

UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR

FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS

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

EVALUACIÓN DE CRECIMIENTO Y PRODUCTIVIDAD DE CLONES DE *Eucalyptus urophylla* S.T.
Blake DURANTE EL CUARTO AÑO DE DESARROLLO, EN EL CAMPUS SAN PEDRO CLAVER,
S.J. DE LA UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR; ALTA VERAPAZ

TESIS DE GRADO

EDWIN ALEXANDER PAREDES POP

CARNET 26101-11

SAN JUAN CHAMELCO, ALTA VERAPAZ, JUNIO 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 CRECIMIENTO Y PRODUCTIVIDAD DE CLONES DE *Eucalyptus urophylla* S.T.
Blake DURANTE EL CUARTO AÑO DE DESARROLLO, EN EL CAMPUS SAN PEDRO CLAVER,
S.J. DE LA UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR; ALTA VERAPAZ

TESIS DE GRADO

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

POR

EDWIN ALEXANDER PAREDES POP

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, JUNIO 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. CARLOS ERNESTO ARCHILA CARDONA

TERNA QUE PRACTICÓ LA EVALUACIÓN
ING. ROBERTO WALDEMAR MOYA FERNÁNDEZ

Guatemala 25 de Junio de 2018

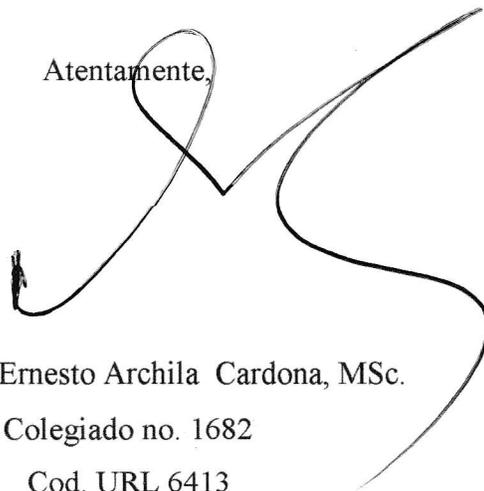
Consejo de Facultad
Ciencias Ambientales y Agrícolas
Presente

Estimados miembros del Consejo:

Por este medio hago constar que he asesorado el trabajo de graduación del estudiante Edwin Alexander Paredes Pop, carné 26101-11, titulada: "Evaluación de crecimiento y productividad de clones de *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake durante el cuarto año de desarrollo, en el Campus San Pedro Claver, S.J. de la Universidad Rafael Landívar, Alta Verapaz".

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

Atentamente,



Ing. Carlos Ernesto Archila Cardona, MSc.

Colegiado no. 1682

Cod. URL 6413



Universidad
Rafael Landívar
Tradición Jesuita en Guatemala

FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS
No. 06958-2018

Orden de Impresión

De acuerdo a la aprobación de la Evaluación del Trabajo de Graduación en la variante Tesis de Grado del estudiante EDWIN ALEXANDER PAREDES POP, Carnet 26101-11 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. 06103-2018 de fecha 26 de junio de 2018, se autoriza la impresión digital del trabajo titulado:

EVALUACIÓN DE CRECIMIENTO Y PRODUCTIVIDAD DE CLONES DE *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake DURANTE EL CUARTO AÑO DE DESARROLLO, EN EL CAMPUS SAN PEDRO CLAVER, S.J. DE LA UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR; 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 27 días del mes de junio del año 2018.

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



AGRADECIMIENTOS

A:

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

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

Ing. Carlos Ernesto Archila Cardona, por su asesoría, revisión y corrección de la presente investigación.

Ing. Roberto Waldemar Moya Fernández, por su apoyo, asesoría, revisión y corrección de la presente investigación.

Lic. Ingrid Morjan, directora del Departamento de Asistencia Económica y Financiera (DAEF) por brindarme el incondicional apoyo financiero.

Ing. Carlos Deatz, por su valiosa colaboración y asesoría en la presente investigación.

DEDICATORIA

A:

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

Mis padres: Erick Paredes y Maria Elena Pop a quienes quiero mucho, por su inmenso amor, por su tiempo, sus consejos oportunos y por su ejemplo a seguir.

Mi esposa: Lorena Magaly Rivera Hernández de Paredes, que con la Bendición de Dios forma parte de mi vida

Mis hijas: Nazareth Rivera (Nachi) y Jazmín Paredes que las amo mucho, por ser la razón de mi esfuerzo, mi alegría y la motivación constante de superación.

Mi familia: Abuela (María Virginia Fernández), tíos (Otoniel Paredes, Silvana Paredes, Rony Sierra), hermanos (Luz de María, Sergio, Cesar y Lilian), primos(as), sobrinos(as), que de una u otra forma han contribuido en mi formación.

Mis amigos: Erwin Bin, Ariel Cahuec, por su apoyo, compañía y formar parte de mi desarrollo integral, con mucho aprecio

ÍNDICE

RESUMEN	X
1 INTRODUCCIÓN	1
2 MARCO TEÓRICO.....	2
2.1 Descripción botánica de la especie	2
2.1.1 Taxonomía.....	2
2.1.2 Características.....	2
2.1.3 Origen y distribución	2
2.1.4 Rango ecológico.....	3
2.1.5 Características y uso de la especie	3
2.2 Mejora genética	3
2.3 Clon/clonación	4
2.4 Plantaciones energéticas	4
2.5 Antecedentes	4
2.5.1 Antecedentes en el mundo sobre el género <i>Eucalyptus</i>	4
2.5.2 Antecedentes en Guatemala sobre el género <i>Eucalyptus</i>	5
3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO.....	7
3.1 Planteamiento del problema	7
3.2 Justificación del trabajo	8
4 OBJETIVOS	9
4.1 General	9
4.2 Específicos.....	9
5 HIPOTESIS	10
5.1 Hipótesis alterna (ha):.....	10
6 METODOLOGÍA	11
6.1 Localización del trabajo.....	11
6.1.1 Zona de vida	11
6.1.2 Suelos	11
6.1.3 Clima y condiciones biofísicas.....	12
6.2 Metodología con base en objetivos	12

6.3	Establecimiento del ensayo	13
6.4	Material experimental.....	13
6.5	Factores a estudiar.....	13
6.6	Descripción de los tratamientos	13
6.7	Diseño experimental.....	14
6.8	Modelo estadístico	14
6.9	unidad experimental	15
6.10	Croquis de campo	16
6.11	Bloques o repeticiones.....	16
6.12	Manejo del experimento	16
6.12.1	Control de malezas	17
6.12.2	Control de plagas y enfermedades	17
6.12.3	Identificación del ensayo	17
6.13	Variables respuesta	17
6.13.1	Diámetro a la altura del pecho.....	17
6.13.2	Altura total	18
6.13.3	Volumen	18
6.13.4	Volumen total	18
6.14	Análisis de información	19
6.14.1	Análisis estadístico	19
7	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	20
7.1	Evaluación de las variables dasométricas del <i>Eucalyptus urophylla</i>	20
7.2	Análisis del diámetro a la altura del pecho (DAP).....	20
7.2.1	Análisis DAP a los 3 años y 6 meses de desarrollo.	20
7.2.2	Análisis DAP a los 4 años de desarrollo	22
7.3	Análisis de la altura total.....	24
7.3.1	Análisis de la altura a los 3 años y 6 meses de desarrollo.	24
7.3.2	Análisis de la altura a los 4 años de desarrollo.	27
7.4	Productividad	29
7.4.1	Análisis de volumen por hectárea	29

7.4.2	Volumen a los 3 años y 6 meses de desarrollo	29
7.4.3	Volumen a los 4 años de desarrollo	31
7.5	Análisis de IMA volumen por hectárea.....	33
7.6	Discusión	35
8	CONCLUSIONES	38
9	RECOMENDACIONES.....	39
10	BIBLIOGRAFÍA	40
11	ANEXO.....	44

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Clasificación taxonómica del <i>Eucalyptus urophylla</i>	2
Cuadro 2. Identificación y número de plantas por tratamiento	14
Cuadro 3. Promedios DAP a los 3 años y 6 meses de desarrollo.....	20
Cuadro 4. Análisis de varianza (SC Tipo I) para el DAP a los 3 años y 6 meses.....	21
Cuadro 5. Prueba de Tukey para la variable DAP a los 3 años y 6 meses.....	21
Cuadro 6. Promedios DAP a los 4 años de desarrollo	22
Cuadro 7. Análisis de Varianza (SC Tipo I) para el DAP a los 4 años.....	23
Cuadro 8. Prueba de Tukey para la variable DAP a los 4 años.....	23
Cuadro 9. Promedios altura a los 3 años y 6 meses de desarrollo.....	25
Cuadro 10. Análisis de varianza (SC Tipo I) de altura total a los 3 años y 6 meses.....	25
Cuadro 11. Prueba de Tukey para la variable altura a los 3 años y 6 meses.....	26
Cuadro 12. Promedios alturas a los 4 años de desarrollo.....	27
Cuadro 13. Análisis de varianza (SC Tipo I) de altura total a los 4 años	27
Cuadro 14. Prueba de Tukey para la variable altura a los 4 años	28
Cuadro 15. Promedios volumen a los 3 años y 6 meses de desarrollo.....	29
Cuadro 16. Análisis de varianza (SC Tipo I) de vol. total a los 3 años y 6 meses.....	30
Cuadro 17. Prueba de Tukey para la variable volumen a los 3 años y 6 meses.....	30
Cuadro 18. Promedios Volumen a los 4 años de desarrollo.....	31
Cuadro 19. Análisis de varianza (SC Tipo I) de volumen total a los 4 años.....	32
Cuadro 20. Prueba de Tukey para la variable volumen a los 4 años.....	32
Cuadro 21. Promedios IMA a los 4 años de desarrollo.....	33
Cuadro 22. Análisis de varianza (SC Tipo I) del IMA a los 4 años.....	34
Cuadro 23. Prueba de Tukey para la variable IMA volumen a los 4 años.....	34
Cuadro 24. Comparación datos, <i>E. urophylla</i> a los 4 años.....	36

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa ubicación área de ensayo	11
Figura 2. Representación de las unidades experimentales.	15
Figura 3. Croquis de campo: aleatorización de las 30 unidades experimentales.	16
Figura 4. Diámetros a los 3 años y 6 meses de establecimiento por tratamientos	22
Figura 5. Diámetros a los 4 años de establecimiento por tratamientos	24
Figura 6. Alturas a los 3 años y 6 meses de establecimiento por tratamientos	26
Figura 7. Alturas a los 4 años de establecimiento por tratamientos	28
Figura 8. Volumen a los 3 años y 6 meses de establecimiento por tratamientos	31
Figura 9. Volumen a los 4 años de establecimiento por tratamientos	33
Figura 10. IMA Volumen a los 4 años de establecimiento por tratamientos	35

EVALUACIÓN DE CRECIMIENTO Y PRODUCTIVIDAD DE CLONES DE *Eucalyptus Urophylla* S.T. Blake DURANTE EL CUARTO AÑO DE DESARROLLO, EN EL CAMPUS SAN PEDRO CLAVER, S. J. DE LA UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR, ALTA VERAPAZ.

RESUMEN

La presente investigación se realizó en el campus San Pedro Claver, S. J. de la universidad Rafael Landívar. El objetivo fue evaluar el crecimiento, desarrollo y productividad de cinco materiales genéticos de *Eucalyptus urophylla*, bajo las condiciones de la finca en el cuarto año de establecimiento de ensayo. Se implementó un diseño experimental de bloques completos al azar con 5 tratamientos y 6 bloques o repeticiones. Durante el progreso de la investigación se realizaron 2 mediciones; una a los 3 años y 6 meses y la segunda a los 4 años después de ser establecido el ensayo. Las variables evaluadas fueron: altura total (m), DAP (cm), volumen por hectárea (m³/ha), e IMA volumen del cuarto año. Los datos obtenidos en ambas mediciones se tabularon y se procesaron con la ayuda del software Infostat®, realizando el análisis de Varianza con un nivel de confianza del 95 por ciento y se utilizó la prueba de Tukey en forma descendente para comparar las medias. Como resultado de la investigación se encontraron diferencias estadísticamente significativas en la cual destaca el clon 966 (T4) con promedios obtenidos de 12.90 centímetros de DAP, altura total de 16.34 metros y una productividad media de 375.66 m³/ha, con un incremento medio anual en volumen de 93.92 m³/ha.

1 INTRODUCCIÓN

Según el manejo de información forestal del Instituto Nacional de Bosques (2011) en Guatemala hay 1717.19 hectáreas del género *Eucalyptus* lo cual representa un 1.68% del total de áreas plantadas en el país. El Eucalipto es favorecido como especie de plantación en muchas partes del mundo, debido a que son de crecimiento rápido, fácil cultivo y adecuado para plantaciones industriales, agroforestales y forestales de la comunidad (FAO 1979).

El aumento en la superficie de plantaciones forestales con fines comerciales o de restauración ha contribuido a disminuir la presión sobre los bosques naturales (FAO, 2006). Teniendo en cuenta que en el marco legal de la República de Guatemala, se identifican dos programas: Ley probosque (Decreto 02-2015) y Ley del PINPEP (Decreto 51-2010), fomentan el desarrollo forestal a través de incentivos forestales, mismas se consideran herramientas importantes para atender la demanda actual y futura de productos maderables de la industria. Las expectativas de estos programas es contribuir en el establecimiento y mantenimiento de plantaciones con la finalidad de obtener productos maderables y energéticos, con el propósito de proveer recursos renovables a corto y mediano plazo.

Se ve la necesidad de realizar investigaciones dirigidas al género *Eucalyptus* en diferentes zonas de la República de Guatemala, con el fin de evaluar la productividad de diferentes materiales para encontrar el mejor material clonal en determinado sitio, al contar con estas dos herramientas financieras en el país, se considera indispensable realizar estudios científicos que generen información relevante y confiable.

Con la presente investigación se evaluó el crecimiento de cinco materiales genéticos (clones) de *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake, en su cuarto año de plantación, ubicada en el campus San Pedro Claver, S. J. de la universidad Rafael Landívar

2 MARCO TEÓRICO

2.1 Descripción botánica de la especie

2.1.1 Taxonomía.

De acuerdo con Haston, Richardson, Stevens, Chase & Harris (2009). APG III, clasifica al *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake de la siguiente manera:

Cuadro 1

Clasificación taxonómica del Eucalyptus urophylla

<i>Eucalyptus urophylla</i>	
Reino	Plantae
Clado	Angiosperma
Clado	Eudicotas
Clado	Rosides
Clado	Eurosides II
Orden	Myrtales
Familia	Myrtaceae
Género	<i>Eucalyptus</i>
Especie	<i>Eucalyptus urophylla</i> S.T. Blake

Nombres comunes: Bach dan urophylla (Vietnam); goma blanca Timor, Timor goma de montaña en Brasil, Joker (2004). Citado por Sein y Mitlöhner (2011); Eucalipto Guatemala.

2.1.2 Características

Nieto y Rodríguez (2003), definen *E. Urophylla*, pertenece a la familia de las mirtáceas, es un árbol de rápido crecimiento, que puede alcanzar 15 a más de 20 m de altura y 40 cm de diámetro normal. Presenta una corteza lisa, color crema o manchas rosadas. Las hojas jóvenes son pecioladas, redondeadas a ovoides. Es tolerante a suelos de baja fertilidad y de textura gruesa; no tolera suelos muy arcillosos con capa freática superficial o drenaje deficiente. Crecen mejor en suelos que conservan humedad residual en la estación seca.

2.1.3 Origen y distribución

Eucalyptus urophylla ocurre en Timor y otras islas de Indonesia. Fue introducido a Brasil en 1919, con el nombre de *Eucalyptus alba* y la progenie de esta introducción, se usó para establecer grandes áreas de plantación. La especie pura ha crecido sumamente bien en Brasil, Camerún, La Costa de Marfil y la República Popular del Congo (National Academy of Sciences, 1984).

2.1.4 Rango ecológico

Con relación a su distribución altitudinal, *E. urophylla* se establece de 90 a 3000 msnm y es la más amplia de todas las especies de eucalipto (Wright y Osorio, 1998).

E. urophylla es tolerante a suelos de baja fertilidad y de textura gruesa, no tolera suelos muy arcillosos con capa freática superficial o drenaje deficiente. Crecen mejor en suelos que conservan humedad residual en la estación seca, se adapta a temperaturas medias anuales de 24 a 28 °C. y precipitación anual de 2000 a 3000 mm. Su madera es muy dura y no se rompe fácilmente, es utilizada principalmente para pulpa y tableros. Debido a que la especie no presenta grandes requerimientos edáficos, es útil para la reforestación, tanto para suelos inundados y secos de las partes tropicales (Nieto y Rodríguez, 2003).

2.1.5 Características y uso de la especie

Con base al informe técnico del CATIE (1997), citaron que a pesar de ser uno de los *Eucalyptus* con madera menos densa, la leña de los árboles jóvenes es satisfactoria. El árbol rebrota bien. Los árboles más viejos se usan en construcciones pesadas, también se usan como postes, cercos y como pulpa de papel. Es usado como cortina rompevientos. En Nicaragua, aunque esta especie tiene un buen crecimiento y se ha adaptado a diversas condiciones de sitio, su uso está masificado como en el caso de *Eucalyptus camandulensis*

2.2 Mejora genética

La aplicación de los principios y métodos de la genética a producir árboles mejorados (FAO, 2002).

El mejoramiento genético concatena ciencia con diseños de experimentos para optimizar recursos y mejorar el rendimiento de sistemas forestales tomando como base altura, densidad y poder calorífico. El *Eucalyptus urophylla* tiene una gran posibilidad de combinaciones genéticas, debido a sus características de adaptación y crecimiento en distintos tipos de suelos y clima (Muro, 2016).

El mejoramiento genético tiene como objetivos maximizar características como: i) adaptabilidad de una especie a un sitio potencial, ii) mayor productividad, iii) resistencia a enfermedades y iv) calidad del producto final (Mesén, 1994).

2.3 Clon/clonación

Grupo de plantas derivadas asexualmente de un solo individuo y por consecuencia de constitución genética idéntica. (FAO, 2002).

Consiste en la sistematización de especies vegetales genéticamente idénticas por reproducción asexual para la obtención de material genético de mejor desarrollo. Es el conjunto de plantas genéticamente idénticas, obtenidas todas ellas por propagación vegetativa de un individuo seleccionado y descifrado por un nombre vernáculo procedente de la abreviatura “cl” (FAO, 2003- 2006).

2.4 Plantaciones energéticas

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

Plantación energética; son las plantaciones cuyos productos están dirigidos a ser utilizados como combustibles (INAB, 2014).

2.5 Antecedentes

2.5.1 Antecedentes en el mundo sobre el género *Eucalyptus*

Específicamente en el país de Brasil (Baliza, 2014), realizó un estudio con el objetivo de evaluar el efecto de la edad y calidad del sitio en las variables de crecimiento de los árboles, producción de volumen y biomasa de la especie *Eucalyptus urophylla*, para fines energéticos, al cuarto año, obtuvo los resultados siguientes: Volumen 144.81 (m³/ha) y un IMA de 35.60 (m³/ha⁻¹/año).

Mientras que en México, Ignacio, Vargas, López, & Borja (2005). En un período de tres años de estudio en un ensayo de clones de *E. urophylla* en Las Choapas, estado de Veracruz, se mantuvo una tasa de crecimiento en altura relativamente estable, con un incremento promedio anual de 5.4 m. El diámetro durante los dos años tuvo un incremento promedio anual de casi 5 cm, que se

redujo en el tercer año a 3 cm. El volumen promedio por hectárea al primer año de medición fue de 12.01m³.

En la región de Triângulo Mineiro, Minas Gerais y Brasil. Se llevó a cabo un experimento sobre *Eucalyptus grandis* con seis tratamientos. Los parámetros evaluados fueron diámetro a la altura del pecho y crecimiento en altura, se evaluaron durante el período de cinco años de experimentación, encontrando para el cuarto año un DAP de 16.70 cm. para el tratamiento (E-IR-B). y el tratamiento (E-IR-A) presento una altura de 24.12 metros, para el mismo periodo evaluado (AGRIAMBI, 2012).

El (CATIE, 1986), realizó investigaciones en donde se seleccionó 24 especies promisorias, para la producción de leña y otros fines en diferentes zonas de América Central, dentro de estas especies se encuentra el *Eucalyptus* que tiene como fin la producción de biomasa, esta información proviene de aproximadamente 660 unidades experimentales entre ensayos y parcelas.

2.5.2 Antecedentes en Guatemala sobre el género *Eucalyptus*

En Guatemala se han realizado varios estudios científicos con respecto a la introducción del genero *Eucalyptus* en el país, los principios de la introducción de la especie forestal *Eucalipto urophylla*, según García, De Souza y Abad (2014), fue en el año 2008 esto realizado por la empresa guatemalteca PLANFORGUA, a la finca Monterrey ubicada en Guatemala y finca Los Cocos ubicada en Zacapa. Reportan plantación de bosque de *E. urophylla* AR-09 (código que maneja la empresa) finca Monterrey, Guatemala, edad de 6 años, un incremento media anual total (IMA TOT) de 192 m³/ha, a los 5 años. Las plantaciones de *E. urophylla* de PLANFORGUA en las dos fincas presentaron excelente desarrollo y sanidad.

Otro estudio fue presentado por (Daetz, 2015), realizado en la finca Setzac, Lanquin, Alta Verapaz, teniendo como material experimental, un clon procedente de *Eucalyptus camaldulensis* y *E. pellita*, 5 clones procedentes de *E. urophylla*, 3 clones procedentes del híbrido *urocal* y dos materiales procedentes de semillas de *E. camaldulensis* y *E. urophylla* Con el objetivo de evaluar el crecimiento, desarrollo y adaptabilidad en el sitio, obteniendo los siguientes resultados: No se

han encontrado diferencias estadísticas significativas, el clon 1214 fue el material que durante los doce meses de medición, presentó medias de 4.54m en altura total, 5.45cm en DAP, 7.63m³ en volumen por hectárea 82% de supervivencia.

En las instalaciones del Campus San Pedro Claver S.J. de la Universidad Rafael Landívar, se realizó una investigación sobre *Eucalyptus urophylla* ST. Blake durante el primer año de establecimiento. Los resultados obtenidos fueron: sobrevivencia en todos los materiales clonales con 85%; el crecimiento en DAP oscila entre 2.59 y 3.32 cm; la altura total de 3.14 hasta 4.68 m, 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 m³ ha⁻¹ y biomasa entre 0.73 y 1.77 toneladas ha⁻¹ (García, 2016).

Otra investigación relacionada fue el que efectuó (de la Vega, 2016) realizado, en la finca Sacsuja, La Tinta, Alta Verapaz. Consistió en evaluar el crecimiento de materiales genéticos de *Eucalyptus urophylla*. Encontrando como resultado que el clon 1066, presentaron mejores resultados estadísticos, las medias de las variables de crecimiento para éste clon fueron: 20.10 cm para DAP, 9.09 m para altura y 0.94 volumen/parcela para volumen.

Se realizó un estudio donde el propósito fue determinar el consumo de leña en el proceso de secado de cardamomo (*Elettaria cardamomum* L. Maton) en un año de cosecha (2012-2013), en Santa Catalina La Tinta, Alta Verapaz. El volumen total de leña consumida por el total de las 27 agroindustrias fue de 4,635.78 m³ para el período evaluado (Aguilar, 2016).

Otro fenómeno de alto consumo de leña, obedece a que la mayor parte de la población vive en el área rural y cuenta con escasos recursos económicos, lo que le impide tener acceso a otras fuentes energéticas. Tradicionalmente, se utiliza un tipo de estufa para cocción, conocida como “Tres Piedras”. En Guatemala el uso de leña para la cocción de alimentos no se realiza de forma eficiente (de cada 100 unidades de calor generado por leño, se pierden 92 unidades) (INAB, IARNA, URL, FAO, GFP, 2012).

3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO

3.1 Planteamiento del problema

Guatemala posee 3,722,595 hectáreas de cobertura forestal, lo que representa el 34.2% del territorio (INAB, CONAP, UVG y URL, 2012). Sin embargo, el IARNA-URL (2012), reportó que la tasa bruta de deforestación entre 2001 y 2006 fue de 2.63%, en todo el país.

En el departamento de Alta Verapaz se registra un consumo y/o demanda de leña en el área urbana de 72,781.16 toneladas de base seca y en el área de rural 934,889.50 toneladas de base seca dando esto un total de 1,007,670.66 toneladas en base seca de demanda, para el sector residencial. (INAB, IARNA, URL, FAO y GFP, 2012).

Posteriormente INAB (2015), reporta que en Guatemala la oferta anual de leña es de 17.96 millones de metros cúbicos, proveniente de bosques naturales (85%), plantaciones forestales (14%) y residuos de la industria (1%). La demanda anual se estima en 27.98 millones de metros cúbicos y proviene de la demanda doméstica rural (85%), doméstica urbana (13%) e industrial (2%).

En la actualidad el consumo de dendroenergía es cada vez más evidente, sin embargo, se pretende y se busca sustituir la utilización de combustibles fósiles considerando otras alternativas, utilizar materiales que sean renovables (biomasa o leña), proveniente de plantaciones establecidas con fines energéticos.

En Guatemala es necesario implementar estudios, investigaciones y/o ensayos de mejoramiento genético, para evaluar el crecimiento de varias especies en diferentes áreas del país, y establecer resultados en el campo. El área donde se ubica el ensayo, no se cuenta con investigaciones precisas con información del comportamiento de *Eucalyptus*.

3.2 Justificación del trabajo

Si bien dentro de las políticas energéticas del país se viene priorizando el aumento de la electrificación rural para la mejora de la calidad de vida de la población, la leña seguirá siendo en el corto y mediano plazo el insumo energético más importante en las comunidades rurales. (INAB, IARNA, URL, FAO, GFP, 2012).

Existen algunas especies que poseen características atractivas para plantaciones de ciclos cortos, como las del género *Eucalyptus*, que tiene un crecimiento rápido (obtención de madera en un ciclo más corto de tiempo), alto poder calorífico, el rebrote y una alta fijación de carbonó. En esta investigación se realizaron pruebas de mejoramiento genético para buscar que clones del género *Eucalyptus* mejor se adaptan a las distintas condiciones climáticas y edáficas en el departamento de Alta Verapaz.

Los progenitores, árboles y clones seleccionados en diferentes procedencias con las características deseadas para una área determinada, no necesariamente darán hijos que mantengan las características deseadas en ambientes donde estos progenitores no fueron seleccionados. De ahí la importancia del establecimiento de ensayos de procedencia y progenies en el área proyectada antes del establecimiento de las plantaciones, para conocer con precisión cuales fuentes de germoplasma tienen los rendimientos más altos en cada ambiente de plantación, y desechar las procedencias y progenitores con rendimientos bajos (CONAFOR, 2011)

Por tal razón se vio la necesidad de realizar la presente investigación de clones en *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake que conlleve a aportar a los sectores: forestal, social y ambiental, de sectores aledaños al área donde fue establecido el ensayo, de tal manera que se trate de disminuir la amenaza hacia los bosques naturales para la obtención de la leña.

4 OBJETIVOS

4.1 General

Evaluar el crecimiento y productividad de cinco materiales genéticos (clones) de *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake, durante su cuarto año de desarrollo, bajo las condiciones del campus San Pedro Claver, S. J. de la universidad Rafael Landívar.

4.2 Específicos

Evaluar el crecimiento de los clones establecidos en el campus San Pedro Claver, S. J. de la universidad Rafael Landívar, luego de cuatro años de haber sido establecido.

Analizar las variables de productividad presentadas por los clones bajo las condiciones del experimento.

5 HIPOTESIS

5.1 Hipótesis alterna (ha):

Al menos un material genético de *Eucalyptus urophylla* alcanzará un crecimiento estadísticamente significativo a los 4 años de desarrollo bajo las condiciones del Campus San Pedro Claver, S. J. de la Universidad Rafael Landívar.

Al menos uno de los materiales genéticos a evaluar presenta diferencias significativas en la variable productividad.

6 METODOLOGÍA

6.1 Localización del trabajo

El ensayo se encuentra establecido en el área del Campus San Pedro Claver, S. J. de la universidad Rafael Landívar. Su ubicación geográfica corresponde a las coordenadas latitud Norte: 15° 25' 58.5" y longitud Oeste 90° 20' 13.0".

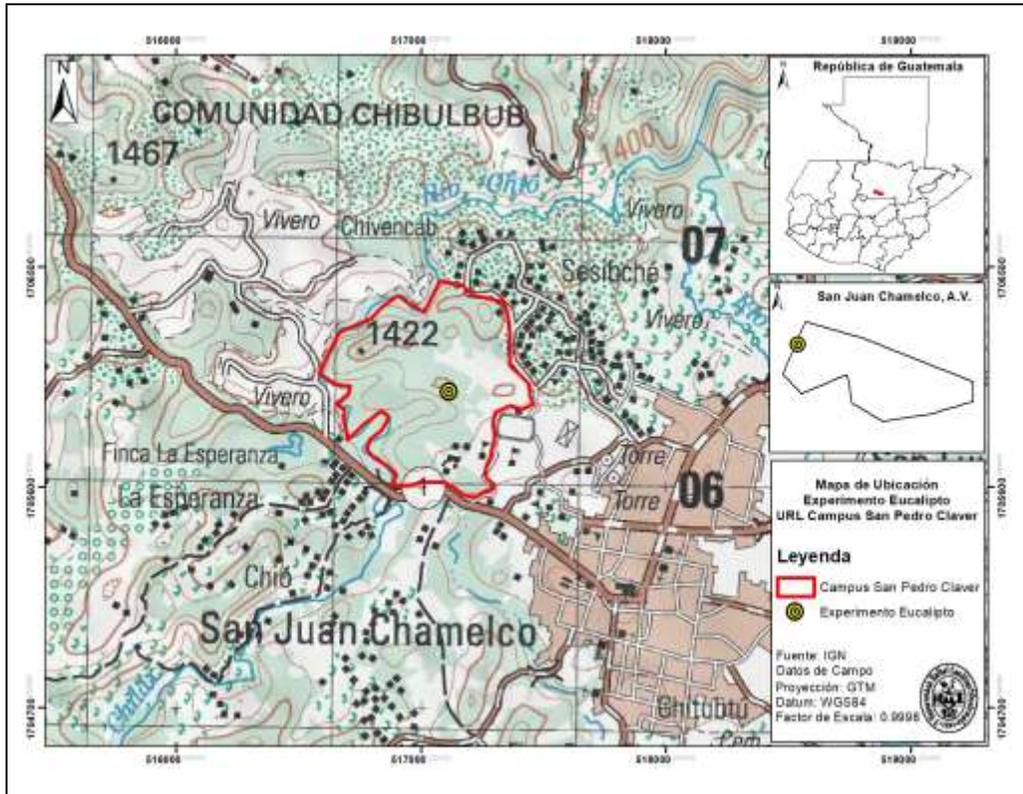


Figura 1 Mapa ubicación área de ensayo.

6.1.1 Zona de vida

De acuerdo con la clasificación de zonas de vida de Holdridge para la República de Guatemala, el área de estudio se ubica dentro de la zona de vida: bosque muy húmedo subtropical frío bmh-S(f) (MAGA, 2002).

6.1.2 Suelos

El área se encuentra dentro de la división fisiográfica tierras calizas altas del norte, el tipo de serie de suelo que se encuentra es entisoles (MAGA, 2002).

Según Simmons, Tarano, y Pinto (1959). Los suelos entisoles presentan horizontes argílicos profundos, oscuros con alto contenido de materia orgánica.

El suelo del municipio de San Juan Chamelco, según la clasificación taxonómica de Guatemala pertenece a la orden de entisoles. Son suelos minerales derivados tanto de materiales aluviónicos como residuales, de textura moderadamente gruesa a fina, de topografía variable entre plana a extremadamente empinada. Son suelos jóvenes desarrollados sobre material parental no consolidado, en general no presentan horizontes genéticos ni de diagnóstico (IARNA, 2010).

6.1.3 Clima y condiciones biofísicas

El área donde fue establecida la plantación sujeta a estudio, se encuentra a una altitud de 1350 metros sobre el nivel del mar, se caracteriza por su clima templado con temperaturas que oscilan entre 15° y 25° centígrados, y una temperatura promedio de 20° centígrados; la precipitación pluvial para esta región es entre 2,000 a 2,500 milímetros anuales (INSIVUMEH, 2015).

6.2 Metodología con base en objetivos

Para evaluar el crecimiento de los tratamientos, se hicieron dos mediciones de diámetro y altura, la primera se realizó a los 3.5 años (abril 2016) de establecida la plantación y la segunda a los 4 años (octubre 2016).

Las variables de productividad para cada de los tratamientos, fueron establecidas a través de la determinación del incremento medio anual (IMA) del volumen.

Posterior a la recopilación de información, se llevó a cabo la tabulación de datos y se realizó el análisis estadístico para conocer los promedios de las variables de respuesta (DAP, altura total, volumen total) de cada tratamiento y material clonal. Luego se realizó el análisis de varianza de las medias obtenidas para determinar si se acepta o rechaza la hipótesis planteada. Para la variable altura total, se conoció el crecimiento por período y comparación en tiempos de 6 meses, utilizando el promedio estimado en cada tratamiento.

En cuanto al volumen total, se utilizaron los promedios de cada tratamiento, para realizar las proyecciones a una hectárea al final del período de estudio. Se realizó análisis de varianza de bloques completamente al azar con un nivel de confianza del 95% utilizando la prueba de Tukey en forma descendente para controlar las medidas, estos se analizaron utilizando Software InfoStat® versión libre 2016.

6.3 Establecimiento del ensayo

El ensayo se estableció en campus San Pedro Claver, S.J.” de la universidad Rafael Landívar; El experimento se plantó durante el mes de octubre del año 2013, a un distanciamiento de 2 X 3 metros con un total de 750 plantas (270 plantas netas) que conforman el ensayo.

6.4 Material experimental

Los materiales utilizados son cinco clones de *Eucalyptus urophylla* S.T Blake, que fueron proporcionados por la empresa Pilonos de Antigua, S.A., encargada de producir en tubete con cavidades de 110 cc. Los materiales utilizados se identificarán mediante la siguiente nomenclatura: 980, 1214, 1084, 966 y 1066, distribuidos al azar en 6 bloques y 5 tratamiento cada material experimental.

6.5 Factores a estudiar

Los clones de *Eucalyptus urophylla* fueron distribuidos en cinco tratamientos o modalidades y para evaluar el factor se utilizaron las siguientes variables de respuesta:

- Diámetro a la altura del pecho DAP (cm)
- Altura total (m)
- Volumen por hectárea (m³/ha)

6.6 Descripción de los tratamientos

La investigación se desarrolló con 6 bloques y 5 tratamientos de clones. Dentro de cada unidad experimental hay 25 plantas, de las cuales 9 son netas a evaluar y 16 plantas son las denominadas plantas de borde.

Cuadro 2
Identificación y número de plantas por tratamiento.

Tratamiento	Clon	Plantas
T1	1084	150
T2	980	150
T3	1066	150
T4	966	150
T5	1214	150

Fuente: (García, 2016).

6.7 Diseño experimental

Tomando en consideración la gradiente de inclinación en un sector del terreno donde se estableció la plantación a evaluar (<15%), se tomó la decisión de utilizar el diseño de bloques completos al azar. Este experimento cumple con los tres principios de la experimentación: repetición, aleatorización y control local.

6.8 Modelo estadístico

El modelo estadístico utilizado para el análisis correspondiente fue el siguiente:

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

Siendo:

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

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

τ_i = efecto del i -ésimo material clonal.

β_j = efecto del j -ésimo bloque.

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

6.9 Unidad experimental

Cada unidad experimental está representada por una parcela rectangular con una superficie de 150 metros cuadrados. Cada unidad experimental está conformada por 25 plantas totales, de las cuales, 16 se encuentran localizadas en el borde de cada unidad; por lo tanto, cada unidad cuenta con 9 plantas netas.

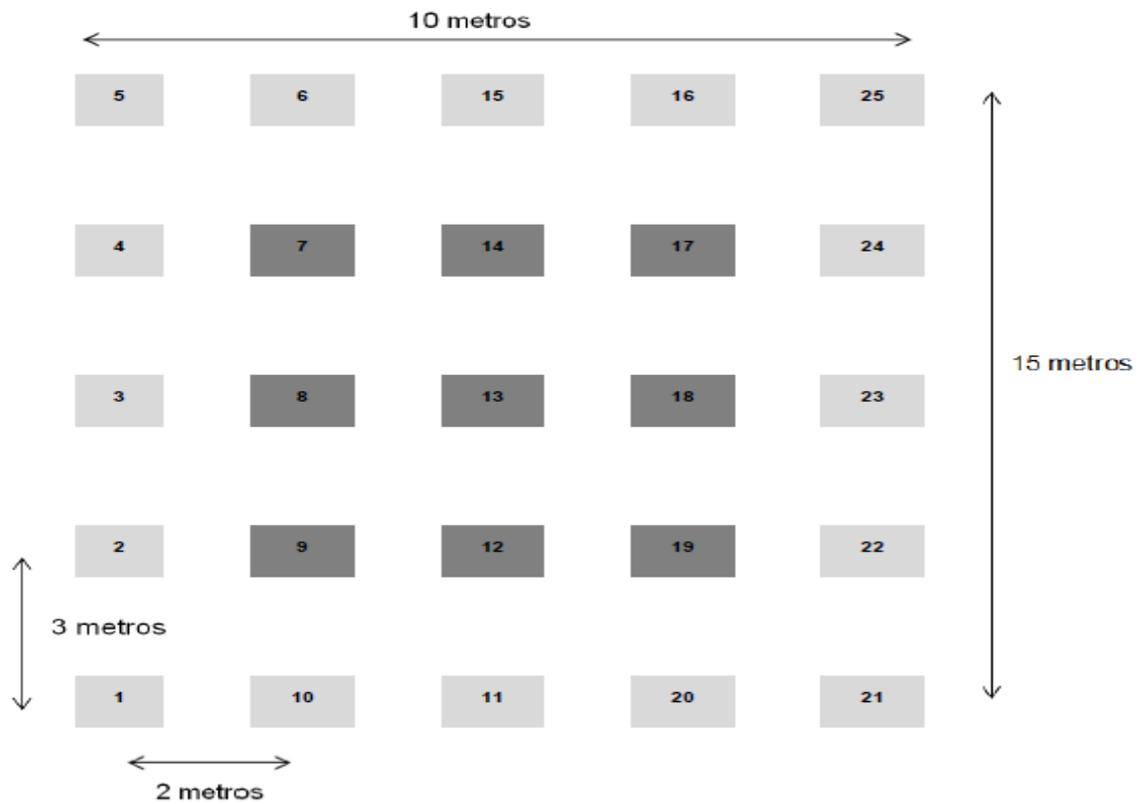


Figura 2. Representación de las unidades experimentales (gris claro: plantas de borde, gris oscuro: plantas netas).

6.10 Croquis de campo

La figura 3 presenta la estructura de las unidades experimentales y la distribución de los 5 tratamientos, cada tratamiento se asignó de forma aleatoria en los 6 bloques.

T1	T5	T2	T4	T3	Bloque 6					
T4	T5	T1	T2	T3	Bloque 5					
T4		T5		T3		T2		T1		Bloque 4
T5		T4		T3		T1		T2		Bloque 3
T3	T2	T1	T4	T5	T1	T4	T3	T2	T5	
Bloque 1					Bloque 2					

Figura 3. Croquis de campo: aleatorización de las 30 unidades experimentales. García 2016. Reimpreso con permiso.

6.11 Bloques o repeticiones

Se establecieron 6 repeticiones o bloques, con 5 tratamientos cada uno.

6.12 Manejo del experimento

El manejo de la plantación durante el período que duró el estudio, estuvo dirigido principalmente al control; de malezas, plagas, enfermedades, prevención y control.

6.12.1 Control de malezas

Esta actividad consistió principalmente en la eliminación y despeje de malezas (pastos y matorrales) presentes en el área de la plantación, considerando que esta misma pudo afectar el crecimiento y desarrollo del experimento. Esta actividad se realizó durante todo el periodo que se llevó a cabo la investigación, realizando limpiezas totales en toda el área, la forma de control de malezas se realizó a través del control mecánico.

En el control mecánico se utilizaron herramientas manuales tales como machetes, las cuales fueron empleados principalmente para la eliminación de vegetación indeseada, teniendo en cuenta que la principal ventaja es que no se incorporaron químicos al suelo y al agua.

6.12.2 Control de plagas y enfermedades

Los recorridos realizados dentro y al rededor del área donde se localiza el experimento de clones de eucalipto durante la fase de investigación no se detectó ningún tipo de amenaza de plaga o enfermedad.

6.12.3 Identificación del ensayo

Para identificar el experimento y cada uno de los tratamientos se colocaron rótulos con la información exclusiva de cada uno. Esto sirvió para tener el control de cada unidad experimental con el fin de mantener el orden en la toma de datos en campo.

6.13 Variables respuesta

Las mediciones realizadas fueron para determinar el crecimiento de los cinco materiales genéticos, evaluando el desarrollo, productividad de los materiales y volumen total por hectárea. Estas mediciones se realizaron dos veces durante los siguientes meses: abril y octubre de 2,016 (cuatro años de establecimiento).

6.13.1 Diámetro a la altura del pecho

La medición del diámetro son medidas básicas en cualquier árbol. Esto sirve de base para medición y estimación de área basal, volumen, crecimiento, clasificación, etc.

Sabiendo que la medida más típica del diámetro de un árbol es el diámetro a la altura del pecho que se representa abreviando con las letras DAP, con esta medida se conoció el diámetro que

tiene el fuste del árbol a la altura de 1,30 metros sobre el nivel del suelo. La medición de los diámetros se realizó utilizando cinta métrica obteniendo la circunferencia de cada fuste y con un bastón que de 1.30 metros del suelo. Para obtener el diámetro fue necesario ingresar todos los datos de las circunferencias en una hoja de cálculo (excel) para luego dividirlos entre π (Pi).

6.13.2 Altura total

Considerando que la altura es una variable necesaria para estimar el volumen, crecimiento para la clasificación de sitio, etc. Para este estudio fue necesario la medición de la altura total en dos ocasiones: 3 años y medio y a los 4 años de desarrollo de la plantación, esta actividad consistió principalmente en la medición del árbol desde la base hasta el ápice de la copa del árbol. Para ello, se utilizó un hipsómetro, para facilitar las lecturas y minimizar los errores en las mediciones, esto se realizó a una distancias de 15 y 20 metros de la base del árbol.

6.13.3 Volumen

Habiendo obtenido los datos de altura total y diámetro, mediante el uso de ecuaciones para la estimación del volumen de plantaciones, se estimó el volumen individual de los árboles, utilizando la ecuación: $V = AB \times H \times F$.

Dónde:

- V = Volumen en metros cúbicos.
- AB = Área Basal a 1.30 metros de la base del árbol
- H = Altura total.
- F = El factor de forma utilizado 0.45.

6.13.4 Volumen total

El volumen total se obtuvo de la sumatoria del volumen de cada uno de los árboles para cada tratamiento y bloque del experimento.

6.14 Análisis de información

Luego de efectuadas las mediciones de las variables en campo se generó una base de datos, ingresando todos los valores de las variables evaluadas de forma ordenada en el programa Excel 2013 de Microsoft Office®.

6.14.1 Análisis estadístico

El objetivo fue evaluar el crecimiento, desarrollo y productividad de los materiales genéticos mediante análisis comparativo entre sí; se procedió a evaluar las medias aritméticas de altura total, DAP y volumen por hectárea de cada tratamiento. Por ende, se realizó el análisis de varianza de bloques completos al azar con un nivel de confianza del 95% utilizando la prueba de Tukey en forma descendente para confrontar las medias. El análisis estadístico se realizó con el Software InfoStat® versión libre 2016 para la aplicación de la regla de decisión se utiliza: Si el valor de $F \geq F$ crítica (gl tratamiento; gl error; α) se rechaza la hipótesis nula (H_0).

7 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

7.1 Evaluación de las variables dasométricas del *Eucalyptus urophylla*

El desarrollo de cada material clonal se evaluó realizando mediciones de altura y diámetro a la altura del pecho del fuste de la totalidad de plantas netas que conforman el experimento para la proyección del volumen en m³/ha.

7.2 Análisis del diámetro a la altura del pecho (DAP)

Para obtener una comparación real del DAP se realizaron dos mediciones: 3 años y 6 meses y a los 4 años de establecimiento la plantación.

7.2.1 Análisis DAP a los 3 años y 6 meses de desarrollo.

Cuadro 3

Promedios DAP a los 3 años y 6 meses de desarrollo

TRATAMIENTO	BLOQUE	DAP (cm)	TRATAMIENTO	BLOQUE	DAP (cm)
T1	I	9.17	T1	IV	9.38
T2	I	11.01	T2	IV	12.71
T3	I	11.14	T3	IV	8.74
T4	I	12.63	T4	IV	12.42
T5	I	8.61	T5	IV	9.76
T1	II	9.11	T1	V	6.54
T2	II	11.15	T2	V	9.41
T3	II	7.96	T3	V	10.81
T4	II	10.50	T4	V	12.97
T5	II	8.70	T5	V	6.00
T1	III	10.12	T1	VI	10.44
T2	III	11.68	T2	VI	9.84
T3	III	10.01	T3	VI	8.16
T4	III	13.31	T4	VI	10.25
T5	III	10.40	T5	VI	6.70

En el cuadro anterior se presentan los resultados de las medias del diámetro a la altura del pecho, correspondiente a los 3 años y 6 meses de desarrollo, para luego realizar el análisis estadístico que a continuación se detalla.

Para determinar la significancia que existe entre los tratamientos para la variable DAP a los 3 años y 6 meses, se realizó un análisis de varianza SC Tipo I.

Cuadro 4

Análisis de varianza (SC Tipo I) para el DAP a los 3 años y 6 meses

Fuentes de variación	gl	SC	CM	F	p-valor
Tratamiento	4	52.29	13.07	8.47	0.0004
Bloque	5	18.44	3.69		
Error	20	30.88	1.54		
Total	29	101.61			

De acuerdo a los resultados expresados en el cuadro 3, luego de aplicar el ANDEVA con un nivel significancia del 5% se encontraron diferencias estadísticamente significativas (p-valor 0.0004), en los materiales para la variable DAP a los 3 años y 6 meses de desarrollo, esto hace referencia a que los materiales evaluados no se comportaron de igual manera. El coeficiente de variación calculado por el error experimental fue de 12.44 %.

Agregado a lo anterior se evaluó el resultado fundamentándose en el valor de F el cual es de 8.47, lo que indica que es mayor que F crítica de la tabla, el cual es de 2.87, lo que indica que los materiales evaluados no se comportaron de igual forma.

Cuadro 5

Prueba de Tukey para la variable DAP a los 3 años y 6 meses

Tratamiento	Medias DAP (cm)	n			
966 (T4)	12.01	6	A		
980 (T2)	10.97	6	A	B	
1066 (T3)	9.47	6		B	C
1084 (T1)	9.13	6		B	C
1214 (T5)	8.36	6			C

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

A los 3 años y 6 meses de desarrollo, de acuerdo con los resultados expresados en el cuadro 5, el clon 966 (T4) presentó los mejores resultados de DAP con un promedio de 12.01 centímetros en el grupo A, el clon 980 (T2) presenta promedios de 10.97 centímetros en el grupo AB, los clones

1066 (T3) y 1084 (T1) presenta promedios de 9.47 y 9.13 respectivamente en el grupo BC y el clon 1214 (T5) presenta medias de 8.36 centímetros en el grupo C.

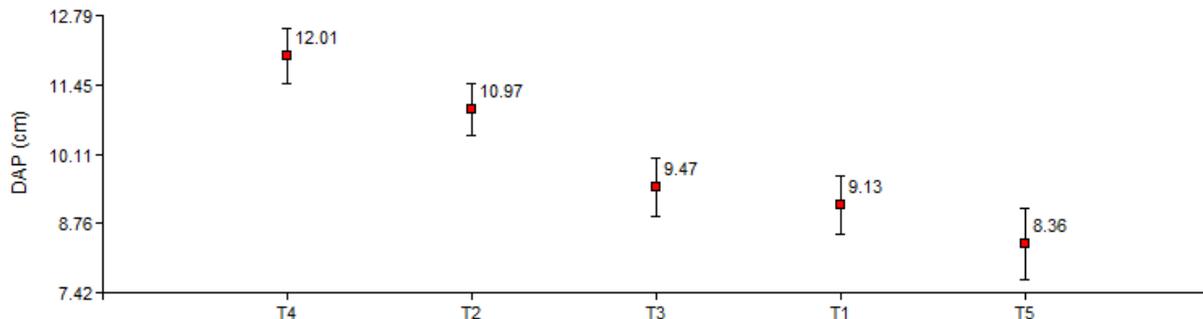


Figura 4. Diámetros a los 3 años y 6 meses de establecimiento por tratamientos

Según lo muestra la gráfica con 12.01 centímetros de DAP, el (T4) seguido por el (T2) con una media de 10.97 centímetros se considera una diferencia de 1.04 centímetros de DAP de promedio entre un tratamiento y otro, lo cual hace al (T4) como el mejor de los materiales evaluados.

7.2.2 Análisis DAP a los 4 años de desarrollo

Cuadro 6

Promedios DAP a los 4 años de desarrollo

TRATAMIENTO	BLOQUE	DAP (cm)	TRATAMIENTO	BLOQUE	DAP (cm)
T1	I	9.47	T1	IV	9.79
T2	I	12.07	T2	IV	13.99
T3	I	11.90	T3	IV	9.43
T4	I	13.86	T4	IV	13.23
T5	I	9.24	T5	IV	10.32
T1	II	9.69	T1	V	6.95
T2	II	12.24	T2	V	10.39
T3	II	8.45	T3	V	11.81
T4	II	10.94	T4	V	14.01
T5	II	9.11	T5	V	6.44
T1	III	10.35	T1	VI	11.51
T2	III	12.65	T2	VI	11.10
T3	III	10.76	T3	VI	8.88
T4	III	14.03	T4	VI	11.35
T5	III	11.06	T5	VI	7.29

En el cuadro anterior se presentan los resultados de las medias del diámetro a la altura del pecho, correspondiente a los 4 años de desarrollo, a continuación se detalla el análisis estadístico aplicado a esta variable.

Para determinar la significancia que existe entre los tratamientos para la variable DAP a los 4 años, se realizó un análisis de varianza SC Tipo I.

Cuadro 7

Análisis de Varianza (SC Tipo I) para el DAP a los 4 años

Fuentes de variación	gl	SC	CM	F	p-valor
Tratamiento	4	67.99	17.00	8.74	0.0003
Bloque	5	16.84	3.37		
Error	20	38.73	1.94		
Total	29	123.56			

Luego de aplicar el análisis de varianza con un nivel significancia del 5% se determina que se encontraron diferencias estadísticamente significativa (p-valor 0.0003), los resultados presentan un coeficiente de variación (CV) de 12.95%.

Cuadro 8

Prueba de Tukey para la variable DAP a los 4 años

Tratamiento	Medias DAP (cm)	n			
966 (T4)	12.90	6	A		
980 (T2)	12.07	6	A	B	
1066 (T3)	10.21	6		B	C
1084 (T1)	9.63	6			C
1214 (T5)	8.91	6			C

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

En el cuarto año de desarrollo, de acuerdo con los resultados expresados en el cuadro anterior, el clon 966 (T4) presentó los mejores resultados de DAP con un promedio de 12.90 centímetros en el grupo A, el clon 980 (T2) presenta un promedio de 12.07 centímetros situándose en el grupo AB, en cuanto al clon 1066 (T3) presenta promedios de 10.21 catalogándolo en el grupo BC,

mientras que los clones 1084 (T1) y 1214 (T5) presenta medias de 9.63 y 8.91 centímetros respectivamente encontrándose en el grupo C.

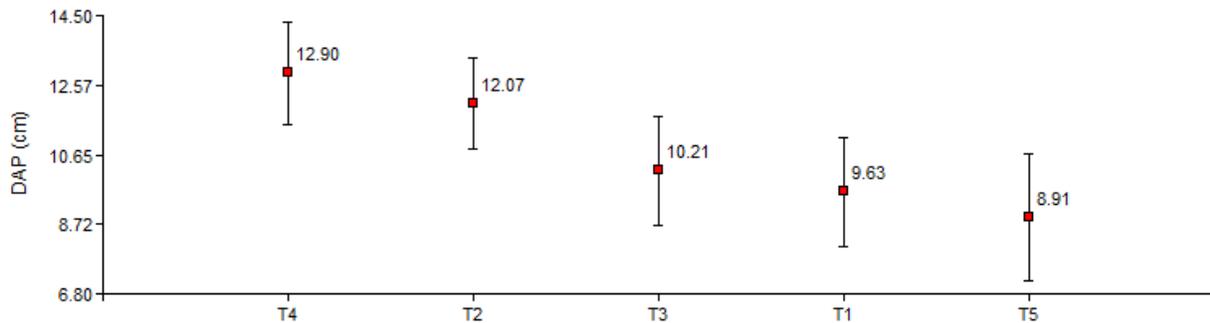


Figura 5. Diámetros a los 4 años de establecimiento por tratamientos

Como lo muestra la gráfica anterior con un DAP promedio de 12.90 centímetros el (T4) nuevamente presento los mejores resultados para esta variable, aumentando en un período de seis meses 0.89 centímetros y en un período de un año aumento 1.84 centímetros.

7.3 Análisis de la altura total

Este análisis permite conocer las características de desarrollo en tiempos definidos, mediante la comparación de promedios de altura en los tratamientos.

7.3.1 Análisis de la altura a los 3 años y 6 meses de desarrollo.

Cuadro 9

Promedios altura a los 3 años y 6 meses de desarrollo

TRATAMIENTO	BLOQUE	ALTURA (m)	TRATAMIENTO	BLOQUE	ALTURA (m)
T1	I	10.18	T1	IV	11.36
T2	I	14.00	T2	IV	16.17
T3	I	13.61	T3	IV	10.31
T4	I	16.22	T4	IV	16.94
T5	I	13.50	T5	IV	13.50
T1	II	11.42	T1	V	8.86
T2	II	13.57	T2	V	14.89
T3	II	9.69	T3	V	14.40
T4	II	12.13	T4	V	16.11
T5	II	11.97	T5	V	9.56
T1	III	12.22	T1	VI	11.14
T2	III	14.05	T2	VI	14.06
T3	III	11.39	T3	VI	9.89
T4	III	18.22	T4	VI	14.56
T5	III	15.56	T5	VI	10.28

Las medias para la variable altura, correspondientes a los 3 años y 6 meses de haber sido establecido el ensayo se presentaron en el cuadro anterior. Para luego realizar el análisis estadístico que se detalla a continuación.

Para determinar la significancia que existe entre los tratamientos para la variable altura se realizó el análisis de varianza SC Tipo I.

Cuadro 10

Análisis de varianza (SC Tipo I) de altura total a los 3 años y 6 meses

Fuentes de variación	gl	SC	CM	F	p-valor
Tratamiento	4	98.59	24.65	9.10	0.0002
Bloque	5	24.86	4.97		
Error	20	54.20	2.71		
Total	29	177.65			

Conforme al cuadro 10, luego de aplicar el ANDEVA con un nivel de significancia del 5% se encontraron diferencias estadísticamente significativas (p-valor 0.0002) en los materiales para la variable altura total a los 3 años y 6 meses de desarrollo. El coeficiente de variación (CV) fue 12.67%.

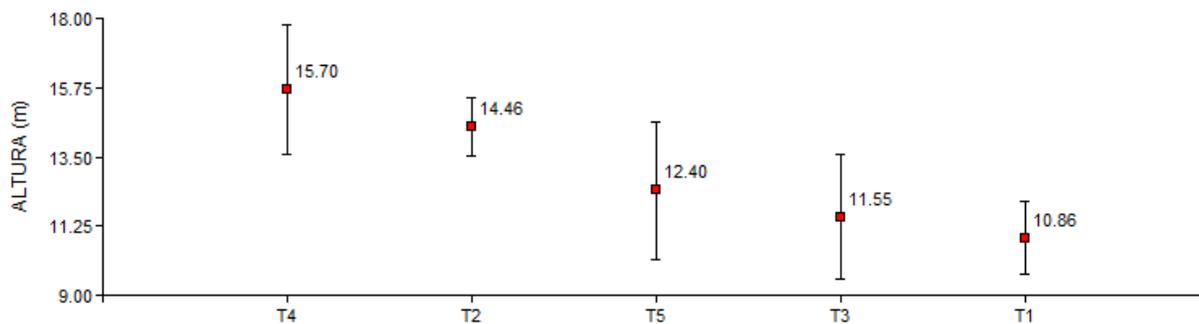
Cuadro 11

Prueba de Tukey para la variable altura a los 3 años y 6 meses

Tratamiento	Medias Altura (m)	n			
966 (T4)	15.70	6	A		
980 (T2)	14.46	6	A	B	
1214 (T5)	12.40	6		B	C
1066 (T3)	11.55	6		B	C
1084 (T1)	10.86	6			C

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

En base a los resultados del análisis al finalizar los 3 años y 6 meses de desarrollo, se determinó que el clon 966 (T4) presentó el mejor promedio de altura con 15.70 metros, encontrándose en el grupo A, el clon 980 (T2) con un promedio de 14.46 metros, se sitúa en el grupo AB, mientras que los clones 1214 (T5) y 1066 (T3) presentaron promedios de 12.40 y 11.55 respectivamente se sitúan en el grupo BC, por último el clon 1084 (T1) presentó un promedio de 10.86 metros situándolo como único en el grupo C.

*Figura 6.* Alturas a los 3 años y 6 meses de establecimiento por tratamientos

El clon 966 (T4) reveló una altura promedio de 15.70 metros, hace tenga una diferencia de 4.84 metros en comparación con el clon 1084 (T1) que presento una altura promedio de 10.86 metros.

7.3.2 Análisis de la altura a los 4 años de desarrollo.

Cuadro 12

Promedios alturas a los 4 años de desarrollo

TRATAMIENTO	BLOQUE	ALTURA (m)	TRATAMIENTO	BLOQUE	ALTURA (m)
T1	I	10.88	T1	IV	11.92
T2	I	14.60	T2	IV	16.82
T3	I	14.33	T3	IV	10.96
T4	I	16.93	T4	IV	17.62
T5	I	14.25	T5	IV	14.09
T1	II	12.10	T1	V	9.49
T2	II	14.40	T2	V	15.36
T3	II	10.45	T3	V	14.86
T4	II	12.70	T4	V	16.79
T5	II	12.44	T5	V	9.90
T1	III	12.96	T1	VI	11.61
T2	III	14.52	T2	VI	14.60
T3	III	11.98	T3	VI	10.42
T4	III	19.03	T4	VI	14.99
T5	III	16.50	T5	VI	10.73

Las medias para la variable altura, propios al cuarto año de haber sido establecido el ensayo se presentaron en el cuadro anterior. Para luego realizar el análisis estadístico que se detalla a continuación.

En base al cuadro anterior el cual contiene las medias de cada uno de los tratamientos de la variable altura correspondiente al cuarto año de desarrollo, para determinar la significancia que existe entre los tratamientos se realizó el análisis de varianza SC Tipo I.

Cuadro 13

Análisis de varianza (SC Tipo I) de altura total a los 4 años

Fuentes de variación	GI	SC	CM	F	p-valor
Tratamiento	4	98.99	24.75	8.58	0.0003
Bloque	5	27.77	5.55		
Error	20	57.70	2.88		
Total	29	184.43			

Luego de aplicar el ANDEVA con un nivel de significancia del 5% se encontraron diferencias estadísticamente significativas (p-valor 0.0003) en los materiales para la variable altura total a los 4 años de desarrollo. El coeficiente de variación (CV) fue de 12.48%.

Cuadro 14
Prueba de Tukey para la variable altura a los 4 años

Tratamiento	Medias Altura (m)	n			
966 (T4)	16.34	6	A		
980 (T2)	15.05	6	A	B	
1214 (T5)	12.99	6		B	C
1066 (T3)	12.17	6		B	C
1084 (T1)	11.49	6			C

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

En base a los resultados del análisis al finalizar el cuarto año de desarrollo, se reafirma que el clon 966 (T4) presentó el mejor promedio de altura con 16.34 metros, encontrándose en el grupo A, el clon 980 (T2) con un promedio de 15.05 metros, se sitúa en el grupo AB, mientras que los clones 1214 (T5) y 1066 (T3) presentaron promedios de 12.99 y 12.17 respectivamente se sitúan en el grupo BC, por último, el clon 1084 (T1) presentó un promedio de 11.49 metros situándose en el grupo C.

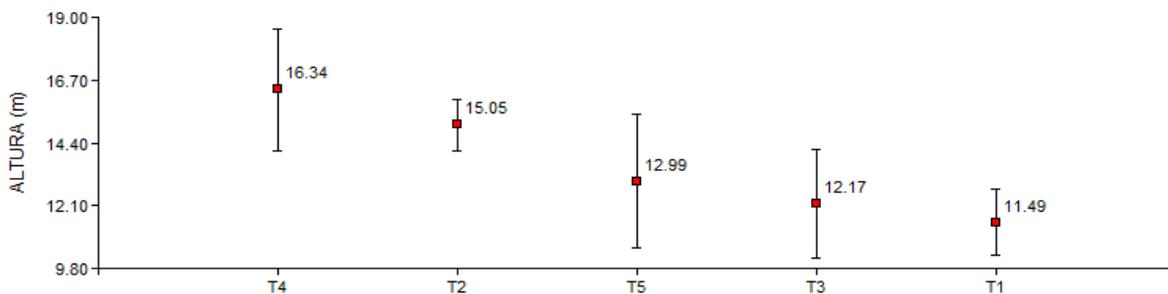


Figura 7. Alturas a los 4 años de establecimiento por tratamientos

Al finalizar los 4 años de desarrollo el clon 966 (T4) presento una altura promedio de 16.34 metros esto hace que en un semestre obtuvo un aumento de 0.64 metros, mientras que en el período de un año aumento 3.04 metros de altura esto con relación a los resultados del tercer año de evaluación.

7.4 Productividad

La productividad se estimó mediante la cuantificación del volumen por hectárea que produjo cada material clonal durante el período de evaluación.

7.4.1 Análisis de volumen por hectárea

Se realizaron proyecciones de volumetría por hectárea (m³/ha) para efectos de evaluación y presentación de resultados mediante el análisis de varianza SC Tipo I y prueba de medias de Tukey por tratamientos.

7.4.2 Volumen a los 3 años y 6 meses de desarrollo

Para determinar la significancia que existe entre los tratamientos para la variable volumen por hectárea (m³/ha) se realizó el análisis de varianza a través de las medias evidenciadas en el cuadro número 15.

Cuadro 15

Promedios volumen a los 3 años y 6 meses de desarrollo

TRATAMIENTO	BLOQUE	VOL (m ³ /ha)	TRATAMIENTO	BLOQUE	VOL (m ³ /ha)
T1	I	137.66	T1	IV	150.73
T2	I	233.17	T2	IV	364.01
T3	I	235.63	T3	IV	98.06
T4	I	352.15	T4	IV	372.87
T5	I	118.18	T5	IV	194.95
T1	II	99.33	T1	V	51.34
T2	II	77.06	T2	V	179.94
T3	II	73.74	T3	V	225.60
T4	II	119.75	T4	V	383.18
T5	II	122.43	T5	V	49.46
T1	III	171.76	T1	VI	133.92
T2	III	174.71	T2	VI	211.20
T3	III	153.97	T3	VI	90.96

T4	III	434.27	T4	VI	206.04
T5	III	230.89	T5	VI	65.78

Las medias para la variable volumen, conforme a los 3 años y 6 meses de haber sido establecido el ensayo, se presentaron en el cuadro anterior. Para luego realizar el análisis estadístico que a continuación se detalla.

En base al cuadro anterior el cual contiene las medias de cada uno de los tratamientos de la variable volumen propio a los 3 años y 6 meses de desarrollo, para determinar la significancia que existe entre los tratamientos se realizó el análisis de varianza SC Tipo I.

Cuadro 16

Análisis de varianza (SC Tipo I) de vol. total a los 3 años y 6 meses

Fuentes de variación	gl	SC	CM	F	p-valor
Tratamiento	4	173.81	43.45	6.33	0.0018
Bloque	5	107.10	21.42		
Error	20	137.34	6.87		
Total	29	418.25			

Luego de aplicar el ANDEVA con un nivel de significancia del 5% se encontró diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.0018$) en los tratamientos para la variable volumen por hectárea, el coeficiente de variación calculado para el error experimental fue de 20.11%, para alcanzar este valor de coeficiente de variación fue necesario realizar una transformación de los datos obtenidos de las unidades experimentales aplicando la raíz cuadrada al promedio de cada tratamiento, este procedimiento se realizó en el Software INFOSSTAT®.

Cuadro 17

Prueba de Tukey para la variable volumen a los 3 años y 6 meses

Tratamiento	Medias Vol (m3/ha)	Raíz m3/ha	n		
966 (T4)	311.38	17.30	6	A	
980 (T2)	206.68	14.05	6	A	B
1066 (T3)	146.33	11.80	6		B
1214 (T5)	130.28	11.04	6		B
1084 (T1)	124.12	10.97	6		B

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

A los 3 años y 6 meses de establecimiento y de acuerdo al cuadro 17, el clon 966 (T4) presenta la mejor productividad forestal con media en volumen de 311.38 m³/ha situándose en el grupo A. El clon 980 (T2) con 206.68 m³/ha se sitúa en el grupo AB como segundo tratamiento con mejores resultados en volumetría. En cuanto a los clones 1066 (T3), 1214 (T5) y 1084 (T1) con medias de 146.33 m³/ha, 130.28 m³/ha, y 124.12 m³/ha, respectivamente pertenecen al grupo B.

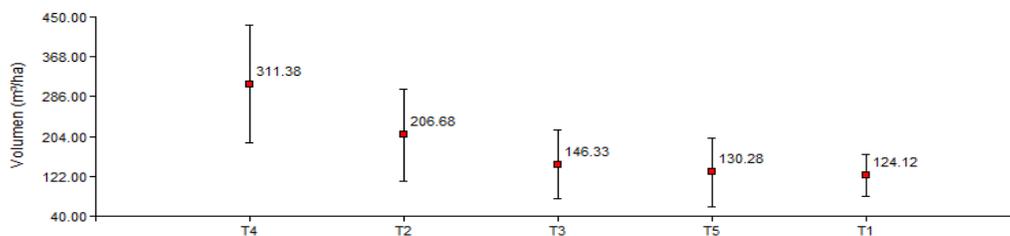


Figura 8. Volumen a los 3 años y 6 meses de establecimiento por tratamientos

La grafica muestra claramente al clon 966 (T4) como el mejor material con un volumen promedio de 311.38 m³/ha, encontrándose muy distante del clon 1084 (T1) con una media de 124.12 m³/ha, en esta etapa de desarrollo e investigación.

7.4.3 Volumen a los 4 años de desarrollo

La significancia que existió entre los tratamientos y la variable volumen, se evaluó mediante un análisis de varianza a los 4 años a través de las medias evidenciadas en el cuadro número 18.

Cuadro 18

Promedios Volumen a los 4 años de desarrollo

TRATAMIENTO	BLOQUE	VOL (m ³ /ha)	TRATAMIENTO	BLOQUE	VOL (m ³ /ha)
T1	I	155.90	T1	IV	171.05
T2	I	293.93	T2	IV	461.35
T3	I	283.59	T3	IV	120.73
T4	I	443.77	T4	IV	438.70
T5	I	143.65	T5	IV	224.95
T1	II	102.21	T1	V	61.19
T2	II	102.51	T2	V	226.22
T3	II	89.66	T3	V	280.05
T4	II	135.63	T4	V	465.20
T5	II	139.55	T5	V	58.60
T1	III	191.05	T1	VI	170.05
T2	III	212.40	T2	VI	280.26

T3	III	188.88	T3	VI	114.11
T4	III	506.73	T4	VI	263.93
T5	III	277.05	T5	VI	80.59

Las medias para la variable volumen, conforme a los 4 años de haber sido establecido el ensayo, se presentaron en el cuadro anterior. Para luego realizar el análisis estadístico que a continuación se detalla.

En base al cuadro número 18, el contiene las medias de volumen a los 4 años de desarrollo, se realizó el análisis de varianza SC Tipo I para determinar la significancia que existe entre los tratamientos.

Cuadro 19

Análisis de varianza (SC Tipo I) de volumen total a los 4 años

Fuentes de variación	gl	SC	CM	F	p-valor
Tratamiento	4	226.89	56.72	6.81	0.0012
Bloque	5	127.43	25.49		
Error	19	166.52	8.33		
Total	28	520.84			

Posterior de aplicar el ANDEVA con un nivel de significancia del 5% se encontró diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.0012$) en los tratamientos para la variable volumen por hectárea, el coeficiente de variación calculado para el error experimental fue de 20.13%, para alcanzar este valor de coeficiente de variación fue necesario realizar una transformación de los datos obtenidos de las unidades experimentales aplicando la raíz cuadrada al promedio de cada tratamiento, este procedimiento se realizó en el Software INFOSTAT®.

Cuadro 20

Prueba de Tukey para la variable volumen a los 4 años

Tratamiento	Medias Vol (m3)	Raíz m3/ha	n		
966 (T4)	375.66	19.00	6	A	
980 (T2)	262.78	15.85	6	A	B
1066 (T3)	179.50	13.08	6		B
1214 (T5)	154.07	12.01	6		B
1084 (T1)	141.91	11.73	6		B

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

Al finalizar el cuarto año de desarrollo y fundamentado en la prueba de tukey anterior, el clon 966 (T4) presenta la mejor productividad forestal con media en volumen de 375.66 m³/ha situándose en el grupo A. En cuanto al clon 980 (T2) con una media de 262.78 m³/ha, se localiza en el grupo AB. Por lo consiguiente los clones 1066 (T3), 1214 (T5) y 1084 (T1) con medias de 179.50 m³/ha, 154.07 m³/ha, y 141.91 m³/ha, respectivamente pertenecen al grupo B.

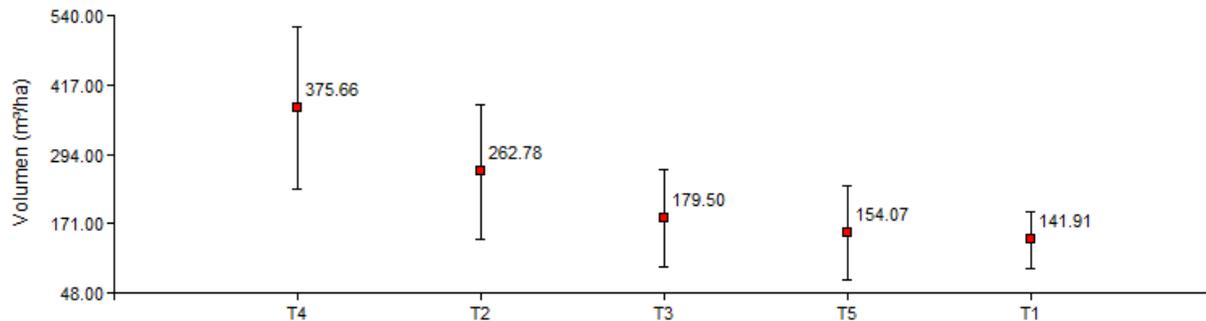


Figura 9. Volumen a los 4 años de establecimiento por tratamientos

De acuerdo a los resultados obtenidos en la figura 9. Podemos indicar que el clon 966(T4) tuvo el mejor desarrollo en incremento de volumen, con una media de 375.66 m³/ha, el ultimo o de bajo incremento fue el clon 1084 (T1) con una media de 141.91 m³/ha.

7.5 Análisis de IMA volumen por hectárea

Se realizaron proyecciones de IMA de la variable volumen por hectárea (m³/ha) para efectos de evaluación y presentación de resultados mediante el análisis de varianza.

Cuadro 21

Promedios IMA a los 4 años de desarrollo

TRATAMIENTO	BLOQUE	IMA VOL	TRATAMIENTO	BLOQUE	IMA VOL
T1	I	38.98	T1	IV	42.76
T2	I	73.48	T2	IV	115.34
T3	I	70.90	T3	IV	30.18
T4	I	110.94	T4	IV	109.68
T5	I	35.91	T5	IV	56.24
T1	II	25.55	T1	V	15.30
T2	II	25.63	T2	V	56.56
T3	II	22.42	T3	V	70.01
T4	II	33.91	T4	V	116.30

T5	II	34.89	T5	V	14.65
T1	III	47.76	T1	VI	42.51
T2	III	53.10	T2	VI	70.07
T3	III	47.22	T3	VI	28.53
T4	III	126.68	T4	VI	65.98
T5	III	69.26	T5	VI	20.15

Las medias para la variable IMA volumen, conforme a los 4 años de haber sido establecido el ensayo, se presentaron en el cuadro anterior. Para luego realizar el análisis estadístico que a continuación se detalla.

Se realizó el análisis de varianza SC Tipo I para determinar la significancia que existe entre los tratamientos del IMA a los cuatro años de establecimiento.

Cuadro 22

Análisis de varianza (SC Tipo I) del IMA a los 4 años

Fuentes de variación	Gl	SC	CM	F	p-valor
Tratamiento	4	56.72	14.18	6.81	0.0012
Bloque	5	31.85	6.37		
Error	19	41.63	2.08		
Total	29	130.20			

Posterior de aplicar el ANDEVA con un nivel de significancia del 5% se encontró diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.0012$) en los tratamientos para la variable IMA volumen por hectárea, el coeficiente de variación calculado para el error experimental fue de 20.13%, para alcanzar este valor de coeficiente de variación fue necesario realizar una transformación de los datos obtenidos de las unidades experimentales aplicando la raíz cuadrada al promedio de cada tratamiento, este procedimiento se realizó en el Software INFOSSTAT®.

Cuadro 23

Prueba de Tukey para la variable IMA volumen a los 4 años

Tratamiento	Medias IMA Vol	Raíz m³/ha	n		
966 (T4)	93.92	9.50	6	A	
980 (T2)	65.70	7.93	6	A	B
1066 (T3)	44.88	6.54	6		B
1214 (T5)	38.52	6.01	6		B
1084 (T1)	35.48	5.86	6		B

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

Posterior de haber realizado la prueba de Tukey, se determina que el clon 966 (T4) presentó el mejor promedio en Incremento Medio Anual con un promedio de 93.92 m³/ha, encontrándose en el grupo A. El clon 980 (T2) presentó el promedio de 65.70 m³/ha, hallándose en el grupo AB. En cuanto a los clones 1066 (T3), 1214 (T5) y 1084 (T1) con medias de 44.88 m³/ha, 38.52 m³/ha, y 35.48 m³/ha, respectivamente pertenecen al grupo B.

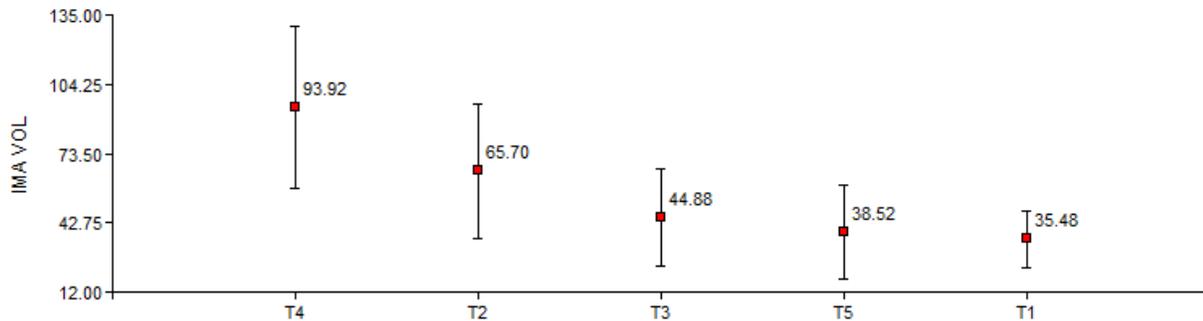


Figura 10. IMA Volumen a los 4 años de establecimiento por tratamientos

Según los resultados obtenidos en la figura 10. Podemos indicar que el clon (T4) tuvo el mejor desarrollo en incremento medio anual de volumen, con una media de 93.92 m³/ha sin embargo, el clon 1084 (T1) con una media de 35.48 m³/ha, fue el que menor incremento presentó.

7.6 Discusión

El análisis estadístico de volumen por hectárea a los cuatro años presentó diferencias estadísticamente significativas, esto muestra que los materiales evaluados se comportaron de una diferente manera, por lo tanto, se acepta la hipótesis alterna y se rechaza la hipótesis nula.

A continuación, se presentan resultados de estudios realizados en Brasil y África, relacionados al tema abordado.

Cuadro 24
 Comparación datos, *E. urophylla* a los 4 años

País	Especie	Edad (años)	DAP (cm)	Variable		IMA Vol (m ³ /ha-1/año)
				Altura (m)	Vol (m ³ /ha)	
Minas Gerais, Brasil			13.16	20.80	144.80	35.60
San Juan Chamelco, Alta Verapaz, Guatemala	<i>E.urophylla</i>	4	12.90	16.34	375.66	93.92
Bulolo, Papúa Nueva Guinea, África			22.00	11.00		

El cuadro anterior muestra que para la variable DAP, Baliza (2014) en Brasil obtuvo un promedio de 13.16 centímetros, mientras que para el mismo período de evaluación, el presente estudio encontró un DAP promedio de 12.90 centímetros, esto hace notar que hay una diferencia de 0.26cm en relación a los resultados obtenidos por Baliza. Otro estudio relacionado al tema fue llevado a cabo en África por la FAO (1981), y como lo demuestra la tabla anterior obtuvieron un DAP de 22.00 centímetros, mostrando esto una diferencia de 9.1cm, en comparación a los datos obtenidos en el actual estudio.

De acuerdo con los datos obtenidos el clon 966 mostró una media de 16.34 metros, de altura durante el periodo de tiempo evaluado, este resultado está por debajo de lo reportado en el cuarto año de evaluación en ensayos realizados en Brasil por Baliza (2014), con un promedio de 20.80 metros de altura. Esto hace ver que existe una diferencia de 4.46 metros a favor de los resultados obtenidos en Brasil. Mientras que la FAO (1981), presenta resultados de altura de 11.00 metros en ensayos realizados en África, esto muestra que los resultados obtenidos en el presente estudio están por arriba de los resultados obtenidos por la FAO, con una diferencia de 5.34 metros, promedio para la variable altura total.

El análisis de volumen total por hectárea a los cuatro años, el clon 966 obtuvo una media de 375.66 m³/ha. Este registro está por arriba de los 144.81 m³/ha reportados por (Baliza, 2014) en Brasil en el cuarto año de evaluación. Con base a estos datos se puede observar que se registran

mejores resultados en cuanto a volumen total en hectáreas de esta especie en las condiciones donde se sitúa este ensayo.

Posterior de haber realizado el análisis de varianza para la variable Incremento Medio Anual del volumen se encontró el valor de 93.92 ($\text{m}^3/\text{ha}^{-1}/\text{año}$), para el clon 966. Mientras que (Baliza, 2014), realizó un estudio para la misma especie en Brasil para el cuarto año, encontrando un incremento medio anual del volumen de 35.60 ($\text{m}^3/\text{ha}^{-1}/\text{año}$). Ensayos en diversas partes de Brasil se reportan incrementos que varían entre 33 $\text{m}^3/\text{ha}/\text{año}$ y 52.9 $\text{m}^3/\text{ha}/\text{año}$ entre los 3 y 7 años. En algunas de las experiencias alrededor del mundo los ensayos contaban con un plan de fertilización.

Al realizar un análisis con respecto a evaluaciones realizadas en años anteriores a esta misma investigación García (2016), descubrió que para las variables diámetro (3.32 cm), altura (4.68 m) y productividad (3.64 m^3/ha), el clon 1214 fue el que mejor resultado presentó luego de un año de haber sido establecido el experimento. Sin embargo Hún (2017), realizó un estudio correspondiente al tercer año de desarrollo del experimento, analizando las variables, diámetro (11.06 cm), altura (13.30 m) y productividad, encontrando al clon 966 como el mejor de los materiales evaluados.

8 CONCLUSIONES

Los análisis de varianza determinaron que el crecimiento y desarrollo de los materiales clonales presentó diferencias significativas en las variables evaluadas: DAP, altura total, volumen por hectárea e IMA volumen, esto correspondiente a los 4 años de establecido el experimento, encontrando al clon 966 (T4) como mejor tratamiento; bajo condiciones del campus San Pedro Claver, S. J. de la universidad Rafael Landívar.

En evaluación de la variable DAP a los 4 años de desarrollo el clon 966 presentó los mejores promedios (12.90 centímetros) mientras que el clon 1214 proporciono los promedios más bajos (8.91 centímetros), esto hizo que hubieran diferencias significativas dentro del estudio.

En la evaluación de crecimiento de altura se determinó que hay diferencias significativas a la edad de 4 años. El clon 966 es el que presentó mejores resultados con un valor promedio de 16.34 metros y el tratamiento con el clon 1084 el menor promedio con 11.49 metros.

En relación a la productividad cuantificada en volumen durante el cuarto año de desarrollo se determinó como mejor material el clon 966 (T4) con una media de 375.66 m³/ha de desarrollo e IMA de 93.92 (m³/ha⁻¹/año), y el clon 1084 con una media de 124.12 m³/ha, como el menos productivo en esta fase de desarrollo.

9 RECOMENDACIONES

Con base a las variables crecimiento y productividad de *Eucalyptus urophylla* Blake ST., se recomienda utilizar el clon 966 para proyectos de plantaciones energéticas.

Realizar un análisis financiero, con el fin de poder tomar la mejor decisión en cuanto al beneficio costo en su última fase del proyecto.

Realizar pruebas de laboratorio para determinar el poder calorífico de los mejores materiales clonales al concluir con el estudio.

Continuar con la evaluación del ensayo bajo la misma metodología del presente estudio, sin dejar de realizar las actividades culturales y silviculturales con el fin de obtener la información deseada.

10 BIBLIOGRAFÍA

- AGRIAMBI, (2012). Análise biométrica de florestas irrigadas de eucalipto nos cinco anos iniciais de desenvolvimento. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental v.16, n.5, p.505-513.
- Aguilar, C. (2016). Consumo de leña en el proceso de secado de cardamomo, en La Tinta, Alta Verapaz, Tesis Ing. Ftl. Guatemala, Guatemala, URL. 84 p.
- Baliza, A. (2014). Productividade e características de madeira de um clone híbrido de *Eucalyptus urophylla* plantado em minas Gerais / UFLA. 72 p.
- CATIE, (1986). Silvicultura de especies promisorias para producción de leña en America Central. Leña y Fuentes Alternas de Energía, Turrialba, Costa Rica.
- CATIE, (1997). Resultado 10 años de investigación silvicultural del proyecto MADELEÑA en Nicaragua / redactores: Otárola Toscano, Augusto...[et al ;ed: Luis A. Ugalde Arias. – Turrialba, C, R. :CATIE: Ministerio del Ambiente y Recursos Naturales, 1997 158 p. ;27 cm.—(Serie técnica. Informe técnico/CATIE; no. 292)
- CONAFOR (Comisión Nacional Forestal) (2011). Situación y Perspectivas de las Plantaciones Forestales Comerciales en México. Colegio de Post grado forestal. 43 p.
- De León, J.S. (2010) Estudio De Factibilidad Para Producción De Energía Eléctrica, A Partir De Biomasa De Eucalipto. Tesis Ing. Electricista. Guatemala, Guatemala, USAC. 120 p.
- Daetz, C. (2015). Plantaciones de Eucalipto en Lanquín, Alta Verapaz,. Tesis Ing. Ftl. Guatemala, Guatemala, URL. 49 p.
- De la Vega, S. (2016). Plantaciones de Eucalipto en La Tinta, Alta Verapaz, Tesis Ing. Ftl. Guatemala, Guatemala, URL 59 p.

- FAO (1979). Eucalypts for planting. *Forestry Series* Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 11. 677.
- FAO (1981). El eucalipto en la repoblación forestal. Estudios de silvicultura y productos forestales. Roma, Italia.
- FAO (2002). Glossary on forest genetic resources (English version). Forest Genetic Resources Working Papers, Working Paper FGR/39E, Forest Resources Development Service, Forest Resources Division. FAO, Rome.
- FAO (2006). Tendencias y Perspectivas del Sector Forestal en América Latina y el Caribe. FAO: Dirección de productos y economía forestales, Departamento Forestal. FAO. Roma, Italia. 178 p.
- García, G., De Souza, J., & Abad, J. (2014). Reporte de descripción técnico científica de *E. urophylla* S.T. Blake procedencia de Monterrey y Zacapa en Guatemala.
- García, M. (2016). Desarrollo de clones de *Eucalyptus urophylla*, en Chamelco, Alta Verapaz. Tesis Ing. Ftl. Guatemala, Guatemala, URL. 87 p.
- Haston, E.; Richardson, J.; Stevens, P.; Chase M. & Harris, D. (2009). The Linear Angiosperm Phylogeny Group (LAPG) III: a linear sequence of the families in APG (III). *Bot. Journ. Linn. Soc. Lond.* 161. pp.128-131.
- Ignacio, E., Vargas, J., López, J., & Borja, A. (2005). Parámetros Genéticos del Crecimiento y Densidad de Madera en Edades Juveniles de *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake. *Agrociencia*, 469-479.
- INAB, CONAP, UVG y URL. (2012). Mapa de cobertura forestal de Guatemala 2010 y Dinámica de la cobertura forestal 2006-2010. Insituto Nacional de Bosques,

Consejo Nacional de Áreas Protegidas, Universidad del Valle de Guatemala y Universidad Rafael Landívar.

INAB, IARNA-URL, FAO/GFP, (2012). Oferta y demanda de leña en la República de Guatemala/Woodfuel integrated Supply/Demand Overview Mapping. Guatemala. FAO/GFP/Facility. 70 p.

INAB (2015), INSTITUTO NACIONAL DE BOSQUES (2015). Estrategia Nacional de Producción Sostenible y Uso Eficiente de Leña 2013 - 2014. Serie Institucional ES-002(2015).Guatemala. Pp. 43.

IARNA-URL (Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente de la Universidad Rafael Landívar). (2012). Perfil ambiental de Guatemala 2010-2012: Vulnerabilidad local y creciente construcción de riesgo. Guatemala.

IARNA, URL (Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente de la Universidad Rafael Landívar). (2012). Análisis sistemático de la deforestación en Guatemala y propuesta de políticas para revertirla. Guatemala. Serie técnica No. 38, 48 p.

INAB (INSTITUTO NACIONAL DE BOSQUES). (2014). Dinámica de crecimiento y productividad de 28 especies forestales en plantaciones en Guatemala, Serie técnica No. DT- 002(2015). Guatemala 212 p.

INSIVUMEH (2015). Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología, e Hidrología. Atlas climatológico. Departamento de Investigación y Servicios Meteorológicos. Guatemala. Consultado 17 nov. 2016. Disponible en

http://www.insivumeh.gob.gt/hidrologia/ATLAS_HIDROMETEOROLOGICO/AtlasClimatologico/t-med.jpg

- MAGA. (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación). (2002). Atlas Temático de la República de Guatemala. Guatemala, noviembre 2002.
1 disco compacto, 12 cm.
- Mesén, F. (1994). Curso nacional sobre selección, clasificación y manejo de fuentes semilleras. CATIE/DANIDA. San Carlos Costa Rica. 56 p.
- Muro, J. (2016). Mejoramiento genético del *Eucalyptus*. Plantaciones forestales de Guatemala Grupo GRANDBAY paper & Care Products Corp. Guatemala.
- NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES (1984). Especies para leña y arbustos para la producción de energía. Trad. de la edición inglesa por Vera de Fernández y TRADINSA. Turrialba, Costa Rica. 343 p.
- Nieto M. V., y J Rodríguez, (2003). Descripción de especies: *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake. Corporación Nacional de Investigación Forestal. Santafé de Bogotá, Colombia. Reforestation, Nurseries, Species and Genetics Resouces (RNGR) 473-475.
- Simmons, C., Tarano, J., & Pinto, J. (1959). Clasificación de reconocimiento de los suelos de la República de Guatemala. Instituto Agrícola Nacional, Guatemala. 1,000 p.
- URL/IARNA. (2009). Perfil Ambiental de Guatemala 2008-2009: las señales ambientales críticas y su relación con el desarrollo. Universidad Rafael Landívar, Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente, Guatemala.
- Wright, J. A, and L. F. Osorio. (1998). Compararison of *Eucalyptus urophylla* provence performance at half-rotation in Colombia and hybrid satrategies With *Eucalyptus grandis*. *Forest Ecology and Management* 83: 117-122.

11 ANEXO

Anexo 1 Boleta de campo

Boleta de Campo																									
Evaluación de crecimiento y desarrollo: Materiales genéticos de <i>Eucalyptus urophylla</i>																									
Finca:											Fray Bartolomé de las Casas; San Juan Chamelco, Alta Verapaz														
Fecha de Medición																									
Material (clon)																									
Bloque:																									
Tratamiento: 1					Tratamiento: 2					Tratamiento: 3					Tratamiento: 4					Tratamiento: 5					
No.	Circ	DAP	Altura	Obs	No.	Circ	DAP	Altura	Obs	No.	Circ	DAP	Altura	Obs	No.	Circ	DAP	Altura	Obs	No.	Circ	DAP	Obs	Altura	
1					1					1					1					1					
2					2					2					2					2					
3					3					3					3					3					
4					4					4					4					4					
5					5					5					5					5					
6					6					6					6					6					
7					7					7					7					7					
8					8					8					8					8					
9					9					9					9					9					
12					12					12					12					12					
13					13					13					13					13					
14					14					14					14					14					
17					17					17					17					17					
18					18					18					18					18					
19					19					19					19					19					
20					20					20					20					20					
21					21					21					21					21					
22					22					22					22					22					
23					23					23					23					23					
24					24					24					24					24					
25					25					25					25					25					