posee absolutamente nada, desde cero se iniciaría para montar un vivero para la producción de eucalipto en contenedores a muy baja tecnificación.

Se determinó según los costos en la investigación y con base a la pequeña escala con la que se montó el ensayo, que el tratamiento más barato de producir es el de suelo 50 % + aserrín 50 %, y el tratamiento más caro es el de *Peat moss*.

CONCLUSIONES

- a) De los sustratos evaluados, en todas las variables respuesta: peso seco de raíces, altura de planta, diámetro de fuste y peso fresco de follaje se presentaron diferencias significativas en el sustrato de suelo 50 % + cascarilla de café 50 %, debido a las características físicas que posee, se obtuvo una media de peso seco de raíz de 0,52 g, 25,2 cm de altura, 3,89 mm de diámetro de fuste y un peso promedio de parte aérea de 4,94 g, respectivamente.
- b) Después del sustrato suelo 50 % + cascarilla de café 50 %, el mejor sustrato para producir fue el *Peat moss*, pues posee mejores características físicas que el primero; sin embargo sus niveles de pH están muy por debajo de los rangos para la producción de eucalipto.
- c) Se observó que el tratamiento de suelo 50 % + aserrín 50 %, posee la menor altura y peso de follaje debido a los niveles de fitotoxicidad generados por las resinas y taninos, así como una relación carbono nitrógeno que causa deficiencia de nitrógeno en las plantas.
- d) El tratamiento de suelo 50 % + arena de río 50 % no presentó buenos resultados en cuanto a peso de raíces y diámetro del fuste debido a que sus propiedades físicas como densidad aparente, densidad real y porosidad no se encuentran dentro de los rangos ideales para la producción de plantas forestales.
- e) Se observó que las variables respuesta, peso de raíces está relacionada con la altura de plantas y peso del follaje ya que en los mismos tratamientos se obtuvieron las mayores medias.

- f) Se determinó según los costos de producción obtenidos en el experimento el tratamiento más barato de producir es el de suelo 50 % + aserrín 50 %, sin embargo no es el más recomendable desde el punto de vista técnico.

RECOMENDACIONES

- a) Utilizar sustratos de origen orgánico y producido en grandes cantidades pero antes de su utilización deben ser compostados para que no afecten las propiedades químicas de los sustratos.
- b) Se recomienda utilizar *Peat moss* pues posee muy buenas propiedades químicas sin embargo debe ser mezclado con sustancias como cales o enmiendas para poder aumentar su pH y de esta manera la disponibilidad de nutrientes no sea un problema.
- c) Al momento de utilizar arenas u otros materiales inertes para la composición de sustratos se recomienda que la granulometría de éstos no sea muy pequeña para que exista una buena aireación y desarrollo de las plantas.
- d) Para establecer un vivero en contenedores es preferible que se haga a una altura considerable del suelo para facilitar de las labores agronómicas así como para evitar la transmisión de enfermedades o presencia de animales o plagas.

BIBLIOGRAFÍA

- Aserrín de pino*. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=60923315007> (26 de febrero de 2015).
- Características de la piedra pómez*. http://www.hydroenv.com.mx/catalogo/index.php?main_page=page&id=32&chapter=1 (26 de febrero de 2015).
- Características del peat moss*. https://www.cosechandonatural.com.mx/Saco_peat_moss_7_lts_fm18_sfm37_prd248.html (26 de febrero de 2015).
- Cascarilla de café*. http://www.drcalderonlabs.com/Investigaciones/Cascarilla_Caolini_zada/La_Cascarilla_Caolinizada.html (26 de febrero de 2015).
- Castillo, Iris. *Efectos de diferentes sustratos y del endurecimiento por riego de calidad de las plantas de (Eucalyptus grandis Mill) en contenedores en pinar del rio Cuba*. <http://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/17029/1/Castillo%20Mart%C3%ADnez%20Iris%20de%20la%20Caridad.pdf> (18 de marzo de 2015).
- Definición de sustrato*. https://www.cosechandonatural.com.mx/que_es_el_sustrato_articulo24.html (26 de febrero de 2015).
- Enriquez, Fernando. *Evaluación de nueve sustratos para la producción de pino candelillo. (Pinus maximinoi H.E. Moore), utilizando contenedores V-93, Cobán, Alta Verapaz*. Informe Técnico en Producción Agrícola. Centro Universitario del Norte- Universidad de San Carlos de Guatemala. Cobán. Alta Verapaz. Guatemala: Carrera de Agronomía, 2003
- Tipos de sustratos de cultivo*. http://www.infoagro.com/industria_auxiliar/tipo_sustratos2.html (13 de febrero de 2015).
- Toledo, Pablo. *Evaluación de un sustituto de turba de musgo (Peat moss) como sustrato y un estimulador radicular en la producción de plántulas de maíz dulce (Zea mays L.) y tomate (Lycopersicum esculentum L.) bajo condiciones de invernadero en San Jerónimo, Baja Verapaz*. 2006. http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/01/01_2341.pdf (18 de marzo de 2015).
- Trees in the landscape, Part 3: Corymbia torelliana*. <http://ucanr.edu/sites/HodelPalmsTrees/files/186122.pdf> (10 de marzo de 2015).

Trees in the landscape, Part 3: Corymbia torelliana. <http://ucanr.edu/sites/HodelPalmsTrees/files/186122.pdf> (10 de marzo de 2015).

Turbas y sustratos para cultivos. http://www.infoagro.com/industria_auxiliar/tipo_sustratos2.html (13 de febrero de 2015).

BIBLIOGRAFÍA



V.º B.º
Adán García Veliz

Adán García Veliz
Licenciado en Pedagogía e Investigación Educativa
Bibliotecario



ANEXOS
ANEXO 1
CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

Actividades Realizadas	Abril				Mayo				Junio				Julio			
	Semana				Semana				Semana				Semana			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Construcción de estructura para contenedores																
Elaboración de semillero																
Siembra de semillas																
Manejo semillero																
Trasplante																
Replante																
Fertilización																
Riego, control de plagas y enfermedades																
Desmalezado																
Toma de datos																
Fase de gabinete																

Fuente: Investigación de campo. 2015

Fotografía 1
Raíces de cada tratamiento



Tomada por: William Prado. Año 2015

Fotografía 2
Medición del diámetro de Fuste



Tomadas por: William Prado. Año 2015

Fotografía 3
Semillero



Fotografía 4
Plantas en campo



Tomada por: William Prado. Año 2015

No. 202-2016

USAC - CUNOR

Universidad de San Carlos de Guatemala
Centro Universitario del Norte



El director del Centro Universitario del Norte de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer los dictámenes de la Comisión de Trabajos de Graduación de la carrera de:

TÉCNICO EN PRODUCCIÓN AGRÍCOLA

Al trabajo titulado:

EVALUACIÓN DE CUATRO TIPOS DE SUSTRATOS PARA LA PRODUCCIÓN DE EUCALIPTO (*Eucalyptus torelliana* F. Muell) EN VIVERO, EN EL MUNICIPIO DE SANTA CRUZ, ALTA VERAPAZ

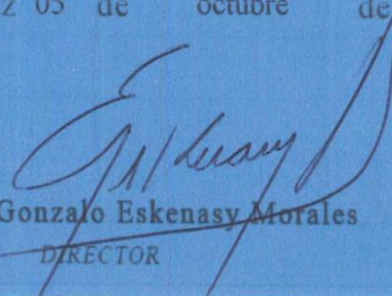
Presentado por el (la) estudiante:

WILLIAM FABIAN PRADO QUIROA

Autoriza el

IMPRIMASE

Cobán, Alta Verapaz 05 de octubre de 2016.


Lic. Erwin Gonzalo Eskenasy Morales
DIRECTOR

