

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 Y CRECIMIENTO DURANTE EL ESTABLECIMIENTO DE
MATERIALES GENÉTICOS, SEMILLA Y CLONES DE *Eucalyptus* spp EN EL BOSQUE MUY
HÚMEDO SUBTROPICAL FRÍO (SENSU HOLDRIDGE)
TESIS DE GRADO**

SILVIA YOJANA TRINIDAD ORDOÑEZ
CARNET 29202-05

SAN JUAN CHAMELCO, ALTA VERAPAZ, OCTUBRE DE 2018
CAMPUS "SAN PEDRO CLAVER, S . J." DE LA VERAPAZ

UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR

FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS

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

**EVALUACIÓN DE LA ADAPTABILIDAD Y CRECIMIENTO DURANTE EL ESTABLECIMIENTO DE
MATERIALES GENÉTICOS, SEMILLA Y CLONES DE *Eucalyptus* spp EN EL BOSQUE MUY
HÚMEDO SUBTROPICAL FRÍO (SENSU HOLDRIDGE)**

TESIS DE GRADO

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

POR

SILVIA YOJANA TRINIDAD ORDOÑEZ

PREVIO A CONFERÍRSELE

**EL TÍTULO DE INGENIERA FORESTAL CON ÉNFASIS EN SILVICULTURA Y MANEJO DE BOSQUES EN EL
GRADO ACADÉMICO DE LICENCIADA**

SAN JUAN CHAMELCO, ALTA VERAPAZ, OCTUBRE DE 2018

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

AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR

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

VICERRECTORA ACADÉMICA: DRA. MARTA LUCRECIA MÉNDEZ GONZÁLEZ DE PENEDO

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

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

VICERRECTOR ADMINISTRATIVO: LIC. ARIEL RIVERA IRÍAS

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

AUTORIDADES DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS

DECANA: LIC. ANNA CRISTINA BAILEY HERNÁNDEZ

SECRETARIO: MGTR. LUIS MOISES PEÑATE MUNGUÍA

DIRECTOR DE CARRERA: MGTR. JOSÉ MANUEL BENAVENTE MEJÍA

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

TERNA QUE PRACTICÓ LA EVALUACIÓN
MGTR. CARLOS ERNESTO ARCHILA CARDONA
MGTR. EDWIN ESTUARDO VAIDES LÓPEZ
MGTR. ROBERTO WALDEMAR MOYA FERNÁNDEZ

Cobán Alta Verapaz 22 de septiembre de 2018.

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

Distinguidos Miembros del Consejo:

Por este medio hago constar que he procedido a revisar el Informe Final de Tesis de la estudiante Silvia Yojana Trinidad Ordoñez, que se identifica con carné 2920205, titulado: **“Evaluación de la adaptabilidad y crecimiento durante el establecimiento de materiales genéticos semillas y clones de *Eucalyptus* spp. en el bosque muy húmedo subtropical frío (sensu Holdridge)”**, el cual considero que cumple con los requisitos establecidos por la Facultad para ser aprobado, por lo que solicito sea revisado por la terna que designe el Honorable Consejo de la Facultad, previo a su autorización de impresión.

Atentamente,



Mg.Sc. Manuel Sabino Mollinedo García

Colegiado No.1,743



Universidad
Rafael Landívar
Tradición Jesuita en Guatemala

FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS
No. 061016-2018

Orden de Impresión

De acuerdo a la aprobación de la Evaluación del Trabajo de Graduación en la variante Tesis de Grado de la estudiante SILVIA YOJANA TRINIDAD ORDOÑEZ, Carnet 29202-05 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. 06144-2018 de fecha 25 de agosto de 2018, se autoriza la impresión digital del trabajo titulado:

EVALUACIÓN DE LA ADAPTABILIDAD Y CRECIMIENTO DURANTE EL ESTABLECIMIENTO DE MATERIALES GENÉTICOS, SEMILLA Y CLONES DE *Eucalyptus* spp EN EL BOSQUE MUY HÚMEDO SUBTROPICAL FRÍO (SENSU HOLDRIDGE)

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

Dado en la ciudad de Guatemala de la Asunción, a los 15 días del mes de octubre del año 2018.

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



AGRADECIMIENTOS

A Dios que en su infinito amor me dio la vida y puso en mi corazón el anhelo de iniciar y culminar con este sueño.

A la Universidad Rafael Landívar, campus San Pedro Claver de la Verapaz, por brindarme la oportunidad de concretar este proyecto.

A los catedráticos por haber compartido conocimientos y experiencias invaluableles que fundamentaron mi desarrollo profesional.

A mi asesor y revisores de tesis, Ingenieros Manuel Mollinedo, Carlos Archila, Roberto Moya y Estuardo Vaides por su valioso tiempo y aporte de conocimientos en el proceso.

Al ingeniero Estuardo Vaides por su disponibilidad e incondicional apoyo.

DEDICATORIAS

A mi madre Blanca Iris, por su amor y compañía, quien ha sido un ejemplo de lucha y superación ante cualquier circunstancia; mamá este logro no hubiera sido posible sin usted.

A mi padre Juan Francisco por su cariño, apoyo y consejo oportuno.

A mis abuelos, papá Layo (QPD), papá Juanito (QPD), mama Locha y abuela Anita (QPD) por su ejemplo de valores y virtudes.

A mis amigos, que son familia elegida, por su incondicional cariño y apoyo invaluable Mayra, Edgar, Marco y con especial respeto a la memoria de don Augusto Cabrera (QPD).

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. MARCO TEÓRICO.....	2
2.1. MARCO CONCEPTUAL	2
2.1.1. Definiciones	2
2.1.2. Producción reportada para el género <i>Eucalyptus</i> en otros países.....	4
2.1.3. Producción reportada para el género <i>Eucalyptus</i> en Guatemala	6
2.2. DESCRIPCIÓN BOTÁNICA DE LA ESPECIE	6
2.2.1. Usos de la especie <i>Eucalyptus urophylla</i> S.T. Blake	7
2.2.2. Plagas y enfermedades de la especie <i>Eucalyptus urophylla</i> S.T. Blake	7
2.2.3. Altitud de la especie <i>Eucalyptus urophylla</i> S.T. Blake	8
2.2.4. Precipitación de la especie <i>Eucalyptus urophylla</i> S.T. Blake.....	8
2.2.5. Tecnología clonal en la especie <i>Eucalyptus urophylla</i> S.T. Blake	8
2.3. DESCRIPCION BOTANICA DE LA ESPECIE	8
2.3.1. Requerimientos biofísicos de <i>Eucalyptus camaldulensis</i> Dehnh	9
2.4. DESCRIPCIÓN BOTÁNICA DE LA ESPECIE	10
2.4.1. Características de la madera: <i>Eucalyptus pellita</i> F. Muell.	11
2.4.2. Requerimientos ambientales: <i>Eucalyptus pellita</i> F. Muell.....	11
2.4.3. Características y uso de la especie: <i>Eucalyptus pellita</i> F. Muell.....	11
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	12
3.1. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....	12
3.2. JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO.....	13
4. OBJETIVOS:.....	14
4.1. OBJETIVO GENERAL	14
4.2. OBJETIVO ESPECÍFICO.....	14
5. HIPÓTESIS.....	15
5.1. Ho. HIPÓTESIS NULA:.....	15
5.2. Ha. HIPÓTESIS ALTERNA:.....	15
6. METODOLOGÍA.....	16
6.1. LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DEL TRABAJO.....	16
6.1.1. Zona de vida bosque muy húmedo subtropical frío bmh-S (f).	17

6.1.2.	Condiciones climáticas del bmh-S (f).	17
6.1.3.	Topografía y vegetación del bmh-S (f).	17
6.1.4.	Suelos.	17
6.1.5.	Especies indicadoras.	18
6.2.	MATERIAL EXPERIMENTAL.	18
6.3.	FACTORES ESTUDIADOS	18
6.4.	DESCRIPCIÓN DE LOS TRATAMIENTOS EVALUADOS	18
6.5.	DISEÑO EXPERIMENTAL.	19
6.6.	MODELO ESTADÍSTICO.	20
6.7.	UNIDAD EXPERIMENTAL.	20
6.8.	CROQUIS DE CAMPO	20
6.9.	MANEJO DEL EXPERIMENTO	21
6.9.1.	Limpia general del terreno:	21
6.9.2.	Preparación del suelo.	21
6.9.3.	Trazo y ahoyado:	22
6.9.4.	Establecimiento de las plantas:	22
6.9.5.	Rotulación de los tratamientos:	22
6.9.6.	Control de malezas:	22
6.9.7.	Rondas cortafuego:	22
6.9.8.	Monitoreo y control:	22
6.10.	VARIABLES DE RESPUESTA	22
6.10.1.	Diámetro a la altura del pecho (DAP)	23
6.10.2.	Altura total (metros)	23
6.10.3.	Rendimiento por hectárea	23
6.10.4.	Productividad por hectárea.	23
6.10.5.	Sobrevivencia	23
6.11.	ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN	23
6.11.1.	Análisis estadístico:	23
7.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	25
7.1.	CRECIMIENTO EN ALTURA TOTAL	25
7.1.1.	Crecimiento en altura total después de 6 meses de plantación.	25
7.1.2.	Crecimiento en altura total después de 12 meses de plantación.	26

7.1.3. Crecimiento en altura total después de 33 meses de plantación.....	27
7.2. CRECIMIENTO DE DIAMETRO A LA ALTURA DEL PECHO.....	29
7.3. RENDIMIENTO DE VOLUMEN POR HECTÁREA	31
7.4. PRODUCTIVIDAD A TRAVES DEL CÁLCULO DEL INCREMENTO MEDIO ANUAL DE LAS VARIABLES EVALUADAS.	34
7.4.1. Incremento medio anual para la variable altura total.	34
7.4.2. Incremento medio anual de la variable DAP.....	35
7.4.3. Incremento medio anual de la variable volumen.	36
7.5. SOBREVIVENCIA.....	38
8. CONCLUSIONES.....	40
9. RECOMENDACIONES	43
10. BIBLIOGRAFÍA.....	44
11. ANEXOS	50
11.1. RESUMEN DE DATOS POR BLOQUE Y TRATAMIENTO	50
11.2. CUADRO DE VOLUMEN POR BLOQUE POR TRATAMIENTO	52
11.3. BOLETA DE CAMPO.....	54

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1	Clasificación taxonómica de <i>Eucalyptus urophylla</i> S.T. Blake.....	7
Cuadro 2	Clasificación taxonómica de <i>Eucalyptus camaldulensis</i> Dehnh.....	9
Cuadro 3	Clasificación taxonómica de <i>Eucalyptus pellita</i> F. Muell.....	11
Cuadro 4	Listado de tratamientos o materiales clonales evaluados.....	19
Cuadro 5	Análisis de varianza de alturas totales de los materiales del género <i>Eucalyptus</i> evaluados, después de 6 meses de plantados.....	25
Cuadro 6	Análisis de varianza de alturas totales de los materiales del género <i>Eucalyptus</i> evaluados, después de 12 meses de plantados.....	26
Cuadro 7	Análisis de varianza de alturas totales de los materiales del género <i>Eucalyptus</i> evaluados, después de 33 meses de plantados.....	28
Cuadro 8	Análisis de varianza de DAP de los materiales del género <i>Eucalyptus</i> evaluados, después de 33 meses de plantados.....	29
Cuadro 9	Prueba de Tukey para la variable DAP de los materiales del género <i>Eucalyptus</i> evaluados, después de 33 meses de plantados.....	30
Cuadro 10	Análisis de varianza de volumen por hectárea, de los materiales del género <i>Eucalyptus</i> evaluados, después de 33 meses de plantados....	32
Cuadro 11	Prueba de Tukey para la variable volumen, de los materiales del género <i>Eucalyptus</i> evaluados después de 33 meses de plantados.....	33
Cuadro 12	Análisis de varianza para sobrevivencia de los materiales del género <i>Eucalyptus</i> evaluados, después de 33 meses de plantados.....	38

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Localización de la parcela experimental.....	16
Figura 2	Croquis de campo.....	21
Figura 3	Altura total en metros de los 12 materiales de <i>Eucalyptus</i> evaluados, después de 6 meses de plantados.....	26
Figura 4	Altura total en metros de los 12 materiales de <i>Eucalyptus</i> evaluados, después de 12 meses de plantados.....	27
Figura 5	Altura total en metros de los 12 materiales de <i>Eucalyptus</i> evaluados, después de 33 meses de plantado.....	29
Figura 6	Crecimiento en DAP de los 12 materiales de <i>Eucalyptus</i> evaluados, después de 33 meses de plantado.....	31
Figura 7	Volumen en metros cúbicos por hectárea de los 12 materiales de <i>Eucalyptus</i> evaluados, después de 33 meses de plantado.....	34
Figura 8	Incremento medio anual, de la variable altura total en metros, de los 12 materiales de eucalipto evaluados	35
Figura 9	Incremento medio anual en DAP de los 12 materiales de eucalipto evaluados.....	36
Figura 10	Grafica de incremento medio anual de volumen por hectárea de los materiales clónales avaluados.....	38
Figura 11	Sobrevivencia de los 12 materiales de eucalipto evaluados, después de 33 meses de plantado.....	39

EVALUACIÓN DE LA ADAPTABILIDAD Y CRECIMIENTO DURANTE EL ESTABLECIMIENTO DE MATERIALES GENÉTICOS, SEMILLAS Y CLONES DE *Eucalyptus* spp. EN EL BOSQUE MUY HÚMEDO SUBTROPICAL FRÍO (SENSU HOLDRIDGE).

RESUMEN

El presente trabajo tiene como propósito principal evaluar el crecimiento de 12 materiales provenientes de las especies *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake, *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh y *Eucalyptus pellita* F. Muell a través de la medición de las variables diámetro a la altura del pecho, altura total, volumen, rendimiento, productividad y sobrevivencia. La parcela experimental se estableció en la Aldea Tontem del municipio de Cobán, Alta Verapaz, el diseño estadístico utilizado fue bloques completamente al azar estableciendo tres evaluaciones a 6, 12 y 33 meses de edad. Para el análisis estadístico de la información, se utilizó el software Infostat®, realizando análisis de varianza con un nivel de confianza del 95% y pruebas de medias de Tukey cuando la significancia estadística lo requería. De los resultados generados mediante incrementos medios anuales se tiene que el tratamiento 1066 fue el que destacó en las variables evaluadas; DAP, altura total y volumen (rendimiento y productividad). El tratamiento rezagado en la evaluación de las mismas variables fue el *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh; exceptuando la variable sobrevivencia en la que el clon 1084 presentó el menor porcentaje de individuos vivos al final de la evaluación.

1. INTRODUCCIÓN

Guatemala es un país en vías de desarrollo con alta dependencia del bosque para satisfacer sus necesidades energéticas, según Global Alliance For Clean Cookstoves (2013), se estima que 2.13 millones de hogares en el país son consumidores de leña, 1.32 millones en áreas rurales y 0.81 millones en áreas urbanas.

La obtención de leña y otros beneficios recibidos de las plantaciones de eucalipto, sumado a la experiencia generada en otros países, ha demostrado que además de los beneficios económicos que significa el cultivarlas, éstas son una alternativa eficaz para disminuir la tasa de deforestación de las selvas naturales y preservar nuestra biodiversidad (Martínez, Aspiroz, De la O, Cetina, & Gutiérrez, 2006)

Las plantaciones forestales además de proveer leña a la población, tienen múltiples beneficios, según Cabrera (2003) se destacan algunos como: generar ingresos directos a sus propietarios y servicios ambientales a la colectividad; asimismo la ciencia ha demostrado que son los ecosistemas menos dañinos al ambiente, después de los existentes en las áreas protegidas y los bosques naturales manejados.

Conscientes de la necesidad de encontrar soluciones que contrarresten los efectos de la deforestación a consecuencia de consumo energético, se presentan los resultados del estudio generados a través del establecimiento de una parcela experimental ubicada en aldea Tontem del municipio de Cobán, Alta Verapaz evaluando en un periodo de 33 meses las variables DAP (1.30 metros), altura total, volumen, rendimiento, productividad y sobrevivencia de individuos; para dicho fin se utilizaron clones producidos por selección, provenientes de las especies *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake, *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh, y *Eucalyptus pellita* F. Muell.

La investigación está dirigida especialmente a silvicultores interesados en incluir nuevas especies forestales, con el fin de proporcionarles un instrumento útil en la toma de decisiones en base a estudios locales con resultados comprobados.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. MARCO CONCEPTUAL

2.1.1. Definiciones

Biomasa: Se refiere a toda materia orgánica que proviene de la biosfera, tales como árboles, plantas y 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).

Biomasa forestal: La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación –FAO- (2008) manifiesta que es toda biomasa existente en los bosques, comprendidos los árboles, hojas, ramas y raíces. Entre los tipos específicos de biomasa seleccionados para su uso en sistemas energéticos están las copas y ramas de árboles remanentes tras la cosecha de la madera, los árboles de mala calidad que se encuentran en bosques sujetos a ordenación, los árboles que se cortan durante las operaciones de aclareo del terreno, los desechos madereros procedentes de zonas urbanas y los residuos madereros producidos en los aserraderos.

Dasometría: Especialidad de la ingeniería forestal que trata de la mensura (mediciones) en el árbol y/o en rodales o bosques. Imaña-Encinas, Jiménez, Rezende, Rainier, Antunes y Serpa de Meria, (2014).

Crecimiento: El crecimiento de los árboles es un proceso complejo de respuesta ante diferentes influencias o condicionantes externos del entorno. Entre los factores naturales que influyen en el crecimiento se encuentran las características del clima y del suelo, las que determinan junto con los organismos del ecosistema, el estado físico-

químico del entorno en el que se desarrollan dichos organismos. (Gadow, Sánchez & Álvarez, 2007).

Incremento medio anual (IMA): Es la media del crecimiento total a cierta edad del árbol, expresa por lo tanto, la media anual del crecimiento para cualquier edad. El IMA es obtenido por la división del mayor valor actual de la variable considerada, dividida por la edad a partir del tiempo cero (Imaña & Encinas, 2008).

Energía renovable: Energía producida a partir de fuentes indefinidamente renovables; por ejemplo, las fuentes de energía hídrica, solar, geotérmica y eólica, así como la biomasa que es producida de forma sostenible (FAO, 2008).

Plantación energética: 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, esto permiten incorporar arboles a las parcelas agrícolas (INAB, 2014).

Ucelo (2011) estimó que el bosque energético contiene especies de árboles de rápido crecimiento. A través de una intensiva rotación, se puede obtener una producción programada de madera, leña y carbón vegetal, para ser utilizado como energía.

Estas son grandes plantaciones de árboles 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).

Mejoramiento genético forestal: Los programas de mejoramiento genético forestal son actividades que permanentemente puede agregar valor a los cultivos y mejorar su productividad, están orientados a restituir la variabilidad y mejorar la capacidad productiva de las principales especies de los bosques; con ello buscan conjugar los aspectos de conservación, con los de uso productivo sustentable del recurso (Martínez, 2012).

Propagación vegetativa: Constituye una herramienta importante de apoyo para el desarrollo de programas de mejoramiento genético forestal, encaminados a reproducir individuos de alto valor genético para el establecimiento de huertos semilleros, conservar genotipos de alto valor económico o en peligro de extinción y multiplicar especies de importancia genética, económica o escénica (Prieto, 1992).

Clon: Un grupo de plantas producidas desde estacas, tocones o brotes radiculares, cultivo de tejido, o algunos otros métodos que producen descendencia genéticamente idéntica a la planta original. (Maynard 1996)

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

Variable: En términos generales Dickson (1999) describe que son todas las características o propiedades de los objetos de estudio susceptibles de sufrir modificaciones o cambios.

2.1.2. Producción reportada para el género *Eucalyptus* en otros países

Las especies del género *Eucalyptus* han sido promovidas para el establecimiento de reforestaciones a nivel mundial entre las ventajas de estas especies están su alta demanda en el mercado, gracias a su versatilidad, así como sus buenas tasas de crecimiento hasta 40 m³ ha⁻¹. Guzmán (2012)

En el trópico con el uso de especies nativas se obtendrían incrementos anuales del orden de 5 a 10 m³ ha⁻¹ en turnos mínimos de 15-20 años, mientras que con especies de *Eucalyptus* los crecimientos serían del orden de 30 a 50 m³ ha⁻¹ y los turnos se reducirían de 7-10 años, Lindenmayer & Cunningham (2000), citado por Martínez, *et al.*, (2006).

Vietnam en la provincia de Binh Dinh se presenta el resultado de la productividad en 57 parcelas de muestreo de *Eucalyptus urophylla* arrojando un promedio de 40.6 m³ al año en volumen, para la provincia de Phu Tho la productividad en 110 parcelas de muestreo de la misma especie arrojaron un promedio de 39.2 m³ anuales en volumen (Sein & Mitlöhner, 2011).

Muñoz, Coria, Nájera, García y Sáenz, (2013) evaluaron altura, diámetro, supervivencia e incrementos de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. en tres plantaciones comerciales establecidas en 2003, en el municipio de Buenavista Michoacán México, generando los resultados siguientes la supervivencia en el paraje La Mesa fue de 65%, en El Pinzán de 52% y El Bonete de 49%. Los incrementos medios anuales en diámetro, altura y volumen presentan rangos de 1.16 a 1.51 cm/año, 1.52 a 1.81 m/año y 4.10 a 7.50 m³ ha⁻¹, respectivamente.

De Buenos Aires Argentina Borzone, Bardi y Laddaga (2007) informan que el volumen generado a través de la plantación de una cortina de *E. camaldulensis* Dehnh de 546 metros de longitud, presentó crecimientos promedio en volumen, entre diferentes sectores ubicados a lo largo de la misma cortina, 10.8 m³ ha⁻¹, 19.3 m³ ha⁻¹ y 3.8 m³ ha⁻¹. Estas variaciones, coinciden con diferencias en las características de los suelos de cada uno de ellos, planteándose la hipótesis de su relación con las condiciones de enraizamiento y la disponibilidad de humedad.

En Colombia se tiene registro que para *Eucalyptus pellita* el crecimiento medio anual oscila en 15-20 m³ ha⁻¹ en turnos de 12 años. (CONIF, Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural & PROEXPORT, 2009)

En la Orinoquia Colombiana se estableció un ensayo de 38 clones procedentes de árboles seleccionados de la especie *Eucalyptus pellita* F. Muell, el objetivo principal de la investigación fue evaluar el comportamiento de los diferentes clones, el resultado del estudio indica que el promedio de IMA en volumen fue de $40 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ (CONIF, 2013).

2.1.3. Producción reportada para el género *Eucalyptus* en Guatemala

En su estudio realizado en el municipio de Lanquín departamento de Alta Verapaz Daetz (2015), reporta que el clon PE-11 generó volumen de $5.16 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, la investigación se efectuó en los primeros 12 meses de establecida la plantación.

En una investigación similar efectuada en el municipio de Cobán departamento de Alta Verapaz, García (2016) registro que la productividad cuantificada en volumen durante el primer año de establecida la plantación oscila entre 1.50 y $3.64 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, el material clonal que destaca sobre los demás es el 1214 con $3.64 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ de volumen.

En el municipio de la Tinta departamento de Alta Verapaz, De la Vega (2016) obtuvo $52.22 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ proveniente del tratamiento identificado como 1066 siendo éste el mejor resultado de la investigación, respecto al tratamiento 1107 reflejo el menor crecimiento en volumen generando $28.89 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$

2.2. DESCRIPCIÓN BOTÁNICA DE LA ESPECIE

Martínez y Hernández (2004) manifiestan que *E. urophylla* S.T. Blake no es una especie australiana, su origen se encuentra en Timor y otras islas de la parte oriental del archipiélago de Indonesia. En el cuadro 1 se describe la clasificación taxonómica de la especie.

Cuadro 1. Clasificación taxonómica de *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake.

Nomenclatura	
Clase	Equisetopsida C. Agardg
Subclase	Magnoliidae Novák ex Takht
Súper orden	Rosanae Takht.
Orden	Myrtales Juss. ex Bercht.& J. Presl
Familia	Myrtaceae Juss.
Género	<i>Eucalyptus</i> L'Hér.
Especie	<i>Eucalyptus urophylla</i> S.T. Blake

Fuente: (Tropicos.org, 2017).

Es una especie arbórea de gran envergadura con alturas de hasta 50 metros, el tronco o fuste es recto y la corteza de color rojizo. En sitios favorables puede sobrepasar los 50 metros de altura, con diámetros hasta de 2 metros; fuste limpio hasta la mitad o a las dos terceras partes de la altura total del árbol; la corteza es fibrosa y áspera; las hojas adultas son lanceoladas y pecioladas. La especie tiene considerables variaciones en el grado de retención de corteza áspera, fluctuando entre árboles cuyos fustes tienen apenas un poco de corteza, hasta árboles de fustes totalmente cubiertos de una corteza áspera y fibrosa. La madera es rojiza, fuerte y durable (MARENA e INAFOR 2002).

2.2.1. Usos de la especie *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake

La madera del *urophylla* se utiliza principalmente para pasta, leña y carbón vegetal, también es utilizada para postes de transmisión eléctrica (Sein & Mitlöhner, 2011).

2.2.2. Plagas y enfermedades de la especie *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake

En sus investigaciones MARENA e INAFOR (2002) detallaron que esta especie como todos los eucaliptos, es susceptible al ataque de hormigas defoliadoras, por lo que hay que identificar y eliminar de forma mecánica las madrigueras previas a la plantación.

2.2.3. Altitud de la especie *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake

Silvestre y Torres (2003) reportaron que se desarrolla a una altitud desde 300 hasta 3000 metros sobre el nivel del mar.

2.2.4. Precipitación de la especie *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake

Crece en climas con lluvias de verano, de 1000 a 2000 mm anuales, con estación seca no rigurosa y temperatura media máxima del mes más cálido de 29 °C y media mínima del mes más frío de 8 a 12 °C y sin presencia de heladas, excepto en elevaciones más altas (Martínez & Hernández, 2004).

2.2.5. Tecnología clonal en la especie *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake

Esta especie ha sido sujeta a investigaciones para su mejoramiento genético según lo indica Sein & Mitlöhner (2011), esta técnica se puede utilizar para mejorar la productividad y la calidad de los productos de nuevas plantaciones. Árboles candidatos con características fenotípicas (tronco recto, crecimiento rápido, ramas débiles, libre de enfermedades, pequeña corona; capacidad de auto-poda) se deben seleccionar para la propagación. Los propágulos deben prepararse a partir de esquejes de tallos de 30-35 días de edad.

2.3. DESCRIPCION BOTANICA DE LA ESPECIE

MARENA e INAFOR (2002) detallan que *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh alcanza alturas entre 25 y 40 metros; diámetros de 60 centímetros hasta 1 metro, ocasionalmente mayores, fuste de base recta, copa abierta irregular; corteza lisa color cremoso a blanco o ligeramente grisácea, desprendible en tiras largas; hojas lanceoladas, pecioladas, delgadas y pendientes, borde liso, glabras, color verde opaco; inflorescencia en cabezuelas con flores blancas y pequeñas; frutos o cápsulas en ramilletes de color marrón, con semillas muy pequeñas y numerosas; madera con albura de color castaño muy pálido y duramen amarillo rojizo, textura media, grano entrecruzado, superficie medianamente lustrosa, olor y sabor no característicos, seca al aire a una velocidad lenta con defectos moderados como arqueaduras y curvaturas,

duramen durable y difícil de tratar; en el cuadro 2 se presenta la clasificación taxonómica de la especie.

Cuadro 2. Clasificación taxonómica de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh.

Nomenclatura	
Clase:	Equisetopsida C. Agardh
Subclase:	Magnoliidae Novák ex Takht.
Super orden:	Rosanaer Takht
Orden:	Myrtales Juss. ex Bercht. & J. Presl
Familia:	Myrtaceae Juss.
Género:	<i>Eucalytus</i> L'Hér
Especie:	<i>Eucalyptus camaldulensis</i> Dehnh

Fuente: (Tropicos.org, 2017).

Es la especie de éste género que ha tenido los mejores resultados en las zonas húmedas y sub húmedas de Centro América, específicamente en Guatemala, es de rápido crecimiento. Ugalde (1997) enumeró las siguientes características:

- a. Capacidad de prosperar y producir cosechas aceptables en suelos relativamente pobres y sitios con estación seca prolongada.
- b. Alta capacidad de rebrote por tocón, posee una copa pequeña permitiendo rápidamente el crecimiento de hierbas y sotobosque, siendo esto una ventaja para el asocio con cultivos durante la etapa inicial.

2.3.1. Requerimientos biofísicos de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh

En compilaciones realizadas por Ugalde (1997), se enumeran las siguientes características biofísicas requeridas.

a. Temperatura:

En general en la zona de origen soporta temperaturas altas en verano de 29 a 35°C y temperaturas bajas de hasta 3 a 5°C, en invierno

b. Altitud:

En una especie de zonas bajas fluviales, algunas procedencias se adaptan a zonas altas hasta 1,400 metros sobre el nivel del mar (msnm).

c. Suelos:

Se adapta a varios tipos de suelos, desde pobres en fertilidad hasta periódicamente inundados. En América Central se ha observado que en sitios con suelos compactos por sobre pastoreo o poca humedad disponible, se tiene crecimiento no satisfactorio, tampoco prospera en suelos calcáreos. Se ha observado que el mal drenaje externo e interno del suelo es una fuerte limitante para el buen desarrollo de la especie.

2.4. DESCRIPCIÓN BOTÁNICA DE LA ESPECIE

Eucalyptus pellita F. Muell es una especie arbórea que llega a alcanzar una altura máxima de 47 metros, posee buen tronco con una copa fuertemente ramificada; la corteza que presenta es fibrosa corta, áspera hasta en las ramas pequeñas; las hojas juveniles son opuestas y luego sub opuestas, pecioladas y lanceoladas, mientras que las hojas adultas, presentan formación alterna, pero a veces retornan a sub opuestas, pecioladas, en ocasiones presentan ligeramente falciformes (FAO, 2007)

Eucalyptus pellita F. Muell puede alcanzar 1.40 metros de diámetro; una de la ventaja más importante es que es tolerante a suelos pobres e infértiles; por consiguiente, el árbol crecerá en la arena y suelos rocosos en las crestas y en las zonas bajas, siempre y cuando estén bien drenados (Dombro, 2010). En el cuadro 3 se presenta la clasificación taxonómica de la especie.

Cuadro 3. Clasificación taxonómica de *Eucalyptus pellita* F. Muell.

Nomenclatura	
Clase	Equisetopsida, C, Agardh
Subclase	Magnoliidae Novákex Takht
Superorden	Rosanae Takht
Orden	Myrtales Juss. ex Bercht. &J.Presl
Familia	Myrtaceae Juss.
Genero	<i>Eucalyptus</i> L'Hér.
Especie	<i>Eucalyptus pellita</i> F. Muell.

Fuente: (Tropicos.org, 2017).

2.4.1. Características de la madera: *Eucalyptus pellita* F. Muell.

Posee una madera color rojo a rojo oscuro, moderadamente pesada, fuerte y durable; adquiere una densidad de 990 kg/m³, la cual tiene una amplia variedad en el empleo para la vivienda y la construcción pesada (FAO, 2007).

2.4.2. Requerimientos ambientales: *Eucalyptus pellita* F. Muell.

La temperatura media máxima del mes más caliente varía entre 24° y 33°C y la media mínima del mes más frío es de 6° a 16°C. En sitios donde casi no hay heladas o éstas ocurren menos de cinco veces al año. Se adapta a altitudes desde el nivel del mar hasta 750 msnm. La precipitación media anual en su hábitat en Australia, es de 900 a 2300 mm. Los tipos de suelos fluctúan entre podsoles, arenosos poco profundos derivados de areniscas y suelos franco profundos; sin embargo, se recomienda plantar esta especie solamente en suelos arenosos con buen drenaje (Ugalde, 1997).

2.4.3. Características y uso de la especie: *Eucalyptus pellita* F. Muell.

Crece rápidamente en tierras bajas tropicales húmedas y sub húmedas. La madera de esta especie tiene una densidad alta (990 kg/cm³) apropiado para carbón y leña; la madera no es fácil de trabajar; tiene un amplio rango de usos en construcción y trabajo ornamental pesado (Ugalde, 1997).

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

3.1. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

El incremento de la población humana y el alza en los precios de los combustibles derivados del petróleo (gas propano), son factores que han contribuido a incrementar la presión sobre el recurso bosque (Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, Secretaria Nacional de Ciencia y Tecnología, Fondo Nacional de Ciencia y Tecnología & Defensores de la Naturaleza, 2013).

En relación a la pérdida del bosque, el Ministerio de Energía y Minas (2013) indica que la leña es el energético de mayor demanda en Guatemala, en 2012 el consumo de leña alcanzó el 56.84% del total de consumo energético en el país.

En consecuencia, la tasa de deforestación registrada para Guatemala en el último periodo analizado, correspondiente al año 2006-2010 es del 1% equivalente a una pérdida neta de bosque de 146,112 hectáreas, las cuales representan una disminución de 3.78% del bosque que existía en el año 2006 (Instituto Nacional de Bosques, Consejo Nacional de Áreas Protegidas, Universidad del Valle de Guatemala & Universidad Rafael Landívar, 2012).

Además de las secuelas económicas y sociales se evidencian las consecuencias ambientales, por la alteración de los diferentes ecosistemas, siendo el cambio climático el responsable de efectos sensibles en la población, como aumento del calor, elevación del nivel del mar, escasez de agua, conversión de las tierras agrícolas a tierras áridas, aumento de lluvias, aumento de frecuencia e intensidad de huracanes y tormentas, entre otros (INAB, 2013).

3.2. JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO

Sabiendo que la principal causa de pérdida de bosque en el país es por consumo de leña, se hace necesario investigar especies forestales que tengan características para dicho fin.

El eucalipto tiene ventajas industriales, que lo convierten en un árbol de extraordinario valor como materia prima renovable, tiene un crecimiento y productividad superior a la de otras especies; es una especie que ha sido sujeta a mejoramiento genético para su uso en cultivos energéticos de rotación corta.

A través de plantaciones forestales se obtienen diferentes beneficios destacando que el establecimiento de éstas en suelos desnudos y especialmente en suelos degradados permite su recuperación, la presencia de los árboles frena los procesos erosivos e incentiva una serie de procesos físicos, químicos y biológicos, que permiten la recuperación del suelo, también cabe mencionar que los árboles capturan el CO₂ de la atmosfera y lo almacenan en la biomasa, resaltando que aproximadamente el 50% de ésta es carbono (Prado, 2015).

Por la necesidad de establecer plantaciones forestales esencialmente con fines energéticos, se hizo un ensayo con el género *Eucalyptus*, con clones producidos por selección, utilizando para dicho fin las especies *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh, *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake y *Eucalyptus pellita* F. Muell se evaluaron las variables altura total, DAP, volumen, rendimiento, productividad y sobrevivencia, con el propósito de obtener información sobre el crecimiento de cada tratamiento y aportar alternativas de especies forestales con alta producción en el menor tiempo, ideales para fines energéticos.

4. OBJETIVOS:

4.1. OBJETIVO GENERAL

Evaluación de las variables altura, DAP, rendimiento de volumen, productividad y sobrevivencia de 12 materiales genéticos provenientes de clones y semillas de las especies *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh, *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake y *Eucalytus pellita* F. Muell en aldea Tontem, Cobán, Alta Verapaz.

4.2. OBJETIVO ESPECÍFICO

Estimar el crecimiento en altura a 6, 12 y 33 meses de edad de los 12 materiales evaluados provenientes de clones y semillas del género *Eucalyptus*.

Determinar el crecimiento en DAP a 33 meses de edad de los 12 materiales evaluados provenientes de clones y semillas del género *Eucalyptus*.

Estimar el rendimiento de volumen de los 12 materiales evaluados provenientes de clones y semillas.

Determinar la productividad mediante incrementos medios anuales de las variables DAP, altura y volumen.

Cuantificar la sobrevivencia de los 12 materiales evaluados provenientes de clones y semillas.

5. HIPÓTESIS

5.1. HO. HIPÓTESIS NULA:

Ninguno de los tratamientos evaluados provenientes de clones y semillas del género *Eucalyptus* mostrara crecimiento estadísticamente significativo.

5.2. HA. HIPÓTESIS ALTERNA:

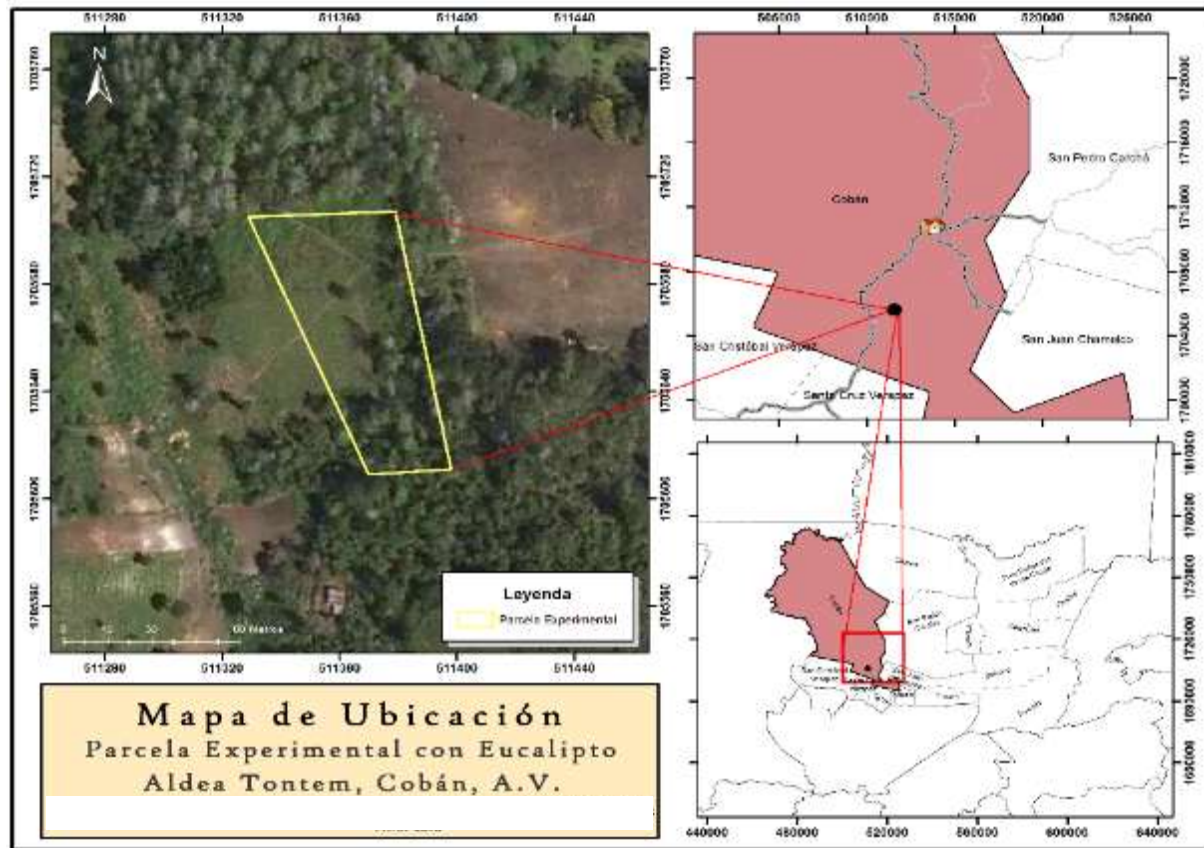
Al menos uno de los tratamientos evaluados provenientes de clones y semillas del género *Eucalyptus* mostrará crecimiento estadísticamente significativo.

6. METODOLOGÍA

6.1. LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DEL TRABAJO

Alta Verapaz cuenta con una extensión territorial de 8,686 km² equivalente al 8% del territorio nacional, tiene una altura media de 1,316 msnm, junto al departamento de Baja Verapaz integra la región nacional II Norte, limita al Norte con Peten, al Oeste con Quiché, al Sur con Zacapa y Baja Verapaz y al Este con Izabal (Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia, 2011).

El área de estudio se ubica en las coordenadas N15° 25' 27.8" W 90° 23' 37.6" jurisdicción de aldea Tontem, en el municipio de Cobán, Alta Verapaz (Figura 1).



Fuente: Elaboración propia

Figura 1. Localización de la parcela experimental ubicada en Aldea Tontem, Cobán Alta Verapaz.

6.1.1. Zona de vida bosque muy húmedo subtropical frío bmh-S (f).

El área de estudio se encuentra según la clasificación de zonas de vida de Guatemala a nivel de reconocimiento en el Bosque muy húmedo subtropical frío bmh-S (f). De la Cruz en el año 1982 definió que éste segmento abarca los alrededores de Cobán, siguiendo una franja angosta de 2 a 4 kilómetros de ancho para Baja Verapaz, pasando por la Cumbre Santa Elena. Luego se separa la franja para seguir bordeando la Sierra de Las Minas por un lado y por el otro sigue rumbo a la cubre de El Chol, Baja Verapaz.

6.1.2. Condiciones climáticas del bmh-S (f).

El patrón de lluvias varia de 2045 a 2,514 mm promediando 2,284 mm de precipitación total anual. Las bio temperaturas van de 16 grados a 23 grados centígrados. La evapotranspiración potencial puede estimarse en promedio 0.50 (De la Cruz, 1982).

6.1.3. Topografía y vegetación del bmh-S (f).

La topografía es generalmente ondulada en algunos casos a ser accidentada. La elevación varía entre 1,100 msnm, en la Finca Las Victorias, hasta 1,800 msnm en Xoncé, Nebaj Quiché (De la Cruz, 1982).

6.1.4. Suelos

Según la primera aproximación al mapa de clasificación taxonómica de los suelos de la República de Guatemala, a escala 1: 250,000 realizada por el Ministerio de Agricultura Ganadería y Alimentación MAGA (2000) se encuentra en el orden Ultisol dando para esta categoría la siguiente descripción:

- a. Estos son suelos que normalmente presentan una elevada alteración de sus materiales minerales.
- b. Presentan un horizonte interior con alto contenido de arcilla (argílico) el cual tiene baja saturación bases (menor de 35%).

- c. La mayor parte de los ultisoles son suelos pobres debido al lavado que han sufrido.
- d. Por sus niveles de productividad que son muy bajos, demandan tecnologías no convencionales y ser manejados en forma extensiva, pero no con cultivos o actividades productivas exigentes en nutrientes.

6.1.5. Especies indicadoras

De la Cruz (1982), consideró como especies indicadoras las siguientes: “*Liquidambar styraciflua*, *Persea donnell smithii*, *Pinus pseudostrobus*, *Persea schiediana*, *Rapanea ferruginea*, *Clethra spp*, *Myrica spp.*, *Croton draco*, *Eurya seemanii*”

6.2. MATERIAL EXPERIMENTAL

Se adquirieron de Pilonos de Antigua S.A. 12 materiales clonales del género *Eucalyptus*, incluyendo las especies *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh, *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake y 10 clones generados a partir de *Eucalyptus pellita* F. Muell y las dos especies antes mencionadas. En el cuadro número 4 se detalla en nombre de cada clon y la especie de la que proviene.

6.3. FACTORES ESTUDIADOS

Se midieron las variables altura total, diámetro a la altura del pecho (1.30 metros), rendimiento ($\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$), productividad ($\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$) y sobrevivencia.

6.4. DESCRIPCIÓN DE LOS TRATAMIENTOS EVALUADOS

Se establecieron tres bloques en los cuales se hizo una distribución aleatoria de los 12 tratamientos incluidos en la investigación, cada tratamiento incluyo 15 repeticiones, haciendo un total de 540 individuos evaluados.

Cuadro 4. Listado de tratamientos o materiales clónales evaluados.

Tratamientos	Descripción de su origen
CA30	<i>E. camaldulensis</i>
PE-11	<i>E. Pellita</i>
1066	<i>E. urophylla</i> + <i>E. camaldulensis</i>
1084	<i>E. urophylla</i>
1188	<i>E. urophylla</i>
1198	<i>E. urophylla</i>
1846	<i>E. urophylla</i>
1197	<i>E. urophylla</i>
1203	<i>E. urophylla</i> + <i>E. camaldulensis</i>
1214	<i>E. urophylla</i> + <i>E. camaldulensis</i>
<i>E. urophylla</i>	<i>E. urophylla</i>
<i>E. camaldulensis</i>	<i>E. camaldulensis</i>

Fuente: Elaboración propia

6.5. DISEÑO EXPERIMENTAL

El diseño en bloques completos al azar (DBA) toma en cuenta los tres principios básicos de la experimentación: repetición, aleatorización y control local. En este diseño las unidades experimentales se distribuyen en grupos homogéneos. Cada uno de estos grupos es llamado bloque; los materiales clónales son distribuidos en las unidades experimentales dentro de cada bloque aleatoriamente, así, cada bloque irá a constituir una repetición. Este tipo de experimento es seleccionado cuando se tienen dudas acerca de la homogeneidad del ambiente o cuando, por experiencia, se sabe de su heterogeneidad (López, 2012).

6.6. MODELO ESTADÍSTICO

$$Y_{ij} = \mu + T_i + \beta_j + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

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

μ = Media general de la variable de respuesta (dap, altura total, volumen total, biomasa).

T_i = Efecto del i-esimo material evaluado.

B_j = Efecto del j-esimo bloque.

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

6.7. UNIDAD EXPERIMENTAL

Está conformado por 15 plantas distribuidas en 3 surcos, cada surco con 5 unidades a un distanciamiento de 2.00 metros x 3.00 metros entre planta.

6.8. CROQUIS DE CAMPO

En la figura 2, se muestra la forma en que distribuyeron las plantas en campo definitivo, se conformaron tres bloques teniendo cada uno representatividad de los tratamientos evaluados.

BORDE: *E. grandis* y *E. urograndis*

1084	1066	PE-11
1188	1198	1846
<i>E. camaldulensis</i> Dehnh	<i>E. urophylla</i> S.T. Blake	1214
CA30	PE-11	1066
1197	1846	1198
1203	1214	<i>E. urophylla</i> S.T. Blake
1066	<i>E. camaldulensis</i> Dehnh	1084
1198	1188	CA30
<i>E. urophylla</i> S.T. Blake	1197	1203
PE-11	CA30	1197
1846	1203	1188
1214	1084	<i>E. camaldulensis</i> Dehnh

Fuente: Elaboración propia

Figura 2. Croquis de campo, muestra la distribución de los tratamientos ubicados en la parcela experimental.

6.9. MANEJO DEL EXPERIMENTO

6.9.1. Limpia general del terreno:

Se realizó con el fin de eliminar los arbustos no deseados y dejar libre el terreno para que la plantación no tenga inconvenientes por competencia de luz, agua y demás nutrientes que el suelo posea.

6.9.2. Preparación del suelo

Siendo un área con poca pendiente, suelos profundos y con altos contenidos de materia orgánica el método utilizado para eliminación de raíces y subsolado del suelo fue manual se utilizó herramienta rudimentaria como machete, piocha y azadón.

6.9.3. Trazo y ahoyado:

Debido a la topografía del lugar y que no requirió de técnicas de conservación de suelos, como curvas a nivel, la plantación se dispuso en surcos o líneas rectas con el propósito de facilitar las actividades silvícolas posteriores a la siembra.

6.9.4. Establecimiento de las plantas:

Personal instruido previamente, se encargó de sembrar para evitar daño en raíces o mala inserción en el agujero, asegurándose de que la tierra alrededor de la planta quede firme para mejor anclaje y desarrollo.

6.9.5. Rotulación de los tratamientos:

Para identificar cada tratamiento se colocaron placas de madera que indicara el nombre del material establecido.

6.9.6. Control de malezas:

Esta práctica se hizo con intervalo de 4 meses, alternando plateos y limpiezas totales.

6.9.7. Rondas cortafuego:

Se realizó una franja de 3 metros de ancho alrededor del terreno para que en la época de verano se disminuya cualquier incidencia de incendio forestal.

6.9.8. Monitoreo y control:

Las visitas de monitoreo se realizaron quincenalmente con el fin de identificar cualquier actividad que pusiera en riesgo el desarrollo de la plantación.

6.10. VARIABLES DE RESPUESTA

Para poder cumplir con los objetivos propuestos se midieron las siguientes variables:

6.10.1. Diámetro a la altura del pecho (DAP)

Para realizar esta actividad se utilizó cinta métrica, midiendo la circunferencia de cada individuo a 1.30 metros del suelo. La toma de datos para el cálculo de diámetro a la altura del pecho se realizó una sola vez a la edad de 33 meses de establecida la plantación.

6.10.2. Altura total (metros)

Esta actividad se hizo en tres ocasiones, 6, 12 y 33 meses, se midió cada uno de los árboles utilizando para dicho fin un clinómetro Suunto.

6.10.3. Rendimiento por hectárea

Es el resultado del cálculo total de volumen generado durante los 33 meses de evaluación, posteriormente se proyectó a hectáreas, utilizando para el cálculo de volumen la formula siguiente:

$$\text{Volumen} = \text{Área Basal} * \text{Factor de forma (0.4552)} * \text{Altura total.}$$

6.10.4. Productividad por hectárea

Se refiere al incremento medio anual de las variables evaluadas, considerando para el efecto la altura total, diámetro a la altura del pecho y volumen.

6.10.5. Supervivencia

Esta variable se determinó a través del conteo de cada planta, el procedimiento se realizó en una sola ocasión a 33 meses después de la siembra.

6.11. ANALISIS DE LA INFORMACIÓN

6.11.1. Análisis estadístico:

Se hicieron mediciones de las variables DAP, altura, volumen y supervivencia, a éstos resultados se les hizo análisis de varianza a través del Software INFOSTAT® versión estudiantil 2013e, estableciendo un nivel de significancia de $\alpha=0.05$; los datos que

generaron diferencia estadística significativa, fueron sujetos a comparación de prueba de medias conforme Tukey.

7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

7.1. CRECIMIENTO EN ALTURA TOTAL

Esta variable fue evaluada en tres ocasiones, permitiendo obtener datos de la dinámica de crecimiento de los clones evaluados en un periodo de 33 meses.

7.1.1. Crecimiento en altura total después de 6 meses de plantación.

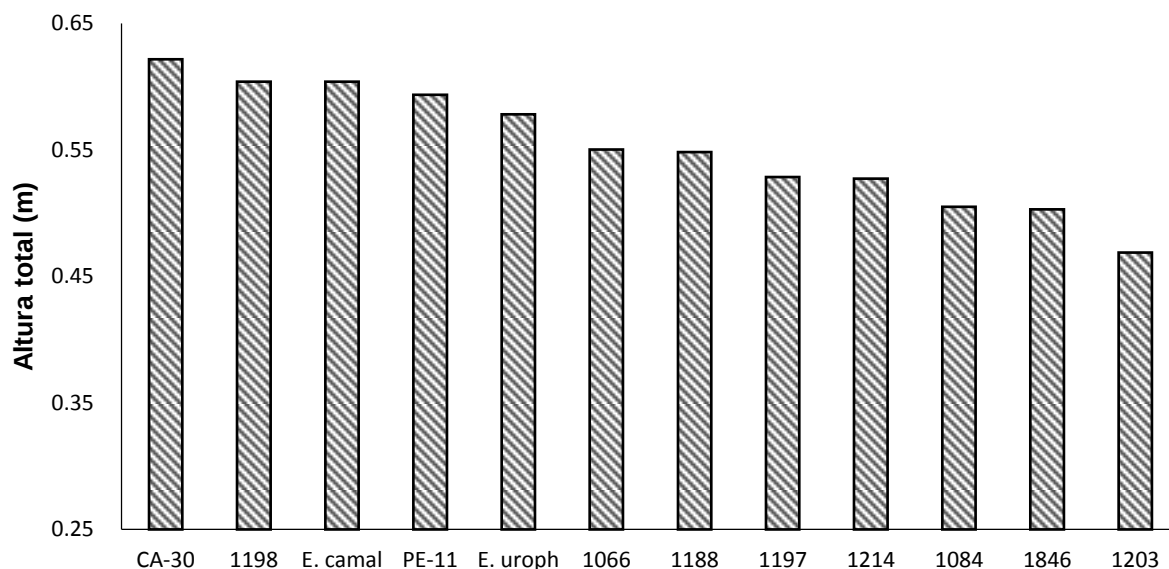
El promedio general de crecimiento, obtenido después de 6 meses, fue de 0.55 metros no encontrando diferencias significativas en esta medición, con un coeficiente de variación (CV) de 16.27% (cuadro 5).

Cuadro 5. Análisis de varianza de alturas totales de los materiales de eucalipto evaluados, después de 6 meses de plantados.

FV	gl	SC	CM	F	p-valor
Materiales	11	0.0744	0.0068	0.8437	0.6020
Bloque	2	0.014	0.0070	0.8753	0.4308
Error	22	0.1764	0.0080		
Total	35	0.2649			

Fuente: Elaboración propia

En la figura 3 se presenta la tendencia de crecimiento, de los materiales en estos primeros 6 meses, donde sobresalen el material CA30 con 0.62 metros de altura total. El clon 1203 presentó el menor crecimiento equivalente a 75% menos que el valor mayor registrado. Según información recabada con clones de la misma especie a 6 meses de edad García (2016), en el municipio de San Juan Chamelco, Alta Verapaz, reportó que el tratamiento 1214 fue el que más creció a los 6 meses, con 2.31 metros de altura total. Daetz (2015), en el municipio de Lanquín, del mismo departamento, documentó que el clon CA30 a los 6 meses de edad, alcanzó una altura total de 1.20 metros, siendo el que mejores resultados presento.



Fuente: Elaboración propia

Figura 3. Altura total en metros de los 12 materiales de eucalipto evaluados, después de 6 meses de plantados.

7.1.2. Crecimiento en altura total después de 12 meses de plantación.

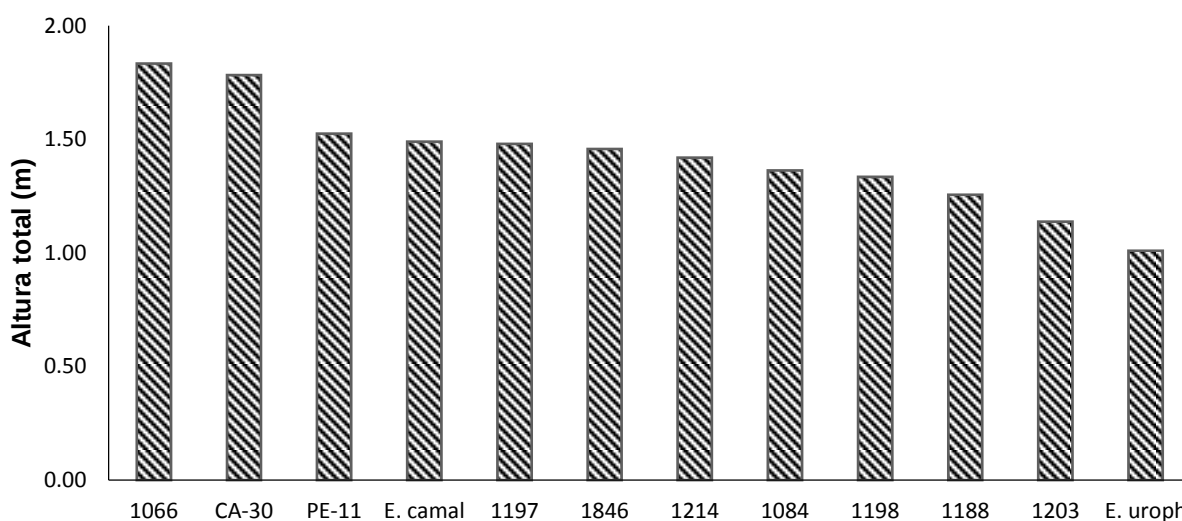
La estimación de altura total a 12 meses de establecida la plantación, reflejó a través del análisis de varianza, que no hay significancia estadística entre tratamientos, el p-valor generado es de 0.2379 y el coeficiente de variación de 24%, el detalle del análisis se muestra en el cuadro 6.

Cuadro 6. Análisis de varianza de alturas totales de los materiales de eucalipto evaluados, después de 12 meses de plantados.

FV	gl	SC	CM	F	p-valor
Materiales	11	1.8112	0.1647	1.4070	0.2379
Bloque	2	0.6769	0.3385	2.8922	0.0767
Error	22	2.5745	0.1170		
Total	35	5.0626			

Fuente: Elaboración propia

En la figura 4 se aprecia la dinámica de crecimiento, de los materiales clonales evaluados, después de 12 meses de establecida la plantación, el rango de crecimiento va de 1.01 metros, generado por *Eucalyptus urophylla*, hasta 1.83 metros, correspondiente al clon 1066. Se puede observar que todos los materiales tienen crecimiento mayor a 1.00 metro de altura y promedio general de crecimiento de 1.42 metros.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4. Altura total en metros de los 12 materiales de eucalipto evaluados, después de 12 meses de plantados.

García (2016) reportó en un estudio similar que a 12 meses de establecida la plantación el mayor crecimiento lo obtuvo el tratamiento 1214 con 4.68 metros de altura total, siendo éste crecimiento 2.85 metros, más alto que el mayor dato registrado para el presente estudio.

7.1.3. Crecimiento en altura total después de 33 meses de plantación.

Se hizo la última medición de las variables evaluadas y como resultado del análisis de varianza se determinó el coeficiente de variación (CV), con un valor de 21% y se concluyó que entre bloques y tratamientos no hay diferencia estadística significativa, lo que representa que se acepta la hipótesis nula en ambos casos (cuadro 7).

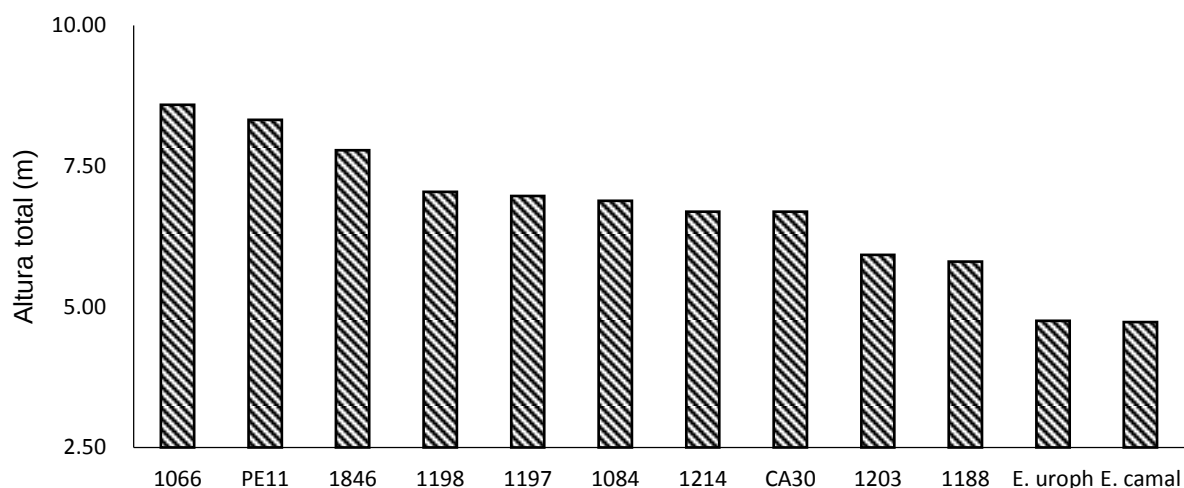
Cuadro 7. Análisis de varianza de alturas totales de los materiales de eucalipto evaluados, después de 33 meses de plantados.

F.V.	gl	SC	CM	F	p-valor
Materiales	11	49.9034	4.5367	2.1182	0.0646
Bloque	2	3.3834	1.6917	0.7898	0.4664
Error	22	47.1198	2.1418		
Total	35	100.4065			

Fuente: Elaboración propia

El análisis de los resultados indica, que no hay diferencia estadística significativa entre tratamientos, no obstante, de los 12 materiales evaluados se resalta, que los clones 1066 y PE-11 sobresalen superando los 8 metros de altura total, en contraste los tratamientos *E. urophylla* y el *E. camaldulensis*, ambos con alturas inferiores a 5 metros, representan los menores resultados obtenidos en esta variable (Figura 5).

De la Vega (2016) a 24 meses de establecida la plantación, obtuvo entre sus resultados que el clon 1066 con 9.09 metros, y el 1198 con 6.37 metros, corresponden a la mayor y menor altura registrada, concluyendo que el clon sobresaliente en ambas investigaciones es el 1066 y en términos generales las alturas de De la Vega son superiores a las generadas en el presente estudio.



Fuente: Elaboración propia

Figura 5. Altura total en metros de los 12 materiales de eucalipto evaluados, después de 33 meses de plantado.

7.2. CRECIMIENTO DE DIAMETRO A LA ALTURA DEL PECHO.

En el cuadro 8 se observa el análisis de varianza realizado al DAP después de 33 meses de establecida la plantación, se puede apreciar que entre bloques no existe diferencia estadística significativa, por tal razón se acepta la hipótesis nula; sin embargo, el análisis para materiales indica, que el p-valor es de 0.0133, concluyendo que entre éstos si existe diferencia estadística significativa, determinando que se acepta la hipótesis alterna. El coeficiente de variación obtenido para el presente análisis es de 28.34 %.

Cuadro 8. Análisis de varianza de DAP de los materiales de eucalipto evaluados, después de 33 meses de plantados.

FV	gl	SC	CM	F	p-valor
Materiales	11	76.1519	6.9229	3.0135	0.0133
Bloque	2	2.627	1.3135	0.5718	0.5727
Error	22	50.5402	2.2973		
Total	35	129.3191			

Fuente: Elaboración propia

Por la diferencia estadística obtenida entre tratamientos, se realizó prueba de Tukey, como resultados se obtuvieron 3 clasificaciones, en la clasificación “A” se encuentra el clon 1066 con 7.90 cm; en la clasificación “AB” se ubican los materiales clonales PE11, 1846, 1198, 1084, 1197, 1203, 1214, CA30 y 1188 con un rango que va de 7.22 centímetros a 4.26 centímetros, en el último grupo “B” se ubican las especies *E. urophylla* S.T. Blake y el *E. camaldulensis* Dehnh con 3.25 y 2.89 centímetros, respectivamente. (Cuadro 9)

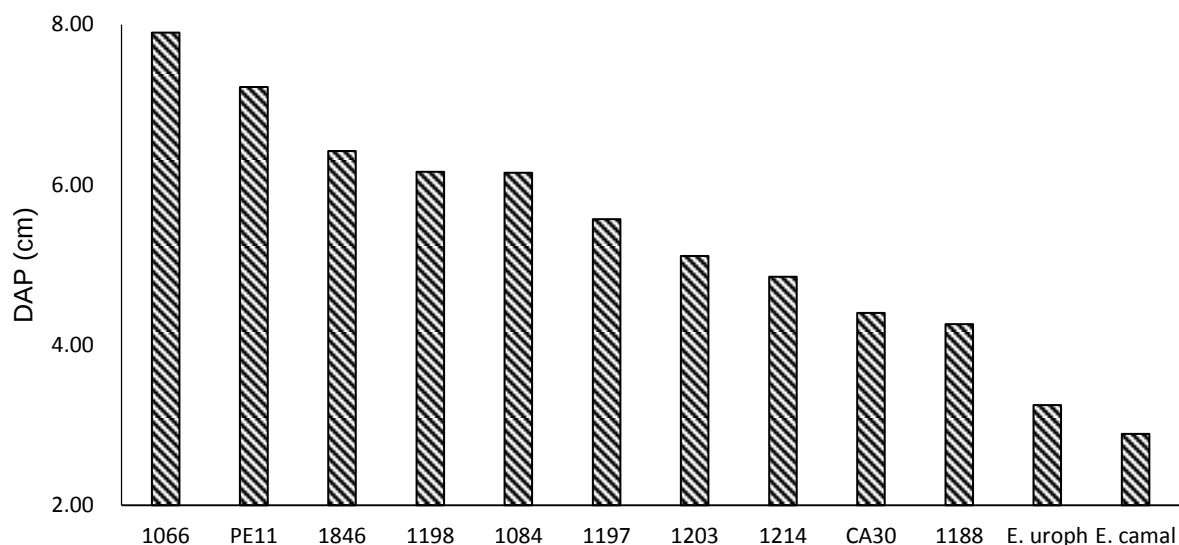
Cuadro 9. Prueba de Tukey ($\alpha=0.05$) para la variable DAP de los materiales de eucalipto evaluados, después de 33 meses de plantados.

TRATAMIENTO	Medias (cm)	N	E.E.	Tukey	
1066	7.90	3	0.88	A	
PE11	7.22	3	0.88	A	B
1846	6.42	3	0.88	A	B
1198	6.16	3	0.88	A	B
1084	6.15	3	0.88	A	B
1197	5.57	3	0.88	A	B
1203	5.11	3	0.88	A	B
1214	4.85	3	0.88	A	B
CA30	4.40	3	0.88	A	B
1188	4.26	3	0.88	A	B
<i>E. urophylla</i> S.T. Blake	3.25	3	0.88		B
<i>E. camaldulensis</i> Dehnh	2.89	3	0.88		B

Fuente: Elaboración propia

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

El valor mínimo obtenido en DAP a 33 meses de establecida la plantación es de 2.89 centímetros, y el máximo valor registrado es de 7.90 centímetros. resaltando que estos valores fueron generados por la especie *E. camaldulensis Dehn* y el material clonal 1066, el promedio general de crecimiento para esta variable es de 5.34 centímetros, la dinámica de crecimiento para DAP se puede verificar en la figura 6.



Fuente: Elaboración propia

Figura 6. Crecimiento en DAP de los 12 materiales de eucalipto evaluados, después de 33 meses de plantado.

7.3. RENDIMIENTO DE VOLUMEN POR HECTÁREA

Se pudo evaluar la variable rendimiento, a partir del volumen total acumulado a los 33 meses, con una transformación de la variable original (m^3/ha^{-1}), debido a los valores altos que presentaba el coeficiente de variación (CV%). Además, fue necesario eliminar algunos tratamientos que presentaron altos niveles de dispersión (1084, 1203, 1846 y PE-11), con coeficientes de variación altos, que no permitía contar con adecuados CV% que permitieran tomar como válidos estos resultados.

De acuerdo con los resultados obtenidos en el ANDEVA, existe una diferencia significativa entre los materiales evaluados, con p-valor de 0.0027. El análisis presenta un CV% de 27.48 (Cuadro 10).

Cuadro 10. Análisis de varianza de raíz cuadrada del volumen total por hectárea, de los materiales de eucalipto evaluados, después de 33 meses de plantados.

FV	gl	SC	CM	F	p-valor
Materiales	8	57.1618	7.1452	5.1114	0.0027
Bloque	2	3.1953	1.5977	1.1429	0.3436
Error	16	22.3665	1.3979		
Total	26	82.7236			

Fuente: Elaboración propia

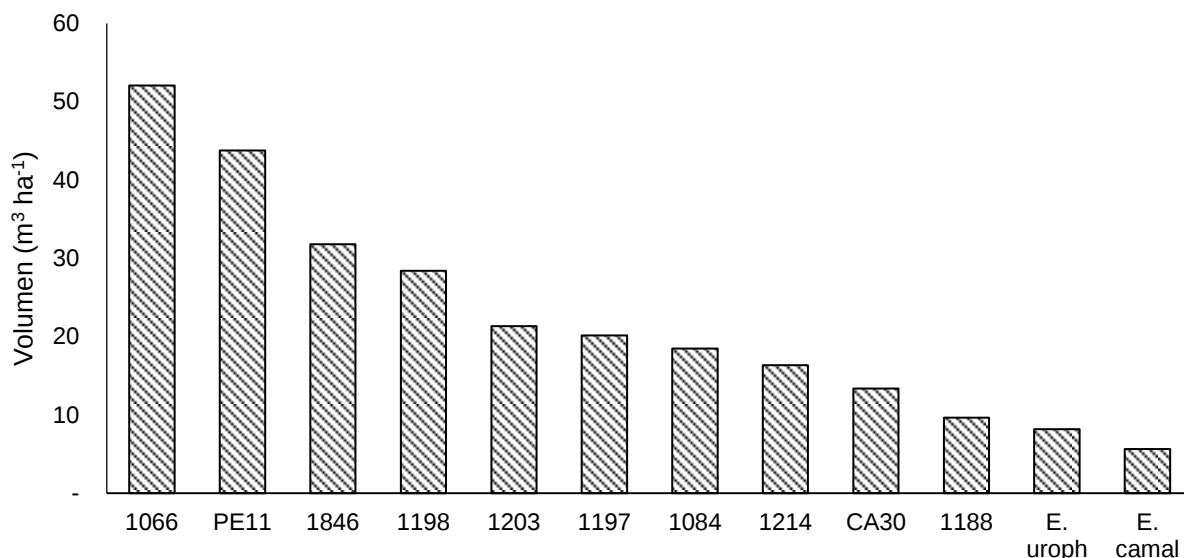
Por la diferencia estadística presentada en el ANDEVA se generó prueba de medias a través de Tukey, proyectando dos clasificaciones, el grupo “A” donde se encuentra el tratamiento 1066, El grupo “AB” donde se encuentran los materiales 1846, 1198, 1197 y 1214 y por último los materiales del grupo “B” donde se encuentran los materiales CA30, 1188 y las reproducidas por semilla de las especies *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake y *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. En el cuadro 11, se aprecia la clasificación según Tukey, exceptuando los tratamientos PE-11, 1084 y 1203 debido a la variabilidad en resultados que éstos presentaron.

Cuadro 11. Prueba de Tukey ($\alpha=0.05$) para la variable volumen total por hectárea, de los materiales de eucalipto evaluados después de 33 meses de plantados.

TRATAMIENTOS	MEDIAS (m ³ ha ⁻¹)	GRUPO DE TUKEY	
1066	52.05	A	
1846	31.80	A	B
1198	28.42	A	B
1197	20.14	A	B
1214	16.33	A	B
CA30	13.39		B
1188	9.66		B
<i>Eucalyptus urophylla</i> S.T. Blake	8.18		B
<i>Eucalyptus camaldulensis</i> Dehnh	5.65		B

Fuente: Elaboración propia

El crecimiento del volumen por hectárea se cuantificó para el total de los materiales clonales evaluados. En la figura 7, se aprecia la dinámica de los resultados obtenidos, resaltando que las especies, *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake y *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh, son los que tienen los resultados más bajos de la evaluación, considerando que estas dos especies son las únicas del presente estudio, que fueron reproducidas por semillas.



Fuente: Elaboración propia

Figura 7. Volumen en metros cúbicos por hectárea de los 12 materiales de eucalipto evaluados, después de 33 meses de plantado.

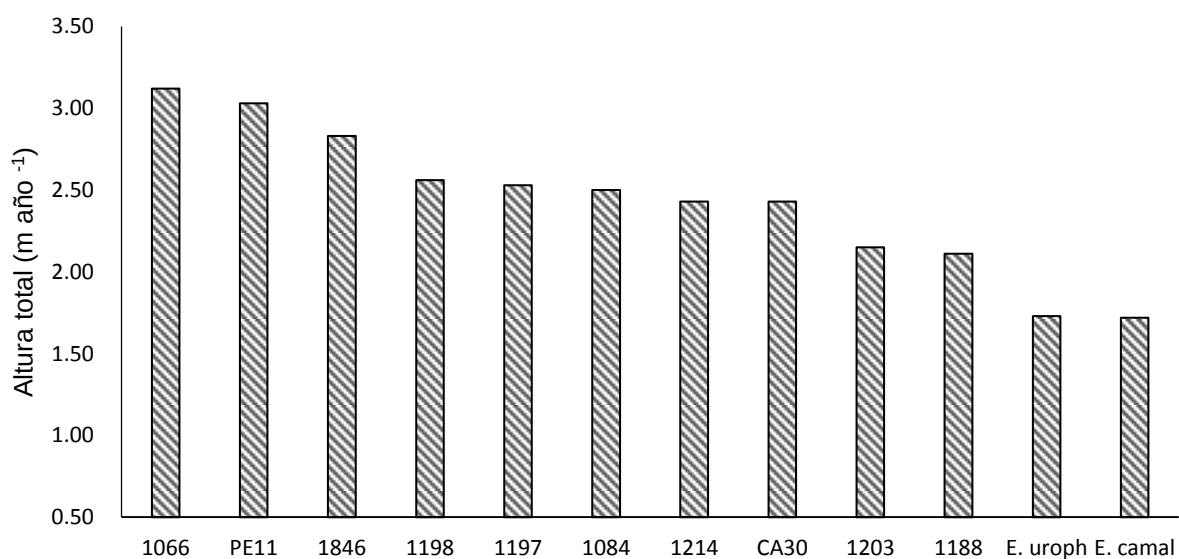
7.4. PRODUCTIVIDAD A TRAVES DEL CÁLCULO DEL INCREMENTO MEDIO ANUAL DE LAS VARIABLES EVALUADAS.

Con los resultados del estudio a 33 meses de establecida la plantación se hizo un análisis a través de la estimación del incremento medio anual para las variables diámetro a la altura del pecho, altura total y volumen, para el efecto se consideraron los doce tratamientos sujetos a la investigación.

7.4.1. Incremento medio anual para la variable altura total.

En la figura 10 se presentan los resultados del incremento medio anual para la variable altura, se resalta que la mayor de éstas la tiene el tratamiento 1066 con de 3.12 m año⁻¹, en contraste los tratamientos *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake y *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh generaron un incremento medio anual en altura menor a 2 m año⁻¹. García (2016) reportó en un estudio similar que a 12 meses de establecida la

plantación el mayor crecimiento lo obtuvo el tratamiento 1214 con 4.68 m año^{-1} , siendo éste crecimiento 1.56 m año^{-1} más alto que el mayor dato registrado para el presente estudio, destacando que las investigaciones se realizaron en ubicaciones con características climáticas similares, sin embargo el crecimiento reportado por García es superior, analizando las causas de la diferencia en el crecimiento de la variable, se determinó que a la plantación realizada por García se le aplicó fertilizante químico, acertando en la apropiada nutrición del sitio, lo cual favoreció el proceso de establecimiento y adaptación de la planta, teniendo resultados directos en el crecimiento de la variable altura.



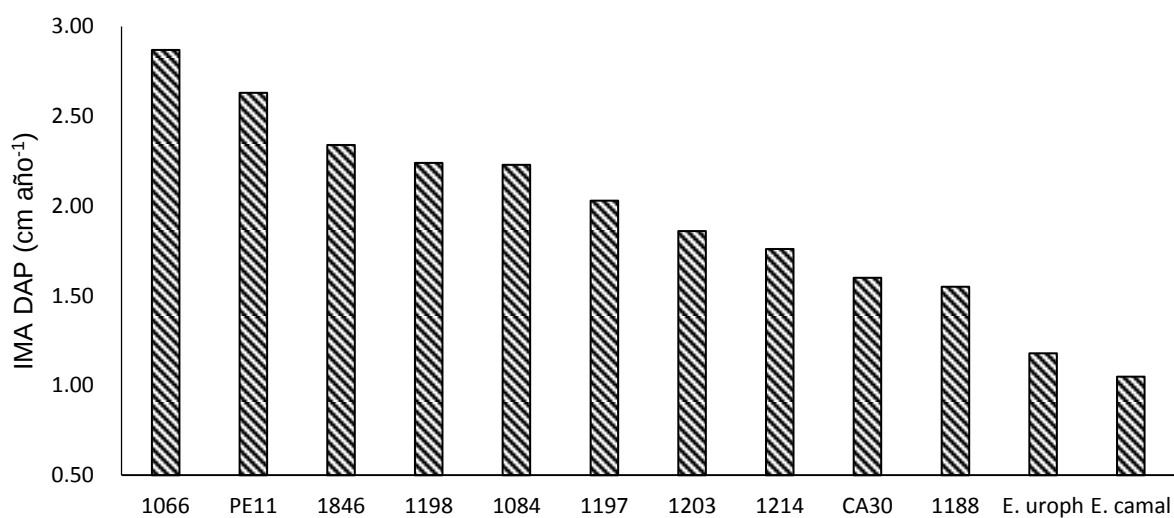
Fuente: Elaboración propia

Figura 8. Incremento medio anual en altura total en metros, de los 12 materiales de eucalipto evaluados.

7.4.2. Incremento medio anual de la variable DAP.

En la figura 9 se aprecia que los tratamientos 1066, PE11 y 1846 son los que generaron el mayor incremento de los 12 tratamientos evaluados, 2.87 , 2.63 y 2.34 cm año^{-1} respectivamente; en una investigación realizada por Daetz (2015), detalla que el material clonal, 1084 en un periodo de 12 meses, presentó el mejor resultado con 5.82 cm año^{-1} de DAP, equivalente a 2.02 veces mayor que los datos del presente estudio,

cabe resaltar que la ubicación de las investigaciones se hizo en diferentes zonas de vida, siendo para la presente el bosque muy húmedo subtropical frío, con temperaturas mínimas de 16°C y precipitación promedio de 2,280 mm, anuales a diferencia de la ubicación del estudio de Daetz realizado en el bosque muy húmedo subtropical cálido, con temperatura promedio de 26°C y precipitación de 4,000 mm, anuales por lo anterior se puede inferir que la combinación de altas temperaturas, disponibilidad de luz solar y el régimen de lluvias abundantes características del bosque muy húmedo subtropical cálido fueron determinantes en los procesos biológicos que aceleran el crecimiento vegetal, resaltando que estos factores influyeron en la diferencia de resultados de la variable evaluada.



Fuente: Elaboración propia

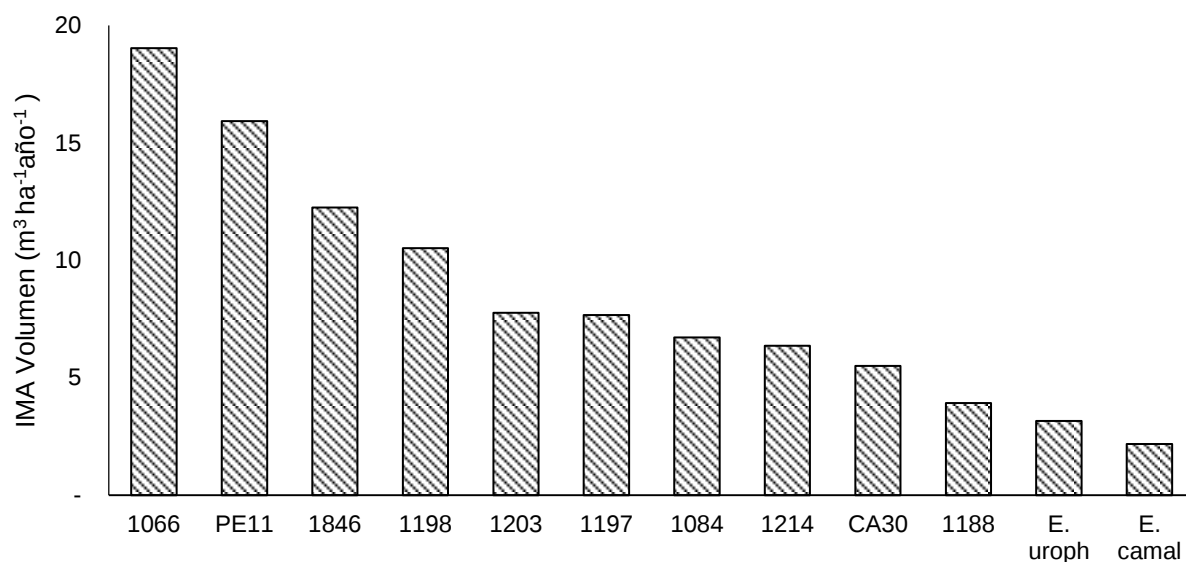
Figura 9. Incremento medio anual en DAP de los 12 materiales de eucalipto evaluados.

7.4.3. Incremento medio anual de la variable volumen.

El incremento medio anual para los materiales clonales evaluados generó datos que van desde 2.18 m³ ha⁻¹año⁻¹ hasta 19.03 m³ ha⁻¹año⁻¹ como se detalla en la figura 11; los materiales 1066, PE11, 1846 y 1198 presentan resultados superiores a 10 m³ ha⁻¹año⁻¹; los materiales restantes tienen resultados inferiores a 8 m³ ha⁻¹año⁻¹.

En 2015 Daetz reporta que el clon 1203 generó el mayor crecimiento de la variable volumen con $7.83 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$, García (2016) informó que el clon 1214 presentó un resultado de $3.64 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ ambos estudios realizaron su investigación en un periodo de 12 meses, el primero ejecutado en un clima subtropical cálido con alturas que van desde 80 msnm, hasta 1,600 msnm, la temperatura está en el rango de 21°C a 25°C , resaltando que su vegetación natural es una de las más ricas por su composición florística, coincidiendo con los resultados de crecimiento obtenidos por Daetz; en contraste la investigación hecha por García se realizó en un clima sub tropical frío, con presencia de heladas, altitud promedio de 1,350 msnm, temperaturas de 20°C , y precipitación pluvial hasta 2,500 mm, anuales, éstas condiciones generaron resultados en volumen de $4.19 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ menores a lo registrado por Daetz en su estudio.

Haciendo una comparación entre el incremento medio anual estimado a 33 meses y los resultados de Daetz y García a 12 meses de establecida la plantación se determina que aparte de las condiciones edafoclimáticas de cada sitio, el periodo de evaluación de resultados, influyó de forma directa en los datos obtenidos, debido a que en los primeros meses de siembra, ocurre el proceso de aclimatación, situación que genera estrés en la planta e impide su pleno desarrollo, caso contrario sucede al superar éste periodo y el crecimiento no se ve limitado por el proceso de adaptación, siendo este un factor determinante en los resultados superiores registrados en la presente investigación, los cuales superan por $11.20 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ al resultado de Daetz y por $15.39 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ al resultado de García.



Fuente: Elaboración propia

Figura 10. Grafica de incremento medio anual de volumen por hectárea de los materiales clónales evaluados.

7.5. SOBREVIVENCIA

Cumplido el periodo de 33 meses de establecida la plantación, se cuantificó la sobrevivencia de los materiales evaluados. En el siguiente cuadro se presenta el análisis estadístico realizado para dicha variable.

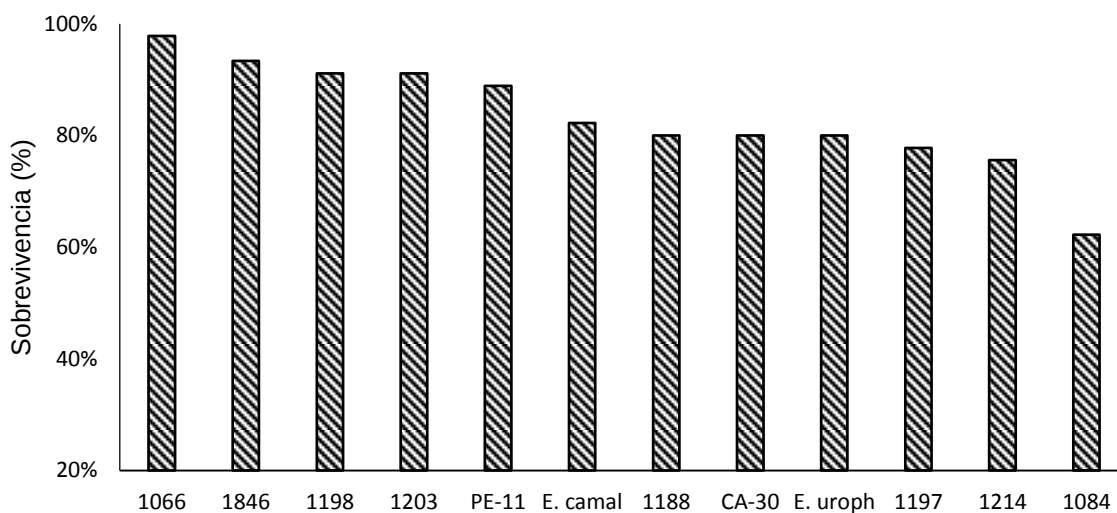
Cuadro 12. Análisis de varianza para sobrevivencia de los materiales de eucalipto evaluados, después de 33 meses de plantados.

FV	gl	SC	CM	F	p-valor
Materiales	11	69.6667	6.3333	0.8385	0.6064
Bloque	2	45.1667	22.5833	2.9900	0.0710
Error	22	166.1667	7.5530		
Total	35	281.0000			

Fuente: Elaboración propia

A través del análisis de varianza se ha determinado que no hay diferencia estadística significativa entre los materiales evaluados, aceptándose para esta variable la hipótesis nula, con un coeficiente de variación de 22 %.

En la figura 8 se detallan resultados de sobrevivencia de los 12 tratamientos evaluados, destacando que el promedio general de ésta variable es de 83%, siendo el tratamiento 1066 el que presenta mayor cantidad de individuos vivos con 98%, en contraste con el tratamiento 1084 que registró una sobrevivencia de 62%. En un periodo de 12 meses Daetz (2015) reporta que su mayor sobrevivencia es de 89% correspondiente al clon 1203 y el clon 1197 es el rezagado del estudio con 60% de sobrevivencia.



Fuente: Elaboración propia

Figura 11. Sobrevivencia de los 12 materiales de eucalipto evaluados, después de 33 meses de plantado.

8. CONCLUSIONES

En el período de evaluación de los tratamientos de eucalipto plantados, a partir de 3 mediciones (6, 12 y 33 meses), no se encontraron diferencias significativas que permitieran diferenciar estadísticamente alguno de los materiales, evaluando la variable altura total. Los análisis de varianza determinan que cada vez van siendo más diferentes entre ellos, con valores de probabilidad cada vez más bajos (0.60, 0.24 y 0.06 respectivamente), pudiendo en futuras mediciones presentar alguna diferencia en altura total. En la última medición los mejores materiales fueron el Clon 1066, PE-11 y 1846 superando los 7 metros a los 33 meses y los que crecieron menos, son los materiales reproducidos por semilla de las especies *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake y *E. camaldulensis* Dehnh que crecieron menos de 5 metros en este mismo período.

El diámetro a la altura del pecho se cuantificó a 33 meses de establecida la plantación, el rango de datos va desde 2.89 a 7.90 centímetros, el análisis de varianza determinó que existe diferencia estadística entre tratamientos, el resultado de la prueba de Tukey dividió tres grupos; en el grupo “A” se ubica el material clonal 1066, con 7.90 centímetros, el segundo grupo “AB” incluye nueve tratamientos con un promedio en crecimiento de 5.57 centímetros y el grupo “B” incluye los únicos dos tratamientos generados a partir de semillas (*Eucalyptus urophylla* S.T. Blake y *E. camaldulensis* Dehnh), con promedio de crecimiento de 3.07 centímetros.

Los datos generados para rendimiento en volumen, es el resultado de la proyección de la variable original a $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$, para realizar el análisis de varianza se eliminaron los tratamientos 1084, 1203, 1846 y PE11 debido a que presentaron altos niveles de dispersión lo que impidió tomar como válidos esos resultados; el ANDEVA mostro diferencia estadística significativa, clasificando 3 categorías según prueba de medias de Tukey, los rangos de rendimiento de volumen por hectárea van desde $5.65 \text{ m}^3 \text{ha}^{-1}$ correspondiente a *E. camaldulensis* Dehnh, hasta $52.05 \text{ m}^3 \text{ha}^{-1}$ generados por el material clonal 1066, el tratamiento PE11 con $43.77 \text{ m}^3 \text{ha}^{-1}$ y el clon 1846 con 31.80

$\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$, representan al segundo y tercer lugar de la evaluación para la variable rendimiento.

Los datos de IMA para la variable altura reflejan que de los doce tratamientos evaluados solo los provenientes de semillas, *E. camaldulensis* Dehnh y *E. urophylla* S.T. Blake presentan incrementos menores a 2.00 metros, el rango de datos para esta variable está comprendido entre 1.72 y 3.12 metros, siendo el material clonal 1066 el sobresaliente de la evaluación.

El IMA de la variable DAP oscila entre 1.05 y 2.87 centímetros, los tratamientos 1066, PE11, 1846, 1198, 1084 y 1197 tienen resultados superiores a 2.00 centímetros, de crecimiento anual; los tratamientos 1203, 1214, CA30, 1188, *E. urophylla* S.T. Blake y *E. camaldulensis* Dehnh presentan datos mayores a 1.00 centímetro, pero inferiores a 2.00 centímetros.

El IMA para volumen establece que el dato máximo para esta variable es de $19.03 \text{ m}^3 \text{ha}^{-1} \text{año}^{-1}$ correspondiente al tratamiento 1066; en contraste el menor volumen generado lo aporta el *E. camaldulensis* Dehnh con $2.18 \text{ m}^3 \text{ha}^{-1} \text{año}^{-1}$. También se determinó que entre los materiales destacados en resultados de ésta variable se ubica en segundo lugar el clon PE11 con $15.92 \text{ m}^3 \text{ha}^{-1} \text{año}^{-1}$ y en tercer lugar el clon 1846 con $12.14 \text{ m}^3 \text{ha}^{-1} \text{año}^{-1}$.

A través de un análisis de varianza se determina que entre los resultados de sobrevivencia no existe diferencia estadística significativa, lo cual infiere que para esta variable se acepta la hipótesis nula, concluyendo que para el presente estudio la sobrevivencia de tratamientos es mayor al 60%, el promedio general es de 83% y el máximo porcentaje de individuos vivos es equivalente al 98% y le corresponde al tratamiento 1066.

Considerando los resultados de las variables evaluadas se concluye que el tratamiento que sobresalió y mejores resultados presentó en la altura, diámetro a la altura del

pecho volumen y supervivencia es el tratamiento 1066, siendo para la presente investigación el tratamiento destacado.

9. RECOMENDACIONES

Según los resultados, se recomienda que para áreas con condiciones similares a las de la comunidad Tontem del municipio de Cobán Alta Verapaz se tome en cuenta el material clonal 1066, por ser el que presentó mejores resultados de las variables altura total, DAP, volumen y sobrevivencia de individuos durante los 33 meses de evaluación.

Establecer réplicas del presente estudio, en diferentes zonas de vida del país, para formar una red de información local que proporcione resultados comparables de adaptabilidad de los clones en distintos escenarios edafoclimáticos.

Considerar como prioridad en futuras investigaciones, el cuidado de la sobrevivencia de las plántulas para identificar las causas que afectan esta variable y tomar acciones que encaminen a corregirlas técnicamente.

Estudiar el poder calorífico de las diferentes especies y materiales clonales evaluadas, considerando que uno de los fines de este género es energético, siendo indispensable conocer su capacidad calorífica.

Contemplar un análisis de costos y beneficios del establecimiento de plantaciones con tecnología clonal con el fin de conocer la viabilidad económica del proyecto.

Incluir géneros forestales nativos para promover, conservar y plantar especies locales que cumplan con fines energéticos.

Evaluar la aceptación del genero *Eucalyptus* como uso energético en el sector domiciliar e industrial, considerando que culturalmente, se utilizan especies nativas tradicionales, que están muy arraigadas a las costumbres locales.

10. BIBLIOGRAFÍA

Borzzone H., Bardi J. y Laddaga J. (2007). Crecimiento de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh cultivado como cortina en un establecimiento agropecuario del Partido de Azul (Provincia de Buenos Aires Argentina). (en línea) Consultado el 10 de enero de 2018, disponible en: <http://www.scielo.org.ar/pdf/quebra/n14/n14a08.pdf>

Cabrera, C. (2003). Plantaciones forestales, oportunidades para el desarrollo sostenible: Serie de documentos técnicos N. 6. IARNA, Guatemala. 20 p.

CONCYT (Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología), SENACYT (Secretaría Nacional de Ciencia y Tecnología), FONACYT (Fondo Nacional de ciencia y Tecnología) y Defensores de la Naturaleza (2013). Determinación de especies forestales potenciales para el establecimiento de bosques energéticos en la región semiárida del valle del Motagua. (en línea) Consultado el 02 enero de 2017, disponible en <http://glifos.concyt.gob.gt/digital/fodecyt/fodecyt%202007.80.pdf>

Corporación Nacional de Investigación y Fomento Forestal (CONIF) (2013). Resultados preliminares de investigación en Plantaciones Forestales. Resumen 2000-2012. Bogota Colombia. 140 p.

Daetz, C. (2015). Evaluación del crecimiento de plantaciones de Eucalipto en Lanquin, Alta Verapaz. Tesis de grado. Universidad Rafael Landívar. San Juan Chamelco, Alta Verapaz, Guatemala. 37 p.

De la Cruz, J. (1982). Clasificación de zonas de vida de Guatemala a nivel de reconocimiento. Guatemala C.A.

De la Vega, S. (2016). Evaluación de crecimiento y calidad de materiales genéticos de clones de *Eucalyptus*, La Tinta, Alta Verapaz. Tesis de grado. Universidad Rafael Landívar, San Juan Chamelco, Alta Verapaz, Guatemala. 46 p.

De León, J. (2010). Estudio de factibilidad para producción de energía eléctrica, a partir de biomasa de eucalipto. Tesis para optar al título de Ing. Electricista. Guatemala, Guatemala. Universidad de San Carlos de Guatemala. 91 p.

Dickson, G. (1999). Definiendo las variables (en línea). Consultado el 05 de marzo 2018, disponible en: http://sisbib.unmsm.edu.pe/BVRevistas/odontologia/1999_n4/pdf/definiendo_variables.pdf.

Dombro, B. (2010). Eucalyptus pellita. Amazonia Reforestations red mahogany. Planeta verde reforestación S.A. (en línea). Consultado el 05 de diciembre de 2017, disponible en: <http://www.myreforestation.com/downloads/Eucalyotuspellita2010e-book.pdf>

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). (2008). Bosques y energía, cuestiones clave. (en línea). Consultado el 05 de febrero de 2017, disponible en: <http://www.fao.org/3/a-i0139s.pdf>

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). (2007). Glosario de biotecnología para la agricultura y alimentación (en línea). Consultado el 05 de septiembre de 2017, disponible en: <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/004/y2775s/y2775s01.pdf>

Gadow, K., Sánchez S. y Álvarez J. (2007). Estructura y crecimiento del bosque (en línea). Consultado el 23 jun. 2017, disponible en: http://www.usc.es/uxfs/IMG/pdf/Estructura_y_crecimiento_del_bosque1-2.pdf.

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. de la universidad Rafael Landívar, Alta Verapaz. Tesis de grado. Universidad Rafael Landívar, San Juan Chamelco, Alta Verapaz, 73 p.

Geldres, E. y Schlatter, J. (2004). Crecimiento de las plantaciones de *Eucalyptus globulus* sobre suelos rojo arcillosos de la provincia de Osorno, Décima Región Growth of *Eucalyptus globulus* plantations on red clay soils in the Province of Osorno, 10th Región, Chile (en línea). Consultado el 15 de enero de 2018, disponible en <https://scielo.conicyt.cl/pdf/bosque/v25n1/Art08.pdf>.

Global Alliance For Clean Cookstoves, (2013). Alianza global para estufas limpias. Análisis del mercado de estufas y combustibles de Guatemala situación del sector (en línea). Consultado el 15 abril del 2018, disponible en: http://cleancookstoves.org/resources_files/analisis-guatemala-sector.pdf

Guzman, A. (2012). El uso del eucalipto en reforestaciones (en línea). Consultado el 15 de abril de 2018, disponible en: <http://icc.org.gt/wp-content/uploads/2016/09/El-uso-de-eucaliptos-en-reforestaciones.pdf>

IARNA-URL (Instituto de Investigación y Proyección sobre Ambiente Natural y Sociedad de la Universidad Rafael Landívar), (2013). Mapa de ecosistemas de Guatemala. (escala 1:250,000) (mapa digital). Guatemala.

Imaña-Encinas, J., Jiménez, J., Rezende, A., Rainier, C., Antunes, O. y Serpa de Meria, M. (2014). Conceptos Dasométricos en los inventarios fitosociológicos. Brasilia, Brasil/Linares México. Universidad de Brasilia / Universidad Autónoma de Nuevo León, 82 p.

Imaña, E. y Encinas, B. (2008). Epidiometria Forestal (en línea). Consultado el 09 de enero de 2018, disponible en: http://repositorio.unb.br/bitstream/10482/9740/1/LIVRO_EpidometriaForestal.pdf

INAB (Instituto Nacional de Bosques), (2014). Plantaciones energéticas, más bosques más vida. Boletín informativo No. 47.

INAB (Instituto Nacional de Bosques), (2013). Agenda del Instituto Nacional de Bosques sobre cambio climático. Guatemala. 59 p.

INAB (Instituto Nacional de Bosques), CONAP (Consejo Nacional de Áreas Protegidas), (UVG) Universidad del Valle de Guatemala, (URL), Universidad Rafael Landívar. (2012). Mapa de cobertura forestal de Guatemala 2010 y dinámica de la cobertura forestal 2006-2010. Guatemala, Guatemala. 114 p.

López, E. (2012). Diseño y análisis de experimentos. Fundamentos y aplicaciones en Agronomía. 2ª. Edición, Guatemala, Guatemala. 225 p.

MAGA (Ministerio de Agricultura Ganadería y Alimentación), (2000). Primera Aproximación al mapa de clasificación taxonómica de los suelos de la república de Guatemala, a escala 1:250,000 -memoria técnica.

MARENA (Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales), INAFOR (Instituto Nacional Forestal), (2002). Guía de especies forestales de Nicaragua/OrgutConsulting AB 1a Ed. Managua, Nicaragua, Editora de Arte, S.A. 304 p.

Martínez, E. y Hernández, J. (2004). Variabilidad de las fibras y de la densidad básica de la madera de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden y *Eucalyptus urophylla* s. t. Blake. Ingeniero Forestal Industrial. Texcoco, Edo. de México. Universidad Autónoma de Chapingo, 119 p.

Martínez, G. (2012). Evaluación inicial del crecimiento de procedencias de *Eucalyptus pellita* F. Muell en Huimanguillo, Tabasco Mexico. Tesis Ing. Forestal. Coahuila, México, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro División de Agronomía. 51 p.

Martínez, R., Aspiroz, H., De la O, J., Cetina, V. y Gutiérrez, M. (2006) Importancia de

las plantaciones forestales de *eucayptus*. Ra Ximhai. Septiembre-diciembre, año/vol.2, numero 003 Universidad Autónoma Indígena de México, El Fuerte, México. Pp. 815-846.

Maynard, C. (1996). Glosario de Mejora Genética forestal. (en línea). Consultado el 15 de enero de 2018, disponible en: file:///C:/Users/User/Downloads/GlosariodegeneticaMejorageneticaforestaloperativa-4.pdf

MEM (Ministerio de Energía y Minas), (2013). Política energética 2013-2027 (en línea). Consultado el 15 de marzo de 2018, disponible en http://www.mem.gob.gt/wp-content/uploads/2013/02/PE2013-2027.pdf

Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, (2009). Sector forestal. (en línea). Consultado el 02 de marzo de 2018, disponible en: file:///C:/Users/User/Desktop/tesis/pellita089 Sector%20Forestal%202009-08-13.pdf

Muñoz, H., Coria V., Nájera M., García J., & Sáenz J. (2013). Desarrollo de tres plantaciones comerciales de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh., establecidas en el municipio de Buenavista, Michoacán, México. *Foresta Veracruzana*, 15 (2), Recursos genéticos forestales, Xalapa, Mexico. 30 p.

Prado, J. (2015). Plantaciones forestales más allá de los árboles. (en línea). Consultado el 12 de marzo de 2018, disponible en: https://issuu.com/ediarte/docs/libroplantforestales/17

Prieto R. (1992). Estudio de algunos factores que influyen en la propagación del *Cupressus guadalupensis* S. Wats., por estaquillas. Tesis de Maestría en Ciencias Forestales. Chapingo, México. Universidad Autónoma Chapingo. 97 p

SEGEPLAN, (Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia), (2011). Plan de Desarrollo Departamental de Alta Verapaz 2011- 2025. Guatemala. 110 p.

Sein, C. and Mitlöhner, R. (2011). *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake: ecology and silviculture. CIFOR, Bogor, Indonesia (en línea). Consultado el 11 de diciembre de 2017, disponible en: http://www.cifor.org/publications/pdf_files/Books/BCIFOR1108.pdf

Silvestre, M., y Torres, C. (2003). Contribución al conocimiento tecnológico de la madera de *Eucalyptusgrandis* Hill ex Maiden y *Eucalyptusurophylla* S. T Blake proveniente de plantaciones forestales comerciales de 7 años de edad de las Choapas, Veracruz, Mex. Tesis Ingeniero Forestal Industrial. Texcoco, Edo. de México. Universidad Autónoma Chapingo División De Ciencias Forestales. 119 p.

Tropicos. Org. Missouri Botanical Garden. (2017). Tropicos® (en línea). Consultado el 25 de octubre de 2017, disponible en <http://www.tropicos.org/Name/22107401>.

Ucelo, L. (2011). Módulo para el aprovechamiento de un bosque energético y su fuente principal, la leña, dirigido a docentes y estudiantes del nivel primario de la Escuela oficial rural mixta, Santo Domingo, de la aldea Santo Domingo, municipio de San Pedro, Pinula, Jalapa, Guatemala. C.A. 37 p.

Ugalde L. (1997). Resultado de 10 años de investigación Silvicultural del proyecto Madeleña en Guatemala. Informe Técnico No. 287. Turrialba Costa Rica. 307 p.

11. ANEXOS

11.1. RESUMEN DE DATOS POR BLOQUE Y TRATAMIENTO

Bloque	Tratamiento	Altura total (m)			DAP (cm)	Sobrevivencia (plantas vivas)
		6 meses	12 meses	33 meses	33 meses	
1	1066	0.66	2.26	9.09	8.76	14
1	1084	0.43	1.46	7.80	6.80	1
1	1188	0.48	1.31	5.73	3.94	7
1	1197	0.50	1.57	8.87	6.78	10
1	1198	0.65	1.68	7.94	6.98	14
1	1203	0.44	0.97	7.05	5.62	14
1	1214	0.73	2.30	6.49	5.30	11
1	1846	0.59	1.93	7.52	7.33	13
1	CA30	0.53	1.31	5.81	3.22	10
1	<i>E. camaldulensis</i>	0.50	1.42	5.00	3.79	9
1	PE11	0.65	1.79	8.02	7.27	15
1	<i>E. urophylla</i>	0.64	1.25	3.97	2.38	13
2	1066	0.49	1.69	8.61	7.62	15
2	1084	0.54	1.17	4.94	3.80	14
2	1188	0.61	1.38	6.80	5.27	15
2	1197	0.59	1.48	5.73	4.46	12
2	1198	0.57	1.34	7.41	6.60	12
2	1203	0.43	0.93	3.44	2.75	13
2	1214	0.45	1.04	7.89	5.56	14
2	1846	0.52	1.44	9.27	7.03	15
2	CA30	0.71	1.95	5.78	3.90	11
2	<i>E. camaldulensis</i>	0.65	1.56	4.83	2.89	13
2	PE11	0.64	1.61	10.63	9.76	12
2	<i>E. urophylla</i>	0.54	0.92	6.10	4.50	13
3	1066	0.50	1.57	8.08	7.33	15
3	1084	0.54	1.51	7.90	7.84	13
3	1188	0.54	1.08	4.88	3.56	14

3	1197	0.49	1.41	6.30	5.46	13
3	1198	0.58	1.00	5.76	4.91	15
3	1203	0.53	1.49	7.28	6.96	14
3	1214	0.39	0.72	5.70	3.69	9
3	1846	0.40	1.03	6.54	4.90	14
3	CA30	0.62	2.02	8.47	6.08	15
3	<i>E. camaldulensis</i>	0.65	1.48	3.76	1.99	15
3	PE11	0.48	1.15	6.30	4.64	13
3	<i>E. urophylla</i>	0.55	0.86	4.19	2.87	10

11.2. CUADRO DE VOLUMEN POR BLOQUE POR TRATAMIENTO

Bloque	Tratamiento	Volumen por parcela (m ³)	Volumen total m ³ /ha	IMA en Volumen total (m ³ /ha/año)
1	1066	0.38	63.69	23.16
1	1084	0.01	2.15	0.78
1	1188	0.02	4.13	1.50
1	1197	0.20	32.89	11.96
1	1198	0.23	37.95	13.80
1	1203	0.14	23.73	8.63
1	1214	0.14	23.03	8.37
1	1846	0.21	34.43	12.52
1	CA30	0.04	6.38	2.32
1	<i>E. camaldulensis</i>	0.06	10.09	3.67
1	PE11	0.24	40.82	14.84
1	<i>E. urophylla</i>	0.03	5.40	1.96
2	1066	0.28	47.45	17.25
2	1084	0.05	8.40	3.05
2	1188	0.12	20.81	7.57
2	1197	0.07	11.41	4.15
2	1198	0.17	29.08	10.58
2	1203	0.03	4.23	1.54
2	1214	0.14	23.07	8.39
2	1846	0.31	51.62	18.77
2	CA30	0.05	8.56	3.11
2	<i>E. camaldulensis</i>	0.03	4.77	1.73
2	PE11	0.48	79.35	28.86
2	<i>E. urophylla</i>	0.09	15.08	5.48
3	1066	0.28	45.90	16.69
3	1084	0.27	44.88	16.32
3	1188	0.04	7.46	2.71

3	1197	0.11	18.93	6.88
3	1198	0.12	19.71	7.17
3	1203	0.22	36.08	13.12
3	1214	0.04	6.36	2.31
3	1846	0.09	14.94	5.43
3	CA30	0.18	30.53	11.10
3	<i>E. camaldulensis</i>	0.02	3.14	1.14
3	PE11	0.07	11.15	4.05
3	<i>E. urophylla</i>	0.03	5.63	2.05

11.3. BOLETA DE CAMPO

BOLETA DE CAMPO PARA LA EVALUACION DE MATERIALES GENETICOS PROVENIENTES DE CLONES Y SEMILLAS DEL GENERO <i>Eucalyptus</i> , UBICADO EN ALDEA TONTEM, COBAN ALTA VERAPAZ			
FECHA DE EVALUACION			
BLOQUE			
TRATAMIENTO			
No	DAP (cm)	Altura total (m)	Observaciones
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
OBSERVACIONES GENERALES:			