

UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR

FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS

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



EVALUACIÓN DEL CRECIMIENTO DE
PLANTACIONES DE EUCALIPTO EN LANQUÍN, ALTA VERAPAZ
TESIS DE GRADO

CARLOS GERARDO DAETZ ESCALANTE

CARNET 21236-06

SAN JUAN CHAMELCO, ALTA VERAPAZ, ABRIL DE 2015

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 DE
PLANTACIONES DE EUCALIPTO EN LANQUÍN, ALTA VERAPAZ
TESIS DE GRADO

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

POR
CARLOS GERARDO DAETZ ESCALANTE

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, ABRIL DE 2015
CAMPUS "SAN PEDRO CLAVER, S. J." DE LA VERAPAZ

AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR

RECTOR:	P. EDUARDO VALDES BARRIA, S. J.
VICERRECTORA ACADÉMICA:	DRA. MARTA LUCRECIA MÉNDEZ GONZÁLEZ DE PENEDO
VICERRECTOR DE INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN:	DR. CARLOS RAFAEL CABARRÚS PELLECCER, S. J.
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

DECANO:	DR. ADOLFO OTTONIEL MONTERROSO RIVAS
VICEDECANA:	LIC. ANNA CRISTINA BAILEY HERNÁNDEZ
SECRETARIA:	ING. REGINA CASTAÑEDA FUENTES
DIRECTOR DE CARRERA:	MGTR. LUIS MOISÉS PEÑATE MUNGUÍA

NOMBRE DEL ASESOR DE TRABAJO DE GRADUACIÓN

ING. PEDRO GABRIEL SILVESTRE DELGADO

TERNA QUE PRACTICÓ LA EVALUACIÓN

MGTR. CARLOS ERNESTO ARCHILA CARDONA

MGTR. EDWIN ESTUARDO VAIDES LÓPEZ

ING. ROBERTO WALDEMAR MOYA FERNÁNDEZ

San Juan Chamelco, 15 de marzo de 2015

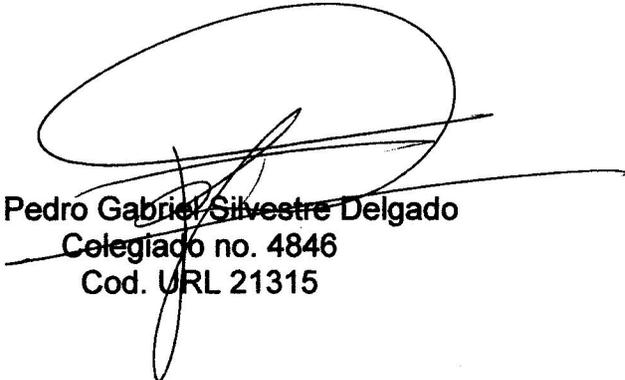
Consejo de Facultad
Ciencias Ambientales y Agrícolas
Presente

Estimados miembros del Consejo:

Por este medio hago constar que he asesorado el trabajo de graduación del estudiante Carlos Gerardo Daetz Escalante, carné 21236-06, titulada: "Evaluación del Crecimiento de Plantaciones de Eucalipto en Lanquin, Alta Verapaz".

El cual considero que cumple con los requisitos establecidos por facultad, previo a su autorización de impresión.

Atentamente,



Ing. Pedro Gabriel Silvestre Delgado
Colegiado no. 4846
Cod. URL 21315



Universidad
Rafael Landívar

Tradición Jesuita en Guatemala

FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS
No. 06283-2015

Orden de Impresión

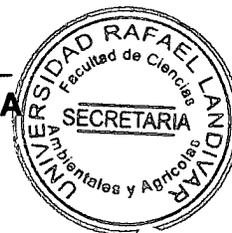
De acuerdo a la aprobación de la Evaluación del Trabajo de Graduación en la variante Tesis de Grado del estudiante CARLOS GERARDO DAETZ ESCALANTE, Carnet 21236-06 en la carrera LICENCIATURA EN INGENIERÍA FORESTAL CON ÉNFASIS EN SILVICULTURA Y MANEJO DE BOSQUES, del Campus de La Verapaz, que consta en el Acta No. 0631-2015 de fecha 14 de marzo de 2015, se autoriza la impresión digital del trabajo titulado:

EVALUACIÓN DEL CRECIMIENTO DE
PLANTACIONES DE EUCALIPTO EN 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 15 días del mes de abril del año 2015.


ING. REGINA CASTANEDA FUENTES, SECRETARIA
CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS
Universidad Rafael Landívar



AGRADECIMIENTOS

A:

Dios porque ha estado conmigo a cada paso que doy, cuidándome y dándome fortaleza para continuar.

La Universidad Rafael Landívar por ser parte de mi formación.

Ing. Estuardo Vaidés, Ing. Sabino Mollinedo e Ing. Pedro Silvestre por asesoría, revisión y correcciones.

Miguel Ángel García Rosales e hijo, propietarios de Finca Setzac, por brindarme el apoyo para realizar la presente investigación.

Mis amigos por el apoyo y la amistad.

DEDICATORIA

Mi Madre:

Por su amor y apoyo, que este logro sea un homenaje a su esfuerzo.

Mi Hermano:

Por su apoyo y cariño.

Mi familia:

Tíos y primos por sus consejos, apoyo y cariño brindado.

INDICE GENERAL

Resumen.....	i
Summary.....	ii
I. INTRODUCCION	1
II. MARCO TEORICO	2
2.1 ORIGEN Y REFERENCIAS HISTÓRICAS DEL CULTIVO DE EUCALIPTO.....	2
2.2 ESPECIES DE MAYOR IMPORTANCIA EN LAS PLANTACIONES DE EUCALIPTOS	3
2.3 MEJORAMIENTO GENÉTICO	5
2.4 CLON VEGETAL	5
2.5 JARDÍN CLONAL	5
2.6 BIOMASA	6
2.7 SILVICULTURA DE ROTACIÓN CORTA	6
2.8 PLANTACIONES ENERGÉTICAS	6
2.9 EXPERENCIAS DE CULTIVOS CLONALES DE EUCALIPTOS.....	7
2.9.1 Experiencias en distintas partes del mundo.....	7
2.9.2 Experiencias en Guatemala	8
III. JUSTIFICACION DEL TRABAJO	9
3.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	9
3.2 JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO	9
IV. OBJETIVOS	11
4.1 OBJETIVO GENERAL:.....	11
4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:.....	11
V. HIPÓTESIS.....	11
5.1 HO. HIPÓTESIS NULA	11
5.2 HA HIPÓTESIS ALTERNA.....	11
VI. METODOLOGÍA.....	12
6.1 LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO:.....	12
6.1.1. Zona de Vida.....	13
6.1.2 Suelos	13
6.1.3 Características Climáticas.....	13
6.2 DESCRIPCION DEL EXPERIMENTO:	13
6.3 VARIABLES A EVALUAR:	14
6.4 DESCRIPCIÓN DE LOS MATERIALES:	14
6.5 DISEÑO EXPERIMENTAL	15

6.6 MODELO ESTADÍSTICO	15
6.7 CROQUIS DE CAMPO	16
6.8 UNIDAD EXPERIMENTAL:	16
6.9 MATERIALES Y RECURSOS.....	17
6.10 MANEJO DEL EXPERIMENTO	18
6.10.1 Preparación del Terreno	18
6.10.2 Control de maleza.....	18
6.10.3 Control de plagas.....	18
6.10.4 Identificación de los tratamientos.....	18
6.10.5 Ronda corta fuego.....	18
6.10.6 Mediciones.....	18
6.11. ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN	19
6.11.1. Análisis estadístico.....	19
VII. RESULTADOS Y DISCUSION.....	20
7.1 ANÁLISIS DE LAS VARIABLES DE CRECIMIENTO.....	20
7.1.1 Análisis de las variables de crecimiento a los 6 meses	20
7.1.1.1 Análisis de la altura total.....	20
7.1.1.2 Análisis del Diámetro a la Altura del Pecho (DAP)	21
7.1.2 Análisis de las variables de crecimiento a los 12 meses	21
7.1.2.1 Análisis de la Altura Total.	21
7.1.2.2 Análisis del Diámetro a la Altura del Pecho (DAP)	22
7.1.2.3 Análisis del Volumen por hectárea	24
7.2 ANÁLISIS DE SOBREVIVENCIA A LOS DOCE MESES	25
7.3 ANÁLISIS FENOTÍPICO A LOS DOCE MESES	26
7.4 DISCUSION	27
VIII. CONCLUSIONES.....	29
IX. RECOMENDACIONES	30
X. BIBLIOGRAFÍA.....	31
ANEXOS	35

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1 Descripción de los materiales evaluados.....	15
Cuadro 2 Materiales y recursos utilizados durante el experimento.	17
Cuadro 3 Análisis de varianza de altura total a los 6 meses	20
Cuadro 4 Análisis de varianza para altura total a los 12 meses	21
Cuadro 5 Análisis de varianza para el DAP a los 12 meses.....	22
Cuadro 6 Prueba de Tuckey para la variable DAP a los doce meses	23
Cuadro 7 Análisis de varianza del volumen por hectárea.....	24
Cuadro 8 Porcentajes de formas de fuste	26

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de ubicación de la Finca Setzac y área de ensayo.....	12
Figura 2 Códigos de evaluación fenotípica empleados.	14
Figura 3 Croquis de campo ensayo de Eucalipto realizado en Finca Setzac	16
Figura 4 Diseño de la unidad experimental del ensayo.	17
Figura 5 Gráfico de medias y variación de valores de altura total en metros a los 6 meses.....	21
Figura 6 Gráfico de medias y variación de valores de altura total en metros a los 12 meses.....	22
Figura 7 Gráfico de medias y variación de valores de altura total en metros DAP en cm a los 12 meses.	24
Figura 8 Gráfico de medias y variación de valores de volumen por hectárea a los 12 meses.....	25
Figura 9 Gráfico de medias y variación de valores de porcentajes de sobrevivencia por material a los 12 meses.....	25
Figura 10 Gráfico de columnas apiladas que muestra la distribución de los porcentajes por formas.	27

EVALUACION DEL CRECIMIENTO DE PLANTACIONES DE EUCALIPTO, LANQUIN, ALTA VERAPAZ.

RESUMEN

La presente investigación se desarrolló en la finca Setzac, ubicada en el municipio de Lanquín, Alta Verapaz, con el objetivo de evaluar el crecimiento, desarrollo y adaptabilidad bajo las condiciones de la finca. Se implementó un ensayo con bloques completos al azar de Eucalipto, con un clon procedente de *Eucaliptus camaldulensis* y *E. pellita*, 5 clones procedentes de *E. urophylla*, tres clones procedentes del híbrido urocal y dos materiales procedentes de semillas de *E. camaldulensis* y *E. urophylla*. Durante el desarrollo de la investigación se realizaron dos mediciones, una a los seis meses después de ser establecido el ensayo y otra a los doce meses. Las variables evaluadas fueron: altura total (m), DAP (cm), volumen por hectárea (m³/ha), forma de fustes (recto, bifurcado, inclinado y sinuoso) y la sobrevivencia de cada material (%). Los datos obtenidos en ambas mediciones se tabularon y se procesaron con la ayuda del software Infostat®, se realizó el análisis de Varianza con un nivel de confianza del 95% y se utilizó la prueba de Tuckey en forma descendente para comparar las medias. Como resultado de la investigación y a pesar de no haber encontrado diferencias estadísticas significativas se destaca al clon 1214 procedente del híbrido urocal por tener una de las medias más altas y homogénea en la variable volumen por hectárea.

EVALUATION TO DETERMINE THE GROWTH OF EUCALYPTUS PLANTATIONS IN LANQUIN, ALTA VERAPAZ.

SUMMARY

The current research was developed in Setzac, in Lanquin, Alta Verapaz to determine the growth, development and adaptability of eucalyptus plantations in Setzac. A sample was adapted through complete blocks selected randomly, with different types of Eucalyptus; one clone from *Eucalyptus camaldulensis* and *E. pellita*, five clones from *E. urophylla*; three from an urocal hybrid and two materials belonging to *E. camaldulensis* and *E. urophylla*. During the development research, two measurements were taken. The first, was collected six months after establishing the sample and the second, was collected twelve months after the sample establishment. The evaluated variables included: total height (m); DBH (cm), volume per hectare (m³/he), shank shape (straight, inclined, bifurcated and sinuous) and the survival of each material (%). After collecting the data, it was processed using the Infostat® Software program carrying out the Varianza analysis with a 95% level of accuracy and Tuckey's Test was used to compare the measures in a descendente form. As a result of the research and despite the lack of meaningful statistical differences, the 1214 clone that belongs to the Urocal Hybrid presented the higher and most homogenous measures in the volume variable per hectare.

I. INTRODUCCION

El creciente interés en la utilización de materiales vegetales como fuente de energía y de materias primas químicas ha sido de debates y ha llevado a hacer algunos experimentos en aplicación de la idea de la silvicultura de rotación corta. De acuerdo con ella, los árboles que crecen rápidamente se cosechan con una relativa mayor frecuencia.

Las plantaciones forestales de las zonas tropicales proporcionan gran parte de la oferta de madera a nivel mundial, sin embargo, la demanda creciente de productos maderables indica que en el futuro se requerirá no solo mayor superficie de plantaciones sino plantaciones con un rendimiento mayor (Laclau, 2009).

En América Central y el Caribe, la mayor parte de la madera extraída de los bosques se destina a leña (un 90 por ciento) (FAO, 2011). Investigaciones recientes han establecido un consumo de leña en Guatemala de 15,771,186 toneladas de materia seca al año (Larrañaga & Flores 2012).

Según el Manejo de Información Forestal del Instituto Nacional de Bosques (2011) en Guatemala hay plantadas 1717.19 hectáreas del genero Eucaliptus lo cual representa un 1.68% del total de áreas plantadas en el país, las especies de Eucalipto son muy favorecidas como especies de plantación en muchas partes del mundo debido a que son de crecimiento rápido, fácil cultivo y adecuado para plantaciones industriales, agroforestales y forestales de la comunidad (FAO 1979).

Tomando en cuenta lo anterior se ve la necesidad de realizar ensayos de eucalipto en diferentes regiones del país para evaluar el crecimiento y desarrollo de diferentes materiales y descubrir el potencial del género en nuestro país.

La investigación se llevó a cabo en la Finca Setzac del municipio de Lanquín, Alta Verapaz, se realizó un ensayo con un diseño experimental de bloques completos al azar con 3 repeticiones y 12 diferentes tratamientos de materiales provenientes de clones (10) y semillas (2), se efectuaron 2 mediciones para evaluar el crecimiento y el desarrollo fenotípico de cada material.

II. MARCO TEORICO

2.1 ORIGEN Y REFERENCIAS HISTÓRICAS DEL CULTIVO DE EUCALIPTO

El género *Eucalyptus* fue descrito en 1788, por Charles Louis L'Heritier de Brutelle. Perteneciendo a la familia de las Mirtaceas, el género incluye aproximadamente 600 identificaciones, entre las especies, variedades y híbridos (Boland et al., 1992).

- Reino: Plantae
- División: Magnoliophyta
- Clase: Magnoliopsida
- Subclase: Rosidae
- Orden: Myrtales
- Familia: Myrtaceae
- Subfamilia: Myrtoideae
- Tribu: Eucalypteae
- Género: *Eucalyptus*

El eucalipto es un árbol originario de Tasmania, Australia y otras islas indo-malasias. El nombre *Eucalipto* deriva del griego *eu* (bien) y *kalyptus* (cubierto), en alusión a la protección que el opérculo presta a los órganos sexuales. El *Eucalipto* comenzó a ser utilizado en plantaciones fuera de su área de distribución natural hace más de 200 años en Europa. Fueron botánicos europeos los descriptores del género y de sus principales especies. El primer registro del eucalipto en la Península Ibérica data de 1829 en Portugal. La llegada del eucalipto a Sudáfrica y Brasil se produjo a finales del siglo XIX y comienzos del XX. En Sudáfrica, provocado por la demanda de madera para minería y, en Brasil, para producir el carbón utilizado en la industria del acero. En otros países y zonas del mundo el eucalipto fue introducido a partir de los colonialismos británico, francés, español, portugués y holandés, así como por iniciativas internacionales gubernamentales y no gubernamentales. Actualmente el eucalipto está presente en más de 90 países, la mayoría en zonas tropicales y subtropicales, aunque existen plantaciones de gran productividad en zonas templadas de Nueva Zelanda, Chile,

Argentina, Brasil, Uruguay, Sudáfrica, la Península Ibérica y Estados Unidos. La razón de esta dispersión es el gran número de especies y, por tanto, de tolerancia a condiciones ecológicas diferentes (ENCE, 2006).

Hoy en día el eucalipto se extiende sobre más de 22 millones de hectáreas en todo el mundo (a las que habría que añadir más de 11 millones de bosque nativo de eucalipto en Australia), lo que representa el 12% de las plantaciones forestales mundiales. Sin embargo, se estima que no más de 13 millones de hectáreas de estas plantaciones tienen realmente productividad de interés industrial (Flynn y Nielson, 2006).

2.2 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. Más recientemente, ha adquirido importancia *Eucalyptus benthamii* para

producción de pulpa en Latinoamérica, en países como Uruguay, por su rápido crecimiento y tolerancia a frío (Harwood, 2011).

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

Para climas tropicales:

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

Para climas templados:

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

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. Este autor no considera *Eucalyptus saligna*, pero incorpora entre las 9 principales a *Eucalyptus smithii*.

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.

El mismo autor 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.

2.3 MEJORAMIENTO GENÉTICO

El mejoramiento genético forestal es la conjugación de la genética, como herramienta de identificación y aislación de rasgos de interés (altura, forma, densidad de la madera, etc.) y los tratamientos silviculturales, siendo estos últimos los que potencian la expresión de dichos rasgos. Lo anterior se traduce en la obtención de la máxima rentabilidad del suelo-bosque. (Espina, 2006)

Según Balocchi y De Veer (1994) el principal objetivo de los ensayos genéticos es estimar en forma adecuada el potencial genético del material evaluado, para aquellos sitios donde se pretende ser utilizado operacionalmente. Por lo que la información obtenida de los ensayos genéticos es la base fundamental de los programas de mejoramiento genético.

2.4 CLON VEGETAL

Planta genéticamente idéntica, obtenida por propagación vegetativa de un individuo seleccionado (FAO, 2007)

2.5 JARDÍN CLONAL

El jardín clonal o área de multiplicación es uno de los componentes principales de todo el sistema de reforestación 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, ó 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 (Badilla & Murillo, 2005)

2.6 BIOMASA

La biomasa se refiere a toda materia orgánica que proviene de la biosfera, tales como árboles, plantas, desechos de animales que pueden ser convertidos en energía; o las provenientes de la agricultura (residuos de maíz, café, arroz, macadamia), del aserradero (podas, ramas aserrín, cortezas) y de los residuos urbanos (aguas negras, basura orgánica y otros) (De León, 2010).

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 EXPERENCIAS DE CULTIVOS CLONALES DE EUCALIPTOS

2.9.1 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. 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).

2.9.2 Experiencias en Guatemala

En el año 2003 se realizaron pruebas de campo para determinar la producción y rendimiento de biomasa en diferentes plantaciones, las cuales tenían cuatro años de edad. Los primeros resultados obtenidos, mostraron que el estudio era realmente interesante para el desarrollo del país y su potencial en la Costa Sur era muy grande. En el año 2004 se sembraron 6 parcelas con diferentes especies de eucalipto: *deglupta*, *camaldulensis*, *urograndis*, *grandis*, *citriodora*, *tereticornis*, *saligna* y *globulus*. Dichas parcelas se ubicaron en diferentes fincas de la Costa Sur, con diversas características climáticas y de suelo, un año después se tomaron medidas de diámetros y alturas. Obteniendo resultados altamente satisfactorios en las variedades *grandis*, *urograndis* y *camaldulensis*, ya que sus alturas superaban los siete metros y sus diámetros eran mayores de siete centímetros (Alvarado, 2007).

III. JUSTIFICACION DEL TRABAJO

3.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Los altos precios de los combustibles fósiles y la protección al ambiente impulsan el desarrollo de energías renovables, la biomasa ofrece una alternativa renovable de insumos energéticos.

La biomasa procedente de la silvicultura de rotación corta puede sustituir a la extraída de bosques naturales y con esto contribuir a la conservación de dichos bosques, las especies del genero *Eucalyptus* tienen la capacidad de producir mayor volumen de madera por unidad de área en un ciclo relativamente corto.

La calidad genética del material vegetal es un factor que influye en el crecimiento y desarrollo de un árbol, la experimentación con clones ha dado buenos resultados, mejorando la producción de diversas especies forestales.

En Guatemala se hace necesaria la implementación de estudios para determinar el potencial del genero *Eucalyptus* para las diferentes zonas del país y con ello poder planificar futuras plantaciones con buenos resultados.

En la región en la que se encuentra ubicada La finca “Setzac” (Región II-3, del Instituto Nacional de Bosques), no se cuenta con información local que refleje el comportamiento de clones de eucalipto con respecto a material procedente de semillas.

3.2 JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO

La clonación está considerada a nivel mundial como una forma de producir con mayor eficiencia y calidad lo que requiere el mercado. Los genotipos previamente seleccionados aseguran una mayor producción y calidad en un tiempo menor de rotación, lo que se convierte en ganancias.

Las plantaciones de Eucalipto con fines de generación de biomasa están tomando auge en Guatemala, debido a su crecimiento rápido y fácil cultivo. Por tal motivo, es

importante realizar estudios de las ventajas y desventajas de distintos materiales clónales de eucalipto y su adaptabilidad para diferentes regiones de Guatemala. Los estudios realizados son escasos y no proveen información sobre el comportamiento 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 nos permitan contar con una base genética amplia para futuros planes, asegurando alta productividad y mejor calidad de producto a obtener.

IV. OBJETIVOS

4.1 OBJETIVO GENERAL:

Determinar el crecimiento y adaptabilidad durante el primer 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.

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

V. HIPÓTESIS

5.1 Ho. Hipótesis Nula

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

5.2 Ha Hipótesis alterna

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

VI. 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. (Figura 1)

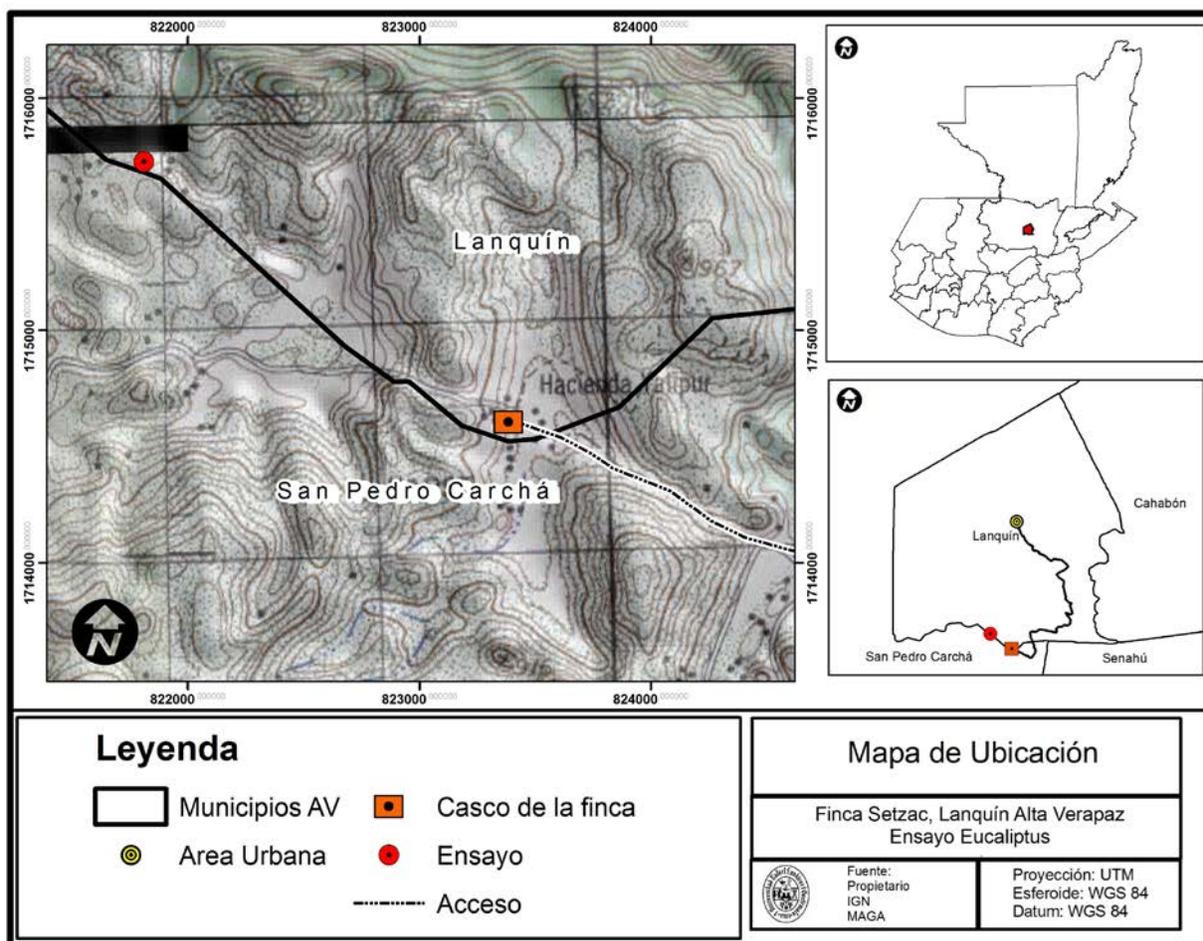


Figura 1. Mapa de ubicación de la Finca Setzac y área de ensayo

6.1.1. Zona de Vida

Basado en el sistema de Holdrige, el área se encuentra en la zona de vida Bosque muy Húmedo Subtropical Cálido (BmH-Sc), esta zona se caracteriza por tener un relieve de plano a accidentado, cuenta con una elevación máxima de 1600msnm y una mínima de 80msnm, tiene como especies indicadoras: *Virola spp.*, *Terminalia amazonia*. Los principales cultivos que encontramos en esta zona son: *cafea arabiga*, *Teobroma cacao*, *Zea mais L*, *Paseolus vulgaris* (MAGA, 2002).

6.1.2 Suelos

El área se encuentra dentro de la división fisiográfica Tierras Altas Sedimentarias, el tipo de serie de suelo que se encuentra es suelos Cobán, los cuales son muy profundos, bien drenados, que se han desarrollado sobre caliza en regiones húmedas. Ocupan relieves de inclinados a ondulados a altitudes medianas en la parte norte central de Guatemala. Parecen haberse desarrollado sobre materiales residuales, pero es muy probable que en muchos lugares el material fue transportado de las áreas adyacentes. La vegetación natural consiste de un bosque denso de especies latifoliadas, maleza y enredaderas (MAGA, 2002).

6.1.3 Características Climáticas

La precipitación pluvial es de 4,000 mm por año aproximadamente, la temperatura media anual es de 26°C (MAGA, 2002)

6.2 DESCRIPCION DEL EXPERIMENTO:

Se evaluó el crecimiento y desarrollo fenotípico durante el primer año de establecimiento de materiales genéticos de semillas y clones del género *Eucalyptus*, realizando dos evaluaciones, una a los seis meses y otra a los doce 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:

Las variables evaluadas en la investigación fueron las siguientes:

- Diámetro a la altura del pecho (DAP) (cm)
- Altura Total (m)
- Volumen por hectárea (m³)
- Porcentaje de sobrevivencia (%)
- Forma (Recto, sinuoso, bifurcado, inclinado, figura 2)

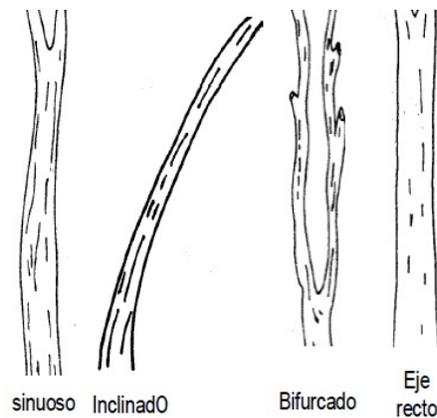


Figura 2 Códigos de evaluación fenotípica empleados.

6.4 DESCRIPCIÓN DE LOS MATERIALES:

En el estudio se evaluaron diez clones y dos materiales procedentes de semilla de especies del género *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 el Cuadro 1.

Cuadro 1 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>

6.5 DISEÑO EXPERIMENTAL

El diseño experimental utilizado fue bloques completos al azar (DBCA) con doce materiales y tres repeticiones (figura 3), 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:

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

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 3

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 3 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 por unidad (Figura 4).

Tratamiento = 45 plantas

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

Área total del ensayo: a 0.47ha.

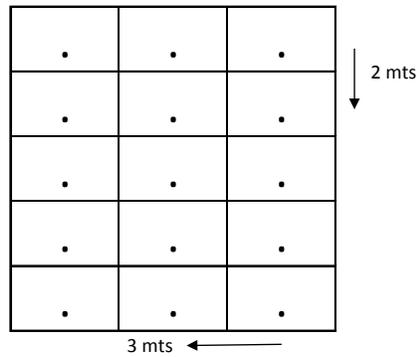


Figura 4 Diseño de la unidad experimental del ensayo.

6.9 MATERIALES Y RECURSOS

Para la implementación del ensayo se utilizaron diferentes materiales y recursos, descritos en el Cuadro 2.

Cuadro 2 Materiales y recursos utilizados durante el experimento.

Recurso Humano	Materiales	Equipo
<ul style="list-style-type: none"> • 8 Jornales para la implementación del ensayo. • 3 Jornales para implementar rondas cortafuegos. • 40 Jornales para realizar limpiezas (4 limpiezas) 	<ul style="list-style-type: none"> • 45 unidades de cada material para la implementación de los tratamientos. • Machetes • Rótulos para identificar cada unidad experimental. • Manta vinílica para la identificación del ensayo. • Estacas • Chuzos • Azadones 	<ul style="list-style-type: none"> • Cinta métrica. • GPS • Cámara fotográfica • Libreta de campo. • Boletas de campo. • Hipsómetro. • Computadora. • Tablero.

6.10 MANEJO DEL EXPERIMENTO

6.10.1 Preparación del Terreno

Se descombró el área y posteriormente se realizó una quema, luego de esto se procedió a hacer el trazado, ahoyado y estaquillado del terreno.

La siembra se llevó a cabo durante el mes de septiembre del año 2012, para esto se utilizó planta con una altura promedio de 30cm producida en bandeja, no se fertilizó en ningún momento.

6.10.2 Control de maleza.

Se realizaron cuatro limpiezas manuales con machete y un plateo, empleando para esto 40 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.

6.10.3 Control de plagas.

El control de plagas se efectuó monitoreando 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.

6.10.4 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.

6.10.5 Ronda corta fuego

Se realizó una ronda corta fuegos para proteger el experimento de incendios.

6.10.6 Mediciones

Para determinar el crecimiento y el desarrollo fenotípico de los materiales se ejecutaron dos mediciones de altura total y DAP, una a los seis meses y otra a los doce meses 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 fórmula $V = \text{Área basal} \times \text{Factor de Forma} \times \text{altura total}$ 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 2013 de Microsoft Office®.

6.11.1. Análisis estadístico

Se procedió a evaluar las medias de altura total, DAP y volumen 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 Tuckey en forma descendente para confrontar las medias, el análisis de datos se llevó a cabo con la ayuda del Software INFOSTAT® versión estudiantil 2013e. En el análisis de la sobrevivencia se hizo un conteo de los materiales vivos a los 12 meses, con los datos obtenidos se realizaron los porcentajes para representar dicha variable, para la evaluación fenotípica se obtuvo el total de formas por tratamiento y luego se registró como porcentaje.

VII. RESULTADOS Y DISCUSION

7.1 ANÁLISIS DE LAS VARIABLES DE CRECIMIENTO

7.1.1 Análisis de las variables de crecimiento a los 6 meses

7.1.1.1 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 el Cuadro 3.

Cuadro 3 Análisis de varianza de altura total a los 6 meses

F.V.	gl	SC	CM	F	p-valor
Material	11	0.83	0.08	1.92	0.0924
Bloque	2	0.01	0.0042		
Error	22	0.86	0.04		
Total	35	1.7			

Luego de aplicar el ANDEVA con un nivel de significancia del 5% no se encontró diferencias significativas (p 0.0924) en los materiales para la variable altura total a los seis meses, lo que indica que los materiales evaluados se comportaron igual, el coeficiente de variación calculado para el error experimental fue de 20.79%, el cual refleja la homogeneidad de la variable evaluada.

A pesar de no encontrar diferencias estadísticas significativas en la variable altura total a los seis meses, los materiales CA-30 con media de 1.2 metros y el material procedente de semillas de *E. Camaldulensis* con una media de 1.18 m, son los materiales con las medias más altas de la variable evaluada.

De acuerdo con la figura 5, vemos materiales con alturas muy homogéneas como *E. camaldulensis*, *E. urophylla* y el clon 1846 y materiales con alturas bastante heterogéneas debidas a diferencias entre los materiales, siendo estos los casos de los clones CA-30, 1214 y 1066. Al tomar en cuenta la homogeneidad que presenta el material de semilla de *E. camaldulensis* se puede concluir que es el material destacado en altura total a los seis meses, con una varianza menor que los otros materiales.

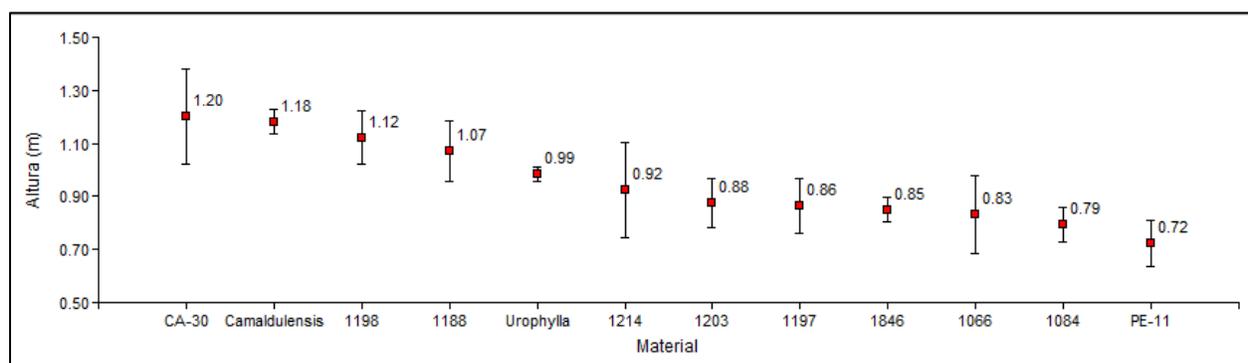


Figura 5 Gráfico de medias y variación de valores de altura total en metros a los 6 meses.

7.1.1.2 Análisis del Diámetro a la Altura del Pecho (DAP)

Al cabo de los primeros 6 meses de edad de la plantación no fue posible realizar este análisis ya que los materiales eran menores a 1.30 metros de altura.

7.1.2 Análisis de las variables de crecimiento a los 12 meses

7.1.2.1 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 el cuadro 5.

Cuadro 4 Análisis de varianza para altura total a los 12 meses

F.V.	gl	SC	CM	F	p-valor
Material	11	5.47	0.5	1.98	0.0834
Bloque	2	5.73	2.87		
Error	22	5.52	0.25		
Total	35	16.72			

Luego de aplicar el ANDEVA con un nivel de significancia del 5% no se encontraron diferencias significativas ($p = 0.0834$) en los materiales para la variable altura total a los doce meses, el coeficiente de variación calculado para el error experimental fue de 12.51%, el cual refleja la homogeneidad de la variable evaluada.

De acuerdo con la figura 6 el material *E. urophylla* es el más homogéneo en cuanto a altura total, el clon 1846 por diferencias entre los materiales y el clon 1198 por diferencias entre el material y el bajo prendimiento, presentan mayor heterogeneidad respecto a la variable evaluada. Al tomar en cuenta la homogeneidad se puede concluir que el clon 1214 es el material destacado en altura total a los doce meses, con una varianza menor que los otros materiales.

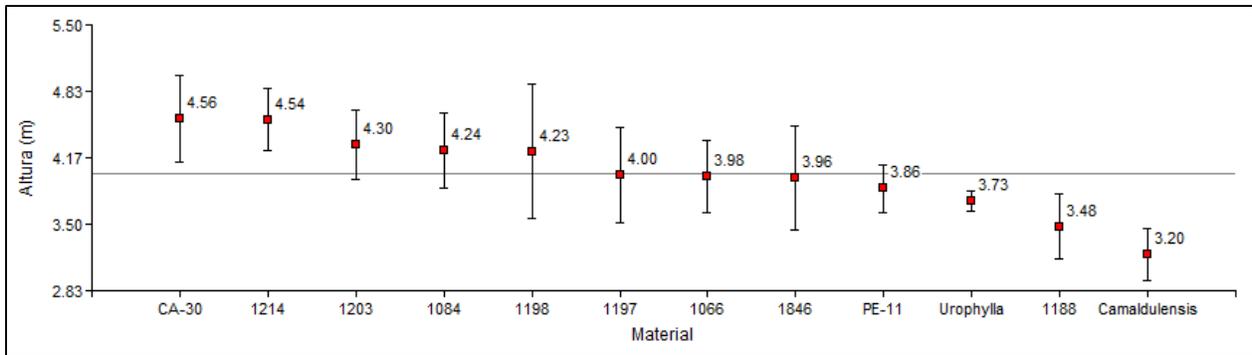


Figura 6 Gráfico de medias y variación de valores de altura total en metros a los 12 meses.

7.1.2.2 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 el Cuadro 7.

Cuadro 5 Análisis de varianza para el DAP a los 12 meses

F.V.	gl	SC	CM	F	p-valor
Material	11	27.76	2.52	2.35	0.0424
Bloque	2	0.42	0.21		
Error	22	23.62	1.07		
Total	35	51.8			

Luego de aplicar el ANDEVA con un nivel de significancia del 5% se encontró diferencias significativas ($p = 0.0424$) en los materiales para la variable DAP a los doce meses, lo que indica que los materiales evaluados no se comportaron igual, el coeficiente de variación calculado para el error experimental fue de 20.92%, el cual se encuentra en los límites de homogeneidad.

Para determinar el mejor material en cuanto a la variable altura se utilizó la prueba de medias de Tuckey que se muestra en el cuadro 8.

Cuadro 6 Prueba de Tuckey para la variable DAP a los doce meses

Material	Medias DAP (cm)	n		
1084	5.82	3	A	
1198	5.79	3	A	
CA-30	5.56	3	A	B
1203	5.53	3	A	B
1214	5.45	3	A	B
1197	5.16	3	A	B
1066	5.03	3	A	B
1846	5.01	3	A	B
PE-11	4.90	3	A	B
Urophylla	4.73	3	A	B
Camaldulensis	3.89	3	A	B
1188	2.58	3		B

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

Los clones 1084 y 1198 conforman el grupo A posee los mejores valores de DAP con medias superiores o cercanas a 5.80 centímetros, los clones CA-30, 1203, 1198, 1214, 1197, 1066, 1846, PE-11, *E. Camandulensis* conforman el grupo AB con medias entre 5.56 y 3.89 centímetros y con la media más baja para la variable evaluada encontramos el material 1188 que conforma el grupo B.

De acuerdo a la figura 7 los materiales más homogéneos son *E. urophylla*, 1214, PE-11 y materiales con mayor heterogeneidad como los clones 1188 por bajo prendimiento y 1198 por bajo prendimiento y diferencia entre los materiales. Al tomar en cuenta la homogeneidad que presenta el clon 1084 se puede concluir que es el material destacado en DAP a los doce meses, con una varianza menor que los otros materiales.

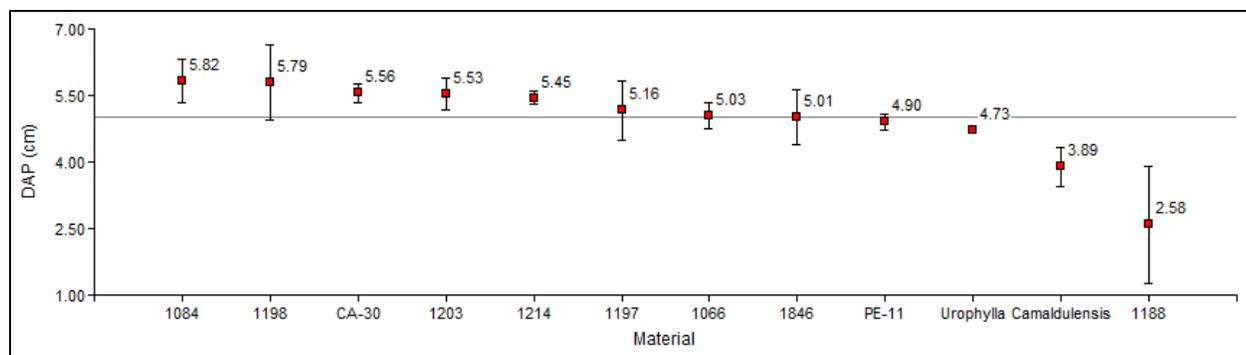


Figura 7 Gráfico de medias y variación de valores de altura total en metros DAP en cm a los 12 meses.

7.1.2.3 Análisis del Volumen por hectárea

Para determinar la significancia que existe entre los tratamientos para la variable volumen por hectárea (m^3/ha) se realizó el análisis de varianza, se excluyeron los clones 1846, 1084 por tener coeficientes de variación altos por diferencias entre el material (79.37 y 61.45 % respectivamente), los clones 1188, 1197, 1066 y 1198, fueron excluidos por coeficientes de variación altos debidos a diferencias en el material y al poco prendimiento (98.03, 62.14, 59.21 y 48.89% respectivamente). El análisis de varianza de los 6 materiales evaluados con volumen total, se muestran en el cuadro 7.

Cuadro 7 Análisis de varianza del volumen por hectárea

F.V.	gl	SC	CM	F	p-valor
Material	5	49.44	9.89	2.98	0.0668
Bloque	2	5.5	2.75		
Error	10	33.2	3.32		
Total	17	88.15			

Luego de aplicar el ANDEVA con un nivel de significancia del 5% no se encontró diferencias significativas (p 0.0668) en los materiales para la variable volumen por hectárea, el coeficiente de variación calculado para el error experimental fue de 30.69%, 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 resaltan al notar que alcanzó los 7.83m³/ha y el material *E. camaldulensis* 3.08m³/ha.

De acuerdo con la figura 8 los materiales para la variable evaluada, son bastante heterogéneos. De los resultados obtenidos, el clon 1214, 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 12 meses.

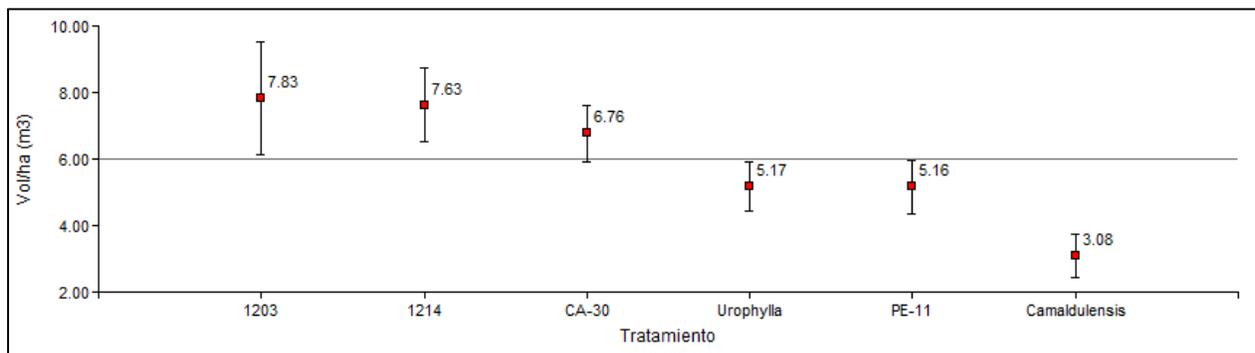


Figura 8 Gráfico de medias y variación de valores de volumen por hectárea a los 12 meses.

7.2 ANÁLISIS DE SOBREVIVENCIA A LOS DOCE MESES

A continuación en la figura 9 se presenta el porcentaje de supervivencia de los materiales a los 12 meses.

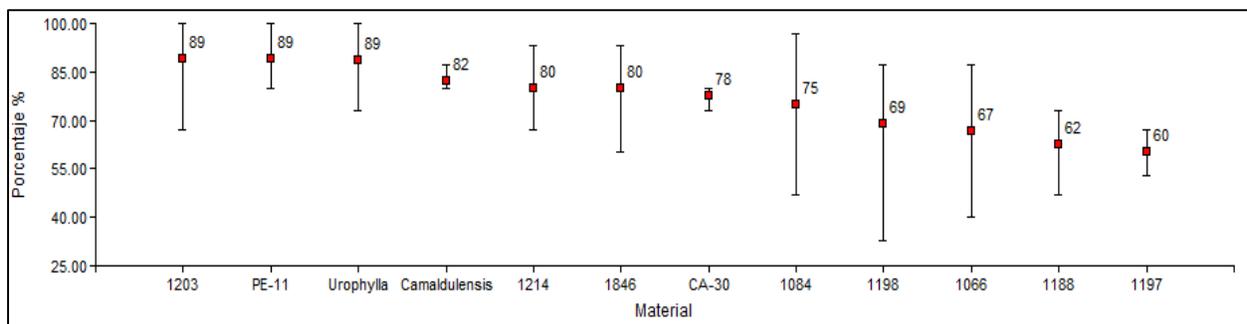


Figura 9 Gráfico de medias y variación de valores de porcentajes de supervivencia por material a los 12 meses.

Los materiales con mayor sobrevivencia a los 12 meses fueron los clones 1203, PE-11 y el material proveniente de semillas de *E.urophylla*, todos con un 89% de plantas vivas, en un segundo grupo encontramos el material procedente de semillas de *E. camaldulensis* con un 82%, Los clones 1214 y 1846 conforman el tercer grupo con un 80%. El material con el menor porcentaje de supervivencia fue el clon 1197 con un 60%.

7.3 ANÁLISIS FENOTIPICO A LOS DOCE MESES

Los porcentajes de formas por material se presentan en el Cuadro 11

Cuadro 8 Porcentajes de formas de fuste

Material	%			
	Recto	Bifurcado	Sinuoso	Inclinado
Urophylla	94	3	3	0
1203	88	5	7	0
PE-11	85	5	10	0
1846	83	8	7	0
1198	81	10	9	0
1214	78	0	22	0
CA-30	77	3	17	3
1066	77	13	10	0
1197	73	4	19	4
1188	62	7	31	0
1084	61	9	30	0
Camaldulensis	57	13	30	0

De acuerdo con la figura 10 todos los materiales evaluados muestran una media arriba del 60% de formas rectas excepto el material proveniente de semillas de *E. camaldulensis* el cual tiene un 57%, el material con mayor porcentaje de individuos con forma recta lo presenta el material proveniente de semillas de *E. urophylla* con un 94% seguido por el clon 1203 con 88% y el clon PE-11 con un 85%, los materiales con mayor cantidad de individuos con formas sinuosas lo presentan los clones 1188, 1084 con 31% y 30% y el material de semillas de *E. camaldulensis* con 30%, los materiales con mayor porcentaje de individuos bifurcados son el clon 1066 y el material de semillas de *E. camaldulensis* con 13% cada uno, seguidos por el clon 1198, individuos

inclinados se encontraron solamente en 2 materiales siendo estos el clon 1197 con 4% y el clon CA-30 con 3%.

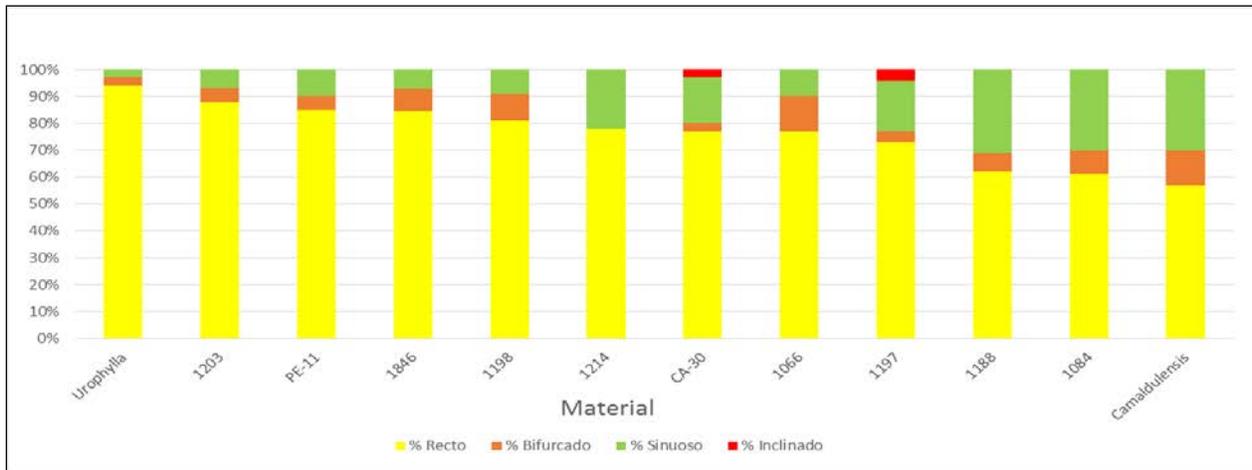


Figura 10 Gráfico de columnas apiladas que muestra la distribución de los porcentajes por formas.

7.4 DISCUSION

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 CA-30, 1214 y 1203 poseen medias iguales o mayores a 4.3 metros de altura durante el periodo de tiempo evaluado, estos resultados están por debajo de lo reportado en el primer año de evaluación en ensayos realizados en la Costa Sur de nuestro país por Alvarado (2007) y por debajo de lo reportado por Ignacio et al (2005) en ensayos de clones de *E. urophylla* en México.

Las mejores medias obtenidas en DAP durante el periodo de tiempo evaluado son superiores a los 5.50 centímetros aportadas por los clones 1084, 1198, CA-30 y 1203, estas medias tienen valor superior a lo reportado por Ignacio et al (2005) en México, pero inferiores a los resultados obtenidos por Alvarado (2007) en la Costa Sur.

Los porcentajes de sobrevivencia para los materiales evaluados se vieron afectados por alta pedregosidad en algunas áreas del ensayo y al ataque de Geomidae spp, esto provoco varianzas altas en las variables evaluadas. Los materiales con mayor sobrevivencia durante el tiempo de evaluación son los clones 1203, PE-11 y el material procedente de semillas de *E. urophylla* con un 89% de individuos al momento de la evaluación.

El análisis de volumen total por hectárea a los doce meses excluyó a varios materiales por coeficientes de variación altos, se obtuvo medias arriba de los 7.5 m³/ha con los clones 1214 y 1203. Este registro está por debajo de los 12.01 m³/ha reportados por Ignacio et al (2005) en México en el primer año de evaluación. Este incremento es un registro bajo de acuerdo con la literatura consultada, según el Congreso Nacional del Eucalipto en Perú en el año 2001, considera a medias inferiores a los 16 m³/ha/año en plantaciones a los 3 años como rendimiento bajo. Ensayos en diversas partes de Brasil se reportan incrementos 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 procedentes del híbrido urocal 1203 y 1214 así como también el clon CA-30 procedente de material de *E. camaldulensis* 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*.

Con el fin de caracterizar los materiales se realizó el análisis fenotípico en el cual el material de *E. Urophylla* obtuvo un 94% de fustes rectos seguido por el material 1203 con un 88% de fustes rectos y con el tercer mejor porcentaje de fustes rectos con un 85% el material PE-11. El *E. Camaldulensis* es el material con el % más bajo de fustes rectos con un 57%.

Considerando el volumen por hectárea (m³) y la sobrevivencia de los materiales, la presente investigación destaca al clon 1214 al tener resultados sobresalientes bajo las condiciones de la finca Setzac.

VIII. CONCLUSIONES

- Según la evaluación de la variable Altura total a los 12 meses no se encontró diferencias significativas entre los materiales evaluados, siendo el clon CA-30 el promedio más alto (4.56 m), al igual que en la medición a los 6 meses, teniendo un incremento en la variable de 3.36 metros, el material proveniente de semillas de *E. camaldulensis* pasó de ser el segundo mejor en la primera medición a ser el valor más bajo con un incremento en la variable de 2 metros.
- La evaluación de la variable DAP a los 6 meses no fue realizada ya que los materiales eran menores a 1.30 metros de altura, a los 12 meses el clon 1084 (5.82 cm) obtuvo el valor más alto y el clon 1188 (2.58 cm) el valor más bajo, mostrando diferencias significativas entre los materiales.
- Según la evaluación fenotípica el material proveniente de semillas de *E. urophylla* obtuvo el valor más alto en cuanto a fustes rectos (94%) y el material procedente de semillas de *E. camaldulensis* obtuvo el menor valor (57%).
- A pesar de no haber encontrado diferencias estadísticas significativas por lo cual se acepta la hipótesis nula, el clon 1214 es el material que durante los doce meses de medición, presentó medias de 4.54m en altura total, 5.45cm en DAP, 7.63m³ en volumen por hectárea 82% de supervivencia; bajo las condiciones de la Finca Setzac por lo que es el material destacado durante el tiempo de evaluación.
- El clon 1188 es uno de los materiales con los resultados más bajos con medias de 3.45m en altura total, 3.55cm en DAP, 1.88m³ en volumen por hectárea y una supervivencia del 64%.

IX. RECOMENDACIONES

- Establecer el presente trabajo como base para la elaboración de posteriores investigaciones, para que, a largo plazo se puedan seleccionar los materiales con las mejores características bajo condiciones similares a las de la finca Setzac.
- Continuar la evaluación de los materiales que fueron excluidos del análisis de volumetría por hectárea.
- Realizar un plan de fertilización para el ensayo, teniendo como base un análisis de suelo.
- Realizar pruebas de laboratorio para determinar el poder calorífico de los mejores materiales al momento de ser aprovechados.
- Establecer ensayos similares en las distintas regiones del departamento para generar datos con los cuales se puedan seleccionar los materiales con las mejores características para cada región y contribuir con esto a reducir el uso de bosques naturales como fuente de leña tanto para el uso industrial como doméstico.

X. BIBLIOGRAFÍA

- Alvarado, F. (2007) *Las primeras plantaciones con propiedades energéticas en Guatemala. Data EXPORT.* 24
- Badilla, Y. Murillo, O. (2005) Soluciones Tecnológicas: Establecimiento de Jardines Clonales. *Kurú Revista Forestal* 6: 1-4
- Balocchi, C. y De Veer, C. (1994). Manual de ensayos genéticos. *Bioforest S.A.* 113
- Boland, D.J. Brooker, M.I.H. Chippendale, G.M. Hall, N. Hyland, B.P. Johnston, R.D. Keinig, D.A. Turner, J.D. (1992) *Forest Trees of Australian CSIRO* 687p.
- Borralho, N. y Nieto, V. (2012) Eucalyptus para la Orinoquia: Retos y Oportunidades. *M&M.* 75: 26-33
- Borralho, Nuno, (2011). Quality – Cost Competitiveness of Eucalypts an How to Move it to the Next Level. In: IUFRO Eucalypts, Porto Seguro, Bahía, Brazil. 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>
- 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.* Bogota, 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'eucaliptus em Republique Populaire du Congo*. 1980. IUFRO. Forest Fast Growing Symp Silvicultura, Sao Paulo.

Espina, A.I., (2006) Densidad básica de la madera de Eucalyptus globulus en dos sitios en Chile. Universidad Austral de Chile. Valdivia Chile.

ENCE, Grupo empresarial (2006) La gestión forestal sostenible y el eucalipto. Madrid, España. Recuperado el día 23 de septiembre del año 2012 es.slideshare.net/.../la-gestin-forestal-sostenible-y-el-eucalipto-web

FAO. 2011. Situación de los bosques del mundo. Roma. 18-21. Recuperado el día 18 de septiembre del año 2012, www.fao.org/docrep/013/i2000s/i2000s.pdf

FAO. 2007. Glosario de Biotecnología para la Agricultura y alimentación. Recuperado el día 20 de septiembre del 2012, [ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/004/y2775s/y2775s01.pdf](http://ftp.fao.org/docrep/fao/004/y2775s/y2775s01.pdf)

FAO. 2006. Plagas y enfermedades de Eucaliptos y Pinos en Uruguay, *Manual de Campo*. Montevideo, Uruguay. 173

FAO. 1979. Eucalypts for planting. *Forestry Series* Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 11. 677

Flynn, R. y Neilson, D. (2006) *The International Pulpwood Resource and Trade Review*. DANA. 70

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. (Wood

Technology Research Centre, University of Canterbury: Christchurch, New Zealand). Recuperado el día 12 de febrero del año 2015. <http://www.crcforestry.com.au/newsletters/downloads/Harwood-paper-NZ-Conference-2011-final.pdf>

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.

INAB, (2010). *Metodología MIRA-SILV, Manejo de Información Sobre Recursos Arbóreos, en el Componente de Silvicultura*, Sección de seguimiento y evaluación de plantaciones forestales, INAB, Guatemala.

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*. Londres, Reino Unido, Kluwer Academic Publishers

Laclau, J.P., Almeida J.C., Alves, J.L., Saint-André, L., Ventura, M., Ranger, J., Moreira, R.M., & Nouvellon, Y., (2009). Influence of nitrogen and potassium fertilization on leaf life and allocation of above-ground growth in *Eucalyptus* plantations. *Tree Physiology* 29: 111-124.

Larrañaga, M.M. & Flores, N. (2012) Oferta y Demanda de Leña en la República de Guatemala, INAB-URL/IARNA-FAO. Informe Final. Guatemala.

MAGA (Ministerio de Agricultura Ganadería y Alimentación, GT). (2002). Atlas Temático de la república de Guatemala, mapa de zonas de vida Holdridge. 1 disco compacto, 8mm.

Schonau, A.P.; Van Themaat, V. & Boden, D. (1981). The importance of complete site preparation and fertilizing in the establishment of *E. grandis* South Africa . *Forestry Journal* 116: 1-10.

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.*

ANEXOS

Anexo 1 Cuadro de promedios de altura total (m) por bloque a los 6 meses

Material	I	II	III	Promedio
CA-30	0.9	1.52	1.19	1.20
Camaldulensis	1.22	1.09	1.23	1.18
1198	1.29	1.14	0.94	1.12
1188	0.84	1.16	1.2	1.07
Urophylla	1.04	0.94	0.98	0.99
1214	1.27	0.67	0.83	0.92
1203	0.78	0.79	1.06	0.88
1197	1.06	0.72	0.82	0.87
1846	0.94	0.78	0.83	0.85
1066	0.57	1.08	0.84	0.83
1084	0.74	0.92	0.71	0.79
PE-11	0.56	0.85	0.76	0.72

Anexo 2 Cuadro de promedios de altura total (m) por bloque a los 12 meses

Material	I	II	III	Promedio
CA-30	5.09	4.88	3.71	4.56
1214	4.93	4.78	3.93	4.54
1203	4.8	3.63	4.46	4.30
1084	4.36	4.82	3.54	4.24
1198	5.4	4.23	3.06	4.23
1197	4.85	3.94	3.2	4.00
1066	4.17	4.5	3.27	3.98
1846	4.93	3.8	3.14	3.96
PE-11	4.25	3.9	3.42	3.86
Urophylla	3.93	3.62	3.63	3.73
1188	4.12	3.14	3.17	3.48
Camaldulensis	3.12	2.79	3.68	3.20

Anexo 3 Cuadro de promedios de DAP (cm) por bloque a los 12 meses

Material	I	II	III	Promedio
1084	5.65	6.75	5.05	5.82
1198	7	6.18	4.19	5.79
CA-30	5.41	5.97	5.29	5.56
1203	5.76	4.81	6.02	5.53
1214	5.76	5.33	5.25	5.45
1197	6.35	5.07	4.05	5.16
1066	4.51	5.51	5.08	5.03
1846	6.24	4.54	4.26	5.01
PE-11	4.58	5.24	4.89	4.90
Urophylla	4.75	4.81	4.63	4.73
Camaldulensis	3.42	3.48	4.76	3.89
1188	0.03	3.34	4.38	2.58

Anexo 4 Cuadro de promedios de Volumen por hectárea (m³) por bloque a los 12 meses

Material	I	II	III	Promedio
1203	9.77	4.43	9.28	7.83
1084	4.99	13.28	5.03	7.77
1214	9.81	6.16	6.91	7.63
CA-30	6.64	8.27	5.36	6.76
1198	5.76	9.5	3.46	6.24
1846	11.07	3.36	2.91	5.78
Urophylla	6.38	3.87	5.25	5.17
PE-11	4	6.69	4.78	5.16
1066	2.43	8.36	4.48	5.09
1197	8.14	3.47	2.66	4.76
Camaldulensis	2.95	2	4.28	3.08
1188	0.01	1.95	3.68	1.88

Anexo 4 Cuadro de Porcentajes de supervivencia por bloque

Material	Bloque			% Promedio
	I	II	III	
1203	100	80	87	89
PE-11	73	100	93	89
Urophylla	100	67	100	89
Camaldulensis	87	80	80	82
1214	93	60	87	80
1846	93	67	80	80
CA-30	73	80	80	78
1084	47	93	80	73
1198	33	87	87	69
1066	40	87	73	67
1188	47	73	67	62
1197	67	53	60	60

Anexo 5 Boleta de campo utilizada

Boleta de Campo

Evaluación de crecimiento y desarrollo de Eucaliptus

Finca Setzac, Lanquín Alta Verapaz

Fecha Medición:	Primera Medición:	X
Bloque:	Segunda Medición:	
Tratamiento:	Fecha Plantación:	

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

Codigo Forma: B= Bifurcado, I= Inclinado, R= Recto, S= Sinuoso