

**UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR**

FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS

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

EVALUACIÓN DE LA ADAPTABILIDAD DE MATERIALES DE *Eucalyptus* CON FINES  
ENERGÉTICOS; ALTA VERAPAZ  
TESIS DE GRADO

**DOUGLAS WELLMANN CHAVARRIA**

CARNET 20717-11

SAN JUAN CHAMELCO, ALTA VERAPAZ, ABRIL DE 2017  
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 DE LA ADAPTABILIDAD DE MATERIALES DE *Eucalyptus* CON FINES  
ENERGÉTICOS; ALTA VERAPAZ

TESIS DE GRADO

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

POR

**DOUGLAS WELLMANN CHAVARRIA**

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 2017  
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**

DECANO: DR. ADOLFO OTTONIEL MONTERROSO RIVAS  
VICEDECANA: 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. CARLOS ERNESTO ARCHILA CARDONA  
ING. CARLOS ENRIQUE VILLANUEVA GONZALEZ  
ING. ROBERTO WALDEMAR MOYA FERNÁNDEZ

Cobán, Alta Verapaz Marzo 25 de 2017.

Honorable Consejo de

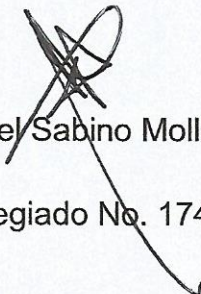
Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas

Presente.

Distinguidos miembros de consejo.

Por este medio hago constar que he asesorado el trabajo de graduación en la modalidad de Tesis del estudiante Douglas Wellmann Chavarría, carné 20717-11 titulada "**Evaluación de la adaptabilidad de materiales de *Eucalyptus* con fines energéticos; Alta Verapaz**". La cual considero que cumple con los requisitos establecidos por la facultad previo a su autorización de impresión.

Atentamente.

  
Ing. Agr. Manuel Sabino Mollinedo García

Colegiado No. 1743

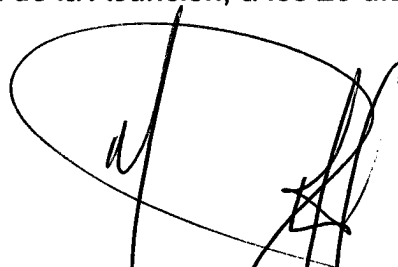
### **Orden de Impresión**

De acuerdo a la aprobación de la Evaluación del Trabajo de Graduación en la variante Tesis de Grado del estudiante DOUGLAS WELLMANN CHAVARRIA, Carnet 20717-11 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. 0645-2017 de fecha 6 de abril de 2017, se autoriza la impresión digital del trabajo titulado:

**EVALUACIÓN DE LA ADAPTABILIDAD DE MATERIALES DE *Eucalyptus* CON FINES ENERGÉTICOS; 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 26 días del mes de abril del año 2017.



---

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

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios por permitirme la vida, iluminar mi camino, brindarme sabiduría y nunca abandonarme en todos los momentos de mi vida.

A mi Padre y Madre por confiar en mí, y por ser ejemplo de lucha constante y siempre ser parte en mi vida.

A mi familia por su cariño, comprensión y apoyo en todo momento.

Al Asesor de Tesis Ing. Sabino Mollinedo por brindarme una correcta asesoría para el desarrollo de este documento.

A la empresa Plantaciones Forestales de Guatemala y al Ing. Guillermo García, por facilitarme conocimientos y materiales para el cumplimiento de esta investigación.



# ÍNDICE

RESUMEN.....	ii
SUMMARY .....	ii
1. INTRODUCCIÓN .....	1
2. MARCO TEÓRICO .....	2
2.1. GÉNERO EUCALIPTO .....	2
2.2. CARACTERÍSTICAS DE LA MADERA .....	3
2.3. MEJORAMIENTO GENÉTICO.....	3
2.4. DENDROENERGÍA .....	4
2.5. PLANTACIÓN FORESTAL .....	5
2.6. BIOMASA FORESTAL.....	5
2.7. CRECIMIENTO Y PRODUCCIÓN DE BIOMASA .....	5
2.8. PLANTACIONES ENERGÉTICAS.....	5
2.9. CLON .....	6
2.10. ENERGÍA RENOVABLE .....	6
2.11. VARIABLES DASOMÉTRICAS.....	6
2.12. PRODUCTIVIDAD .....	7
2.13. CRECIMIENTO .....	7
2.14. ADAPTABILIDAD.....	8
2.15. EVOLUCIÓN DEL SECTOR FORESTAL EN GUATEMALA .....	8
2.16. IMPORTANCIA ECONÓMICA DEL SECTOR FORESTAL.....	8
2.17. SERVICIOS QUE PRESTAN LOS RECURSOS NATURALES .....	9
2.18. PRODUCTIVIDAD DE LAS MASAS FORESTALES EN GUATEMALA.....	10
2.19. CONSUMO DE LEÑA EN SECADORAS DE CARDAMOMO A NIVEL NACIONAL POR MUNICIPIO. ....	10
2.20. CONSUMO Y COCCIÓN DE ALIMENTOS.....	11
2.21. ANTECEDENTES .....	11
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO .....	14
3.1. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....	14
3.2. JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA .....	15



4.	OBJETIVOS.....	16
4.1.	OBJETIVO GENERAL .....	16
4.2.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	16
5.	HIPÓTESIS.....	17
5.1.	HIPÓTESIS NULA (Ho).....	17
5.2.	HIPÓTESIS ALTERNA (Ha).....	17
6.	METODOLOGÍA .....	18
6.1.	LOCALIZACIÓN DEL TRABAJO .....	18
6.2.	CLIMA Y ZONA DE VIDA.....	19
6.3.	SUELOS.....	19
6.4.	METODOLOGÍA EN BASE A LOS OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	19
6.4.1.	Objetivo específico no. 1 .....	19
6.4.2.	Objetivo específico no. 2 .....	19
6.4.3.	Objetivo específico no. 3.....	20
6.5.	MATERIAL EXPERIMENTAL.....	20
6.6.	FACTORES ESTUDIADOS .....	20
6.7.	DESCRIPCIÓN DE LOS TRATAMIENTOS .....	20
6.8.	DISEÑO EXPERIMENTAL.....	21
6.9.	MODELO ESTADÍSTICO .....	21
6.10.	UNIDAD EXPERIMENTAL.....	22
6.11.	CROQUIS DE CAMPO .....	22
6.12.	MATERIALES Y RECURSOS.....	23
6.13.	MANEJO DEL EXPERIMENTO .....	24
6.13.1.	Preparación del terreno .....	24
6.13.2.	Control de maleza .....	24
6.13.3.	Control de plagas .....	24
6.13.4.	Identificación de los tratamientos .....	24
6.13.5.	Mediciones .....	25
6.14.	VARIABLES RESPUESTA.....	25
6.14.1.	Diámetro a la altura del pecho (DAP) .....	25
6.14.2.	Altura total .....	25

6.14.3.	Análisis fenotípico.....	25
6.14.4.	Sobrevivencia (%).....	26
6.14.5.	Volumen (m <sup>3</sup> /ha).....	26
6.15.	ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN .....	26
6.16.	ANÁLISIS ESTADÍSTICO .....	26
7.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	27
7.1.	ANÁLISIS DE LAS VARIABLES DE CRECIMIENTO .....	27
7.1.1.	Análisis crecimiento a los seis meses .....	27
7.1.2.	Análisis de crecimiento a los doce meses .....	30
7.2.	ANÁLISIS FENOTÍPICO A LOS DOCE MESES.....	36
7.3.	ANÁLISIS DE SOBREVIVENCIA A LOS DOCE MESES.....	38
7.4.	ANÁLISIS DEL VOLUMEN (m <sup>3</sup> /ha).....	39
8.	CONCLUSIONES .....	42
9.	RECOMENDACIONES.....	43
10.	BIBLIOGRAFÍA .....	44
11.	ANEXOS.....	51

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Consumo de leña en secadoras de cardamomo.....	11
Cuadro 2. Descripción de los tratamientos.....	21
Cuadro 3. Materiales y recursos utilizados en la evaluación .....	23
Cuadro 4. Análisis de varianza para la variable altura total a los seis meses.....	27
Cuadro 5. Prueba de Tukey para la variable altura total a los seis meses.....	28
Cuadro 6. Análisis de varianza para la variable DAP a los doce meses.....	30
Cuadro 7. Prueba de Tukey para la variable DAP a los doce meses.....	31
Cuadro 8. Análisis de varianza para la variable altura total a los doce meses.....	33
Cuadro 9. Prueba de Tukey para la variable altura a los doce meses.....	34
Cuadro 10. Análisis fenotípico a los doce meses.....	36
Cuadro 11. Análisis de sobrevivencia a los doce meses.....	38
Cuadro 12. Análisis de varianza para la variable volumen m <sup>3</sup> /ha a los doce meses.....	39
Cuadro 13. Prueba de Tukey para la variable volumen m <sup>3</sup> /ha a los doce meses.....	40

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación geográfica del área donde se implementó la evaluación de los materiales de <i>Eucalyptus urophylla</i> .....	18
Figura 2. Croquis de campo.....	21
Figura 3. Medias y variación de valores de altura total en metros a los seis meses.....	29
Figura 4. Medias y variación de valores de DAP en centímetros a los doce meses.....	32
Figura 5. Medias y variación de valores de altura total en metros a los doce meses.....	35
Figura 6. Análisis fenotípico de los materiales de <i>Eucalyptus urophylla</i> evaluados.....	37
Figura 7. Medias y variación de valores de la variable volumen m <sup>3</sup> /ha a los doce meses.....	41

# EVALUACIÓN DE LA ADAPTABILIDAD DE MATERIALES DE *Eucalyptus* CON FINES ENERGÉTICOS; ALTA VERAPAZ

## RESUMEN

El proyecto de investigación se estableció en la finca San Isidro Choval, ubicada en el municipio de Cobán, Alta Verapaz, en la zona de vida de bosque muy húmedo sub tropical frío (BmH-sf) a una altitud de 1260 msnm. El objetivo principal de la investigación fue la evaluación de la adaptabilidad y crecimiento de los materiales genéticos de clones y semillas del género *Eucalyptus urophylla* con fines de producción de biomasa, durante el establecimiento y mantenimiento en el primer año de desarrollo. Se realizaron dos mediciones al año con un intervalo de cada seis meses, se implementó un diseño experimental de bloques completos al azar (DBA) con 10 tratamientos y tres repeticiones. Las variables evaluadas fueron: diámetro a la altura del pecho (DAP), altura total, análisis fenotípico, sobrevivencia de cada material (%), volumen por hectárea ( $m^3/ha$ ). Los resultados obtenidos en la evaluación son: el diámetro a la altura del pecho (DAP) oscila entre 1.47 cm hasta 2.84 cm, la altura total oscila entre 3.62 m hasta 3.89 m encontrando diferencia significativa entre estas variables, para la forma del fuste se obtuvo un 100% en forma recta y un 22% en forma sinuoso, la sobrevivencia es de un 100% para los materiales (Clon 092) y (Clon 108) ambos de la especie *Eucalyptus urophylla*, el volumen por hectárea ( $m^3/ha$ ) oscila entre  $1.51 m^3/ha$  hasta  $12.81 m^3/ha$ . El material genético (Clon 092) *Eucalyptus urophylla* presenta mayor desarrollo y productividad siendo así el mejor clon con la mejor adaptabilidad y crecimiento para Cobán, Alta Verapaz.

# EVALUATION OF THE ADAPTABILITY OF *Eucalyptus* MATERIALS WITH ENERGY PURPOSES; ALTA VERAPAZ

## SUMMARY

The research was established in San Isidro Choval Farm, located in Cobán Township, Alta Verapaz, in the life zone of very humid forest sub-tropical cold (BmH-sf) to an altitude of 1260 msnm. The main objective of the research was to evaluate the adaptability and growth of clones genetic material and seeds of the genus *Eucalyptus urophylla* for biomass production, during establishment and maintenance in the first year of development. Two measurements were performed per year with an interval of every six months. A randomized complete block experimental design (DBA) with 10 treatments and three replications was implemented. The evaluated variables were: diameter at breast height (DAP), total height, phenotypic analysis, each material survival (%), volume per hectare (m<sup>3</sup> / ha). The results obtained in the evaluation are: diameter at the breast height (DAP) oscillates between 1.47 cm to 2.84 cm, the total height oscillates between 3.62 m and 3.89 m finding a significant difference between these variables, for the stem shape was obtained 100% in straight form and 22% in sinuous form, the survival is of 100% for the materials (Clone 092) and (Clone 108) both *Eucalyptus urophylla* species, the volume by Hectare (m<sup>3</sup> / ha) oscillates between 1.51 m<sup>3</sup> / ha to 12.81 m<sup>3</sup> / ha. The genetic material (Clone 092) *Eucalyptus urophylla* presents greater development and productivity being the best clone with the best adaptability and growth for Cobán, Alta Verapaz.

# 1. INTRODUCCIÓN

Según CEPAL (2007), la biomasa obtenida de la silvicultura puede usarse en la generación de energía como calor, electricidad y combustibles líquidos. Esta fuente de energía representa el 14% de la oferta mundial primaria de energía, siendo utilizada en su gran mayoría en países en desarrollo (75%), y en menor proporción en países industrializados (25%). Su uso es principalmente para consumo en el hogar y en menor escala para propósitos industriales.

La leña es la principal fuente energética para la cocción de alimentos para más de nueve millones de guatemaltecos, principalmente del área rural. La encuesta nacional de condiciones de vida 2006 encontró que nueve de cada diez guatemaltecos del área rural y cinco de cada 10 en las áreas urbanas, dependen de la leña como fuente energética (CEPAL, 2011).

Es evidente que la leña es una de las principales fuentes energéticas en el país, se ha determinado que uno de los principales problemas que trae consigo la demanda de leña es la deforestación. Es por eso que la implementación de bosques energéticos a través de materiales de clones y semillas genéticamente mejorados, como el caso de la presente investigación de *Eucalyptus urophylla* es una alternativa más para mitigar el incremento en los índices de deforestación del país.

En este documento se presentan los resultados de la investigación sobre la evaluación de la adaptabilidad de materiales de *Eucalyptus urophylla* con fines energéticos en Cobán, Alta Verapaz. En esta evaluación se determinó la adaptabilidad y crecimiento de los clones a través del desarrollo y productividad de los mismos, las variables evaluadas fueron: DAP, altura total, análisis fenotípico, sobrevivencia y volumen.

## 2. MARCO TEÓRICO

### 2.1. GÉNERO EUCALIPTO

El género eucalipto corresponde botánicamente a la clase angiospermas, subclase dicotiledóneas y familia mirtaceae. Existen en el género más de 500 especies, originarias de Australia y de algunas islas cercanas, encontrándose variadas formas y tamaño dada su amplia distribución natural y gran número de especies (Lizana, 2006). En particular, *Eucalyptus globulus* es originario del sudeste de Australia y Tasmania, en Chile crece entre los 29° y los 41°5' sur. Se encuentra en localidades costeras hasta los 400 m.s.n.m. en terrenos de buena calidad.

El eucalipto permite usos múltiples, entre ellos se encuentran: madera aserrada, paneles, aglomerados, postes, chapas, pulpa, entre otros. El éxito de este género a nivel mundial se debe además, a la gran adaptabilidad que posee, lo que ha permitido su desarrollo en una amplia gama de ambientes ecológicos, desde desérticos hasta templados-fríos, a ello se une a una excelente combinación de rápido crecimiento, peso específico y producción volumétrica, que lo define como uno de los géneros más difundidos en el mundo (Hernández, 2002).

Es el género de especies comerciales con mayor plantación en el mundo, con especies conocidas como *Eucalyptus grandis*, y sus híbridos, plantados en América del Sur y África; *E. globulus*, plantado extensamente en Chile, Argentina y otros países, *E. deglupta* plantado en diferentes países, entre ellos Uruguay y Costa Rica. Todas las especies son plantadas tanto para la producción de madera para aserrío, tableros (compensados y aglomerados), astillas para la producción de pulpa para papel. El género *Eucalyptus spp* y dentro de él *E. deglupta*, *E. grandis*, *E. saligna* y *E. camaldulensis* ha sido seleccionada como una de las especies prioritarias en el proyecto "Fomento de la reforestación comercial para la mejora y conservación de las reservas de carbono" (Martínez, 2015).

## **2.2. CARACTERÍSTICAS DE LA MADERA**

Acosta (2005), indica que en Australia se le conoce como Rever Red Gum, haciendo alusión a su madera rojiza, su corteza lisa tipo gomero y a que crece cerca de arroyos. Se le describe como: famosa por su alta durabilidad y su apreciable estética. Utilizada desde estructuras pesadas al exterior como puentes, y es famosa por haber sido parte de los adoquinados de las calles en el siglo XIX. Su madera tiene textura moderadamente gruesa y superficie lisa. Suele presentar grano entre cruzado. Su adaptabilidad es alta y puede ser empleada en varas a aplicaciones al exterior. La albura es susceptible al ataque del taladro. Es una madera que ofrece gran versatilidad de usos. Sus aplicaciones incluyen: construcciones pesadas, estructuras generales, durmientes, pisos, paneles, carpintería e incluso muebles.

## **2.3. MEJORAMIENTO GENÉTICO**

Como bien afirma Lizana (2006), 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. Esta información permite estimar parámetros genéticos (heredabilidad y correlaciones genéticas) los cuales son la base para la planificación estratégica de los programas y para la toma de decisiones en los programas operativos.

De acuerdo con INFOR (2014), los ensayos de introducción de especies permitieron seleccionar los materiales más promisorios, se efectuó extensas colectas de semillas en familias individuales dentro de procedencias específicas y se estableció completos ensayos de progenies y precedencia en diversas condiciones de sitio. Estos ensayos constituyeron las poblaciones base de mejor para cada especie y permitieron la obtención de parámetros genéticos para diversos rasgos de interés que ayudaron a la toma de decisiones relacionadas con el progreso de los programas de mejora. En muchos poblaciones base y la población de mejoramiento es la misma población física, pero con distintas funciones.



## 2.4. DENDROENERGÍA

Es la energía derivada directa o indirectamente de la biomasa leñosa, que corresponde al poder calorífico neto del combustible (FAO, 2004).

Como enfatiza FAO (2015), la madera es considerada la primera fuente de energía de la humanidad. Actualmente, sigue siendo la fuente de energía renovable más importante que, por sí sola, proporciona más del 9% del suministro total de energía primaria a nivel mundial. La dendroenergía es tan importante como todas las otras fuentes de energía renovable juntas (hidroeléctrica, geotérmica, residuos, biogás, solar y biocombustibles líquidos). Más de 2 000 millones de personas dependen de la dendroenergía para cocinar y/o calentarse, especialmente en los hogares de los países en desarrollo. Esta representa la única fuente de energía asequible y disponible a nivel nacional. El empleo de combustibles de madera por los hogares privados para la cocción de alimentos y la calefacción es responsable de un tercio del consumo mundial de energía renovable, lo que hace de la madera la energía más descentralizada del mundo.

Según FAO (2004), los biocombustibles se clasifican según la procedencia de la biomasa usada para su producción. Por consiguiente, los biocombustibles comprenden los combustibles leñosos, los agros combustibles y los subproductos urbanos, y cada uno de estos grupos se divide en formas de combustibles sólidos, líquidos o gaseosos que pueden usarse para la generación de calor o electricidad. Tomando el ejemplo de los combustibles leñosos, se definen los siguientes grupos principales:

Combustibles leñosos sólidos: leña (madera en bruto, astillas, serrín y pellets) y carbón vegetal.

Combustibles leñosos líquidos: licor negro (un subproducto de la industria del pulpeo), etanol, metanol y aceite pirolítico (provenientes de la descomposición termoquímica o bioquímica de la madera).

Combustibles leñosos gaseosos: gas pirolítico (producido por la gasificación de los combustibles leñosos sólidos y líquidos).

## **2.5. PLANTACIÓN FORESTAL**

Cabrera (2003), indica que estas pueden ser especies introducidas o nativa que cumplen con los requisitos de una superficie mínima de 0.5 ha; una cubierta de copa de al menos el 10% de la cubierta de la tierra, y una altura total de los árboles adultos por encima de los 5 m.

## **2.6. BIOMASA FORESTAL**

Según ENCE (2010), la biomasa forestal es procedente de prácticas silvícolas (selección de brotes y cortas sanitarias) y la que se aprovecha de los restos de madera (ramas y cortezas, riberones y tocones o (raíces). Según el tamaño de la partícula de biomasa forestal, ésta puede ser a granel (entera), pre-triturada, triturada o astillada.

## **2.7. CRECIMIENTO Y PRODUCCIÓN DE BIOMASA**

Biomasa: conjunto de tejidos vivos de las plantas o animales, como por ejemplo las raíces, troncos, ramas y hojas de un árbol (OFI, CATIE 2003).

Como bien afirma IDAE (2008), existen cultivos cuya producción está destinada exclusivamente a su aprovechamiento energético como biomasa, a diferencia de los cultivos tradicionales, enfocados fundamentalmente al uso en la alimentación humana y animal. El acondicionamiento de los cultivos con fines energéticos da lugar a productos de fácil utilización en los sistemas de transformación convencionales, permitiendo la sustitución de los combustibles tradicionales fósiles.

Según FAO (2005), la biomasa total hallada sobre el suelo es de aproximadamente 420 mil millones de toneladas de las cuales el 40% se encuentran en Sudamérica y el 27% sólo en Brasil.

## **2.8. PLANTACIONES ENERGÉTICAS**

Plantación energética; son las plantaciones cuyos productos están dirigidos a ser utilizados como combustibles (Cabrera, 2003).

Como bien señala INAB (2014), las plantaciones energéticas son árboles de rápido crecimiento, que contribuyen a satisfacer las necesidades básicas de la población y aliviar la presión sobre los bosques naturales, por lo mismo, se propone como alternativa socialmente aceptable, económicamente viable y ambientalmente amigable para la producción de leña a través de sistemas agroforestales que permiten incorporar arboles a las parcelas agrícolas.

## **2.9. CLON**

Un clon se define como un grupo de individuos genéticamente idénticos que derivan de un solo individuo mediante propagación asexual (FAO, 2007).

Según Arango y Tamayo (2008), la propagación clonal tiene como meta principal la reproducción de individuos genéticamente idénticos, de material vegetativo procedente de una planta seleccionada. En 1974 se inició en Brasil el desarrollo de métodos de propagación vegetativa a partir de estacas colectadas de brotaciones de cepas de eucalipto, con la primera plantación clonal establecida en 1979 de mil hectáreas en el Estado de Espírito Santo, con aumentos significativos en productividad y calidad de la madera.

## **2.10. ENERGÍA RENOVABLE**

De acuerdo con FAO (2008), indica que la energía renovable consiste en energía que es producida o se deriva de fuentes que se renuevan indefinidamente, tales como en el caso de la energía hídrica, solar y eólica, o de fuentes producidas de forma sostenible, tales como la biomasa.

## **2.11. VARIABLES DASOMÉTRICAS**

Las variables dasométricas son indicadoras directas de cambios en la productividad de las plantaciones forestales. Los incrementos volumétricos dependen directamente de los incrementos de DAP, altura y área basal. En cuanto a los patrones de crecimiento anual en Nueva Zelanda, estudiaron el comportamiento de tres especies del género *Eucalyptus*, *E. fastigata*, *E. regnans* y *E. saligna*. Estos indicaron que para el

crecimiento en diámetro, existen dos puntos máximos, el primero en octubre y el segundo, más pequeño en marzo. Los puntos mínimos se registraron en junio, seguido de enero (Peñaloza, 2005).

## **2.12. PRODUCTIVIDAD**

Como bien afirma Rossill (2006), se define a la productividad forestal como la capacidad que un árbol individual o una masa forestal tiene para acumular biomasa, bajo determinadas condiciones climáticas, ecológicas y genéticas en un área y en un tiempo determinado.

López (2006), considera que debido a la dificultad para determinar la productividad de los terrenos forestales, se ha recurrido a enfocarla en función de factores ambientales; tal es el caso de la calidad de sitio, que se estima mediante la máxima cosecha de madera que el bosque produzca en un tiempo determinado. La calidad de sitio es la suma de muchos factores ambientales: la profundidad del suelo, su textura, las características de sus perfiles, su composición mineral, lo pronunciado de las pendientes, el microclima, las especies que viven sobre él y otros más. Estos factores a su vez son función de la historia geológica, fisiográfica, microclima y del desarrollo de la sucesión vegetal.

## **2.13. CRECIMIENTO**

De acuerdo con Santos (1997), el crecimiento de un árbol es el desarrollo del mismo o una masa forestal expresado en rendimiento o incremento. Al referirse a rendimiento se entera como el crecimiento de un árbol o una masa forestal por unidad de superficie en un periodo de tiempo. Por incremento se entiende como el crecimiento de un árbol o una masa forestal en un periodo de tiempo determinado. Al determinar el crecimiento de un árbol o una masa forestal durante el resto de su vida, este crecimiento definirá el incremento total. Los tipos de incremento mencionados son los siguientes:

- a) El incremento corriente anual –ICA-, que se define como el crecimiento que logra un árbol o una masa forestal en el curso de un año determinado.

- b) El incremento medio anual –IMA-, el cual es el promedio anual del incremento total, o sea es el resultado de las dimensiones totales del árbol dividido entre la edad total del mismo.

#### **2.14. ADAPTABILIDAD**

Como bien señala Sánchez (2007), la adaptación o adaptabilidad es la mayor eficiencia ecológica fisiológica alcanzada por algunos miembros de una población. Para que un carácter sea considerado como una adaptación, debe haberse desarrollado en respuesta a un agente selectivo específico. Además, una adaptación es una variante fenotípica que resulta de un conjunto específico de variantes en un medio ambiente definido.

#### **2.15. EVOLUCIÓN DEL SECTOR FORESTAL EN GUATEMALA**

Como enfatiza INAB, FAO, IARNA, URL (2012), el sector forestal del país se define como: un subsistema del sistema económico nacional, que sobre la base de motivaciones y decisiones socioeconómicas y ambientales desarrolladas en torno de ecosistemas; con distintos grados de intervención, cuyo componente dominante son los árboles, genera múltiples bienes maderables y no maderables y servicios ambientales (regulación, apoyo, información), producto del desarrollo de un conjunto de actividades que se aplican de acuerdo a un régimen de ordenación con objetivos bien definidos que pueden incluir la extracción y aprovechamiento, la protección absoluta o la restauración de tierras forestales degradadas.

#### **2.16. IMPORTANCIA ECONÓMICA DEL SECTOR FORESTAL**

La actividad forestal se ha considerado como un polo de desarrollo para el país, sin embargo su aporte aún es muy bajo según (INE, 2006). Su importancia radica en que genera empleo en lugares de difícil acceso y en donde las alternativas de trabajo remunerado son limitadas. Las pequeñas y medianas empresas agroforestales, se han convertido en fuentes de ingresos en el área rural, basadas en los productos que producen o manejan, generando empleos.

## **2.17. SERVICIOS QUE PRESTAN LOS RECURSOS NATURALES**

En el país se han hecho estudios detallados, como los del perfil ambiental IARNA, URL (2012), donde analizan el valor de los bienes y servicios de los bosques y del sistema guatemalteco de áreas protegidas, SIGAP. En estos estudios se analizan las consideraciones en torno al Producto Interno Bruto, PIB, forestal y el valor agregado, que éste aportó en el 2006 al PIB nacional, que fue de 2.58%; señalando que el verdadero aporte del sector forestal al PIB nacional fue subestimado en un 64%.

De acuerdo con INAB, FAO, IARNA, URL (2012), dentro de los productos maderables, persiste la misma tendencia, en los últimos diez años, de que la madera y la leña sean los principales productos extraídos del bosque para fines industriales y energéticos. Según el inventario nacional forestal, la oferta de productos forestales para la industria procedentes de bosque natural (árboles con Diámetros a la Altura del Pecho –DAP– mayores de 20 cm) es de 37.6 m<sup>3</sup>/ha en coníferas, y de aproximadamente 2.7 m<sup>3</sup>/ha en bosques con especies latifoliadas, con mercado totalmente desarrollado y de 7.7 m<sup>3</sup>/ha en bosques con especies con potencial comercial.

El perfil ambiental de Guatemala reporta datos de la encuesta nacional de condiciones de vida, en los que el consumo anual de leña en el país era de 20.6 millones de metros cúbicos (m<sup>3</sup>), a razón de 1 a 3.5 m<sup>3</sup>/ habitante/año. Un 74% de la población depende de la leña, de la que el 67% se encuentra en el área rural y 33% en el área urbana, resaltando el aporte de los bosques a las comunidades rurales, donde se concentra la pobreza (4,649,287 personas en estado de pobreza y 1,976,604 en pobreza extrema), de acuerdo a los datos del instituto nacional de estadística (INE, 2006).

Guatemala es el país centroamericano que reporta el mayor consumo de leña, ya que en el año 2002 el 57.3% de los hogares (1,261,000 viviendas) cocinaba con leña. Este dato es corroborado con lo reportado por la OLADE para el año 2009, confirmando que el 47% de la energía consumida en el país provenía de la leña, alcanzando los 26,245.06 kbep en el sector residencial y 811.7 en el sector comercial, servicios y sector público. Según el BEN del año 2010 para Guatemala, el consumo de leña

alcanzaría los 37, 253,01 kbep, siendo el sector residencial el mayor demandante de esta energía con un 97% (CEPAL, 2008).

Como bien afirma CEPAL (2008), Guatemala, Nicaragua (con el 46,79%) y Honduras (con el 43,31%) dependen en su matriz energética de la energía generada a partir de la leña. En el ámbito nacional, el 86% de la población centroamericana que depende de la leña se concentra en los tres países mencionados; mismos que también poseen la mayor porción de población en la región, alcanzando el 63% del total, además de que son los países con menor desarrollo considerando el indicador de desarrollo humano o el ingreso por habitante, los municipios de Alta Verapaz asumen la totalidad del consumo de leña para el secado de cardamomo. Así mismo, en cuanto al consumo de leña por parte de las ladrilleras, asume mayor magnitud en el departamento de Chimaltenango con 2,325.04 t en base secas anuales.

## **2.18. PRODUCTIVIDAD DE LAS MASAS FORESTALES EN GUATEMALA**

Para INAB (2014), el análisis por departamento muestra que la mayor biomasa forestal disponible se encuentra en Petén. Dinámica de la Cobertura Forestal 2001-2006, con cerca de 2.54 millones de toneladas en base seca anuales, seguido de Alta Verapaz con cerca de 1.17 millones de toneladas en base seca anuales y Huehuetenango con 817 mil toneladas en base seca anuales. Dentro de los departamentos mencionados los municipios de San Andrés y Flores (Petén) son los que presentan una mayor oferta con 556 mil toneladas y 365 mil toneladas, respectivamente, seguido de Cobán Alta Verapaz con una cifra cercana a las 340 mil toneladas.

## **2.19. CONSUMO DE LEÑA EN SECADORAS DE CARDAMOMO A NIVEL NACIONAL POR MUNICIPIO.**

Esta variable expresa la cantidad anual de leña, en toneladas secas, que se utiliza en las secadoras de cardamomo de los principales municipios productores del país. Según datos del Ministerio de Agricultura, la producción de cardamomo ha aumentado desde el año 2000, a una tasa del 4%. Según este informe el 68% de la producción se concentra en el departamento de Alta Verapaz y el 14% en el departamento de Quiché

distribuido en los municipios que se muestran a continuación (CEPAL, 2008). En el cuadro 1, se demuestra en porcentaje la cantidad de leña que demanda la industria cardamomera en el secado del grano.

**Cuadro 1.** Consumo de leña en secadoras de cardamomo (INAB, IARNA, URL, FAO, GFP 2012).

<b>Alta Verapaz</b>	<b>%</b>	<b>Quiche</b>	<b>%</b>
San Pedro Carcha	26	Ixcán	59
Cobán	25	Uspantán	37
Senahú	14	Otros	4
Chisec	10		
Cahabón	8		
Otros	17		
<b>TOTAL</b>	<b>100</b>	<b>TOTAL</b>	<b>100</b>

## 2.20. CONSUMO Y COCCIÓN DE ALIMENTOS

Como bien afirma la Política Energética (2013), la leña es el principal producto energético de mayor demanda en Guatemala, en 2012 el consumo de leña alcanzó el 57% del total de consumo energético en el país. Su mayor uso se encuentra en las áreas no electrificadas y en los hogares más pobres, en donde se emplea principalmente para la cocción de alimentos. La quema de leña carece de control frecuentemente se realiza en áreas cerradas con generación de humos (CO<sub>2</sub>) que representa un riesgo para la salud y causan enfermedades respiratorias a los seres humanos. Otro efecto negativo del uso de leña es la deforestación, dado que en el país no existen suficientes planes de manejo de bosques.

## 2.21. ANTECEDENTES

De acuerdo con Alvarado, 2007 citado por (Daetz, 2015), 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, 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.

Tal como sostiene Daetz (2015), en el año 2012, se implementó la primera investigación de clones de Eucalipto desarrollada 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 *Eucalyptus 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. 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.

Igualmente García (2016), en el año 2013 estableció un ensayo en San Juan Chamelco, Alta Verapaz el objeto principal fue evaluar la sobrevivencia a los 3, 6 y 12 meses, de cinco materiales clonales de *Eucalyptus urophylla* ST. Blake durante el primer año de establecimiento de la plantación. Se utilizó un diseño experimental de bloques completos al azar con 6 repeticiones. Las variables evaluadas fueron: diámetro a la altura del pecho (DAP), altura total, volumen ha-1 y biomasa ha-1. Los resultados obtenidos fueron: para sobrevivencia, todos los materiales clonales presentan un porcentaje por arriba del 85%; el crecimiento en DAP oscila entre 2.59 y 3.32 cm sin encontrar diferencias significativas; la altura total oscila desde 3.14 hasta 4.68 m, se

encontraron diferencias significativas, por lo que estadísticamente se determinó que el clon 1214 presenta el mayor crecimiento con 4.68 m en un año. La productividad de volumen está entre 1.50 y 3.64 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>, y biomasa entre 0.73 y 1.77 toneladas ha<sup>-1</sup>.

El tema de la implementación de bosques energéticos para producción de biomasa es de principal trascendencia, es por eso que se debe continuar con trabajos de investigación, estableciendo ensayos en diversas zonas del país, para ir recabando datos como se muestran en este documento, sobre los clones o semillas del género *Eucalyptus* más adaptables a las zonas de vida que nos ofrece el país.

### **3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO**

#### **3.1. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA**

Tal como establece URL, IARNA (2004), la problemática del consumo de la leña en Guatemala ha sido abordada por diversas entidades (entre otras MEM, 1986 y 1990; PAFG, 1990 y DIGEBOS, 1993), producto de ello, se han diseñado instrumentos de política pública como la administración de las tierras de vocación forestal y de los bosques fuera de las áreas protegidas con el objetivo de dar opciones a la población para el consumo de la leña y reducir la presión sobre los bosques naturales del país.

La demanda de leña para Alta Verapaz es de 1.5 millones, esto impulsa el desarrollo de investigaciones para la búsqueda de opciones endoenergéticas de desarrollo. Según (MEM, 2013), el balance energético nacional de Guatemala, para el año 2012 el consumo energético de leña fue equivalente a 68 mil 346 barriles de petróleo (BEP). Su uso corresponde al 57% del total de consumo energético del país. Se estima que anualmente se consumen cerca de 16 millones de toneladas de leña en Guatemala, de las cuales más de 5 millones representan déficit, que impacta en forma directa en la cobertura forestal.

Alrededor del 79% de los hogares del país utiliza la leña como producto energético, pudiendo alcanzar hasta el 100% en el área rural. La leña contribuye, como fuente, con el 52% del consumo energético nacional, y con poco más del 80% de las energías renovables consumidas en el país (URL, IARNA, 2004).

Como bien afirma García (2016), como seres humanos estamos en la obligación buscar opciones sostenibles para la conservación de los recursos naturales, actualmente Cobán no cuenta con estudios científicos publicados, acerca del desarrollo de clones y semillas de eucalipto como principal opción de desarrollo en el tema de consumo de biomasa. La producción de eucalipto es una alternativa más en la producción de biomasa y el consumo de esta.

### **3.2. JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA**

De acuerdo con INAB, IARNA, URL, FAO, GFP (2012), la deforestación en el país equivale a 38,597 hectáreas para el periodo 2006-2010, esto es un indicador de los impactos que el cambio de uso de la tierra tiene sobre los recursos forestales.

Según IARNA, URL (2012), el 95.3% de la población rural utiliza leña como recurso energético, estimándose un consumo de 2.7 m<sup>3</sup>/persona/año. A nivel urbano, el 50% de la población depende de la leña como fuente energética, considerándose el consumo en 1m<sup>3</sup>/persona/año.

La oferta demanda de leña en la República de Guatemala determinó que el consumo actual de biomasa con fines energéticos se estimó en 15,771,187 toneladas equivalente a 8.88 millones de metros cúbicos de madera (INAB, IARNA, URL, FAO, GFP 2012).

Es importante evaluar el comportamiento de los distintos clones y semillas con el objetivo de determinar cuál de estos presenta mayor productividad y suministre la demanda existente a los pobladores de la región. Como bien sabemos Guatemala tiene altos valores en consumo de biomasa y muchas veces esta es de dudosa procedencia, provocando que muchas masas forestales vírgenes sean destruidas por las manos del hombre. Es por eso que la utilización de clones y semillas para la rápida producción de biomasa es parte fundamental en el manejo adecuado de los recursos naturales.

Considerando lo anterior la presente investigación pretende determinar la variedad de clones y semillas que pueda contribuir en la producción de biomasa en un ciclo corto de tiempo, pues esta será una alternativa más para mitigar el impacto de la deforestación en Cobán Alta Verapaz, el sector forestal requiere de propuestas como las que se describen en dicha investigación y así minimizar el daño a los recursos naturales existentes e incrementar los conocimientos a los silvicultores para una buena conservación y manejo adecuado de los bosques en la región.

## 4. OBJETIVOS

### 4.1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar la adaptabilidad y crecimiento de los clones y semillas del género *Eucalyptus* durante el establecimiento y mantenimiento en el primer año de desarrollo bajo las condiciones de Cobán A.V.

### 4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Definir el crecimiento de los clones y semillas de *Eucalyptus*, mediante mediciones a los seis y doce meses de establecimiento.
- Determinar el desarrollo fenotípico de los clones y semillas de *Eucalyptus*, a través de una tabla de comparación porcentual de desarrollo.
- Estimar la productividad de los clones y semillas de *Eucalyptus*, mediante la obtención de volumen por material.

## **5. HIPÓTESIS**

### **5.1. HIPÓTESIS NULA ( $H_0$ )**

Ninguno de los materiales alcanzó diferencias estadísticamente significativas en adaptabilidad y crecimiento, durante el primer año de establecimiento bajo las condiciones de Cobán, Alta Verapaz.

### **5.2. HIPÓTESIS ALTERNA ( $H_a$ )**

Al menos uno de los materiales alcanzó diferencias estadísticamente significativas en adaptabilidad y crecimiento, durante el primer año de establecimiento bajo las condiciones de Cobán, Alta Verapaz.

## 6. METODOLOGÍA

### 6.1. LOCALIZACIÓN DEL TRABAJO

El ensayo de evaluación se encuentra en la finca San Isidro Choval, departamento de Cobán, Alta Verapaz, ubicado a 20 km del centro de la cabecera departamental, con una altitud de 1260 msnm. En la figura 1, se muestra de manera gráfica, la ubicación de la finca.



Fuente: Elaboración Propia.

**Figura 1.** Ubicación geográfica del área donde se implementó la evaluación de los materiales de *Eucalyptus urophylla*.

## **6.2. CLIMA Y ZONA DE VIDA**

Como bien afirma URL, ONU (2012), el clima de Alta Verapaz se define como semi-cálido muy húmedo sin estación seca definida. Las temperaturas anuales promedio van de los 17°C a los 21°C; con una precipitación promedio superior a los 2,000 mm anuales y una humedad relativa promedio del 88%.

Según argumenta MAGA (2005), y basado en el sistema de Holdridge, la finca san Isidro Choval, ubicada en Cobán Alta Verapaz se encuentra en la zona de vida bosque muy húmedo sub tropical frio (BmH-sf).

## **6.3. SUELOS**

El suelo presenta textura franco arcillosa se caracterizan por ser suelos moderadamente profundos, ubicándose en la clasificación de tierras calizas altas del norte (MAGA, 2005).

## **6.4. METODOLOGÍA EN BASE A LOS OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

### **6.4.1. Objetivo específico no. 1**

De acuerdo con los objetivos establecidos en la evaluación de clones y semillas de eucalipto con un diseño experimental de bloques completamente al azar se puede establecer que el crecimiento se evaluó con dos mediciones al año con una frecuencia de cada 6 meses tomando en cuenta las variables diámetro a la altura del pecho y altura total.

### **6.4.2. Objetivo específico no. 2**

El monitoreo del desarrollo fenotípico estuvo codificado, tomando en consideración los siguientes códigos de forma B=Bifurcado, I=Inclinado, R=Recto, S=Sinuoso, dando conocer el mejor en condiciones físicas. (Anexo 1).



### **6.4.3. Objetivo específico no. 3**

Para evaluar la productividad se tomó en cuenta las variables diámetro a la altura del pecho DAP y altura total, posteriormente se utilizó la fórmula de volumen con la finalidad de obtener un indicador de productividad para determinar el mejor material establecido en Cobán.

### **6.5. MATERIAL EXPERIMENTAL**

La evaluación contó con la utilización de 10 clones y semillas del género *Eucalyptus*, estos fueron proporcionados por la empresa Plantaciones Forestales de Guatemala.

La nomenclatura siguientes fue utilizada para identificar cada tratamiento: 007, 062, 090, 092, 100, 108, 112, 116, 120, U.AR.9 (Testigo).

### **6.6. FACTORES ESTUDIADOS**

Durante doce meses se procedió a la evaluación de adaptabilidad y crecimiento de materiales de clones y semillas de eucalipto, tomando como objetivo principal la medición de las siguientes variables: DAP (cm), altura total (m), análisis fenotípico, sobrevivencia (%), volumen (m<sup>3</sup>/ha).

### **6.7. DESCRIPCIÓN DE LOS TRATAMIENTOS**

Los tratamientos fueron representados por un material clonal, conformado por 45 plantas cada tratamiento, distribuidas en 3 repeticiones siendo un total de 450 plantas evaluadas. El material testigo de la evaluación fue conformado por materiales procedentes de semillas de *Eucalyptus urophylla*. En el cuadro 2, se muestran los materiales y a que tratamiento corresponde cada uno.

**Cuadro 2.** Descripción de los tratamientos.

<b>Material</b>	<b>TRATAMIENTO</b>	<b>No. ÁRBOLES</b>
<b>007</b>	1	45
<b>062</b>	2	45
<b>090</b>	3	45
<b>092</b>	4	45
<b>100</b>	5	45
<b>108</b>	6	45
<b>112</b>	7	45
<b>116</b>	8	45
<b>120</b>	9	45
<b>U. AR.9 (Testigo)</b>	10	45

Fuente: Elaboración Propia.

## **6.8. DISEÑO EXPERIMENTAL**

El diseño experimental utilizado fue bloques completos al azar (DBA) con 10 materiales y tres repeticiones, para dar un total de 30 unidades experimentales. Se utilizó este diseño tomando en consideración los factores ambientales y los efectos sobre el desarrollo de la plantación. Cumpliendo con los tres principios de repetición, aleatorización y control local, se obtuvieron datos y así proceder a la evaluación de estos.

## **6.9. MODELO ESTADÍSTICO**

El modelo estadístico a utilizar es el siguiente:

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

En donde:

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

$\mu$  = media general de la variable de respuesta (Dap, altura total, volumen total).

$t_i$  = efecto del i-ésimo material clonal.

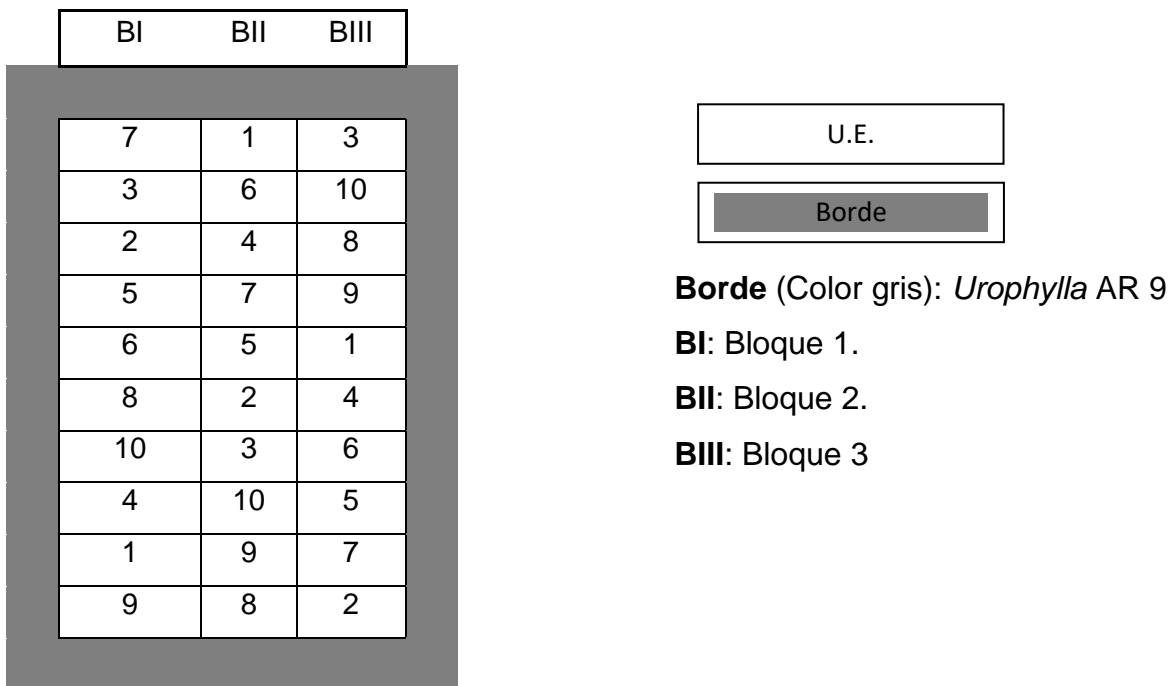
$b_j$  = efecto del j-ésimo bloque.

$\epsilon_{ij}$  = error asociado a la ij-ésima unidad experimental.

### 6.10. UNIDAD EXPERIMENTAL

La unidad experimental cuenta con 15 plantas (3 surcos x 5 plantas cada uno) con un distanciamiento de 3m x 2m, que es equivalente a un área de 90 metros cuadrados por unidad.

### 6.11. CROQUIS DE CAMPO



Fuente: Elaboración Propia.

**Figura 2.** Croquis de campo.

## 6.12. MATERIALES Y RECURSOS

En el cuadro 3 se describen los materiales y recursos utilizados que se utilizaron durante el tiempo que tardará el ensayo.

**Cuadro 3.** Materiales y recursos utilizados en la evaluación.

RECURSO HUMANO	MATERIALES	EQUIPO
<ul style="list-style-type: none"><li>• 12 Jornales para el establecimiento del ensayo.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• 450 unidades de clones y semillas para la implementación de los tratamientos.</li><li>• Machetes</li><li>• Rótulos para identificar cada unidad experimental.</li><li>• Manta vinílica para identificar el ensayo.</li><li>• Estacas</li><li>• Azadones.</li><li>• Cuerda para el trazado de los surcos.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Cinta métrica.</li><li>• GPS</li><li>• Cámara fotográfica</li><li>• Tablero</li><li>• Computadora</li><li>• Boleta de campo.</li><li>• Libreta de campo.</li><li>• Vernier</li><li>• Estadal</li></ul>

Fuente: Elaboración Propia.

## **6.13. MANEJO DEL EXPERIMENTO**

Durante el primer año de evaluación que duro el experimento, el mantenimiento fue enfocado al control de malezas, prevención de plagas y enfermedades que a continuación se describen.

### **6.13.1. Preparación del terreno**

Se delimito el terreno con base a las medidas requeridas para establecer el ensayo, posteriormente se realizaron chapias manuales y se procedió a estaquillar el terreno con medidas de 3m x 2m, los clones se plantaron la cuarta semana del mes de septiembre (25 de septiembre) del año 2015, plantando un total de 450 plantas en un área estimada de 0.34 ha.

### **6.13.2. Control de maleza**

Se realizó una chapia manual cada tres meses en el área de la plantación, tratando de evitar que la maleza compita con los individuos establecidos, las limpieas se realizaron manualmente evitando el uso de productos químicos como herbicidas y que este dañe el área foliar de los árboles plantados.

### **6.13.3. Control de plagas**

Se estableció un control de vigilancia semanal y así evitar la proliferación de plagas y enfermedades que pudieran afectar el desarrollo de individuos. Durante el tercer mes después del establecimiento existió la presencia de zompopos dañando el área foliar del material (Clon 062) bloque 3 estos fueron eliminados con productos químicos. Posteriormente el tratamiento presentó un rápido saneo en follaje.

### **6.13.4. Identificación de los tratamientos**

Los tratamientos se identificaron con rótulos elaborados de madera, identificando el material plantado en el área. Se colocó un rótulo en un lugar visible conteniendo el nombre del ensayo o investigación, igualmente se identificó cada unidad experimental para un mejor control de la evaluación.

### **6.13.5. Mediciones**

La toma de mediciones o monitoreos se realizó a los seis y doce meses cumplidos del experimento, con este tiempo se obtuvo resultados significativos en cuanto a crecimiento, desarrollo y productividad de los materiales de clones y semillas. (Anexo 1 y 2).

## **6.14. VARIABLES RESPUESTA**

Las variables utilizadas para determinar el crecimiento fueron diámetro a la altura del pecho DAP (cm) y altura total (m), para el desarrollo fenotípico se realizó un análisis fenotípico utilizando los códigos de forma y para productividad se evaluaron las variables volumen en m<sup>3</sup>/ha.

### **6.14.1. Diámetro a la altura del pecho (DAP)**

La circunferencia se obtuvo a través de un vernier a una altura de 1.30 metros del suelo para la cual se empleó una regla debidamente calibrada a 1.30 metros que se utilizó como referencia para las mediciones correspondientes.

### **6.14.2. Altura total**

Esta variable se evaluó a los seis meses y doce meses de haber establecido la plantación. Esto nos permitió determinar que clon tuvo mejor desarrollo en cuanto a la variable planteada. Para esto se utilizó un estadal debidamente graduado con dimensiones semejantes en altura a los individuos a evaluar, esto para minimizar el margen de error en la medición y tener un dato exacto de altura total.

### **6.14.3. Análisis fenotípico**

Dichos individuos fueron evaluados visualmente y así determinar las características físicas de acuerdo a los códigos de forma siguientes: B=Bifurcado, I=Inclinado, R=Recto, S=Sinuoso, esta evaluación se realizó a los seis y a los doce meses que duró la investigación. (Anexo 2).

#### **6.14.4. Supervivencia (%)**

El monitoreo se llevó a cabo a los seis meses y doce meses de haber establecido la plantación y así estimar el porcentaje de supervivencia del ensayo.

#### **6.14.5. Volumen (m<sup>3</sup>/ha)**

Se tomaron datos de altura y DAP y así determinar cuál de todos los clones y semillas presentan diferencia significativa, para ello se utilizó la siguiente fórmula.

$$V = AB \times H \times FF$$

Dónde:

V = Volumen en metros cúbicos

AB = Área Basal a 1.30 metros de la base del árbol

H = Altura total

FF = Factor de forma (0.45)

#### **6.15. ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN**

Luego de efectuadas las mediciones de las variables se generó una base de datos Excel 2010 Microsoft Office® y se realizó un análisis estadístico para garantizar la confiabilidad de los datos obtenidos.

#### **6.16. ANÁLISIS ESTADÍSTICO**

Se procedió a evaluar las variables (DAP, altura total, volumen) con los datos obtenidos de cada variable se realizó el análisis de Varianza de bloques completos al Azar con un nivel de significancia del 95%, utilizando un análisis post-andeva Tukey, utilizando el software INFOSTAT® versión libre 2016e.

Una vez obtenidos los resultados se aplicó la regla de decisión: Si el valor de  $F \geq F$  crítica (gl trat; gl error;  $\alpha$ ) se rechaza la hipótesis nula ( $H_0$ ).

## 7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

### 7.1. ANÁLISIS DE LAS VARIABLES DE CRECIMIENTO

#### 7.1.1. Análisis crecimiento a los seis meses

Estas variables se evaluaron al finalizar los seis meses cumplidos de la plantación.

##### 7.1.1.1. Análisis del diámetro a la altura del pecho (DAP)

No fue posible realizar este análisis a los seis meses ya que los materiales eran menores a 1.30 metros de altura.

##### 7.1.1.2. Análisis de la altura total

Para determinar los niveles de significancia entre los materiales del experimento para la variable altura total a los seis meses, se realizó un análisis de varianza como se muestra en el cuadro 4.

**Cuadro 4.** Análisis de varianza para la variable altura total a los seis meses.

F.V.	GL	SC	CM	F	p-valor
<b>Tratamiento</b>	9	0.5	0.06	4.46	0.0034
<b>Bloque</b>	2	0.07	0.04		
<b>Error</b>	18	0.22	0.01		
<b>Total</b>	29	0.79			

Fuente: elaboración propia.

Luego de aplicar un análisis de ANDEVA con un nivel de significancia del  $p=0.05\%$ , se encontró diferencia significativa (0.0034) en los materiales evaluados, lo que significa que los materiales evaluados tuvieron un comportamiento homogéneo obteniendo un coeficiente de variación calculado para el error experimental de 15.23%.

Al encontrar diferencias estadísticamente significativa para la variable altura total a los seis meses mediante la elaboración de un diagrama el material (Clon 092) con una media de altura total de 0.91 metros, material (Clon 108) con una media de 0.86 metros



y material (Clon 120) con una media de 0.83 metros ambos de la especie *Eucalyptus urophylla*, son los materiales con las medias más altas de la variable evaluada siendo estos los mejores materiales.

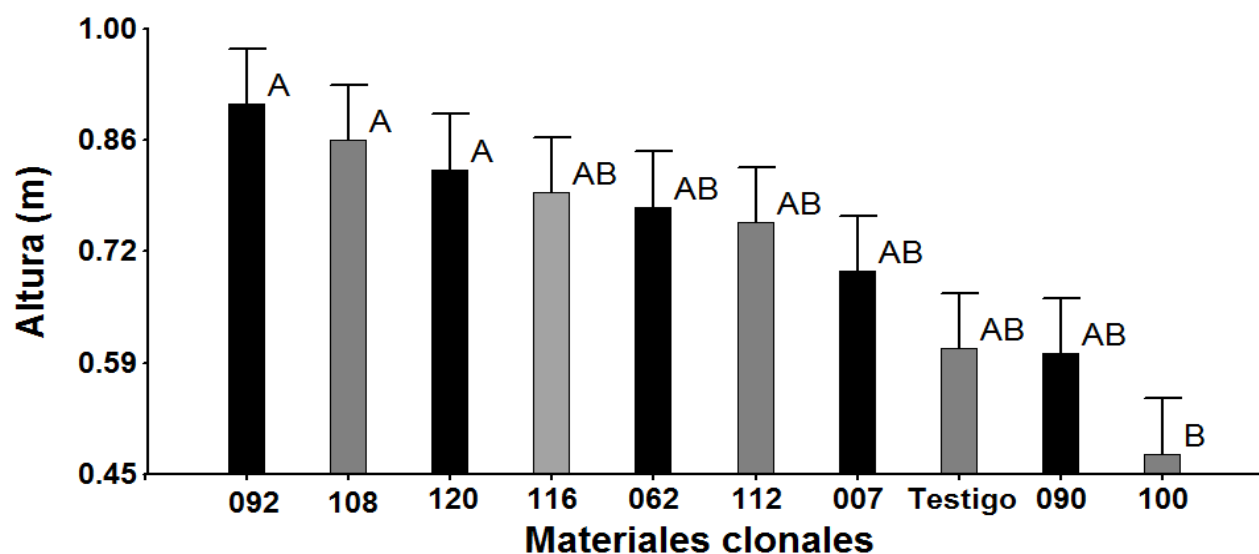
**Cuadro 5.** Prueba de Tukey para la variable altura total a los seis meses.

Tratamiento	Medias (m)	n		
092	0.91	3	A	
108	0.86	3	A	
120	0.83	3	A	
116	0.80	3	A	B
062	0.78	3	A	B
112	0.76	3	A	B
007	0.70	3	A	B
Testigo	0.60	3	A	B
090	0.60	3	A	B
100	0.47	3		B

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

Fuente: elaboración propia.

El cuadro 5, del análisis Tukey indica que los materiales (Clon 116) al (Clon 090) son homogéneos en la variable evaluada y conforman el grupo AB con medias entre 0.80-0.60 metros. El material (Clon 100) es uno de los tratamientos con la media más baja de 0.47 metros siendo así el material con menos desarrollo en altura evaluada conformando el grupo B. El (Clon 092) es el material con mejor desarrollo en la variable evaluada con 0.91 metros por lo cual dicho material presenta diferencia altamente significativa entre materiales a los seis meses de evaluación conformando el grupo A.



**Figura 3.** Medias y variación de valores de altura total en metros a los seis meses.

En la figura 3, se observa que los materiales (Clon 116) al (Clon 090) poseen una homogeneidad notable en la variable altura total evaluada, así mismo (Clon 100) ambos de la especie *Eucalyptus urophylla*, presenta una altura bastante insignificantes en base a la variable evaluada.

### 7.1.2. Análisis de crecimiento a los doce meses

Estas variables se evaluaron al finalizar los doce meses cumplidos de la plantación.

#### 7.1.2.1. Análisis del diámetro a la altura del pecho (DAP)

Para determinar los niveles de significancia entre materiales del experimento se realizó un análisis de varianza como se muestra en el cuadro 6, para la variable diámetro a la altura del pecho a los doce meses.

**Cuadro 6.** Análisis de varianza para la variable DAP a los doce meses.

<b>F.V.</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>
<b>Tratamiento</b>	9	10.24	1.14	3.95	0.0063
<b>Bloque</b>	2	1.94	0.97		
<b>Error</b>	18	5.18	0.29		
<b>Total</b>	29	17.36			

Fuente: elaboración propia.

Luego de aplicar el ANDEVA con un nivel de significancia del  $p=0.05\%$ , se encontró diferencia significativa ( $p 0.0063$ ) en la variable DAP evaluada a los doce meses, lo que indica que los materiales se comportaron heterogéneos entre sí, el coeficiente de variación calculado fue de 30.71%.

Para determinar el mejor material en cuanto a la variable DAP se utilizó la prueba de medias Tukey que se muestra en el cuadro 7.

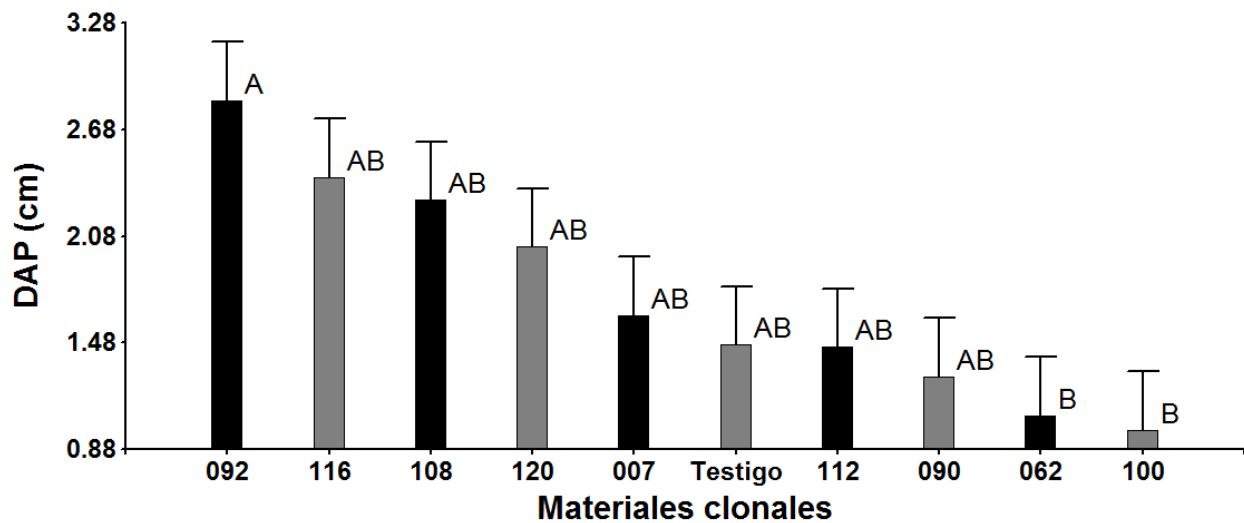
**Cuadro 7.** Prueba de Tukey para la variable DAP a los doce meses.

<b>Tratamiento</b>	<b>Medias (m)</b>	<b>n</b>		
092	2.84	3	A	
116	2.41	3	A	B
108	2.28	3	A	B
120	2.02	3	A	B
007	1.64	3	A	B
Testigo	1.47	3	A	B
112	1.46	3	A	B
090	1.29	3	A	B
062	1.07	3		B
100	0.99	3		B

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

Fuente: elaboración propia.

En el cuadro 7, el material (Clon 092) conforma el grupo A, este posee los mejor valores en DAP con 2.84 cm, los materiales (Clon 116) al (Clon 090) conforman el Grupo AB con medias de DAP entre 2.41 centímetros y 1.29 centímetros y con la media más baja para la variable evaluada encontramos el material (Clon 100) con una media de 0.99 centímetros.



**Figura 4.** Medias y variación de valores de DAP en centímetros a los doce meses

La figura 4, indica que los materiales más homogéneos son el (Clon 116) al (Clon 090) ambos de la especie *Eucalyptus urophylla*, en cuanto al (Clon 092) es el material destacado en la variable evaluada en DAP a doce meses.

Los análisis obtenidos en la variable DAP durante los doce meses de evaluación, indica que la media es menor a 2.84 cm aportados por el material (Clon 092), estas media tiene un valor menor a lo reportado por Daetz (2015), con una media de 5.82 cm, dicho ensayo establecido en Lanquín, Alta Verapaz con una altitud de 700 msnm en una zona de vida de bosque muy húmedo subtropical cálido.

### 7.1.2.2. Análisis de la altura total

Tal y como se muestra en el cuadro 8, fue necesario realizar un análisis de varianza para determinar los niveles de significancia entre los materiales del experimento realizado para la variable altura a los doce meses.

**Cuadro 8.** Análisis de varianza para la variable altura total a los doce meses.

<b>F.V.</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>
<b>Tratamiento</b>	9	10.77	1.2	3.27	0.0156
<b>Bloque</b>	2	1.8	0.9		
<b>Error</b>	18	6.59	0.37		
<b>Total</b>	29	19.15			

Fuente: elaboración propia.

Luego de aplicar un análisis de ANDEVA con un nivel de significancia del  $p=0.05\%$ , se encontró diferencia significativa (0.0156) en los materiales evaluados, lo que significa que estos tuvieron un comportamiento homogéneo obteniendo un coeficiente de variación calculado para el error experimental de 22.26%.

El cuadro 9, muestra el análisis Tukey de los materiales evaluados a los doce meses, el (Clon 108) al (Clon 090) presentaron características homogéneas entre sí conformando el grupo AB con medias entre 3.36-2.27 metros. Siendo el material (Clon 092) con más desarrollo y con la media más significativa en la variable altura a los doce meses conformando el grupo A con medias entre 3.89 metros. Los materiales (Clon 062) y (Clon 100) son los materiales con menor desarrollo en la variable evaluada conformando el grupo B presentando medias entre 2.08-1.93 metros.

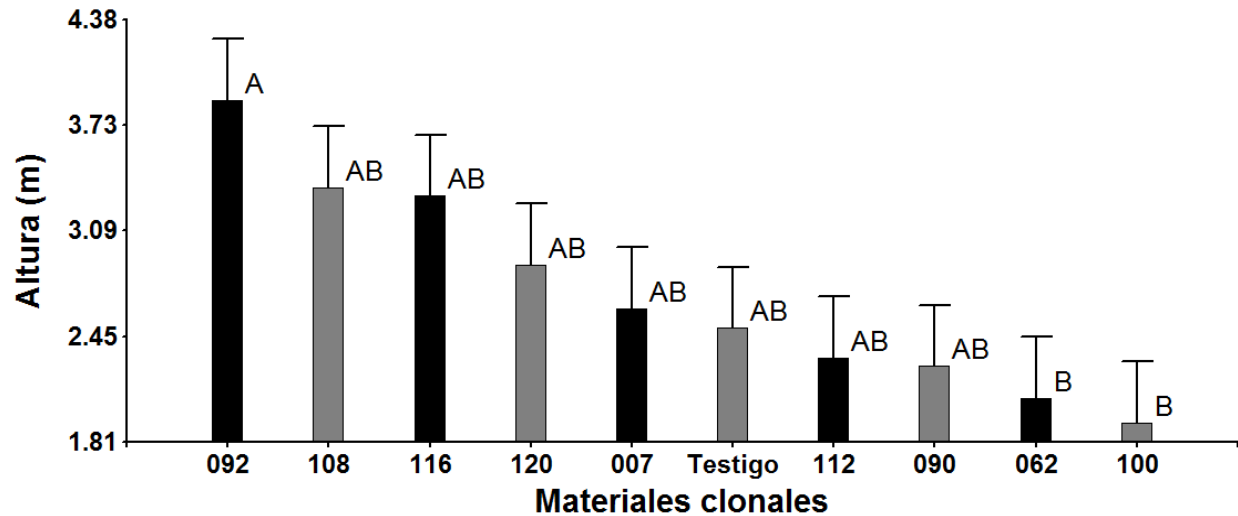
**Cuadro 9.** Prueba de Tukey para la variable altura a los doce meses.

<b>Tratamiento</b>	<b>Medias (m)</b>	<b>n</b>		
092	3.89	3	A	
108	3.36	3	A	B
116	3.31	3	A	B
120	2.89	3	A	B
007	2.62	3	A	B
Testigo	2.5	3	A	B
112	2.33	3	A	B
090	2.27	3	A	B
062	2.08	3		B
100	1.93	3		B

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

Fuente: elaboración propia.

En la figura 5, el material (Clon 092) presenta alturas altamente significantes en la variable evaluada a los doce meses siendo este el mejor material. Los materiales (Clon 108) al (Clon 090) presentan homogeneidad notable, el (Clon 062) y (Clon 100) son los materiales que no presentan altura significativa por lo cual son catalogados como los peores materiales, en comparación a los demás en cuanto a la variable altura total evaluada.



**Figura 5.** Medias y variación de valores de altura total en metros a los doce meses.

Los mejores materiales se encuentran con una media máxima de 3.89 metros y 3.36 metros de altura correspondientes a los clones 0-92 y 108 ambos de la especie *Eucalyptus urophylla*.

Los resultados de los materiales evaluados para la variable altura total en Cobán, Alta Verapaz están por debajo del primer año de evaluación en el ensayo realizado en San Juan Chamelco por García (2016), teniendo una media de altura total de 4.68 metros de altura, ensayo establecido a una altura de 1350 msnm con una zona de vida de bosque muy húmedo subtropical templado.



## 7.2. ANÁLISIS FENOTÍPICO A LOS DOCE MESES

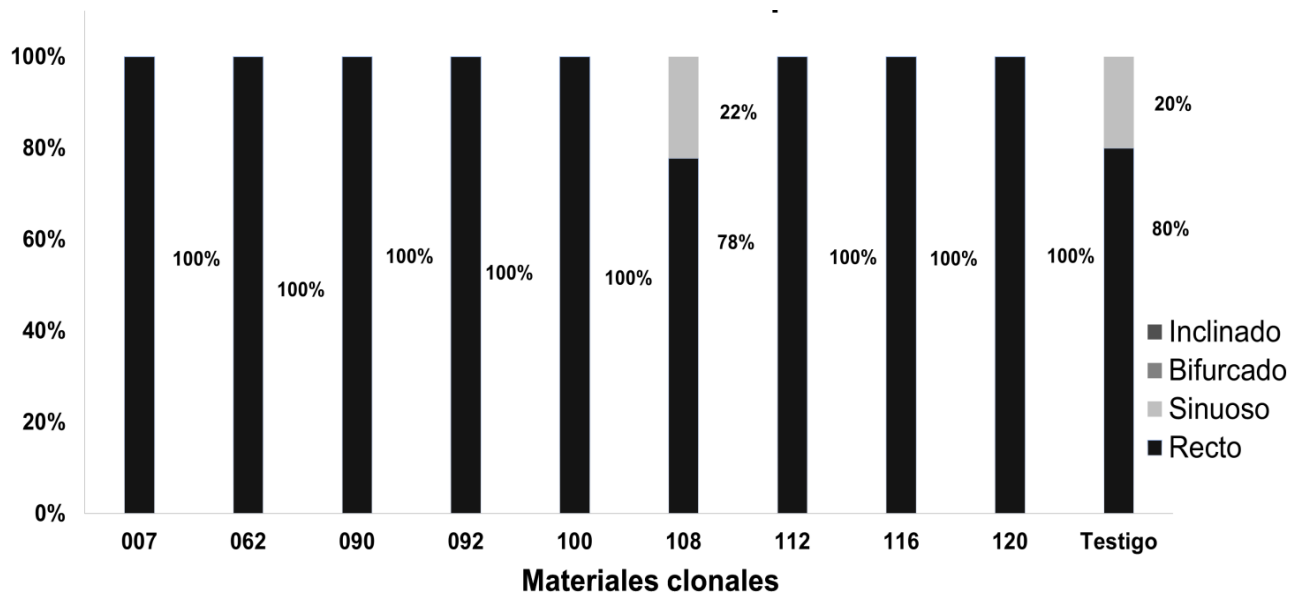
En el cuadro 10, se presenta la tabla de comparación porcentual de desarrollo entre materiales.

**Cuadro 10.** Análisis fenotípico a los doce meses.

<b>Análisis Fenotípico.</b>				
<b>Material</b>	<b>Recto</b>	<b>Bifurcado</b>	<b>Sinuoso</b>	<b>Inclinado</b>
007	100 %	0 %	0 %	0 %
062	100 %	0 %	0 %	0 %
090	100 %	0 %	0 %	0 %
092	100 %	0 %	0 %	0 %
100	100 %	0 %	0 %	0 %
108	78 %	0 %	22 %	0 %
112	100 %	0 %	0 %	0 %
116	100 %	0 %	0 %	0 %
120	100 %	0 %	0 %	0 %
Testigo	80 %	0 %	20 %	0 %

Fuente: elaboración propia.

En el cuadro 10, los materiales con menor porcentaje de individuos rectos es el (Clon 108) con un 78% y el (Testigo) con un 80%. Los demás materiales se encuentran con un 100% en características rectas siendo estos los mejores en características de desarrollo. De igual forma los materiales (Clon 108) y (Testigo) poseen un 22% y 20% de características sinuosas. Es decir que durante la evaluación de doce meses se poseen materiales rectos con buenas características de desarrollo.



Fuente: elaboración propia.

**Figura 6.** Análisis fenotípico de los materiales de *Eucalyptus urophylla* evaluados.

Para determinar las características físicas de los individuos se realizó un análisis fenotípico por árbol a los doce meses de establecimiento. La figura 6 indica que los materiales (007, 062, 090, 092, 100, 112, 116, 120) poseen el 100% de fustes rectos. Los materiales (Clon 108) y (Testigo) presentaron un 78% y 80% de fustes rectos; con un 22% y 20% de forma sinuosa siendo estos los materiales con características distintas, esto se debe a que el testigo es un material procedente de semillas de *Eucalyptus urophylla* y el clon 108 es originario de La Finca Monterrey, Guatemala ambos de la misma especie. Los factores ambientales que pudieron afectar el desarrollo fenotípico fueron: una altura de 1400 msnm, una mínima de 18°C y una máxima de 33°C de temperatura, con una precipitación de 875 mm anuales. Donde Cobán presenta una diferencia menor de altitud de 140 msnm, una temperatura mínima de 17°C y una máxima de 21°C, con una precipitación anual mayor de 2000 mm anuales.

### 7.3. ANÁLISIS DE SOBREVIVENCIA A LOS DOCE MESES

El cuadro 12, se presenta el porcentaje de sobrevivencia de los materiales evaluados a los doce meses que duró la evaluación.

**Cuadro 11.** Análisis de sobrevivencia a los doce meses.

Material	Bloque 1	Bloque 2	Bloque 3	% Sobrevivencia
007	93.33%	93.33%	100%	95.55 %
062	100%	100%	86.66%	95.55 %
090	100%	100%	86.66%	95.55 %
092	100%	100%	100%	100 %
100	100%	100%	26.66%	75.55 %
108	100%	100%	100%	100 %
112	86.66%	100%	93.33%	93.33 %
116	93.33%	100%	100%	97.78 %
120	86.66%	100%	93.33%	93.33 %
Testigo	86.66%	80%	100%	88.88 %

Fuente: elaboración propia.

Los materiales con mayor sobrevivencia a los doce meses fueron el (Clon 092) y (Clon 108) ambos de la especie *Eucalyptus urophylla* con un 100% de sobrevivencia, en un segundo grupo encontramos el (Clon 116) con un 97.78%. El (Testigo) se representa en el tercer grupo con un 88.89% de sobrevivencia. El material con el más bajo porcentaje de sobrevivencia fue el (Clon 100) con un 26.66%.

Los mejores materiales evaluados para la variable sobrevivencia con un 100% de la misma fueron los materiales (clon 092) y (Clon 108) seguidamente el (clon 116) con un 97.78% y el (clon 100) siendo este el más bajo con un 75.55% viéndose afectado por la pedregosidad y una abertura superficial con altas pendientes llamada dolina. Dicha abertura superficial no permitiendo la entrada de luz solar y concentrándose exagerada acumulación de humedad en el suelo afectando inmediatamente el sistema radicular de la planta, limitando así la sobrevivencia del material experimental.

#### 7.4. ANÁLISIS DEL VOLUMEN (m<sup>3</sup>/ha)

Para determinar los niveles de significancia entre los materiales del experimento realizado para la variable volumen m<sup>3</sup>/ha a los doce meses, se realizó un análisis de varianza que se presenta en el cuadro 12.

**Cuadro 12.** Análisis de varianza para la variable volumen m<sup>3</sup>/ha a los doce meses.

<b>F.V.</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>
<b>Tratamiento</b>	9	2.55	0.28	3.98	0.0061
<b>Bloque</b>	2	0.48	0.24		
<b>Error</b>	18	1.28	0.07		
<b>Total</b>	29	4.31			

Fuente: Elaboración Propia.

Durante los cálculos estadísticos fue necesario la transformación de los datos de la variable volumen m<sup>3</sup>/ha, como método de nivelación del coeficiente de variación, esto para una mejor evaluación aplicando la raíz cuarta de la media de cada material, este procedimiento se efectuó debido a que existe demasiados datos por debajo del mejor. En el (anexo 6) se encuentran el análisis de varianza y análisis Tukey de los datos reales no transformados.

Luego de aplicar el ANDEVA con un nivel de significancia del p=0.05%, se encontró diferencia significativa (p 0.0061) para la variable volumen m<sup>3</sup>/ha a los doce meses. Lo que indica que los materiales se comportaron homogéneamente, con un coeficiente de variación calculado para el error experimental de 20.74%.

Para determinar el mejor material en cuanto a la variable Volumen m<sup>3</sup>/ha se utilizó la prueba de medias Tukey que se muestra en el cuadro 13.

**Cuadro 13.** Prueba de Tukey para la variable volumen m<sup>3</sup>/ha a los doce meses.

Tratamiento	Medias *	n		
092	1.82	3	A	
116	1.61	3	A	B
108	1.56	3	A	B
120	1.42	3	A	B
007	1.24	3	A	B
Testigo	1.17	3	A	B
112	1.15	3	A	B
090	1.06	3	A	B
062	0.93	3		B
100	0.88	3		B

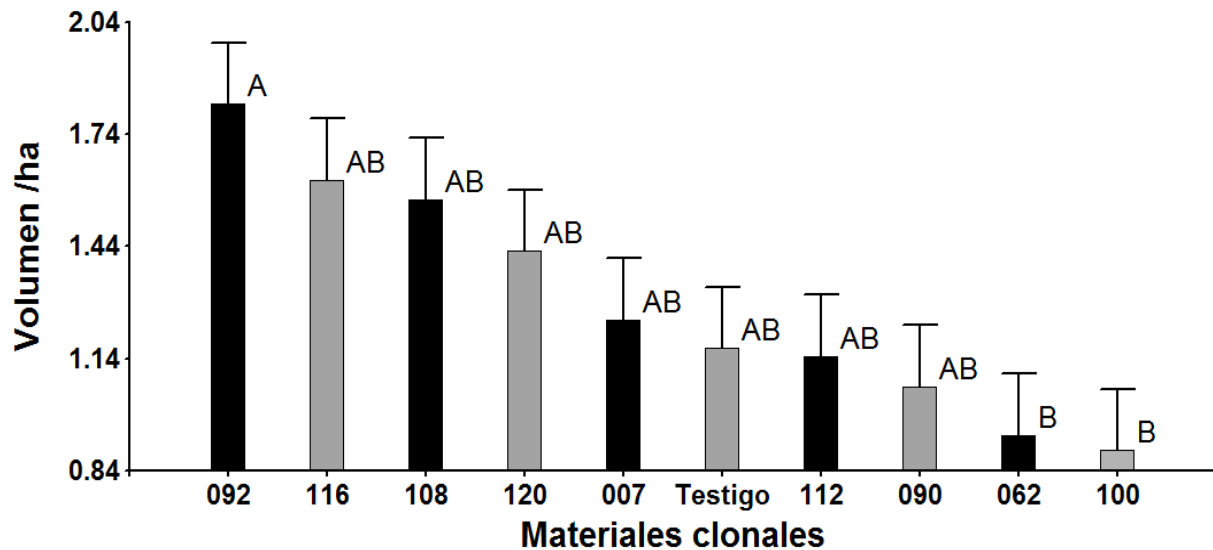
Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ ).

Fuente: elaboración propia.

\*Raíz cuarta del volumen m<sup>3</sup>/ha a los doce meses

De acuerdo al análisis Tukey en el cuadro 13, el material (Clon 092) conforma el grupo A, este posee los mejores valores en cuanto a volumen con 12.81 m<sup>3</sup>/ha.

Conformando el grupo AB obtenemos los materiales (Clon 116) al (Clon 090) siendo estos los materiales más homogéneos con medias de volumen entre 7.77 m<sup>3</sup>/ha y 1.66 m<sup>3</sup>/ha. En el grupo B, se encuentran los materiales (Clon 062) y (Clon 100) con medias entre 1.51 m<sup>3</sup>/ha y 0.88 m<sup>3</sup>/ha estos presentando una menor productividad por hectárea.



**Figura 7.** Medias y variación de valores de la variable volumen  $m^3/ha$  a los doce meses.

Como bien señala la figura 7, el material (Clon 092) presentó mayor incremento en volumen  $m^3/ha$  comparándolo con los demás tratamientos.

Para la variable volumen por hectárea evaluada a los doce meses se acepta la hipótesis alterna debido a que existe diferencia significativa entre tratamientos.

En el análisis estadístico obtenemos que el (Clon 0.92) arroja una media de volumen de  $12.81 m^3/ha$  estado por debajo de los  $29.03 m^3/ha$  a los cinco años evaluados por Barrera (2006), en Valdivia, Chile y por debajo de las medias entre  $37.3 m^3/ha$  y  $53.14 m^3/ha$  a los nueve años, estos datos publicados por CENICAFE (2006), obtenidos en el Valle de Cauca, Colombia ambas áreas con distintas zonas de vida.

En base a los resultados obtenemos que la variabilidad en condiciones climáticas, es parte fundamental para la productividad de los materiales *Eucalyptus urophylla*.

## 8. CONCLUSIONES

Durante el tiempo que duró la evaluación los materiales con mayor adaptabilidad y crecimiento de acuerdo a las variables evaluadas y no encontrando diferencia estadística significativa son: (Clon 092), (Clon 108) y (Clon 116) ambos de la especie *Eucalyptus urophylla*, estos tratamientos tendrán como fin la producción de biomasa en un círculo de tiempo corto contribuyendo así a minimizar el impacto de la deforestación en la región.

El material (Clon 092) de la especie *Eucalyptus urophylla*, presentó diferencias estadísticamente significativa entre materiales en las variables planteadas, se obtuvo un diámetro a la altura del pecho DAP de 2.84 cm, para la variable altura total se obtuvo 3.89 metros, siendo este material el que presenta mayor crecimiento y desarrollo en la evaluación.

De acuerdo a la evaluación de desarrollo fenotípico los materiales de *Eucalyptus urophylla* (007, 062, 090, 092, 100, 112, 116, 120) poseen el 100% de fustes rectos, siendo estos los materiales con mejores características de desarrollo fenotípico, en comparación a los materiales (108 y Testigo) de la misma especie a los anteriores arrojando un 22% y 20% de forma sinuosa, siendo estos los peores materiales en la variable planteada.

El material (Clon 092) de la especie *Eucalyptus urophylla*, presentó diferencias significativas respecto a los demás materiales arrojando un volumen de 12.81 m<sup>3</sup>/ha, siendo este el material con mejor productividad durante un año en Cobán, Alta Verapaz.

## 9. RECOMENDACIONES.

Establecer la investigación como base a posteriores ensayos utilizando la línea de acción definida, logrando así obtener resultados de adaptabilidad y crecimiento en los siguientes años de materiales clonales genéticamente mejorados de *Eucalyptus urophylla*, promoviendo su uso como bosque energético con fines de producción de biomasa para atender la demanda en la región.

Durante la época de crecimiento de los materiales se requiere implementar un plan de fertilización, teniendo como base la alta demanda nutritiva que estas especies requiere de los suelos.

Implementar un control para la prevención de plagas, ya que en la fase inicial se ve afectada la plantación por insectos que pueden poner en riesgo el desarrollo de nuestra plantación.

Promover a nivel comunitario la utilización de bosques energéticos a través de materiales de clones y semillas de *Eucalyptus urophylla*, brindando asesoría constante por parte de las identidades correspondientes, con esto lograremos concientizar a la población de Cobán Alta Verapaz sobre especies alternas de producción de biomasa dándole un manejo adecuado a los recursos naturales actuales.



## 10. BIBLIOGRAFÍA

- Acosta, M. (2005). Tecnología de la madera de Eucaliptos colorados: propiedades, usos y posibilidades. (en línea). Consultado el 23 de ene. 2017. Disponible en: <http://biblioteca.org.ar/libros/210075.pdf>.
- Arango, B. y Tamayo L. (2008). Densidad de la madera en clones de *Eucalyptus* por densitometría de rayos x. Grupo de Investigación en Política y Gestión Tecnológica, Medellín, Colombia. P 1-13.
- Barrera, V. (2006). Evaluación del Crecimiento de *Eucalyptus nitens* de 5-7 años de edad, con diferentes manejos nutritivos, en la región de los lagos. Valdivia, Chile. Tesis. Ing. For. Chile. UACH. 57 p.
- Cabrera, C. (2003). Plantaciones forestales: oportunidades para el desarrollo sostenible. Instituto de agricultura, Recursos Naturales y Ambiente. 20p.
- CENICAFE (2006). El Eucalipto, guías silviculturales para el manejo de especies forestales con miras a la producción de madera en la zona andina colombiana. Serie Cartillas Divulgativa. (Col). 1-53.
- CEPAL (2008). Oferta y demanda de leña en la república de Guatemala. Guatemala, Guatemala. (En línea). Consultado el 02 de sep. 2015. Disponible en: <http://www.sifgua.org.gt/Documentos/Informes/DemandayOfertadeLe%C3%B1a%20WISDOM%20Guatemala.pdf>.
- CEPAL (2004). Producción de biomasa para biocombustibles líquidos: el potencial de América Latina y el Caribe. Santiago de Chile. Consultado 08 de Oct. 2015.

Disponible en:

<http://www.olade.org/sites/default/files/CIDA/Biocomustibles/CEPAL/produccion%20de%20biomasa.pdf>

CEPAL (2011). Instituto nacional de bosques, informe de labores, sector forestal en Guatemala. Guatemala, INAB. (en línea). Consultado 1 de Sep. 2015. Disponible en:

[http://www.inab.gob.gt/documentos/memo\\_labo/informe\\_de\\_labore2013.pdf](http://www.inab.gob.gt/documentos/memo_labo/informe_de_labore2013.pdf).

Daetz, C. (2015). Evaluación del Crecimiento de Plantaciones de Eucalipto en Languín, Alta Verapaz. Tesis Ing. Forestal. San Juan Chamelco, Guatemala, URL. 49 P

ENCE (2010). El Valor de la Biomasa Forestal, España, (2009). Marco regulatrio para el desarrollo estable de la generación eléctrica con Biomasa en España, Efectuado por Boston Consulting Group (BCG). Oct. 2009. Disponible en: [http://www.ence.es/pdf/Biomasa\\_forestal.pdf](http://www.ence.es/pdf/Biomasa_forestal.pdf).

FAO. (2004). Terminología unificada de bioenergía. (en línea). Consultado 1 de Sep. Disponible en: <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/009/j6439s/j6439s08.pdf>.

FAO (2005). Producción de biomasa para biocombustibles líquidos: el potencial de América Latina y el Caribe. Santiago de Chile. Consultado 08 de Oct. 2015. Disponible en: <http://www.olade.org/sites/default/files/CIDA/Biocomustibles/CEPAL/produccion%20de%20biomasa.pdf>.

FAO. (2007). Glosario de biotecnología para la agricultura y alimentación. (en línea). Consultado el día 21 de Agosto del 2015, Disponible en: <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/004/y2775s/y2775s01.pdf>.

FAO. (2008). Bosques y Energía. (en línea). Consultado 21 de Agosto. 2015. Disponible en: <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/010/i0139s/i0139s03.pdf>.

FAO. (2015). Dendroenergía (en línea.). Consultado 07 de Octubre. 2015. Disponible en: <http://www.fao.org/forestry/energy/es/>.

García, M. (2016). Desarrollo de Clones de *Eucalyptus Urophylla* S.T. Blake durante el primer año de establecimiento, en el campus San Pedro Claver S.J. San Juan Chamelco, Guatemala. Tesis Ing. For. Guatemala, URL. 87 p.

García, G. (2015). Adaptabilidad de clones y semillas en la región (entrevista). Guatemala, Pilonos de Antigua S.A.

Hernández, G. (2002). Efecto del manejo silvícola y clase de copa sobre la densidad básica de *Eucalyptus nitens*. Consultado 30 de Jul. 2015. Disponible en: <http://ojs.c3sl.ufpr.br/ojs/index.php/floresta/article/viewFile/14561/9783>.

IARNA, URL (2012). Perfil Ambiental de Guatemala 2010-2012. Vulnerabilidad local y creciente construcción de riesgo (en línea). Guatemala, URL. Consultado 13 Ago. 2015. Disponible en: [http://www.infoiarna.org.gt/dmdocuments/1pupproper12-PERFAM2010\\_2012.pdf](http://www.infoiarna.org.gt/dmdocuments/1pupproper12-PERFAM2010_2012.pdf).

IDAE (2008). Experiencias con biomasa agrícola y forestal para uso energético. (en línea). Consultado 21 Ago. 2015. Disponible en: [http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos\\_10980\\_Biomasa\\_experienciasA2008A3acc6e67.pdf](http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_10980_Biomasa_experienciasA2008A3acc6e67.pdf).

INAB (2014). Plantaciones Energéticas más bosques, más vida. Consultado 21 de ago. 2015. Disponible en : [http://www.inab.gob.gt/Documentos/Boletines/Bolet%C3%ADn\\_47.pdf](http://www.inab.gob.gt/Documentos/Boletines/Bolet%C3%ADn_47.pdf).

INFOR (2014). Mejoramiento Genético de Eucaliptos en Chile. (en línea). Consultado el 23 de ene. 2017. Disponible en: <http://biblioteca.infor.cl/DataFiles/31039.pdf>.

INAB, FAO, IARNA, URL (2012). Primer informe nacional sobre el estado de los recursos genéticos forestales en Guatemala. Guatemala, 189 pp.

INAB, IARNA-URL, FAO, GFP (2012). Oferta y demanda de leña en la república de Guatemala. (en línea). Guatemala, URL. Consultado 13 Ago. 2015. Disponible en <http://www.infoiarna.org.gt/rediarna/2012/Red%20Informa%2023/adjuntos/oferta-y-demanda-lena.pdf>

INE (2006). Primer informe nacional sobre el estado de los recursos genéticos forestales en Guatemala. Consultado 02 sep. 2015. Disponible en: <http://www.fao.org/3/a-i3825e/i3825e30.pdf>.

Lizana, A. (2006). Densidad Básica de la Madera de *Eucalyptus globulus* en dos sitios en Chile. Tesis Ing. Forestal. Valdivia, Chile. 50p

López, B. (2006). Factores fisiográficos y edáficos que influyen en el crecimiento inicial de *Pinus caribaea Morelet var. hondurensis*, en plantaciones establecidas dentro del programa de incentivos forestales en los municipios de Dolores y Poptún en el departamento de Petén. Tesis Ing. Agrónomo, Guatemala, Guatemala. USAC 84 p.

MAGA (2005). Atlas temático de la república de Guatemala, mapa de zonas de vida. Consultado 03 Sep. 2015 Disponible en: <http://web.maga.gob.gt/sigmaga/download/atlas-tem%C3%A1tico1.pdf>.

Martínez H, (2015). *Eucalyptus spp*, condiciones para su cultivo “Fomento de la reforestación comercial para la mejora y conservación de las reservas de carbono”. (en línea). Consultado el 23 de ene. 2017. Disponible en: <https://www.onfcr.org/media/uploads/documents/genero-eucalipto.pdf>

MEM (2013). Estrategia nacional para consumo eficiente de leña (en línea). Las Charcas, Guatemala. Consultado 02 de Ago. 2015 Disponible en <http://www.mem.gob.gt/2013/>.

OFI, CATIE (2003). Manual didáctico para capacitadores, sistemas agroforestales y plantaciones energéticas. Guatemala, Guatemala. Consultado 03 sep. 2015 Disponible en <http://www.usaid-cncg.org/wp-content/uploads/2014/10/MANUAL.pdf>

Peñaloza, R. (2005). Efecto de la fertilización sobre plantaciones de *Eucalyptus globulus (labill)* y *Eucalyptus nitens (maiden)* de siete años de edad en la comuna de máfil, provincia de valdivia. Tesis Ing. Forestal. Santiago, Chile. 115 p.

Política Energética, (2013) Energía para el desarrollo Calidad, Cantidad, Competitividad. Consultado 25 Oct. 2015. Disponible en <http://www.mem.gob.gt/wp-content/uploads/2013/02/PE2013-2027.pdf>

Rosill, E. (2006). Factores Edáficos y Fisiográficos que inciden en el índice de Sitio en Bosques naturales de *Pinus pseudostrobus* lindley Chimaltenango. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC 92 p.

Santos, C. (1997). Determinación del crecimiento y calidad del sitio para *Camadulensis (Eucalyptus camaldulensis Dehnh)* en cuatro departamentos de Guatemala. Tesis Ing. Agrónomo. Guatemala, Guatemala. USAC. 106 p

Sánchez, R (2007). El medio ambiente y su influencia en la adaptación de las especies (Environment media and your influence in the adaptation of the species)  
REDVET: 1-12.

URL, IARNA (2004) Mercado de la leña; estudio de caso en Tecpán Guatemala, Chimaltenango y San Juan Sacatepéquez, Guatemala (en línea). Guatemala, URL. Consultado el 10 de ago. 2015. Disponible en <http://biblio3.url.edu.gt/IARNA/SERIETECNINCA/32.PDF>

URL, ONU (2012). Estudio de Potencial económico y propuesta de mercado territorial del Valle del Polochic, departamento de Alta Verapaz. (en línea). Guatemala. Consultado 03 feb. 2017. Disponible en: <https://www.url.edu.gt/PortalURL/Archivos/56/Archivos/ALTA%20VERAPAZ%20Estudio%20de%20potencial%20econ%C3%B3mico.pdf>.

## **11. ANEXOS**

**Anexo 1.** Boleta de Campo, primera medición.

**BOLETA DE CAMPO**

“EVALUACIÓN DE LA ADAPTABILIDAD DE MATERIALES DE *Eucalyptus* CON FINES ENERGÉTICOS; ALTA VERAPAZ”.

FECHA DE MEDICION: 25/03/2016 PRIMERA MEDICION: X  
BLOQUE: 2 SEGUNDA MEDICION: \_\_\_\_\_  
TRATAMIENTO: 4 FECHA DE PLANTACION: 25/09/2015

No.	DAP (cm)	ALTURA (m)	FORMA	OTROS.
1		0.6	Torcido	
2		0.8	R	
3		0.9	R	
4	2.0	1.48	R	EXCELENTE FORMA
5		0.78	R	
6		0.73	I	
7		0.96	R	
8		1.2	R	
9		1.02	R	
10		0.7	R	
11		0.8	R	
12		0.7	R	
13		1	R	
14		0.76	R	
15		0.78	R	

**CODIGO DE FORMA: B=BIFURCADO, I=INCLINADO, R=RECTO, S=SINUOSO**



**Anexo 2.** Boleta de Campo, segunda medición.

**BOLETA DE CAMPO**

“EVALUACIÓN DE LA ADAPTABILIDAD DE MATERIALES DE *Eucalyptus* CON FINES ENERGÉTICOS; ALTA VERAPAZ”.

FECHA DE MEDICION: 25/09/2016 PRIMERA MEDICION: \_\_\_\_\_  
BLOQUE: 2 SEGUNDA MEDICION: X  
TRATAMIENTO: 4 FECHA DE PLANTACION: 25/09/2015

No.	DAP (cm)	ALTURA (m)	FORMA	OTROS.
1	0.49	1.67	R	
2	2.69	3.7	R	
3	3.72	4.2	R	
4	4.82	5.8	R	EXCELENTE FORMA
5	2.64	4.01	R	
6	0.95	1.88	R	
7	2.79	3.70	R	
8	3.37	4.9	R	
9	3.58	4.05	R	
10	2.34	3.1	R	
11	1.2	2.46	R	
12	1.58	2.75	R	
13	2.86	3.36	R	
14	2.73	3.15	R	
15	1.13	2.31	R	

**CODIGO DE FORMA: B=BIFURCADO, I=INCLINADO, R=RECTO, S=SINUOSO**

### Anexo 3. Análisis Estadístico de la altura total a los seis meses.

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
ALTURA (m)	30	0.72	0.55	15.23

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0.57	11	0.05	4.18	0.0036
TRATAMIENTO	0.50	9	0.06	4.46	0.0034
BLOQUE	0.07	2	0.04	2.93	0.0790
Error	0.22	18	0.01		
Total	0.79	29			

Error: 0.0124 gl: 18

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.		
092	0.91	3	0.07	A	
108	0.86	3	0.07	A	
120	0.83	3	0.07	A	
116	0.80	3	0.07	A	B
062	0.78	3	0.07	A	B
112	0.76	3	0.07	A	B
007	0.70	3	0.07	A	B
Testigo	0.60	3	0.07	A	B
090	0.60	3	0.07	A	B
100	0.47	3	0.07		B

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

**Anexo 4.** Análisis Estadístico del diámetro a la altura del pecho (DAP) a los doce meses.

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
DAP (cm)	30	0.70	0.52	30.71

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	12.18	11	1.11	3.84	0.0057
TRATAMIENTO	10.24	9	1.14	3.95	0.0063
BLOQUE	1.94	2	0.97	3.37	0.0572
Error	5.18	18	0.29		
Total	17.36	29			

Error: 0.2880 gl: 18

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.		
092	2.84	3	0.33	A	
116	2.41	3	0.33	A	B
108	2.28	3	0.33	A	B
120	2.02	3	0.33	A	B
007	1.64	3	0.33	A	B
Testigo	1.47	3	0.33	A	B
112	1.46	3	0.33	A	B
090	1.29	3	0.33	A	B
062	1.07	3	0.33		B
100	0.99	3	0.33		B

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

## Anexo 5. Análisis Estadístico de altura total a los doce meses.

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
ALTURA (m)	30	0.66	0.45	22.26

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	12.56	11	1.14	3.12	0.0158
TRATAMIENTO	10.77	9	1.20	3.27	0.0156
BLOQUE	1.80	2	0.90	2.45	0.1142
Error	6.59	18	0.37		
Total	19.15	29			

Error: 0.3660 gl: 18

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.		
092	3.89	3	0.37	A	
108	3.36	3	0.37	A	B
116	3.31	3	0.37	A	B
120	2.89	3	0.37	A	B
007	2.62	3	0.37	A	B
Testigo	2.50	3	0.37	A	B
112	2.33	3	0.37	A	B
090	2.27	3	0.37	A	B
062	2.08	3	0.37		B
100	1.93	3	0.37		B

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

**Anexo 6.** Análisis Estadístico de volumen (m<sup>3</sup>/ha), datos referenciales no transformados.

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Volumen/ha	30	0.59	0.34	99.24

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	470.17	11	42.74	2.33	0.0539
TRATAMIENTO	386.58	9	42.95	2.34	0.0596
BLOQUE	83.58	2	41.79	2.28	0.1314
Error	330.46	18	18.36		
Total	800.63	29			

Error: 18.3587 gl: 18

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.
092	12.81	3	2.62 A
108	7.77	3	2.62 A
116	6.82	3	2.62 A
120	4.50	3	2.62 A
007	3.11	3	2.62 A
Testigo	2.30	3	2.62 A
112	1.82	3	2.62 A
090	1.66	3	2.62 A
062	1.51	3	2.62 A
100	0.88	3	2.62 A

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