

UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR

FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS

LICENCIATURA EN INGENIERÍA FORESTAL CON ÉNFASIS EN SILVICULTURA Y MANEJO DE BOSQUES

EVALUACIÓN DEL CRECIMIENTO Y ADAPTABILIDAD DURANTE EL SEGUNDO AÑO DE DOS
MATERIALES PROVENIENTES DE SEMILLA Y DIEZ CLONES DEL GÉNERO *Eucalyptus*;
Lanquín, Alta Verapaz
TESIS DE GRADO

MIGUEL ANGEL GARCIA VARGAS

CARNET 27129-03

SAN JUAN CHAMELCO, ALTA VERAPAZ, SEPTIEMBRE DE 2018

CAMPUS "SAN PEDRO CLAVER, S . J." DE LA VERAPAZ

UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR

FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS

LICENCIATURA EN INGENIERÍA FORESTAL CON ÉNFASIS EN SILVICULTURA Y MANEJO DE BOSQUES

EVALUACIÓN DEL CRECIMIENTO Y ADAPTABILIDAD DURANTE EL SEGUNDO AÑO DE DOS
MATERIALES PROVENIENTES DE SEMILLA Y DIEZ CLONES DEL GÉNERO *Eucalyptus*;

Lanquín, Alta Verapaz

TESIS DE GRADO

TRABAJO PRESENTADO AL CONSEJO DE LA FACULTAD DE
CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS

POR

MIGUEL ANGEL GARCIA VARGAS

PREVIO A CONFERÍRSELE

EL TÍTULO DE INGENIERO FORESTAL CON ÉNFASIS EN SILVICULTURA Y MANEJO DE BOSQUES EN EL
GRADO ACADÉMICO DE LICENCIADO

SAN JUAN CHAMELCO, ALTA VERAPAZ, SEPTIEMBRE DE 2018

CAMPUS "SAN PEDRO CLAVER, S . J." DE LA VERAPAZ

AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR

RECTOR: P. MARCO TULIO MARTINEZ SALAZAR, S. J.

VICERRECTORA ACADÉMICA: DRA. MARTA LUCRECIA MÉNDEZ GONZÁLEZ DE PENEDO

VICERRECTOR DE INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN: ING. JOSÉ JUVENTINO GÁLVEZ RUANO

VICERRECTOR DE INTEGRACIÓN UNIVERSITARIA: P. JULIO ENRIQUE MOREIRA CHAVARRÍA, S. J.

VICERRECTOR ADMINISTRATIVO: LIC. ARIEL RIVERA IRÍAS

SECRETARIA GENERAL: LIC. FABIOLA DE LA LUZ PADILLA BELTRANENA DE LORENZANA

AUTORIDADES DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS

DECANA: LIC. ANNA CRISTINA BAILEY HERNÁNDEZ

SECRETARIO: MGTR. LUIS MOISES PEÑATE MUNGUÍA

DIRECTOR DE CARRERA: MGTR. JOSÉ MANUEL BENAVENTE MEJÍA

NOMBRE DEL ASESOR DE TRABAJO DE GRADUACIÓN
MGTR. MANUEL SABINO MOLLINEDO GARCÍA

TERNA QUE PRACTICÓ LA EVALUACIÓN
MGTR. ROBERTO WALDEMAR MOYA FERNÁNDEZ

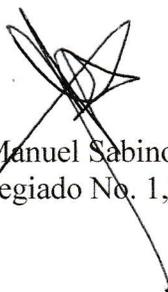
Guatemala 27 de agosto del 2018.

Honorable Consejo de
La Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas
Presente.

Distinguidos Miembros del Consejo:

Por este medio hago constar que he procedido a revisar el Informe Final de Tesis del estudiante Miguel Ángel García Vargas que se identifica con carné 27129-03, titulado **“EVALUACIÓN DEL CRECIMIENTO Y ADAPTABILIDAD DURANTE EL SEGUNDO AÑO DE 2 MATERIALES GENÉTICOS PROVENIENTES DE SEMILLA Y 10 CLONES DEL GÉNERO *Eucalyptus*, Lanquin, Alta Verapaz”**, el cual considero que cumple con los requisitos establecidos por la Facultad para ser aprobado, por lo que solicito sea revisado por la terna que designe el Honorable Consejo de la Facultad, previo a su autorización de impresión.

Atentamente,



Ing. Agr. M. Sc. Manuel Sabino Mollinedo García
Colegiado No. 1,743



Universidad
Rafael Landívar
Tradición Jesuita en Guatemala

FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS
No. 061014-2018

Orden de Impresión

De acuerdo a la aprobación de la Evaluación del Trabajo de Graduación en la variante Tesis de Grado del estudiante MIGUEL ANGEL GARCIA VARGAS, Carnet 27129-03 en la carrera LICENCIATURA EN INGENIERÍA FORESTAL CON ÉNFASIS EN SILVICULTURA Y MANEJO DE BOSQUES, del Campus de La Verapaz, que consta en el Acta No. 06160-2018 de fecha 5 de septiembre de 2018, se autoriza la impresión digital del trabajo titulado:

EVALUACIÓN DEL CRECIMIENTO Y ADAPTABILIDAD DURANTE EL SEGUNDO AÑO DE
DOS MATERIALES PROVENIENTES DE SEMILLA Y DIEZ CLONES DEL GÉNERO
Eucalyptus; Lanquín, Alta Verapaz

Previo a conferírsele el título de INGENIERO FORESTAL CON ÉNFASIS EN SILVICULTURA Y MANEJO DE BOSQUES en el grado académico de LICENCIADO.

Dado en la ciudad de Guatemala de la Asunción, a los 12 días del mes de septiembre del año 2018.

MGTR. LUIS MOISES PEÑATE MUNGUÍA, SECRETARIO
CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS
Universidad Rafael Landívar



AGRADECIMIENTOS

A:

Dios que me dio la vida, la sabiduría y la bendición de superarme.

La Universidad Rafael Landívar, Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas por ser parte de mi formación.

Ing. Agr. MSc. Manuel Sabino Mollinedo Garcia, por su asesoría, revisión y corrección de la presente investigación.

Ing. Ftal Carlos Gerardo Daetz Escalante, por su apoyo, asesoría en la presente investigación.

Juan Luis de Cruz. Por brindarme su apoyo y cariño en este proyecto y siempre estar en todo momento conmigo.

A la empresa Hacienda Yalipur por permitirme realizar la presente investigación en dichas instalaciones.

DEDICATORIA

Lleno de amor y felicidad dedico este proyecto a cada uno de mis seres queridos quienes han sido pilares fundamental para seguir adelante.

Es para mi una gran satisfacción poder dedicarles a ellos que con mucho esfuerzo, esmero y trabajo terminar este proyecto

Dios: Quién siempre me da su infinito amor, fortaleza para superar las diferentes etapas de la vida y me bendice con las personas que me rodean.

Mis padres: Miguel Angel Garcia Rosales y Angela Vitalina Vargas de Garcia quienes amo mucho, por su inmenso amor, por su enseñanza y por inculcarme todos los valores, sus consejos oportunos y por su ejemplo a seguir. Y guiarme siempre en esta vida. A Mi Madre que siempre fue una motivación desde el cielo.

Mi esposa: Michelle Elizabeth Osorio por ser un apoyo incondicional y ser una motivación en mi vida y siempre motivándome a seguir adelante y terminar mis proyectos.

Mi hijo: Miguel Matias Garcia Osorio que lo amo mucho, por ser la razón de mi esfuerzo, mi alegría y la motivación constante de superación.

Mis amigos: Por su apoyo, compañía y formar parte de mi desarrollo integral, con mucho aprecio y cariño por siempre estar para motivarme a seguir adelante.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	i
1. INTRODUCCIÓN	1
2. MARCO TEORICO	2
2.1. Origen y Descripción Botánica de <i>Eucalyptus</i>	2
2.1.1. Clasificación Taxonómica. Haston, Richardson, Stevens, Chase & Harris (2009) clasifica al <i>Eucalyptus</i> de la siguiente manera:	2
2.2. Historia	2
2.3. Mejoramiento Genético	3
2.4. Clon Vegetal o Línea Clonal	3
2.5. Jardín Clonal	4
2.6. Biomasa	4
2.7. Silvicultura de Rotación Corta:	4
2.8. Plantaciones Energéticas:	5
2.9. Incremento Medio Anual:	5
2.10. Variable Fenotípica:	5
2.11. Especies De Mayor Importancia En Las Plantaciones De Eucaliptos	5
2.12. Experiencias de Cultivos Clonales de Eucaliptos	7
2.12.1 Experiencias en distintas partes del mundo. Las plantaciones clónales en el caso del Congo, permitieron pasar de rendimientos de 12m ³ /ha/año de madera a menudo defectuosa a 35 m ³ /ha/año con excelente rectitud, con la propagación de híbridos clónales (Delwale, Laplace, y Guillet, 1983)...	7
En Brasil también; pero en la empresa Champion Papel e Celulosa Ltda., usando clones de <i>E. grandis</i> se logran incrementos de 35 m ³ /ha/año a 45m ³ /ha/año en la localidad de Mogi Guacu; y de 37 a 46 m ³ /ha/año en la localidad de Brotas, S.P. (Viera, Bressam, Diniz, Plinio, & de Freitas, 1992).....	7
2.13.2 Experiencias en Guatemala. En mediciones realizadas durante 12 años por las empresas Plantaciones Forestales de Guatemala y Pilonos de Antigua (2016), de clones utilizados en el ensayo de la finca Setzac, se obtuvieron los incrementos medios anuales en metros cúbicos por hectárea presentados en la tabla 2.....	8
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	10
3.1 Planteamiento del Problema	10
3.2 Justificación del Trabajo	11
4. OBJETIVOS	12
OBJETIVO GENERAL	12

OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	12
5. HIPÓTESIS.....	13
5.1. Hipótesis Nula (Ho)	13
5.2. Hipótesis Alterna (Ha)	13
6. METODOLOGÍA	14
6.1 Localización del Área de Estudio:.....	14
6.1.1. Zona de Vida. Basado en el sistema de Holdrige, el área se encuentra en la zona de vida Bosque muy húmedo premontano tropical (Bmh-PMT) (IARNA,2010)	14
6.1.2 Suelos. El área se encuentra dentro de la división fisiográfica Tierras Altas Sedimentarias, según la clasificación taxonómica de Guatemala pertenece a la orden de entisoles. Son suelos minerales derivados tanto de materiales aluviónicos como residuales, de textura moderadamente gruesa a fina, de topografía variable entre plana a extremadamente empinada. Son suelos jóvenes desarrollados sobre material parental no consolidado (IARNA, 2010)......	14
6.1.3 Características Climáticas. La precipitación pluvial es de 4,000 mm por año aproximadamente, la temperatura media anual es de 26°C (IARNA, 2010).	15
6.2 Descripción del Experimento:	15
6.3 Variables a Evaluar:	15
6.4 Descripción de los Materiales:	15
Fuente: Pilonos de Antigua	16
6.5 DISEÑO EXPERIMENTAL.....	16
6.6 MODELO ESTADÍSTICO	16
6.7 CROQUIS DE CAMPO.....	17
6.8 UNIDAD EXPERIMENTAL:	17
6.9 Materiales y Recursos	18
6.10 Manejo del Experimento	18
6.10.1 Control de maleza. Se realizaron cuatro limpiezas manuales con machete y un plateo, empleando para esto 10 jornales. Los objetivos del control de malezas fue favorecer la supervivencia de las plantas a través de la eliminación de la competencia y aumentar la productividad, disminuyendo la competencia por luz, agua y nutrientes.	18
6.10.2 Control de plagas. Se efectuaron monitoreos en el área del experimento, se tuvo la presencia de taltuza (<i>Geomydae spp.</i>), la cual se controló con trampas hechas por los trabajadores de la finca, se identificó el cancro (chancro) de eucalipto causado por el hongo <i>Chrysosporthe spp</i> , su ataque fue leve y se registró en varios clones (ver figura 4), se retiraron los individuos afectados.	18
6.11. Análisis de la Información	20

6.11.1. Análisis estadístico. Se procedió a evaluar las medias de altura total, DAP, volumen, ICA e IMA de cada tratamiento, con ello se realizó el análisis de Varianza de Bloques Completos al Azar con un nivel de confianza del 95% y se utilizó la prueba de Tukey en forma descendente para confrontar las medias, todo el análisis de datos se llevó a cabo con la ayuda del Software INFOSTAT® versión estudiantil 2016e. En el análisis de la sobrevivencia se hizo un conteo de los materiales vivos a los 24 meses, con los datos obtenidos se realizaron los porcentajes para representar dicha variable, para la comparación de productividad de los ensayos de Tontem y la Finca Setzac a los doce meses, se compararon las medias de volumen por hectárea.....	20
7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	21
7.1 Análisis de las Variables de Crecimiento.....	21
7.1.1 Análisis de las variables de crecimiento a los 18 meses	21
7.1.2 Análisis de las variables de crecimiento a los 24 meses	25
7.2 ANÁLISIS DE LOS INCREMENTOS MEDIOS ANUALES (ICA)	29
7.2.1 Análisis del Incremento Corriente Anual de Altura Total a los 24 meses. Para determinar la significancia que existe entre los tratamientos para el ICA de Altura Total a los dos años se realizó el análisis de varianza, los resultados se muestran en la Tabla 14.	29
7.2.2 Análisis del Incremento Corriente Anual de DAP a los 24 meses. Para determinar la significancia que existe entre los tratamientos para el ICA de Altura Total a los dos años se realizó el análisis de varianza, los resultados se muestran en la Tabla 16.	31
7.2.3 Análisis del Incremento Corriente Anual de Volumen por hectárea (m ³) a los 24 meses. Para determinar la significancia que existe entre los tratamientos para el ICA de volumen por hectárea a los dos años se realizó el análisis de varianza, los resultados se muestran en la	32
7.3 ANÁLISIS DE PRODUCTIVIDAD A LOS VEINTICUATRO MESES.....	33
7.4 Análisis de Sobrevivencia a los Veinticuatro Meses.....	34
7.5 Comparación de Productividad del Primer Año de Ensayos Implementados en Alta Verapaz con el Ensayo de Finca Setzac	35
7.6 Discusión.....	36
8. CONCLUSIONES	39
9. RECOMENDACIONES	40
10. BIBLIOGRAFÍA.....	41
11. ANEXOS.....	44
Anexo 7: Boleta de Campo	47

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1 Clasificación taxonómica del <i>Eucalyptus</i>	2
Cuadro 2 Localidad, tiempo de medición e IMA's volumen (m ³ /ha) de Tratamientos	8
Cuadro 3 Descripción de los materiales evaluados	16
Cuadro 4 Materiales y recursos utilizados durante el experimento.	18
Cuadro 5 Análisis de varianza de altura total a los 18 meses.....	21
Cuadro 6 Prueba de Tukey para la variable Altura Total a los 18 meses.....	21
Cuadro 7 Análisis de varianza para el DAP a los 18 meses	22
Cuadro 8 Análisis de varianza para el Volumen Total (m ³ /ha) a los 18 meses.....	24
Cuadro 9 Análisis de varianza para Altura Total a los 24 meses	25
Cuadro 10 Prueba de Tukey para la variable Altura Total a los 24 meses.....	25
Cuadro 11 Análisis de varianza para el DAP a los 24 meses	26
Cuadro 12 Prueba de Tukey para la variable DAP a los veinticuatro meses	27
Cuadro 13 Análisis de varianza para el Volumen Total (m ³ /ha) a los 24 meses.....	28
Cuadro 14 Análisis de varianza para el ICA de Altura Total en metros a los 24 meses	29
Cuadro 15 Prueba de Tukey para el ICA de Altura Total en metros a los dos años	30
Cuadro 16. Análisis de varianza para el ICA DAP a los 24 meses	31
Cuadro 17. Análisis de varianza para el ICA de Volumen por Hectárea a los 24 meses.....	32
Cuadro 18. Análisis de varianza para el IMA de Volumen por Hectárea a los 24 meses	33
Cuadro 19. Comparación de Volumen por Hectárea al primer año de evaluación de ensayo de aldea Tontem y Finca Setzac	35

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de ubicación de la Finca Setzac y área de ensayo.....	14
Figura 2 Croquis de campo ensayo de Eucalipto realizado en Finca Setzac.....	17

Figura 3 Diseño de la unidad experimental del ensayo	17
Figura 4: individuos con ataque de <i>Chrysoporthe</i> spp	19
Figura 5 Grafico de medias y variación de valores de altura total en metros a los 18 meses	22
Figura 6. Gráfico de medias y variación de valores de DAP en centímetros a los 18 meses.....	23
Figura 7. Gráfico de medias y variación de valores de volumen por hectárea en metros cúbicos a los 18 meses.....	24
Figura 8. Gráfico de medias y variación de valores de Altura Total en metros a los 24 meses.....	26
Figura 9 Gráfico de medias y variación de valores de DAP en centímetros a los 24 meses.....	28
Figura 10 Gráfico de medias y variación de valores de volumen por hectárea en metros cúbicos a los 24 meses.....	29
Figura 11 Gráfico de medias y variación de valores de ICA de Altura Total en metros	31
Figura 12 Gráfico de medias y variación de valores de ICA DAP en centímetros	32
Figura 13 Gráfico de medias y variación de valores de ICA de Volumen por Hectárea (m ³)	33
Figura 14 Gráfico de medias y variación de valores de porcentajes de sobrevivencia por material a los 24 meses.....	34
Figura 15 Gráfico de medias y variación de valores de porcentajes de sobrevivencia por material a los 24 meses.....	34
Figura 16. Gráfico de comparación de medias de volumen por hectárea en metros cúbicos de los ensayos de Tontem del municipio de Cobán y Finca Setzac del Municipio de Lanquin ambos de Alta Verapaz	36

“EVALUACIÓN DEL CRECIMIENTO Y ADAPTABILIDAD DURANTE EL SEGUNDO AÑO DE 2 MATERIALES GENÉTICOS PROVENIENTES DE SEMILLA Y 10 CLONES DEL GÉNERO *Eucalyptus*; LANQUÍN, ALTA VERAPAZ.”

RESUMEN

La presente investigación fue realizada en la finca Setzac ubicada en el municipio de Lanquín, Alta Verapaz. El objetivo general fue determinar el crecimiento y productividad durante el segundo año de diez materiales procedentes de clones y dos materiales de semilla del género *Eucalyptus*. El estudio comprendió un diseño experimental que contempló tres bloques con doce unidades y tres repeticiones de cada material evaluado, haciendo un total de treinta y seis unidades. Las variables de crecimiento evaluadas correspondieron a altura total, Diámetro a la Altura del Pecho (DAP) y volumen por hectárea. En lo correspondiente a las variables productividad se evaluaron los incrementos corrientes anuales (ICA) para altura total, DAP y volumen por hectárea. Los datos fueron analizados mediante análisis de varianza y prueba de Tukey en forma ascendente para comprobar las medias. Dentro de los principales resultados obtenidos se pudo establecer que en cuanto a crecimiento en altura (12.32 m) y DAP (12.73 cm) el clon 1084 presentó los mejores resultados mientras que para las variables de productividad el material 1214 con un ICA DE 51.32m³/ha fue el que presentó los más altos resultados.

1. INTRODUCCIÓN

Los materiales vegetales, leña y biomasa, han sido de importancia en el pasar de los tiempos para la generación de energía, conforme al aumento de la población y la invención de las máquinas impulsadas a vapor se necesitó utilizar biomasa, también conforme la aparición de las industrias que fueron creciendo y demandando más leña. La globalización seguirá ocasionando cambios en América Latina y el Caribe, dadas las políticas de industrialización basada en las exportaciones, la continua demanda mundial de productos agrícolas, ganaderos, forestales y de forma creciente, de biocombustibles, intensificará la presión sobre los bosques (Caniza, 2010). El crecimiento poblacional en Guatemala, ha requerido de utilizar vastas extensiones de terreno para cultivos de subsistencia en el caso de lugares rurales, y también las industrias que se ubicaron en la Costa Sur para producir aceite, azúcar y otros tipos de alimentos que son muy necesarios. Pero no se ha mencionado la necesidad energética que se requiere para procesar.

El departamento de Alta Verapaz es el principal productor de Cardamomo de Guatemala, este en el proceso de beneficiado utiliza leña en grandes cantidades, como lo menciona (Archila, 2013), que para producir 45.04kg (100lbs) de Cardamomo en pergamino, se utilizan 0.60 m³ de leña. Guatemala exporta 30,000 toneladas anuales, eso implica un consumo de 360,000 m³ por año de leña. Por tal razón, para reducir los impactos negativos, como el descenso de la superficie forestal natural, problemas de cambio climático, déficit hídrico (lluvias) y encontrar soluciones para mitigar estos problemas, el presente trabajo se refiere al estudio de 2 materiales genéticos provenientes de semilla y 10 clones del género *Eucalyptus* en la finca Setzac, Lanquín, Alta Verapaz. Que sea el principio para suplir o sustituir otras especies forestales nativas por *Eucalyptus*.

2. MARCO TEORICO

2.1. Origen y Descripción Botánica de *Eucalyptus*

En su país de origen (Australia), los eucaliptos crecen tanto en la parte norte, con climas tropicales y subtropicales, con lluvias de carácter estival, hasta la parte sur y la Isla de Tasmania, con climas templados fríos y precipitaciones invernales. Altitudinalmente se distribuyen entre el nivel del mar y unos 2000 m sobre éste (Acevedo, 2008)

2.1.1. Clasificación Taxonómica. Haston, Richardson, Stevens, Chase & Harris (2009) clasifica al *Eucalyptus* de la siguiente manera:

Tabla 1

Clasificación taxonómica del Eucalyptus

Eucalyptus	
Reino	Plantae
Clado	Angiosperma
Clado	Eudicotas
Clado	Rosides
Clado	Eurosides II
Orden	Myrtales
Familia	Myrtaceae
Genero	<i>Eucalyptus</i>

Fuente: Haston, Richardson, Stevens, Chase & Harris (2009)

2.2. Historia

El eucalipto es un árbol originario de Tasmania, Australia y otras islas indo-malasia. Existen cerca de 700 especies de eucalipto, todas ellas de gran valor medioambiental, de las cuales unas 37 tienen interés para la industria forestal y apenas 15 son utilizadas con fines comerciales. La especie *Eucalyptus globulus* o eucalipto blanco es descrita en el año 1799 por el botánico francés Labillardière, el nombre *Eucalyptus* deriva del griego *eu* (bien) y *kalyptus* (cubierto), en alusión a la protección que el opérculo presta a los órganos sexuales. Por su parte, el vocablo *globulus* alude a la semejanza de sus frutos con unos botones que estaban de moda en Francia y que se denominaban precisamente así (ENCE, 2009).

2.3. Mejoramiento Genético

A través de este proceso el monto o cantidad y la organización de la variabilidad genética de una población en particular es manejada por ciclos recurrentes de selección y mejora. Su finalidad es el aumento de la productividad. El mejoramiento genético forestal aplica los principios básicos de la genética al manejo de las especies forestales; dentro de sus objetivos fundamentales se encuentran el aumento de la productividad y la adaptabilidad de dichas especies, así como la conservación a largo plazo de la diversidad genética existente, el inicio de cualquier programa de mejoramiento genético requiere el conocimiento previo de la magnitud y distribución de la variación genética disponible en las características de interés (FAO, 2008). Para FAO (2008), las actividades fundamentales dentro de un programa convencional de mejoramiento genético incluyen la selección, la propagación masiva del material mejorado y la conservación de los recursos genéticos. La selección y mejoramiento es la actividad central, la selección es el primer paso e incluye la elección de genotipos deseables. La mejora incluye la formulación de un diseño de cruzamiento y la evaluación de la progenie resultante para la próxima generación, la selección para el mejoramiento se realiza en base a las características fenotípicas de los individuos.

2.4. Clon Vegetal o Línea Clonal

Como procedimiento estándar al seleccionar un individuo sobresaliente, tanto en una plantación comercial como en poblaciones base de buenos orígenes o ensayos con materiales con cierto grado anterior de mejora, se destaca tanto la cosecha de semilla suficiente para que represente en los ensayos posteriores a esa familia, como la propagación vegetativa del individuo por métodos macros o en su defecto la aplicación de técnicas de cultivo de tejido, este procedimiento de propagación agámica nos ha permitido obtener a los potenciales clones que son ingresados en nuestros huertos semilleros clonales, de primera o segunda generación cuando se dispone la información de las progenies respectivas y huertos semilleros probados cuando esa información está disponible, aún en edades tempranas de evaluación. (INTA, 2012).

2.5. Jardín Clonal

En el jardín clonal se tiene la colección completa de los árboles plus seleccionados originalmente. Cada árbol plus ha sido entonces propagado a partir de sus brotes en el tocón, o a partir de otras partes vegetativas. Todas y cada una de las estaquillas que se logren reproducir de un mismo árbol plus son copias genéticamente idénticas y se les denomina rametos. De aquí en adelante se les identifica con el código del árbol plus, el árbol plus, junto con todos los posibles rametos o copias idénticas que se obtengan de él, constituyen el clon, de aquí la importancia de mantener rigurosamente la identidad de todo el material que se propaga (Badilla & Murillo, 2005).

2.6. Biomasa

Según Agudo (2010), la biomasa es un término genérico y por lo tanto con multitud de definiciones según el objeto de su entendimiento. En esta tesis se considera biomasa forestal la materia orgánica procedente de los tratamientos silvícolas, necesarios para la conservación y mejora de las masas forestales, y de los productos y subproductos de su transformación industrial, la biomasa forestal procedente de los tratamientos silvícolas se clasifica en dos términos:

- Biomasa maderable o madera en rollo.
- Biomasa no maderable o residuo silvícola.

2.7. Silvicultura de Rotación Corta:

Se entiende por silvicultura de rotación corta la práctica silvícola con arreglo a la cual las plantaciones sostenibles de alta densidad de especies arbóreas de crecimiento rápido producen biomasa leñosa en tierras agrícolas o en tierras forestales fértiles pero degradadas. Los árboles son cultivados como especies unicaules o como parte de un sistema de monte bajo, con un período de rotación inferior a 30 años y una producción anual de madera de 10 toneladas de materia seca o 25 m³ por hectárea, como mínimo, esta práctica debería permitir un aprovechamiento ecológica y económicamente óptimo de los recursos naturales mediante la aplicación de conocimientos biológicos y físicos tanto teóricos como prácticos (Landsberg, *et.al* 1997).

2.8. Plantaciones Energéticas:

Estas son grandes plantaciones de árboles o plantas cultivadas con el fin específico de producir energía. Para ello se seleccionan árboles o plantas de crecimiento rápido y bajo mantenimiento, las cuales usualmente se cultivan en tierras de bajo valor productivo. Su período de cosecha varía entre los tres y los diez años, también se utilizan arbustos que pueden ser podados varias veces durante su crecimiento, para extender la capacidad de cosecha de la plantación (De León, 2010).

2.9. Incremento Medio Anual:

Corresponde al promedio de incremento determinado hasta el momento actual. Se calcula dividiendo el valor actual entre el tiempo transcurrido o edad (INAB, 2008).

2.10. Variable Fenotípica:

Ugalde (2003) especifica los códigos para clasificar la forma y defectos de los árboles. Un mismo árbol puede ser clasificado hasta con cuatro códigos.

2.11. Especies De Mayor Importancia En Las Plantaciones De Eucaliptos

Harwood (2011) indica que las plantaciones de eucaliptos en el mundo se han incrementado de unos 6 millones de hectáreas existentes en 1990 a más de 20 millones de hectáreas en la actualidad y, sobre la base de visitas a los principales países que las tienen, estima que 9 especies principales y varios híbridos entre estas explican más del 90% de la superficie global de bosques plantados de eucaliptos y señala las siguientes:

- *Eucalyptus camaldulensis*
- *Eucalyptus dunnii*
- *Eucalyptus globulus*
- *Eucalyptus grandis*
- *Eucalyptus nitens*
- *Eucalyptus pellita*
- *Eucalyptus saligna*
- *Eucalyptus tereticornis*
- *Eucalyptus urophylla*

Gran parte de las plantaciones de eucaliptos se ubican en climas tropicales, subtropicales y templados cálidos, solo *E. camaldulensis*, *E. globulus* y *E. nitens* prosperan en climas templados fríos y solo estas, de entre las nueve, son plantadas en latitudes más allá de 35° S y N. *Eucalyptus dunnii* y *E. pellita* en tanto han tomado importancia solo en los últimos 20 años, la primera se está usando en climas templados cálidos con precipitaciones estivales en Sudamérica, sur de

África y China, y la segunda, apropiada para climas tropicales, está siendo empleada comercialmente en Indonesia (Harwood, 2011).

Para climas tropicales:

- *Eucalyptus urophylla*
- *Eucalyptus pellita*
- *Eucalyptus camaldulensis*

Para climas templados:

- *Eucalyptus globulus*
- *Eucalyptus grandis*
- *Eucalyptus dunnii*
- *Eucalyptus nitens*
- *Eucalyptus tereticornis*
- *Eucalyptus smithii*

Borrvalho (2011) indica que a principios del siglo XX se consideraba como principales especies en las plantaciones de eucaliptos a más de 100, que en los años 70 se hablaba de unas 30, número que en los años 90 se reducía a 13 y que, en la realidad actual, las especies de mayor importancia son 6 a 9, más un reducido número de otras especies de las que existen superficies significativas, pero que están perdiendo importancia.

Bush (2011), indica que entre las razones por las que las nueve especies principales han adquirido la importancia que hoy tienen están la creciente demanda por madera y *commodities* derivados de estas, aparejada con el aumento de la población mundial; sus altas tasas de crecimiento en especial en zonas tropicales; la facilidad de propagación vegetativa de la mayoría de ellas; su buena aptitud pulpable (en especial *Eucalyptus globulus*); la gran disponibilidad de sitios con relativamente buenos suelos y adecuadas precipitaciones que había hace 20 años y ausencia de heladas en zonas tropicales y subtropicales; y la presión por conservar y proteger los bosques nativos.

Bush (2011), comenta igualmente que hay muy buenas razones por las que se puede requerir emplear más especies de eucaliptos en las plantaciones y entre estas se cuentan:

- La relativa menor disponibilidad de los mejores sitios en muchos lugares o regiones.
- La presencia de factores de sitio limitantes para que prosperen las principales especies (frío, sequías) en diferentes áreas.
- La necesidad de mayor resistencia a plagas y enfermedades.

- La existencia de nichos de mercado para productos de mayor valor (madera aserrada, chapas).
- La prevención de modificaciones de sitios como producto del cambio climático.
- El aumento de plantaciones con fines de servicios ambientales como la captura de carbono o de producción de bioenergía.

2.12. Experiencias de Cultivos Clonales de Eucaliptos

2.12.1 Experiencias en distintas partes del mundo. Las plantaciones clonales en el caso del Congo, permitieron pasar de rendimientos de 12m³/ha/año de madera a menudo defectuosa a 35 m³/ha/año con excelente rectitud, con la propagación de híbridos clonales (Delwale, Laplace, y Guillet, 1983).

En Brasil también; pero en la empresa Champion Papel e Celulosa Ltda., usando clones de *E. grandis* se logran incrementos de 35 m³/ha/año a 45m³/ha/año en la localidad de Mogi Guacu; y de 37 a 46 m³/ha/año en la localidad de Brotas, S.P. (Viera, Bressam, Diniz, Plinio, & de Freitas, 1992)

Gomide et al., (2005) estudiando 10 clones de varias especies de eucaliptos, en empresas brasileñas, registraron un IMA que variara de 33.9 a 52.9 m³/ha/año.

En Chile los resultados de crecimiento para *E. camaldulensis* reportan un IMA de 36 m³/ha/año en zonas con una precipitación media de 115 y 500 a 700 mm/año y un periodo seco de 9 a 6 meses.

El rendimiento de las plantaciones de eucalipto en el Perú es considerado bajo, esto es, de 7 a 10 m³ de incremento medio anual (IMA) por hectárea, el cual está muy por debajo de 16 m³ de IMA que requiere una plantación para ser rentable y del 25 m³ de IMA para competir en el mercado internacional (Congreso Nacional de Eucalipto, CONAE, 2001).

En Colombia con base en las mediciones realizadas durante 4 años a 8 parcelas de una red de parcelas para evaluación del crecimiento de diferentes especies comerciales, en los municipios de San Zenón y San Sebastián, en edades 5, 6, 7, 9, 10 y 11 años, se obtuvo un análisis de resultados preliminares para *E. camaldulensis* en el departamento de Magdalena, Colombia, y los datos reportaron Incremento medio anual-IMA de 13 m³/ha/año, el cual es un registro bajo de acuerdo

con la literatura, pero acorde a los promedios de la zona (Corporación Nacional de Investigación y Fomento Forestal-CONIF, 2012).

También en Colombia la evaluación del crecimiento de 34 diferentes clones de *E. pellita* en Villa Nueva Casanare Reporta un IMA de 40 m³/ha/año para todo el ensayo (Corporación Nacional de Investigación y Fomento Forestal-CONIF, 2013).

En México durante tres años de estudio en un ensayo de clones de *E. urophylla* en Las Choapas, estado de Veracruz, se mantuvo una tasa de crecimiento en altura relativamente estable, con un incremento promedio anual de 5.4 m de altura. El diámetro durante los dos años tuvo un incremento promedio anual de casi 5 cm, que se redujo en el tercer año a 3 cm. El volumen promedio por hectárea al primer año de medición fue de 12.01m³ (Ignacio, Vargas, López, & Borja, 2005).

2.13.2 Experiencias en Guatemala. En mediciones realizadas durante 12 años por las empresas Plantaciones Forestales de Guatemala y Pilonos de Antigua (2016), de clones utilizados en el ensayo de la finca Setzac, se obtuvieron los incrementos medios anuales en metros cúbicos por hectárea presentados en la tabla 2.

Tabla 2

Localidad, tiempo de medición e IMA's volumen (m³/ha) de Tratamientos

Tratamiento	Localidad y tiempo de medición			
	Nahualate 2.5 años	Tulula 2.5 años	Palo Gordo 4.6 años	Plantaciones Mayas 4.6 años
1066	45.9	33.34	75.16	42.08
1214	27.57	37.4		74.38
CA-30	16.18			
Camaldulensis	10.94	14.31		
1084		37.46	30.45	76.16
1203		17.39		56.35
CA-40			44.36	
1846			32.06	75.31
1198			24.25	
1188				58.02
PE-11				51.77

Fuente: G. Garcia (2016)

De los materiales evaluados en diferentes localidades de la Costa Sur y el resalta el resultado del clon: 1066 con 75.16(m³/ha) en el Ingenio Palo Gordo, en Plantaciones Mayas en el departamento de Petén sobresalen los clones 1084 con 76.16(m³/ha), 1214 con 74.38(m³/ha) y 1846 con 75.31(m³/ha)

Hun (2017) reporto los resultados obtenidos en el tercer año de desarrollo, mediante tres mediciones generales: dos años, dos años y medio y tres años del proyecto que se encuentra en las instalaciones del Campus San Pedro Claver de la Universidad Rafael Landívar, municipio de San Juan Chamelco, A.V. El objetivo general fue evaluar la adaptabilidad de los cinco materiales genéticos de *E. urophylla*, se utilizó un diseño experimental de bloques completos al azar. Las variables evaluadas fueron:

diámetro a la altura del pecho, altura total, volumen por hectárea, sobrevivencia y formas de fuste. Según el análisis estadístico el mejor tratamiento a los dos años fue el clon 966, mostrando en todas las variables diferencias significativas. Los resultados obtenidos fueron: el clon 966 presento un promedio de desarrollo de 8.10 centímetros DAP, altura total de 13.30 metros. Sobrevivencia, todos los materiales presentaron un porcentaje arriba del 98.85%.

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

3.1 Planteamiento del Problema

La biomasa es una de las alternativas renovables de insumos energéticos y actualmente es el recurso renovable que más se utiliza, con un mercado inestable en los precios de los combustibles fósiles y las presiones por el uso de energías limpias su uso se ha ido incrementando en los últimos tiempos y es una de las fuentes energéticas con mayor potencial de crecimiento durante las próximas décadas.

El género *Eucalyptus* tiene un crecimiento rápido generando con esto la capacidad de producir mayor volumen de madera en un ciclo corto, la biomasa obtenida en estos turnos de rotación corta puede contribuir a disminuir la presión que existe sobre los bosques naturales.

La clonación de árboles forestales se utiliza con el fin de obtener su mejoramiento genético, mediante esta técnica se pueden obtener individuos genéticamente idénticos al árbol que se quiere replicar, la adecuada utilización de ellos puede representar ventajas productivas de alto valor y, por lo mismo, es cada vez más frecuente su utilización en los modernos esquemas de producción forestal.

En Guatemala desde el año 2004 se han establecido ensayos para determinar el potencial del género *Eucalyptus* en diferentes regiones del país y con ello poder contar con datos para tomar decisiones en futuros proyectos para obtener los mejores resultados.

En la región en la que se encuentra ubicada La finca “Setzac” (Región II-3, del Instituto Nacional de Bosques), solo se cuenta con información del crecimiento durante el primer año que refleja el comportamiento de clones de eucalipto con respecto a material procedente de semillas.

3.2 Justificación del Trabajo

La experimentación con clones ha obtenido buenos resultados con gran variedad de especies forestales, la calidad genética del material es un factor que influye grandemente en el desarrollo y crecimiento de un árbol mejorando con esto la producción.

El uso de *Eucalyptus* en bosques energéticos ha tomado mayor importancia en el sector forestal de Guatemala, debido a su crecimiento rápido y fácil manejo, el nuevo proyecto de incentivos forestales PROBOSQUE contempla el uso de la especie tanto en plantaciones energéticas como industriales. Esto motiva a realizar estudios de las ventajas y desventajas del uso de diferentes materiales clónales en las diferentes regiones del país, la región de la Costa Sur es la que más datos posee, pero para el resto del país los estudios son escasos y no proveen información del crecimiento y productividad de las variedades mejoradas.

Este ensayo de mejoramiento genético, tiene por objeto determinar los mejores materiales vegetales para la zona en la que se ubica la finca “Setzac”, con la introducción de clones, especies e híbridos de eucalipto, que permitan contar con una base genética amplia para futuros proyectos, asegurando mejor calidad de producto a obtener y alta productividad.

4. OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Determinar el crecimiento y productividad durante el segundo año de diez materiales procedentes de clones y dos materiales procedentes de semilla del género *Eucalyptus* bajo las condiciones de la finca Setzac, del municipio de Lanquín, Alta Verapaz.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Evaluar el crecimiento de diferentes materiales del género *Eucalyptus* provenientes de clones y semilla, bajo las condiciones de la finca Setzac, Lanquín Alta Verapaz.

Evaluar la productividad de diferentes materiales del género de *Eucalyptus* provenientes de clones y semilla, bajo las condiciones de la finca Setzac, Lanquín Alta Verapaz.

Comparar la productividad de los materiales evaluados bajo condiciones de la Finca Setzac con el ensayo establecido en la Aldea Tontem del municipio de Cobán, ambos del departamento de Alta Verapaz.

5. HIPÓTESIS

5.1. Hipótesis Nula (H_0)

Ninguno de los materiales de Eucalipto tendrá un crecimiento diferente estadísticamente significativo bajo las condiciones de la finca.

5.2. Hipótesis Alterna (H_a)

Al menos un material de Eucalipto tendrá un crecimiento mayor estadísticamente significativo bajo las condiciones de la finca.

6. METODOLOGÍA

6.1 Localización del Área de Estudio:

El experimento se realizó en la finca Setzac, que se encuentra en el municipio de Lanquín, Alta Verapaz. Ubicada a 26 kms del casco urbano, en las coordenadas geográficas: Latitud 15°29'18"N y Longitud 89°59'08"O con una altitud de 700 msnm, la ubicación del área de estudios se puede observar en la Figura 1.

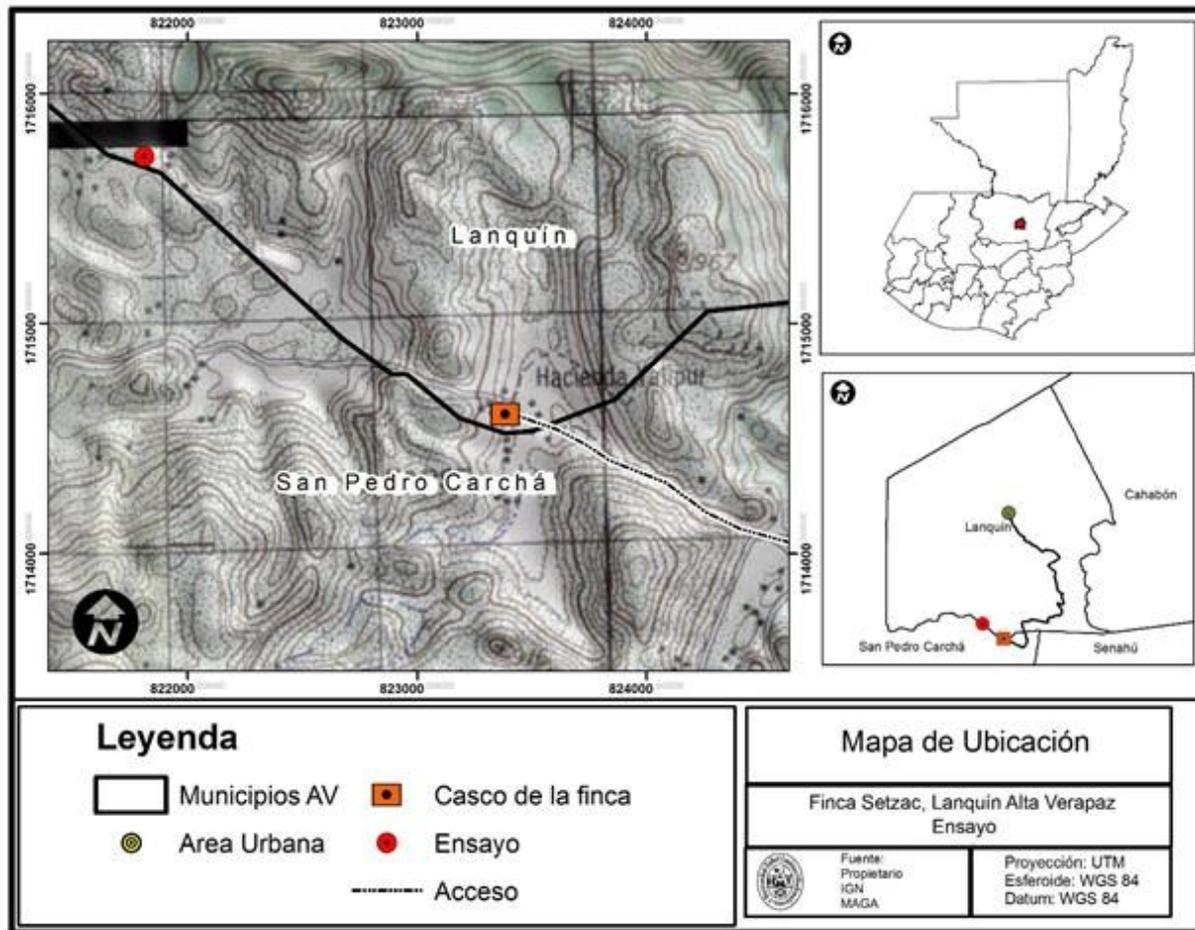


Figura 1. Mapa de ubicación de la Finca Setzac y área de ensayo

6.1.1. Zona de Vida. Basado en el sistema de Holdridge, el área se encuentra en la zona de vida Bosque muy húmedo premontano tropical (Bmh-PMT) (IARNA,2010)

6.1.2 Suelos. El área se encuentra dentro de la división fisiográfica Tierras Altas Sedimentarias, según la clasificación taxonómica de Guatemala pertenece a la orden de entisoles. Son suelos

minerales derivados tanto de materiales aluviónicos como residuales, de textura moderadamente gruesa a fina, de topografía variable entre plana a extremadamente empinada. Son suelos jóvenes desarrollados sobre material parental no consolidado (IARNA, 2010).

6.1.3 Características Climáticas. La precipitación pluvial es de 4,000 mm por año aproximadamente, la temperatura media anual es de 26°C (IARNA, 2010).

6.2 Descripción del Experimento:

Se evaluó el crecimiento y desarrollo fenotípico durante el segundo año de materiales genéticos de semillas y clones del género *Eucalyptus*, realizando dos evaluaciones, una a los dieciocho meses y otra a los veinticuatro meses.

El experimento consta de tres bloques cada uno con doce tratamientos, cada tratamiento con 15 plantas, de 3 surcos por 5 plantas por surco, con un distanciamiento de 3m x 2m, que equivale a 0.47 ha.

6.3 Variables a Evaluar:

Los variables evaluadas en la investigación fueron las siguientes:

- Diámetro a la altura del pecho (DAP) (cm)
- Altura Total (m)
- Volumen por hectárea (m³)
- IMA (DAP, Altura Total, Volumen por hectárea)
- Porcentaje de sobrevivencia (%)

6.4 Descripción de los Materiales:

En el estudio se evaluaron diez clones y dos materiales procedentes de semilla de especies del genero *Eucalyptus* distribuidos en 3 bloques con doce unidades, una repetición de cada material evaluado, haciendo un total de 36 unidades, los materiales evaluados se describen en la Tabla 3.

Tabla 3

Descripción de los materiales evaluados

Número	Material	Especie
1	CA-30	<i>E. camaldulensis</i>
2	PE-11	<i>E. pellita</i>
3	1066	Hibrido urocal (<i>E. urophylla</i> + <i>E. camaldulensis</i>)
4	1084	<i>E. urophylla</i>
5	1188	<i>E. urophylla</i>
6	1198	<i>E. urophylla</i>
7	1846	<i>E. urophylla</i>
8	1197	<i>E. urophylla</i>
9	1203	Hibrido urocal (<i>E. urophylla</i> + <i>E. camaldulensis</i>)
10	1214	Hibrido urocal (<i>E. urophylla</i> + <i>E. camaldulensis</i>)
11	<i>E. urophylla</i>	<i>E. urophylla</i>
12	<i>E. camaldulensis</i>	<i>E. camaldulensis</i>

Fuente: Pilonos de Antigua

6.5 DISEÑO EXPERIMENTAL

El diseño experimental utilizado fue bloques completos al azar (DBCA) con doce materiales y tres repeticiones, para dar un total de 36 unidades experimentales.

Se utilizó este diseño debido a la variabilidad de los materiales y la homogeneidad de las unidades experimentales que conformaron los bloques.

6.6 MODELO ESTADÍSTICO

El modelo asociado a este diseño experimental se muestra a continuación:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \varepsilon_{ij} \quad \begin{cases} i = 1, 2, 3, \dots, t \\ j = 1, 2, 3, \dots, r \end{cases}$$

Siendo:

Y_{ij} = variable de respuesta observada o medida en el i-esimo material y el j-esimo bloque.

μ = media general de la variable de respuesta.

τ_i = efecto del i-esimo material

β_j = efecto del j-esimo bloque

ε_{ij} = error asociado a la ij-esima unidad experimental.

6.7 CROQUIS DE CAMPO

El arreglo de los materiales en campo está presentado en la figura 2.

BI	BII	BIII
CA-30	CAMALDULENSIS	1846
PE-11	UROPHYLLA	1084
1066	1214	1066
1084	1203	PE-11
1188	1197	CA-30
1198	1846	CAMALDULENSIS
1846	1198	1188
1197	1188	UROPHYLLA
1203	1084	1214
1214	1066	1203
UROPHYLLA	PE-11	1197
CAMALDULENSIS	CA-30	1198

Borde
 BI = Bloque
BII = Bloque
BIII = Bloque

Figura 2 Croquis de campo ensayo de Eucalipto realizado en Finca Setzac.

6.8 UNIDAD EXPERIMENTAL:

La unidad experimental cuenta con 15 plantas (3 surcos x 5 plantas por surco) con un distanciamiento de 3m x 2m, que es equivalente a un área de 90m² (Figura 3).

Tratamiento = 45 plantas

Borde = *E. urophylla*, *E. grandis*, *E. camaldulensis*, híbrido urugrandis.

Área total del ensayo: a 0.47ha.

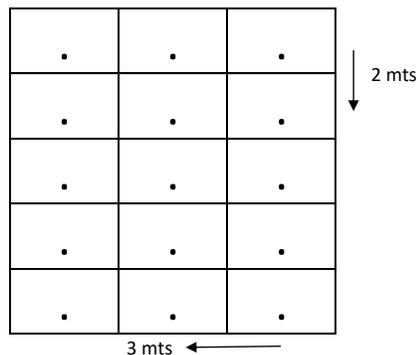


Figura 3 Diseño de la unidad experimental del ensayo.

6.9 Materiales y Recursos

Para la implementación del ensayo se utilizaron diferentes materiales y recursos, descritos en la Tabla 4.

Tabla 4
Materiales y recursos utilizados durante el experimento.

Recurso Humano	Materiales	Equipo
<ul style="list-style-type: none">• 3 Jornales para implementar rondas cortafuegos.• 10 Jornales para realizar limpieas (2 limpieas)	<ul style="list-style-type: none">• Machetes• Rótulos para identificar cada unidad experimental.	<ul style="list-style-type: none">• Cinta métrica• Camara fotográfica• Libreta de campo• Boletas de campo• Hipsometro• Computadora• Tablero

6.10 Manejo del Experimento

6.10.1 Control de maleza. Se realizaron cuatro limpieas manuales con machete y un plateo, empleando para esto 10 jornales. Los objetivos del control de malezas fue favorecer la supervivencia de las plantas a través de la eliminación de la competencia y aumentar la productividad, disminuyendo la competencia por luz, agua y nutrientes.

6.10.2 Control de plagas. Se efectuaron monitoreos en el área del experimento, se tuvo la presencia de taltuza (*Geomydae spp.*), la cual se controló con trampas hechas por los trabajadores de la finca, se identificó el cancro (chancro) de eucalipto causado por el hongo *Chrysosporthe spp.*, su ataque fue leve y se registró en varios clones (ver figura 4), se retiraron los individuos afectados.



Figura 4: individuos con ataque de *Chrysoporthe* spp

6.10.3 Identificación de los tratamientos. Para la identificación en campo, se colocaron rótulos de madera en cada unidad con la inscripción del material al que representaban.

6.10.4 Ronda corta fuego. Se realizó una ronda corta fuegos previa a la época seca para proteger el experimento de incendios.

6.10.5 Mediciones. Para determinar el crecimiento y el desarrollo fenotípico de los materiales se ejecutaron dos mediciones de altura total y DAP, una a los dieciocho meses (marzo, 2014) y otra a los veinticuatro meses (septiembre, 2014) de haberse iniciado el experimento, durante la segunda medición se llevó a cabo un conteo del total de plantas vivas para determinar el prendimiento de cada tratamiento, se evaluó la forma de los fustes con la metodología de MIRASILV, para comparar la altura total y el DAP se utilizó la variable dasométrica compuesta Volumen, el cual se calculó con la formula $V = \text{Área basal} * \text{Factor de Forma} * \text{altura total}$ el cual posteriormente fue proyectado a hectárea, el factor de forma utilizado fue de 0.45.

6.11. Análisis de la Información

Luego de efectuadas las mediciones de las variables se generó una base de datos, ingresando todos los valores de las variables en el programa Excel 2016 de Microsoft Office®.

6.11.1. Análisis estadístico. Se procedió a evaluar las medias de altura total, DAP, volumen, ICA e IMA de cada tratamiento, con ello se realizó el análisis de Varianza de Bloques Completos al Azar con un nivel de confianza del 95% y se utilizó la prueba de Tukey en forma descendente para confrontar las medias, todo el análisis de datos se llevó a cabo con la ayuda del Software INFOSTAT® versión estudiantil 2016e. En el análisis de la sobrevivencia se hizo un conteo de los materiales vivos a los 24 meses, con los datos obtenidos se realizaron los porcentajes para representar dicha variable, para la comparación de productividad de los ensayos de Tontem y la Finca Setzac a los doce meses, se compararon las medias de volumen por hectárea.

7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

7.1 Análisis de las Variables de Crecimiento

7.1.1 Análisis de las variables de crecimiento a los 18 meses

7.1.1.a Análisis de la altura total. Para determinar la significancia que existe entre los tratamientos para la variable altura total se realizó el análisis de varianza, los resultados se muestran en la Tabla 5.

Tabla 5
Análisis de varianza de altura total a los 18 meses

F.V.	gl	SC	CM	F	p-valor
Modelo.	13	26.19	2.01	2.24	0.0458
Bloque	2	2.22	1.11		
Error	22	19.76	0.9		
Total	35	45.95			

Luego de aplicar el ANDEVA con un nivel de significancia del 5% se encontró diferencias significativas (p 0.0458) en los materiales para la variable altura total a los dieciocho meses, lo que indica que los materiales evaluados no se comportaron igual, el coeficiente de variación calculado para el error experimental fue de 11.93%, el cual refleja homogeneidad de la variable evaluada.

Para determinar el mejor material en cuanto a la variable altura se utilizó la prueba de medias de Tukey que se muestra en la Tabla 6.

Tabla 6
Prueba de Tukey para la variable Altura Total a los 18 meses

Material	Medias Altura Total (m)	n		
1214	9.00	3	A	
1084	8.67	3	A	B
1203	8.67	3	A	B
1197	8.5	3	A	B
CA-30	8.48	3	A	B
1846	8.17	3	A	B
Urophylla	8.17	3	A	B
1198	7.68	3	A	B
PE-11	7.67	3	A	B
1188	7.33	3	A	B
1066	7.00	3	A	B
Camaldulensis	6.02	3		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

El clon 1214 conforma el grupo A, posee los mejores valores de altura total con una media de 9.00 metros, los materiales 1084, 1203, 1197, CA-30, 1846, *E. urophylla*, 1198, PE-11 y 1066 conforman el grupo AB con medias entre 8.67 y 7.00 metros y con la media más baja para la variable evaluada encontramos el material de *E. Camaldulensis* que conforma el grupo B con una media de 6.02 metros de altura total.

De acuerdo a la figura 5, el material 1197 es el que posee las alturas más homogéneas y el clon 1188 como el material con alturas más heterogéneas debido a diferencias entre los materiales. Tomando en cuenta la homogeneidad en la variable evaluada se puede concluir que el material destacado en altura total a los dieciocho meses es el clon 1203 con una media de 8.67 metros.

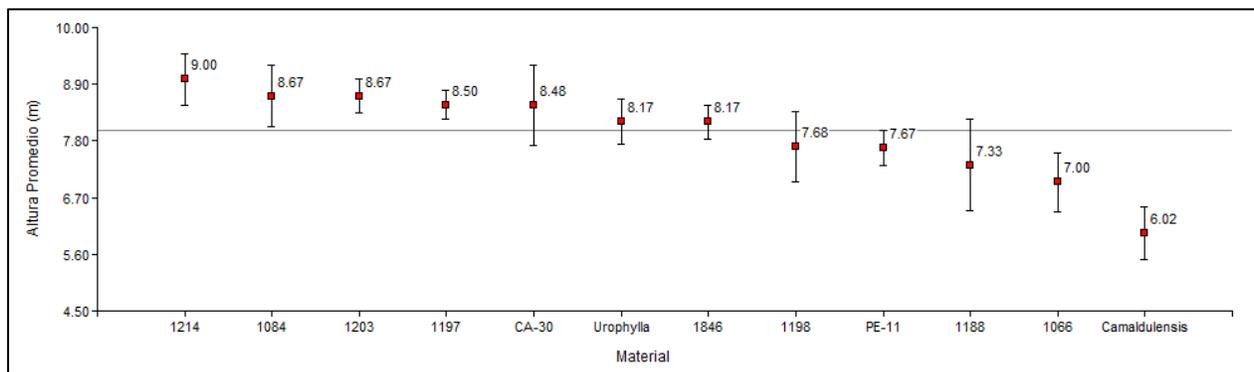


Figura 5 Gráfico de medias y variación de valores de altura total en metros a los 18 meses.

7.1.1.b Análisis del Diámetro a la Altura del Pecho (DAP). Para determinar la significancia que existe entre los tratamientos para la variable DAP se realizó el análisis de varianza, los resultados se muestran en la Tabla 7.

Tabla 7

Análisis de varianza para el DAP a los 18 meses

F.V.	gl	SC	CM	F	p-valor
Modelo.	13	21.37	1.64	1.42	0.2254
Bloque	2	2.2	1.1		
Error	22	25.41	1.16		
Total	35	46.78			

Luego de aplicar el ANDEVA con un nivel de significancia del 5% no se encontró diferencias significativas ($p 0.2254$) en los materiales para la variable DAP a los dieciocho meses, lo que

indica que los materiales evaluados se comportaron diferente, el coeficiente de variación calculado para el error experimental fue de 13.72%.

A pesar de no encontrar diferencias estadísticas significativas los clones 1084 y 1214 destacan al tener los mejores valores de DAP con medias superiores o iguales a 8.83 centímetros, seguidos por el clon 1203 con 8.57 centímetros, el material de *E. camaldulensis* 6.03 centímetros con la media más baja para la variable evaluada.

De acuerdo a la figura 6 los materiales más homogéneos son PE-11, *E. urophylla*, 1198 y el clon CA-30 y el material con mayor heterogeneidad es el clon 1188 por bajo prendimiento. Al tomar en cuenta la homogeneidad que presentan los clones 1084 y 1214 se puede concluir que son materiales destacados en DAP a los 18 meses.

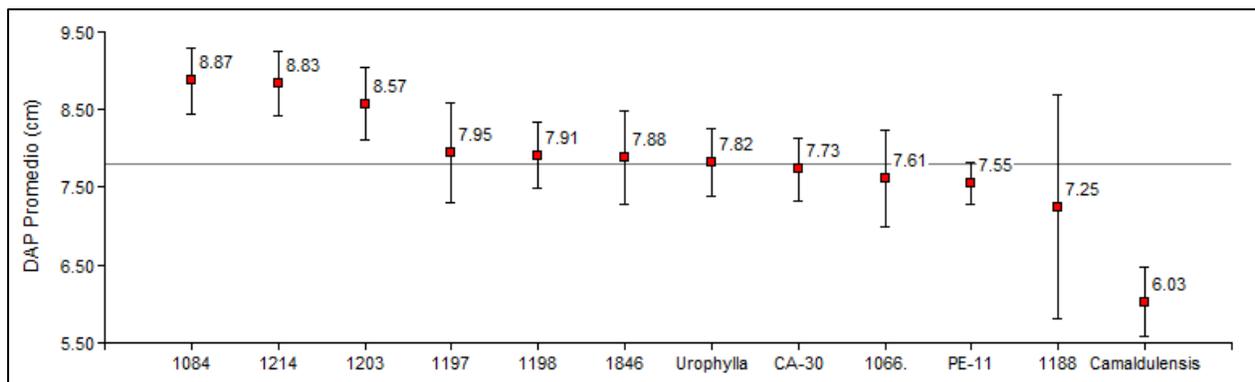


Figura 6. Gráfico de medias y variación de valores de DAP en centímetros a los 18 meses.

7.1.1.c Análisis del Volumen por Hectárea (m^3) a los 18 meses. Para determinar la significancia que existe entre los tratamientos para la variable volumen por hectárea (m^3) se realizó el análisis de varianza, se excluyeron los clones 1084 y 1214 por tener coeficientes de variación altos por diferencias entre el material (54.74 y 41.50 % respectivamente), los clones 1188, 1066, 1198 y el material de semilla *E. camaldulensis* fueron excluidos por coeficientes de variación altos debidos a diferencias en el material y al poco prendimiento (68.13, 66.63, 52.69 y 47.78% respectivamente). El análisis de varianza de los 6 materiales evaluados con volumen total, se muestran en la Tabla 8.

Tabla 8
Análisis de varianza para el Volumen Total (m³/ha) a los 18 meses.

F.V.	gl	SC	CM	F	p-valor
Modelo.	7	180.85	25.84	0.36	0.9069
Bloque	2	47.43	23.71		
Error	10	721.11	72.11		
Total	17	901.96			

Luego de aplicar el ANDEVA con un nivel de significancia del 5% no se encontró diferencias estadísticamente significativas (p 0.9069) en los materiales para la variable volumen por hectárea, el coeficiente de variación calculado para el error experimental fue de 32.72%, el cual refleja la heterogeneidad de la variable evaluada.

A pesar de no encontrar diferencias estadísticas significativas en cuanto a volumen por hectárea, materiales como el clon 1203 alcanzó los 31.23m³/ha y clon 1197 22.68m³/ha.

De acuerdo con la figura 7 los materiales para la variable evaluada, son bastante heterogéneos. De los resultados obtenidos, el material procedente de semilla de *E. urophylla*, que tiene la segunda mejor media, tiene menos heterogeneidad por lo que se puede concluir que es material destacado en la evaluación del volumen total por hectárea a los 18 meses.

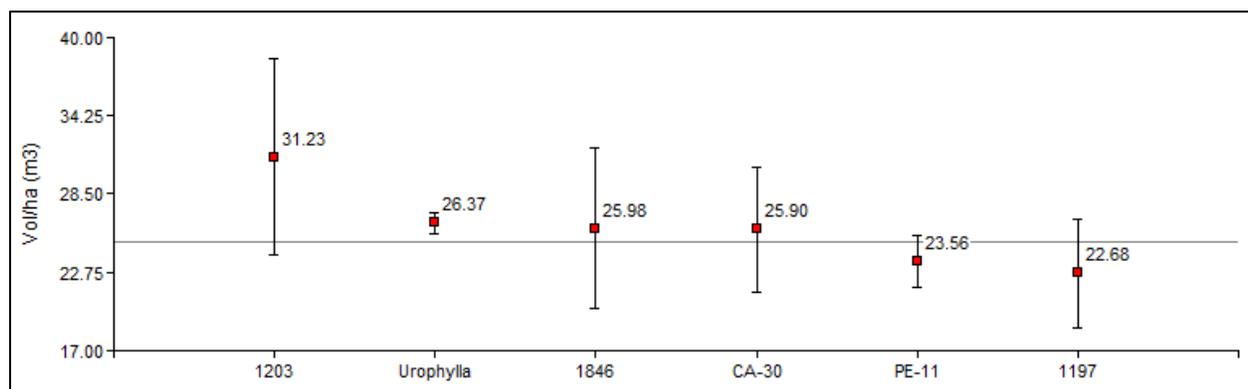


Figura 7. Gráfico de medias y variación de valores de volumen por hectárea en metros cúbicos a los 18 meses.

7.1.2 Análisis de las variables de crecimiento a los 24 meses

7.1.2.a Análisis de la altura total. Para determinar la significancia que existe entre los tratamientos para la variable altura total a los dos años se realizó el análisis de varianza, los resultados se muestran en la Tabla 9.

Cuadro 9
Análisis de varianza para Altura Total a los 24 meses

F.V.	gl	SC	CM	F	p-valor
Modelo.	13	38.4	2.95	2.91	0.0132
Bloque	2	2.08	1.04		
Error	22	22.31	1.01		
Total	35	60.7			

Luego de aplicar el ANDEVA con un nivel de significancia del 5% se encontró diferencias significativas ($p = 0.0132$) en los materiales para la variable altura total a los dieciocho meses, lo que indica que los materiales evaluados no se comportaron igual, el coeficiente de variación calculado para el error experimental fue de 9.47%, el cual refleja homogeneidad de la variable evaluada.

Para determinar el mejor material en cuanto a la variable altura se utilizó la prueba de medias de Tukey que se muestra en la Tabla 10.

Tabla 10
Prueba de Tukey para la variable Altura Total a los 24 meses.

Tratamiento	Medias Altura Total (m)	n		
1084	12.32	3	A	
1214	11.67	3	A	
1203	11.26	3	A	
CA-30	10.97	3	A	B
1197	10.96	3	A	B
1846	10.93	3	A	B
1066	10.62	3	A	B
Urophylla	10.52	3	A	B
PE-11	10.26	3	A	B
1188	10.24	3	A	B
1198	9.81	3	A	B
Camaldulensis	8.09	3		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Los clones 1084, 1214 y 1203 conforma el grupo A, poseen los mejores valores de altura total con una media igual o superior de 11.26 metros, los materiales CA-30, 1197, 1066, *E. urophylla*, PE-11, 1188 con medias superiores a los 10 metros y el clon 1198 con una media de 9.81 metros conforman el grupo AB y con la media más baja para la variable evaluada encontramos el material de *E. camandulensis* que conforma el grupo B con una media de 8.09 metros de altura total.

De acuerdo a la figura 8, el material de *E. urophylla* es el que posee las alturas más homogéneas y el clon 1198 como el material con alturas más heterogéneas debido a diferencias entre los materiales. Tomando en cuenta la homogeneidad en la variable evaluada se puede concluir que el material destacado en altura total a los veinticuatro meses es el clon 1084 con una media de 12.32 metros.

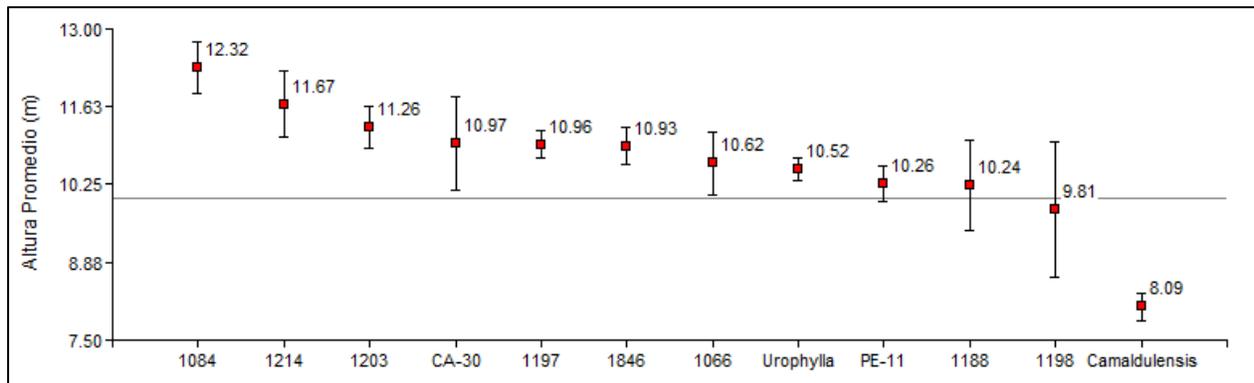


Figura 8. Gráfico de medias y variación de valores de Altura Total en metros a los 24 meses.

7.1.2.b Análisis del Diámetro a la Altura del Pecho (DAP). Para determinar la significancia que existe entre los tratamientos para la variable DAP a los dos años se realizó el análisis de varianza, los resultados se muestran en la Tabla 11.

Tabla 11

Análisis de varianza para el DAP a los 24 meses.

F.V.	gl	SC	CM	F	p-valor
Modelo.	13	52.54	4.04	2.92	0.0131
Bloque	2	7.5	3.75		
Error	22	30.5	1.39		
Total	35	83.03			

Luego de aplicar el ANDEVA con un nivel de significancia del 5% se encontró diferencias significativas (p 0.0131) en los materiales para la variable DAP a los 24 meses, lo que indica que

los materiales evaluados se comportaron diferente, el coeficiente de variación calculado para el error experimental fue de 12.24%.

Para determinar el mejor material en cuanto a la variable DAP (cm) se utilizó la prueba de medias de Tukey que se muestra en la Tabla 12.

Tabla 12
Prueba de Tukey para la variable DAP a los veinticuatro meses

Tratamiento	Medias DAP (cm)	n		
1084	12.73	3	A	
1214	10.54	3	A	B
Urophylla	10.10	3	A	B
1203	9.88	3	A	B
1846	9.50	3	A	B
1066	9.50	3	A	B
1197	9.47	3	A	B
1198	9.15	3		B
1188	8.99	3		B
Camaldulensis	8.62	3		B
PE-11	8.56	3		B
CA-30	8.43	3		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

El clon 1084 destaca en esta medición al tener la media más alta con 12.73 centímetros y conforma el grupo A, Los materiales 1214, *E. urophylla*, 1203, 1846, 1066 y 1197 con medias que van desde los 9.47 a 10.54 centímetros conforman el grupo AB a estos materiales los siguen con medias que van desde los 8.43 hasta los 9.15 centímetros los materiales 1198, 1188, *E. camaldulensis*, PE-11 y CA-30, que conforman el grupo B.

De acuerdo a la figura 9 los materiales más homogéneos son, *E. urophylla*, PE-11 y el clon CA-30 y el material con mayor heterogeneidad es el clon 1198 por bajo prendimiento. Al tomar en cuenta la homogeneidad que presenta el clon 1084 se puede concluir que es el material destacado en la variable DAP a los 24 meses.

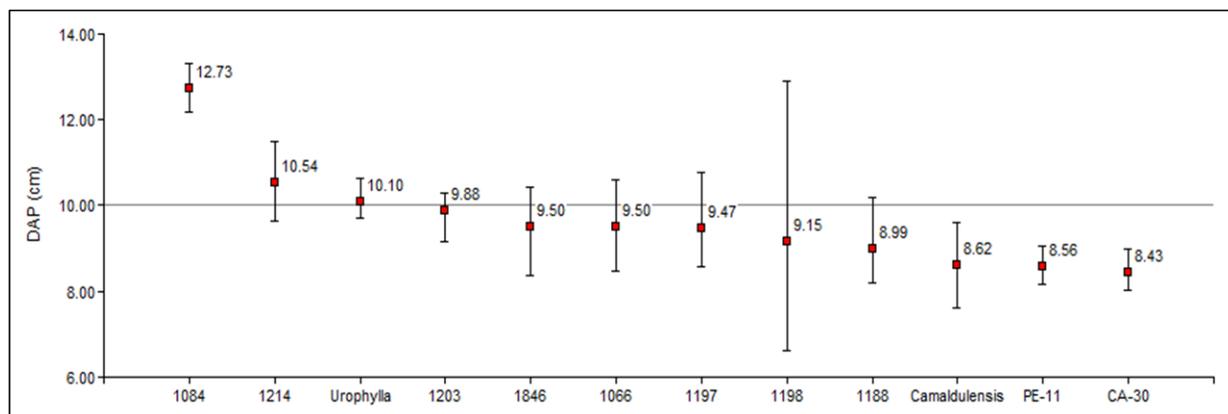


Figura 9. Gráfico de medias y variación de valores de DAP en centímetros a los 24 meses.

7.1.2.3 Análisis del Volumen por Hectárea (m³). Para determinar la significancia que existe entre los tratamientos para la variable volumen por hectárea (m³) a los dos años, se realizó el análisis de varianza, se excluyó el clon 1084 por tener coeficientes de variación altos por diferencias entre el material (52.14%), los materiales 1066, *E. camaldulensis*, 1188 y el clon 1198 fueron excluidos por coeficientes de variación altos debidos a diferencias en el material y al poco prendimiento (58.92, 51.24, 49.75 y 49.24% respectivamente). El análisis de varianza de los 7 materiales evaluados con volumen total, se muestran en la Tabla 13.

Tabla 13

Análisis de varianza para el Volumen Total (m³/ha) a los 24 meses.

F.V.	gl	SC	CM	F	p-valor
Modelo.	8	1615.39	201.92	1.06	0.4492
Bloque	2	465.6	232.80		
Error	12	2292.16	191.01		
Total	20	3907.55			

Luego de aplicar el ANDEVA con un nivel de significancia del 5% no se encontró diferencias significativas (p 0.4492) en los materiales para la variable volumen por hectárea, el coeficiente de variación calculado para el error experimental fue de 29.94%, el cual refleja la heterogeneidad de la variable evaluada.

A pesar de no encontrar diferencias estadísticas significativas en cuanto a volumen por hectárea, hay materiales como el clon 1214, que alcanzó los 58.95 m³/ha con la mejor media y clon CA-30 36.96 m³/ha con la media más baja de los materiales analizados en esta variable.

De acuerdo con la figura 10 los materiales para la variable evaluada, son bastante heterogéneos. De los resultados obtenidos, el material procedente de semilla de *E. urophylla*, que tiene la segunda mejor media, tiene menos heterogeneidad por lo que se puede concluir al igual que en el análisis a los 18 meses que es material destacado en la evaluación del volumen total por hectárea a los 24 meses.

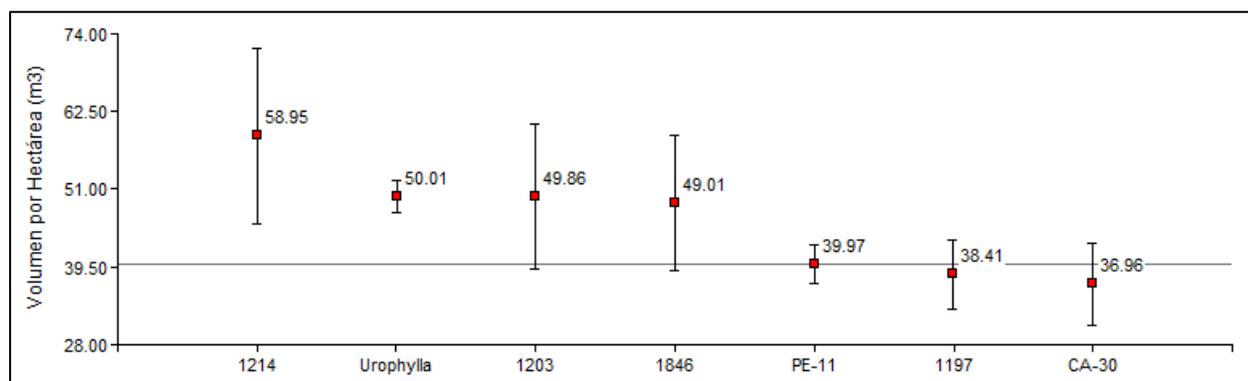


Figura 10. Gráfico de medias y variación de valores de volumen por hectárea en metros cúbicos a los 24 meses.

7.2 ANÁLISIS DE LOS INCREMENTOS MEDIOS ANUALES (ICA)

7.2.1 Análisis del Incremento Corriente Anual de Altura Total a los 24 meses. Para determinar la significancia que existe entre los tratamientos para el ICA de Altura Total a los dos años se realizó el análisis de varianza, los resultados se muestran en la Tabla 14.

Tabla 14

Análisis de varianza para el ICA de Altura Total en metros a los 24 meses.

F.V.	gl	SC	CM	F	p-valor
Modelo.	13	25.62	1.97	2.76	0.0175
Bloque	2	4.7	2.35		
Error	22	15.74	0.72		
Total	35	41.36			

Luego de aplicar el ANDEVA con un nivel de significancia del 5% se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.0175$) en los materiales para el ICA de Altura Total a los dos años, el coeficiente de variación calculado para el error experimental fue de 12.75%, lo cual refleja la homogeneidad de la variable evaluada.

Para determinar el mejor material para el ICA de Altura Total en metros a los dos años se utilizó la prueba de medias de Tukey que se muestra en la Tabla 15.

Tabla 15

Prueba de Tukey para el ICA de Altura Total en metros a los dos años

Tratamiento	Medias ICA Altura Total (m)	n		
1084	8.08	3	A	
1214	7.13	3	A	B
1846	6.97	3	A	B
1203	6.97	3	A	B
1197	6.96	3	A	B
Urophylla	6.79	3	A	B
1188	6.76	3	A	B
1066	6.64	3	A	B
CA-30	6.41	3	A	B
PE-11	6.41	3	A	B
1198	5.58	3	A	B
Camaldulensis	4.89	3		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

El clon 1084 destaca en la evaluación del incremento corriente anual para la variable Altura Total con una media de crecimiento de 8.08 metros y conforma el grupo A, lo siguen materiales como el clon 1214, 1846, 1203, *E. uruphylla*, 1188, 1066, PE-11 y 1198 con medias que van desde los 5.58 a los 7.13 metros de incremento de la variable evaluada conformando el grupo AB y con la media más baja para la variable evaluada encontramos el material de *E. camandulensis* que conforma el grupo B con una media de 4.89 metros de ICA en Altura Total.

De acuerdo a la figura 11, el clon 1203 es el material con alturas cercanas a 7 metros que mejor homogeneidad tiene *E. urophylla* y el clon 1188 como el material más heterogéneo. Tomando en cuenta la homogeneidad en la variable evaluada se puede concluir que el material destacado en ICA Altura Total es el clon 1084 con una media de 8.08 metros.

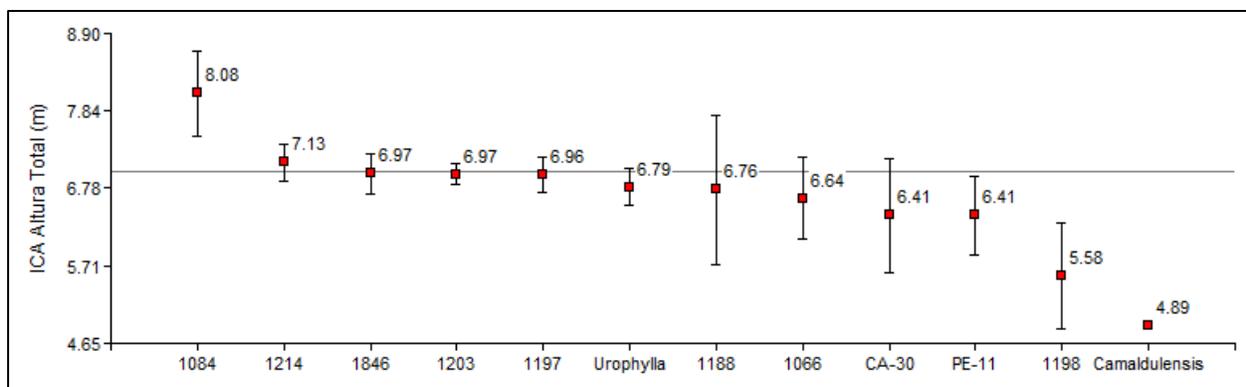


Figura 11. Gráfico de medias y variación de valores de ICA de Altura Total en metros.

7.2.2 Análisis del Incremento Corriente Anual de DAP a los 24 meses. Para determinar la significancia que existe entre los tratamientos para el ICA de Altura Total a los dos años se realizó el análisis de varianza, los resultados se muestran en la Tabla 16.

Cuadro 16.

Análisis de varianza para el ICA DAP a los 24 meses.

F.V.	gl	SC	CM	F	p-valor
Modelo.	13	67.43	5.19	2.28	0.0524
Bloque	2	22.18	11.09		
Error	22	49.97	2.27		
Total	35	117.4			

Luego de aplicar el ANDEVA con un nivel de significancia del 5% no se encontraron diferencias significativas ($p = 0.0524$) en los materiales para el ICA de Altura Total a los dos años, el coeficiente de variación calculado para el error experimental fue de 27.28%, lo cual refleja la heterogeneidad de la variable evaluada.

A pesar de no encontrar diferencias estadísticas significativas el clon 1084 destaca en la evaluación del incremento corriente anual para la variable DAP con una media de crecimiento de 8 centímetros y con la media más baja para la variable evaluada encontramos el clon CA-30 que conforma con una media de 3.61 centímetros de ICA en DAP.

De acuerdo a la figura 12, el clon 1203 es el material mejor homogeneidad, pero con una media de 4.67 cm de ICA DAP, el clon 1198 es el material más heterogéneo. Tomando en cuenta la homogeneidad en la variable evaluada se puede concluir que el material destacado en ICA DAP es el clon 1084 con una media de 8 metros.

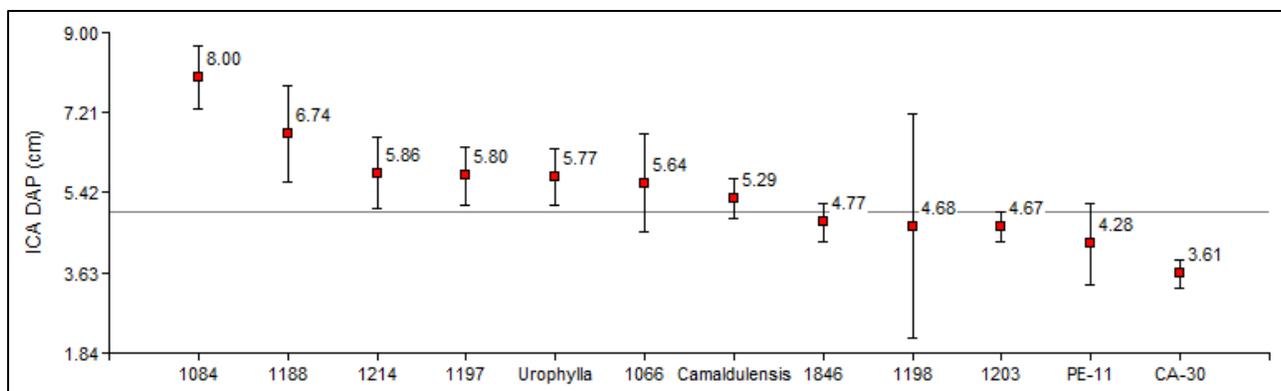


Figura 12. Gráfico de medias y variación de valores de ICA DAP en centímetros.

7.2.3 Análisis del Incremento Corriente Anual de Volumen por hectárea (m^3) a los 24 meses. Para determinar la significancia que existe entre los tratamientos para el ICA de volumen por hectárea a los dos años se realizó el análisis de varianza, los resultados se muestran en la

Tabla 17.

Análisis de varianza para el ICA de Volumen por Hectárea a los 24 meses.

F.V.	gl	SC	CM	F	p-valor
Modelo.	8	1526.01	190.75	1.17	0.3915
Bloque	2	342.25	171.13		
Error	12	1964.7	163.73		
Total	20	3490.71			

Luego de aplicar el ANDEVA con un nivel de significancia del 5% no se encontraron diferencias significativas (p 0.3915) en los materiales para el ICA de Volumen por Hectárea a los dos años, el coeficiente de variación calculado para el error experimental fue de 31.34%, lo cual refleja la heterogeneidad de la variable evaluada.

El análisis estadístico no encontró diferencias significativas pero el clon 1214 destaca en la evaluación del incremento corriente anual para la variable Volumen por hectárea con una media de crecimiento de $51.32 m^3/ha$ y con la media más baja para la variable evaluada encontramos el clon CA-30 con una media de $30.19 m^3/ha$ de ICA en Volumen por hectárea.

De acuerdo a la figura 13, *E. urophylla* es el material mejor homogeneidad, el clon 1214 es el material más heterogéneo. Tomando en cuenta la homogeneidad en la variable evaluada se puede concluir que el material destacado en ICA Volumen por hectárea es el material de *E. urophylla* con una media de 44.84 metros cúbicos por hectárea.

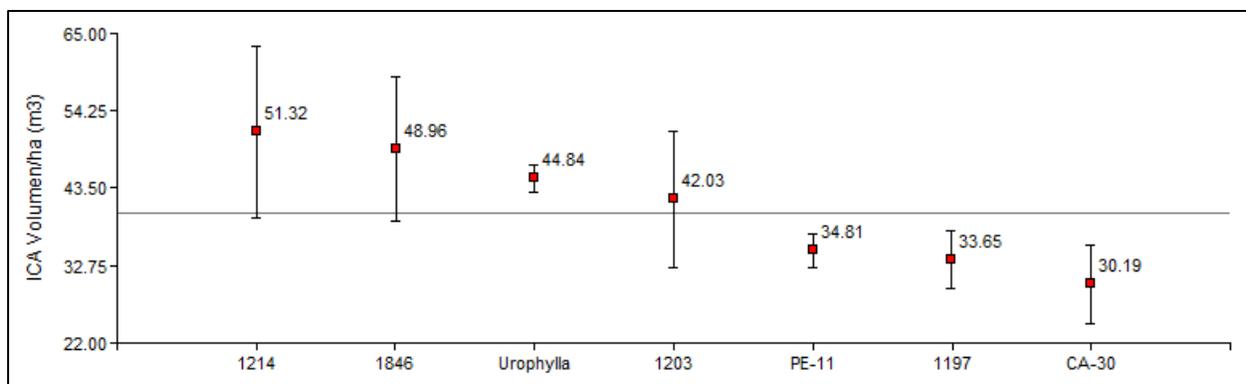


Figura 13. Gráfico de medias y variación de valores de ICA de Volumen por Hectárea (m^3).

7.3 ANÁLISIS DE PRODUCTIVIDAD A LOS VEINTICUATRO MESES

Con el fin de evaluar la productividad a los 24 meses se determinó el Incremento Medio Anual (IMA) de volumen por hectárea en metros cúbicos de los tratamientos.

Para determinar la significancia que existe entre los tratamientos para el IMA de volumen por hectárea a los dos años se realizó el análisis de varianza, los resultados se muestran en la Tabla 18.

Cuadro 18.

Análisis de varianza para el IMA de Volumen por Hectárea a los 24 meses.

F.V.	gl	SC	CM	F	p-valor
Modelo.	8	403.96	50.5	1.06	0.449
Bloque	2	116.35	58.18		
Error	12	573.01	47.75		
Total	20	976.97			

Luego de aplicar el ANDEVA con un nivel de significancia del 5% no se encontraron diferencias significativas ($p = 0.449$) en los materiales para el IMA de Volumen por Hectárea a los dos años, el coeficiente de variación calculado para el error experimental fue de 29.94% lo cual refleja la heterogeneidad de la variable evaluada.

A pesar de no encontrar diferencias estadísticas significativas el clon 1214 destaca en la evaluación del incremento medio anual para la variable Volumen por hectárea con una media de $29.48 m^3/ha$ y con la media más baja para la variable evaluada encontramos el clon CA-30 con una media de $18.48 m^3/ha$ de IMA.

De acuerdo a la figura 14, *E. urophylla* es el mejor material con mayor homogeneidad, el clon 1214 es el material más heterogéneo. Tomando en cuenta la homogeneidad en la variable evaluada se puede concluir que el material destacado en IMA Volumen por hectárea es el material de *E. urophylla* con una media de 25.01 metros cúbicos por hectárea.

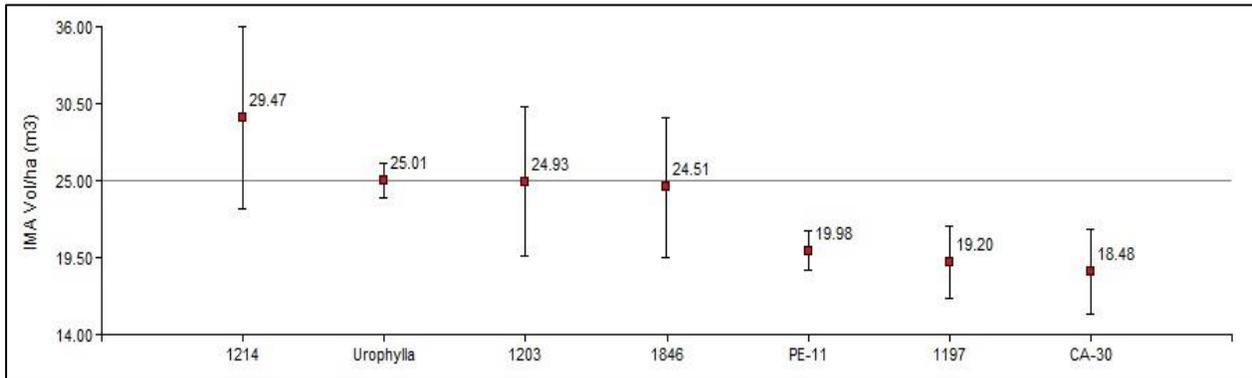


Figura 14. Gráfico de medias y variación de valores de porcentajes de sobrevivencia por material a los 24 meses.

7.4 Análisis de Sobrevivencia a los Veinticuatro Meses

A continuación, en la figura 15, se presenta el porcentaje de supervivencia de los materiales a los 24 meses.

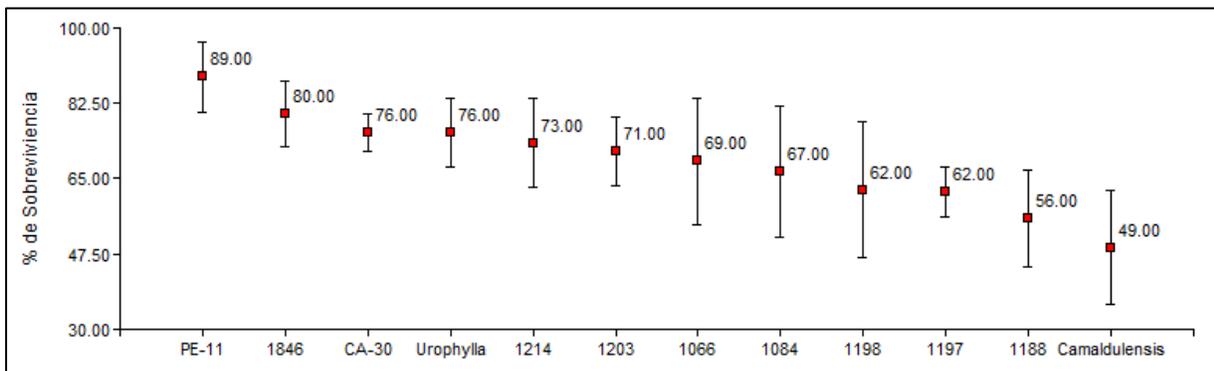


Figura 15. Gráfico de medias y variación de valores de porcentajes de sobrevivencia por material a los 24 meses.

Los materiales con mayor sobrevivencia a los 24 meses fueron los clones PE-11 con un 89% y el clon 1846 con un 80% de individuos vivos, con medias superiores al 70% de sobrevivencia se encuentran los materiales CA-30, *E. Urophylla*, 1214 y 1203, los materiales 1066, 1084, 1198 y 1197 conforman un tercer grupo con porcentajes de sobrevivencia superiores a 60%, los

materiales con menor porcentaje de sobrevivencia son el clon 1188 con un 56% y el material procedente de semillas de *E. camaldulensis* con un 49%.

7.5 Comparación de Productividad del Primer Año de Ensayos Implementados en Alta Verapaz con el Ensayo de Finca Setzac

Se compararon los datos del ensayo de Finca Setzac con los datos obtenidos en el ensayo realizado en Tontem al año de haber sido plantados. La Tabla 19 muestra los resultados obtenidos para la variable volumen total por hectárea de cada material, se eligió esta variable para hacer el análisis comparativo por ser una variable compuesta que refleja los datos de altura total y DAP.

Tabla 19.

Comparación de Volumen por Hectárea al primer año de evaluación de ensayo de aldea Tontem y Finca Setzac.

Material	Tontem	Setzac
	Media Vol/ha (m3)	Media Vol/ha (m3)
1066	0.25	5.09
1084	0.03	7.77
1188	0.05	1.88
1197	0.06	4.76
1198	0.10	6.24
1203	0.07	7.83
1214	0.13	7.63
1846	0.16	5.78
CA-30	0.16	6.76
Camaldulensis	0.05	3.08
PE-11	0.15	5.16
Urophylla	0.02	5.17

Fuente: Daetz, 2015; Trinidad 2015 (documento sin publicar)

En la figura 16 podemos observar como ninguno de los materiales evaluados en la aldea Tontem del municipio de Cobán pudo alcanzar más del 0.25 metros cúbicos por hectárea, siendo superados ampliamente por los materiales evaluados en Finca Setzac, hay que tomar en cuenta que las condiciones de los dos sitios son totalmente diferentes tanto en clima, topografía, altitud, suelos, etc.

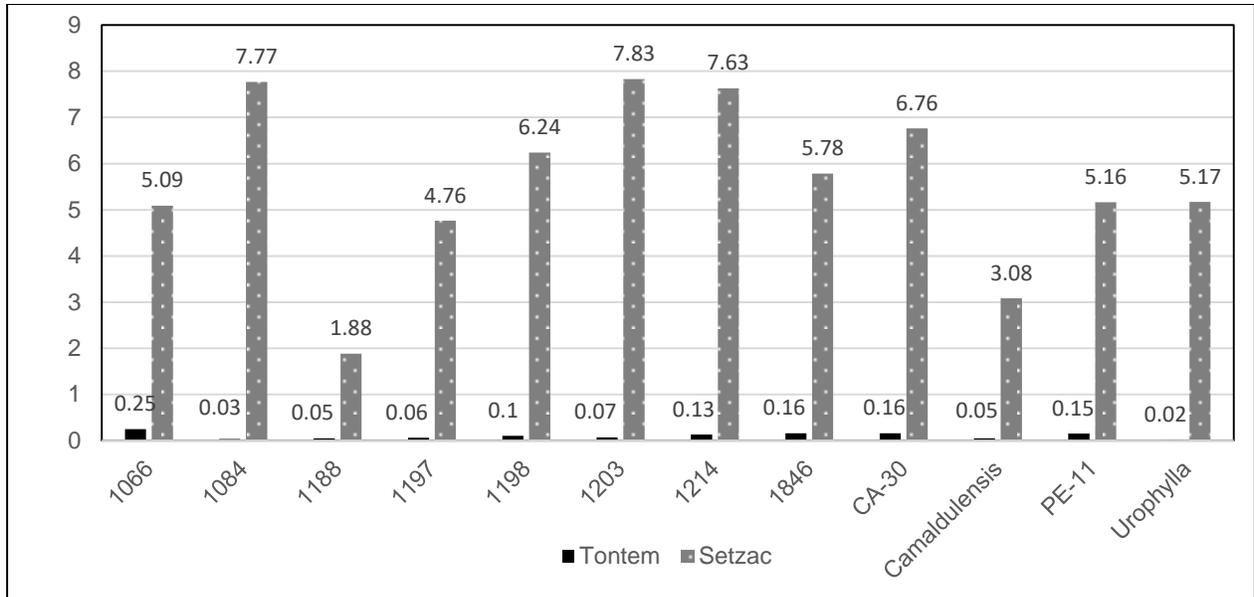


Figura 16. Gráfico de comparación de medias de volumen por hectárea en metros cúbicos de los ensayos de Tontem del municipio de Cobán y Finca Setzac del Municipio de Lanquin ambos de Alta Verapaz.

7.6 Discusión

El análisis estadístico de volumen por hectárea a los doce meses no presentó diferencias estadísticamente significativas, lo que indica que los materiales evaluados se comportaron de manera similar, por lo tanto, se acepta la hipótesis nula.

De acuerdo con los datos obtenidos los clones 1203, 1214 poseen medias superiores a 11.25 metros de altura, el clon 1084 sobresale en la evaluación de altura a los 24 meses con una media de 12.32 metros con un ICA de 8.08m media por arriba de lo reportado por Ignacio (2005) en ensayos de clones de *E. urophylla* en México y a lo reportado por Hun (2007) en San Juan Chamelco, A.V.

Las mejores medias obtenidas en DAP durante el periodo de tiempo evaluado son superiores a los 10 centímetros aportadas por el material procedente de semillas de *E. urophylla* y el clon 1214, en la evaluación del DAP sobresale el clon 1084 con 12.73 centímetros con un ICA de 8.08 centímetros, esta media es superior a lo reportado por Ignacio (2005) en México y por Hun (2017) en San Juan Chamelco A.V.

Los porcentajes de sobrevivencia para los materiales evaluados se vieron afectados por alta pedregosidad en algunas áreas del ensayo, el ataque de *Geomidae* spp, esto provoco varianzas altas en las variables evaluadas, la incidencia de *Chrysoporthe* spp, fue mínima afectando solamente a 4 árboles. El clon PE-11 es el material con mejor prendimiento con un 89%, porcentaje similar al reportado por Daetz (2015) en el primer año de evaluación de los tratamientos, el material procedente de semillas de *E. urophylla* con un 76% supera ampliamente al material procedente de semillas de *E. camaldulensis* que tiene un 49% de sobrevivencia a los 24 meses.

El análisis de volumen total por hectárea a los veinticuatro meses excluyó a varios materiales por coeficientes de variación altos, se obtuvo medias arriba de los 50m³/ha con el material procedente de semillas de *E. urophylla* y el clon 1214 con una media de 58.95 m³/ha y un ICA de 51.32 m³/ha, superior a los reportado por Ignacio (2005) en México.

En la evaluación del incremento medio anual del ensayo, destaco al clon 1214 con una media de 29.47 m³/ha/año arriba de los 25 m³/ha/año que, según el Congreso Nacional del Eucalipto en Perú, se necesitan para que una plantación de eucalipto sea rentable, esta media se encuentra por debajo, comparada con otras investigaciones consultadas de ensayos en diversas partes de Brasil, Chile, Colombia y el Congo que reportan IMA's que varían entre 33 m³/ha/año y 52.9 m³/ha/año entre los 3 y 7 años. En algunas de las experiencias alrededor del mundo los ensayos contaban con un plan de fertilización.

En el lapso de tiempo que duró esta evaluación destacan los clones 1214 procedentes del híbrido urocal y el clon 1846 procedente de *E. urophylla*. En los materiales procedentes de semillas, el *E. urophylla*, registro mejores medias en las variables evaluadas que el material procedente de semillas de *E. camaldulensis*.

Considerando el ICA de volumen por hectárea (m³/ha) y la sobrevivencia de los materiales, durante el segundo año de evaluación del ensayo se destaca al clon 1846 bajo las condiciones de la finca Setzac.

Con el fin de comparar la productividad durante el primer año del ensayo de la Finca Setzac y el establecido en Tontem del municipio de Cobán, se realizó una comparación de las medias de volumen por hectárea (m³/ha) la cual mostro medias que van desde los 1.8 m³/ha hasta 7.83

m³/ha en los tratamientos establecidos en la Finca Setzac que comparados con el 0.25 m³/ha del material 1066 que tiene la media más alta en el ensayo de Tontem, Cobán, A.V. muestran resultados muy superiores en la Finca Setzac durante el primer año de evaluación de los materiales.

8. CONCLUSIONES

La variable altura total al segundo año de desarrollo presenta diferencias estadísticamente significativas entre los materiales, siendo el clon 1084 el promedio más alto con 12.32 metros, mientras el material procedente de semillas de *E. camaldulensis* promedió el valor más bajo durante toda la evaluación con 8.09 metros de altura. El clon 1084 presenta un incremento anual (ICA) de 8.08 metros de altura total en el segundo de evaluación.

El crecimiento en diámetro a la altura del pecho DAP a los dos años muestra al clon 1084 con el mejor promedio de desarrollo con 12.73 centímetros, mientras el clon CA-30 el promedio más bajo con 8.43 centímetros. El clon 1084 presentó un incremento anual (ICA) de 8 centímetros al segundo año de desarrollo.

La productividad cuantificada en volumen durante el segundo año de evaluación presenta como mejor material al clon 1214 con una media de 58.95 m³/ha de desarrollo e ICA de 51.32 m³/ha.

El clon 1214 es el material con la media más alta en la evaluación del incremento medio anual (IMA) a los dos años con 29.47m³/ha, pero por homogeneidad destaca el material procedente de *E. urophylla* con una media de 25.01m³/ha.

A pesar de no haber encontrado diferencias estadísticas significativas en los incrementos anuales de volumen por hectárea, razón por lo cual se acepta la hipótesis nula, el material procedente de semillas de *E. urophylla*, que, durante esta evaluación, mostro más homogeneidad en las variables evaluadas y presentó incrementos anuales de 6.79m en altura total, 5.77cm en DAP, 44.84m³ en volumen por hectárea, y un 76% de supervivencia; bajo las condiciones de la Finca Setzac, es el material destacado durante el tiempo de evaluación.

9. RECOMENDACIONES

Continuar con la evaluación de los materiales clonales siguiendo la misma línea de trabajo del presente estudio hasta su quinto año de desarrollo para determinar el mejor material genético y pueda ser seleccionado como material con potencial, bajo condiciones similares a la Finca Setzac.

Evaluar con más atención el material procedente de semillas de *E. urophylla* ya que, de seguir con buenos resultados y homogeneidad, puede ser seleccionado como material clonal y ser útil para la región en la que se encuentra ubicada la Finca Setzac.

Determinar el poder calorífico y biomasa de los mejores materiales evaluados durante el aprovechamiento, mediante pruebas de laboratorio, para su utilización como fuentes dendroenergéticas de desarrollo.

Establecer ensayos similares en distintas regiones del país para generar una base de datos de materiales para recomendar los mejores materiales genéticos y contribuir con esto a reducir el déficit sobre la cobertura forestal del país.

10. BIBLIOGRAFÍA

- Acevedo, E. A. (2008). Efectos del Establecimiento en el Crecimiento y Rentabilidad de Plantaciones de *Eucalyptus* en el Sur de Chile. Santiago, Chile: Universidad de Chile.
- Archila, C. (2012). El Cardamomo, foro cambio climatico y su efecto en la productividad agricola de las verapaces. Cobán, Alta Verapaz, Guatemala.
- Agudo, R. (2010). Empacado Discontinuo a Pie de Tocón de residuos Selvícolas: Gestión Integral de Biomasa Forestal. Córdoba, España: Universidad de Córdoba.
- Badilla, Y., & Murillo, O. (2005). Establecimiento de Jardines Clonales. KURÚ Revista Forestal 6:1-4.
- Borralho, Nuno, (2011). Quality – Cost Competitiveness of Eucalypts an How to Move it to the Next Level. In: IUFRO Eucalypts, Porto Seguro, Bahía, Brazil. Disponible en: <http://www.ipef.br/eventos/2011/iufro.asp>
- Bush, David. (2011). Eucalypts for Planting: Trends in Testing and Utilization. CSIRO Plant Industry, Australian Tree Seed Centre. In: IUFRO Eucalypts, Porto Seguro, Bahía, Brazil. En: <http://www.ipef.br/eventos/2011/iufro.asp>
- Caniza, F. (2010). Efecto sobre los estados de Competencia Post-Raleo en los caracteres de Importancia de la Madera del *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden para el uso solido. El Dorado, Misiones, Argentina: Universidad Nacional de Misiones.
- Congreso Nacional de Eucalipto, CONAE. (2001). Informe Nacional. Huancayo.
- Corporación Nacional de Investigación y Fomento Forestal-CONIF. (2013). (*Documento inédito*). Resultados preliminares de investigación en Plantaciones Forestales. Resumen 2000-2012. Bogotá, Colombia.
- Corporación Nacional de Investigación y Fomento Forestal-CONIF. (2012). (*Documento inédito*) Resultados preliminares Red de Parcelas permanentes para el Monitoreo del Crecimiento y Rendimiento de plantaciones forestales Comerciales Convenio CONIF®-MADR. Colombia.

- De León, J.S. (2010) Estudio De Factibilidad Para Producción De Energía Eléctrica, A Partir De Biomasa De Eucalipto, Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.
- Delwale, J., Laplace, Y., Guillet, G. (1983). Production masive de boutures d'ecaliptus em Republique Populaire du Congo. 1980. IUFRO. Forest Fast Growing Symp Silvicultura, Sao Paulo.
- García, G., de Souza, Jo., & Abad, J. (2004). Reporte de descripción técnico científica de *E. urophylla* S.T. Blake procedencia de Monterrey y Zacapa en Guatemala. Guatemala.
- Grupo Empresarial ENCE S.A. (2009). La gestión Forestal Sostenible y El Eucalipto. Madrid, España: ENCE, Grupo Empresarial.
- FAO (Food an Agriculture Organization). (2008). Mejoramiento Genético Forestal. Roma, Italia: FAO.
- Gomide, J.; Colodette, J; Oliveira, R; Silva, C. Caracterização tecnológica para produção de celulose da nova geração de clones Eucalyptus no Brasil. Revista Árvore, Viçosa, MG, v.29, n. 1, p. 129-137, 2005.
- Harwood, C., (2011). Introductions: Doing it Right In Developing a Eucalypt Resource: Learning from Australia and Elsewhere. (Ed. J Walker) pp. 43-54. (WoodTechnology Research Centre, University of Canterbury: Christchurch, New Zealand). Recuperado el día 8 de marzo del año 2016. <http://www.crcforestry.com.au/newsletters/downloads/Harwood-paper-NZ- Conference-2011-final.pdf>
- Haston, E; Richardson, J; Stevens, P; Chase, M. & Harris, D. (2009). The Linear Angiosperm Phylogeny Group (LAPG) III: a linear sequence of the familias in APG (III). Bot Journ Linn. Soc. Lond 161. Pp 128-131.
- Hun, V. (2017) Evaluación de Materiales Genéticos de *Eucalyptus urophylla* en el tercer año de desarrollo; San Juan Chamelco, Alta Verapaz. Tesis Ing. Forestal. Alta Verapaz, Guatemala, URL. 47 p.

- Ignacio, E., Vargas, J., López, J., & Borja, A. (2005). Parámetros Genéticos del Crecimiento y Densidad de Madera en Edades Juveniles de Eucalyptus urophylla S. T. Blake. *Agrociencia*, 469-479.
- IARNA-URL (2010). Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente de la Universidad Rafael Landívar. Laboratorio SIG IARNA. Mapa Zonas de Vida de Guatemala, Sistema Holdridge. Escenario A2-2020. Guatemala.
- INAB (Instituto Nacional de Bosques). (2008). Informe de Crecimiento y Productividad Inicial de la Platanaciones Forestales Beneficiarias del Programa de Incentivos Forestales -PINFOR-. Guatemala de la Asunción, Guatemala: Instituto Nacional de Bosques -INAB-.
- INTA (Instituto Nacional de Tecnología Agrícola). (2012). Mejoramiento Genético de Pinos y Eucaliptos Subtropicales. Concordia, Entre Ríos, Argentina.
- Landsberg, J., Prince, S., Jarvis, P., McMurtrie, R., Luxmoore, R., & Medlyn, B. (1997). Energy conversion and use in forestry: an analysis of forest production in terms of radiation utilization efficiency. En H.L. Gholz, K. Nakane y H. Shimoda, eds. *The use of remote sensing in the modeling of forest productivity.* United Kingdom, London: Kluwer Academic Publishers.
- Ugalde, L. (2003). Guía para el Establecimiento y Medición de Parcelas para el Monitoreo y Evaluación del Crecimiento de Árboles en Investigación y en Programas de Reforestación con la Metodología del Sistema MIRA-SILV. Turrialba, Costa Rica: CATIE, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza.
- Viera, D., Bressam, C., Diniz, A., Plinio, A., & de Freitas, M. (1992). Clonal Silviculture at Champion e Celulose LTDA. Brazil. Mass Production Technology For Genetically Improved Fast Growing Forest Tree Species. Proceedings of Symposium. Bordeaux, France.

11. ANEXOS

Anexo 1: Tabla de promedios de DAP (cm) por bloque a los 18 meses

Tratamiento	I	II	III	Promedio
CA-30	7.03	8.41	7.75	7.73
Camaldulensis	5.52	5.65	6.92	6.03
PE-11	8.04	7.15	7.46	7.55
Urophylla	7.15	8.63	7.69	7.82
1066	7.53	8.72	6.58	7.61
1084	8.09	9.57	8.94	8.87
1188	10.00	5.12	6.62	7.25
1197	9.20	7.56	7.09	7.95
1198	7.70	8.74	7.30	7.91
1203	8.98	7.64	9.11	8.57
1214	9.48	8.95	8.06	8.83
1846	8.80	8.09	6.76	7.88

Anexo 2: Tabla de promedios de DAP (cm) por bloque a los 24 meses

Tratamiento	I	II	III	Promedio
CA-30	8.01	8.97	8.31	8.43
Camaldulensis	9.62	7.60	8.66	8.62
PE-11	9.05	8.16	8.47	8.56
Urophylla	9.97	10.64	9.70	10.10
1066	9.42	10.61	8.47	9.50
1084	12.18	13.32	12.69	12.73
1188	8.59	10.18	8.19	8.99
1197	10.79	9.04	8.57	9.47
1198	12.91	6.61	7.94	9.15
1203	10.17	9.15	10.31	9.88
1214	11.48	10.52	9.63	10.54
1846	10.42	9.70	8.38	9.50

Anexo 3: Tabla de promedios de Altura (m) por bloque a los 18 meses

Tratamiento	I	II	III	Promedio
CA-30	7.45	10.00	8.00	8.48
Camaldulensis	5.50	5.50	7.05	6.02
PE-11	7.00	8.00	8.00	7.67
Urophylla	7.50	9.00	8.00	8.17
1066	6.00	8.00	7.00	7.00
1084	7.50	9.50	9.00	8.67
1188	9.00	6.00	7.00	7.33
1197	9.00	8.50	8.00	8.50
1198	7.00	9.05	7.00	7.68
1203	9.00	8.00	9.00	8.67
1214	9.50	9.50	8.00	9.00
1846	8.50	8.50	7.50	8.17

Anexo 4: Tabla de promedios de Altura (m) por bloque a los 24 meses

Tratamiento	I	II	III	Promedio
CA-30	10.13	12.61	10.16	10.97
Camaldulensis	8.00	7.71	8.55	8.09
PE-11	9.64	10.50	10.65	10.26
Urophylla	10.42	10.90	10.26	10.52
1066	9.69	11.62	10.56	10.62
1084	11.42	12.93	12.60	12.32
1188	9.30	11.80	9.61	10.24
1197	11.37	10.99	10.51	10.96
1198	12.17	8.47	8.77	9.81
1203	11.56	10.52	11.72	11.26
1214	12.38	12.10	10.54	11.67
1846	11.38	11.12	10.30	10.93

Anexo 5: Tabla de promedios de Volumen por hectárea (m³) por bloque a los 18 meses

Tratamiento	I	II	III	Promedio
CA-30	19.04	34.69	23.97	25.90
Camaldulensis	8.53	6.31	15.58	10.14
PE-11	19.79	24.90	25.98	23.56
Urophylla	27.21	24.83	27.06	26.37
1066	8.67	37.92	19.85	22.15
1084	14.70	48.78	30.04	31.17
1188	29.63	8.07	12.47	16.72
1197	30.01	16.26	21.78	22.68
1198	10.72	34.08	21.74	22.18
1203	30.34	19.30	44.06	31.23
1214	51.10	25.58	27.00	34.56
1846	37.64	22.08	18.22	25.98

Anexo 6: Tabla de promedios de Volumen por hectárea (m³) por bloque a los 24 meses

Tratamiento	I	II	III	Promedio
CA-30	27.69	48.14	35.03	36.96
Camaldulensis	12.61	12.99	28.92	18.17
PE-11	34.40	42.20	43.31	39.97
Urophylla	51.44	45.37	53.23	50.01
1066	20.54	74.33	42.76	45.88
1084	40.84	127.84	81.75	83.48
1188	40.92	15.48	22.68	26.36
1197	47.18	29.33	38.71	38.41
1198	16.58	50.01	35.11	33.90
1203	48.64	31.90	69.04	49.86
1214	84.73	43.49	48.63	58.95
1846	68.79	41.75	36.51	49.01

Anexo 7: Boleta de Campo

Boleta de Campo
Evaluación de Crecimiento y Desarrollo Eucaliptus
Finca Setzac, Lanquín Alta Verapaz.

Fecha: _____ Primera medición: Segunda Medición:
Bloque: _____ Fecha de Plantación: _____
Tratamiento: _____

No.	DAP (CM)	Altura (m)	Otros
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			