

**UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR**

FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS

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

EVALUACIÓN DE DENSIDADES DE PLANTACIÓN *Eucalyptus*; SAN JUAN CHAMELCO, ALTA  
VERAPAZ

TESIS DE GRADO

**ERWIN WALDEMAR BIN RAMOS**

CARNET 24451-11

SAN JUAN CHAMELCO, ALTA VERAPAZ, AGOSTO DE 2017  
CAMPUS "SAN PEDRO CLAVER, S . J." DE LA VERAPAZ

**UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR**

FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS

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

EVALUACIÓN DE DENSIDADES DE PLANTACIÓN *Eucalyptus*; SAN JUAN CHAMELCO, ALTA  
VERAPAZ

TESIS DE GRADO

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

POR

**ERWIN WALDEMAR BIN RAMOS**

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, AGOSTO DE 2017

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

## **AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR**

RECTOR: P. MARCO TULIO MARTINEZ SALAZAR, S. J.  
VICERRECTORA ACADÉMICA: DRA. MARTA LUCRECIA MÉNDEZ GONZÁLEZ DE PENEDO  
VICERRECTOR DE INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN: ING. JOSÉ JUVENTINO GÁLVEZ RUANO  
VICERRECTOR DE INTEGRACIÓN UNIVERSITARIA: P. JULIO ENRIQUE MOREIRA CHAVARRÍA, S. J.  
VICERRECTOR ADMINISTRATIVO: LIC. ARIEL RIVERA IRÍAS  
SECRETARIA GENERAL: LIC. FABIOLA DE LA LUZ PADILLA BELTRANENA DE LORENZANA

## **AUTORIDADES DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS**

DECANO: DR. ADOLFO OTTONIEL MONTERROSO RIVAS  
VICEDECANA: LIC. ANNA CRISTINA BAILEY HERNÁNDEZ  
SECRETARIO: MGTR. LUIS MOISES PEÑATE MUNGUÍA  
DIRECTOR DE CARRERA: MGTR. JOSÉ MANUEL BENAVENTE MEJÍA

## **NOMBRE DEL ASESOR DE TRABAJO DE GRADUACIÓN**

ING. ROBERTO WALDEMAR MOYA FERNÁNDEZ

## **TERNA QUE PRACTICÓ LA EVALUACIÓN**

MGTR. MARÍA MERCEDES LÓPEZ-SELVA QUINTANA DE GÁLVEZ

ING. LUIS FELIPE CALDERON BRAN

ING. SERGIO ALEJANDRO MANSILLA JIMÉNEZ

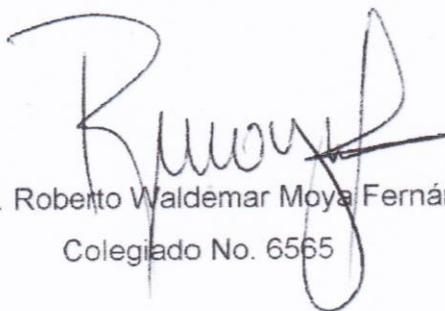
Guatemala, 02 de Agosto de 2017

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 **Erwin Waldemar Bin Ramos**, que se identifica con carné 24451-11, titulado: **"Evaluación de densidades de plantación de *Eucalyptus*, San Juan Chamelco, Alta Verapaz"**. El cual considero que cumple con los requisitos establecidos por facultad, previo a su autorización de impresión.

Atentamente,



Ing. Agr. Roberto Waldemar Moya Fernández  
Colegiado No. 6565



Universidad  
Rafael Landívar  
Tradición Jesuita en Guatemala

FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS  
No. 06779-2017

### Orden de Impresión

De acuerdo a la aprobación de la Evaluación del Trabajo de Graduación en la variante Tesis de Grado del estudiante ERWIN WALDEMAR BIN RAMOS, Carnet 24451-11 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. 06118-2017 de fecha 18 de julio de 2017, se autoriza la impresión digital del trabajo titulado:

EVALUACIÓN DE DENSIDADES DE PLANTACIÓN *Eucalyptus*; SAN JUAN CHAMELCO,  
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 28 días del mes de agosto del año 2017.



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

## **AGRADECIMIENTOS:**

A ti mi Dios, por haberme guiado a lo largo de mi carrera, por cada regalo de gracia que me has dado y que inmerecidamente he recibido de ti, me prometiste una buena Universidad y diste algo que fue más allá de mis expectativas, pero antes de ser un profesional quiero ser tu hijo, ya que es el mayor privilegio que puedo tener, más valioso de todos los títulos de la tierra.

A ti mi Jesús cordero de Dios, por tu sacrificio en la cruz, ya que sin ti no existiría razón para vivir, me has dado lo que ni si quiera he imaginado. El haberte conocido, ha sido lo mejor que me ha pasado ya que si no hubiera sido por ti, no sé dónde estaría ahora.

A mi papito Waldemar Bin, gracias por todo el apoyo que me has dado desde la infancia. A través de estas líneas quiero decirte lo mucho que te quiero, gracias por ser el mejor padre, por quitarte el pan de la boca con tal de que no me faltara nada.

A mi mamita Dorcas Ramos, gracias por el apoyo incondicional, por estar conmigo en cada etapa de mi vida, como toda una buena madre das la vida por tus hijos, te quiero mucho.

A mis hermanos Vanessa y Natanael, por ser parte importante de mi vida y representar la unidad familiar, por todos esos buenos momentos de alegría, cariño y amor que hemos compartido y seguiremos compartiendo.

A mí asesor Ing. Roberto Waldemar Moya Fernández, por su valiosa asesoría, al Ing. Carlos Archila, Ing. Estuardo Vaidés, Ing. Ezequiel López, Ing. Sabino Mollinedo por la asesoría, revisión y amistad. Al Ing. Guillermo García, de la empresa Painsa por brindarme el apoyo para realizar la presente investigación.

## DEDICATORIA

- A Dios**                    Por la sabiduría que provee. Tomó luego Samuel una piedra y la puso entre Mizpa y Sen, y le puso por nombre Eben-ezer, diciendo: Hasta aquí nos ayudó Jehová. **1 Samuel 7:12**
- Porque lo insensato de Dios es más sabio que los hombres y lo débil de Dios es más fuerte que los hombres. **1 Corintios 1:25**
- A mi Padres:**            Por haberme corregido y apoyado en todo momento y ser un ejemplo de mi vida, para este logro y esfuerzo.
- Mis Hermanos:**        Por todo el apoyo que me han dado.
- Mi familia:**             Abuelos, tíos y primos por sus consejos, apoyo y cariño brindado.
- Mis Amigos:**            Por confiar y creer en mí y haber hecho de mi etapa un trayecto de vivencias que nunca olvidaré.
- Docentes:**              Que durante el proceso de mi formación compartieron sus conocimientos.

# ÍNDICE GENERAL

<b>RESUMEN</b> .....	i
<b>SUMMARY</b> .....	ii
<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>2. MARCO TEÓRICO</b> .....	2
2.1 EL EUCALIPTO.....	2
2.1.1 Descripción.....	2
2.1.2 Clasificación taxonómica .....	2
2.2 ESPECIES DE EUCALIPTOS DE MAYOR IMPORTANCIA EN PLANTACIONES.....	3
2.3 CONDICIONES DEL HÁBITAT NATURAL Y DE LAS LOCALIDADES DONDE LA ESPECIE HA SIDO CULTIVADA EXITOSAMENTE.....	3
2.3.1 Variables climáticas.....	3
2.3.2 Variables edáficas .....	4
2.3.3 Variables topográficas.....	4
2.4 IMPORTANCIA Y USOS.....	4
2.5 LEÑA EN GUATEMALA.....	5
2.6 DISTANCIAS DE PLANTACIÓN.....	5
2.6.1 Densidad de plantación.....	7
2.6.2 Densidad final.....	8
2.7 APROVECHAMIENTO Y ENTRESAQUE.....	8
2.8 PRODUCCIÓN.....	9
2.9 PLAGAS Y ENFERMEDADES.....	9
2.10 DENDROENERGÍA.....	10
2.11 BIOMASA.....	10
2.12 IMPORTANCIA DE EUCALIPTO EN EL MUNDO.....	10
2.13 PLANTACIONES ENERGÉTICAS.....	11
2.14 CLON VEGETAL.....	11
2.15 JARDÍN CLONAL.....	11
2.16 CLON 1214 <i>Eucalyptus Uruphylla</i> .....	12

2.16.1	<i>Eucalyptus urophylla</i> .....	12
2.16.2	<i>Eucalyptus camaldulensis</i> .....	13
2.17	MEDICIONES PARA ÁRBOLES .....	14
2.17.1	Altura (h).....	14
2.17.2	Diámetro .....	15
2.17.3	Área basal (AB) .....	15
2.17.4	Volumen .....	15
2.18	EXPERENCIAS DE DISTANCIAMIENTOS DE EUCALIPTOS .....	16
2.18.1	Experiencias en distintas partes del mundo .....	16
2.18.2	Experiencias en Guatemala.....	18
<b>3.</b>	<b>PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO</b> .....	<b>21</b>
3.1	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	21
3.2	JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO .....	22
<b>4.</b>	<b>OBJETIVOS</b> .....	<b>23</b>
4.1	OBJETIVO GENERAL.....	23
4.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	23
<b>5.</b>	<b>HIPÓTESIS</b> .....	<b>24</b>
5.1	HIPÓTESIS ALTERNA (Ha) .....	24
5.2	HO. HIPÓTESIS NULA.....	24
<b>6.</b>	<b>METODOLOGÍA</b> .....	<b>25</b>
6.1	LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO .....	25
6.1.1	Ubicación geográfica .....	25
6.2	ZONA DE VIDA .....	26
6.3	SUELOS.....	26
6.4	CARACTERIZACIÓN CLIMÁTICA .....	27
6.5	FACTORES ESTUDIADOS.....	27
6.6	DESCRIPCIÓN DE LOS TRATAMIENTOS.....	27
6.7	DESCRIPCIÓN DEL EXPERIMENTO .....	27
6.8	FASE I EVALUACIÓN DEL CRECIMIENTO .....	28

6.8.1 Instrumentos.....	28
6.8.2 Variables.....	28
6.9 FASE II EVALUACIÓN DE PRODUCTIVIDAD.....	28
6.9.1 Instrumentos.....	29
6.9.2 Variables.....	29
6.10 FASE III DETERMINACIÓN DE CARACTERÍSTICAS FENÓTIPICAS.....	29
6.11 FASE IV DETERMINACIÓN DEL DISTANCIAMIENTO ÓPTIMO.....	29
6.11.1 Instrumentos.....	29
6.11.2 Variables.....	29
6.12 DISEÑO EXPERIMENTAL.....	30
6.13 CROQUIS DE CAMPO.....	30
6.14 MODELO ESTADÍSTICO.....	31
6.15 UNIDAD EXPERIMENTAL.....	31
6.16 MATERIALES Y RECURSOS.....	34
6.17 MANEJO DEL EXPERIMENTO.....	34
6.17.1 Preparación del Terreno.....	34
6.17.2 Preparación del terreno.....	34
6.17.3 Control de maleza.....	35
6.17.4 Control de Plagas.....	35
6.17.5 Identificación de tratamientos.....	36
6.17.6 Ronda corta fuego.....	36
6.18 VARIABLES DE RESPUESTA.....	36
6.18.1 Altura total.....	36
6.18.2 Diámetro a la altura del pecho.....	37
6.18.3 Volumen.....	37
6.18.4 Supervivencia.....	37
6.19 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN.....	37
6.19.1 Análisis Estadístico.....	38
<b>7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>39</b>
7.1 ANÁLISIS DE LAS VARIABLES DE CRECIMIENTO A LOS 6 MESES.....	39
7.1.1 Análisis de la altura total.....	39

7.1.2	Análisis del Diámetro a la Altura del Pecho (DAP) .....	40
7.1.3	ANÁLISIS DE LAS VARIABLES DE CRECIMIENTO A LOS 12 MESES ....	41
7.1.4	Análisis de la Altura Total. ....	41
7.1.5	Análisis del Diámetro a la Altura del Pecho (DAP) .....	45
7.2	Análisis del Volumen por hectárea .....	49
7.3	Análisis fenotípico a los doce meses de edad .....	51
7.4	Análisis de sobrevivencia a los doce meses de edad.....	52
<b>8.</b>	<b>CONCLUSIONES</b> .....	<b>54</b>
<b>9.</b>	<b>RECOMENDACIONES</b> .....	<b>55</b>
<b>10.</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	<b>56</b>
<b>11.</b>	<b>ANEXOS</b> .....	<b>65</b>

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1.	Especies de mayor importancia de eucaliptos. ....	3
Cuadro 2.	Descripción del material y distanciamientos evaluados. ....	27
Cuadro 3.	Materiales y recursos que se utilizaron durante el experimento. ....	34
Cuadro 4.	Análisis de varianza de altura total a los 6 meses del clon 1214. ....	39
Cuadro 5.	Análisis de varianza (SC tipo I) de altura total a los 12 meses. ....	41
Cuadro 6.	Prueba de Tukey para la variable altura a los 12 meses. ....	42
Cuadro 7.	Densidades y medias de la variable altura a los 12 meses. ....	42
Cuadro 8.	Análisis de varianza (SC tipo I) para el DAP a los 12 meses.....	45
Cuadro 9.	Prueba de Tukey para la variable DAP a los 12 meses.....	46
Cuadro 10.	Densidades y medias de la variable DAP a los 12 meses. ....	46
Cuadro 11.	Densidades y medias de la variable Altura y DAP a los 12 meses.....	48
Cuadro 12.	Análisis de varianza del volumen por hectárea a los 12 meses.....	49
Cuadro 13.	Prueba de Tukey para la variable volumen a los 12 meses.....	50
Cuadro 14.	Porcentajes de formas de fuste por tratamiento. ....	51

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación geográfica del municipio de San Juan Chamelco.....	25
Figura 2. Polígono General de la Finca Fray Bartolomé de las Casas .....	26
Figura 3. Croquis de campo ensayo del clon 1214 realizado en la Finca.....	30
Figura 4. Diseño de la unidad experimental del ensayo al 1 x 2 (m). .....	31
Figura 5. Diseño de la unidad experimental del ensayo al 2 x 2 (m). .....	32
Figura 6. Diseño de la unidad experimental del ensayo al 1 x 3 (m). .....	32
Figura 7. Diseño de la unidad experimental del ensayo al 2 x 3 (m). .....	33
Figura 8. Diseño de la unidad experimental del ensayo al 3 x 3 (m). .....	33
Figura 9. Gráfico de medias de altura total en metros a los 6 meses. ....	40
Figura 10. Gráfico de valores de altura total en metros a los 12 meses. ....	43
Figura 11. Gráfico de crecimiento en altura total del primer y segundo semestre. ....	44
Figura 12. Gráfico de tendencia de DAP en centímetros a los 12 meses. ....	47
Figura 13. Gráfico de densidades de Altura y DAP a los 12 meses. ....	48
Figura 14. Gráfico de medias de valores volumen por hectárea a los 12 meses. ....	50
Figura 15. Gráfico de distribución de los porcentajes por formas.....	52
Figura 16. Gráfico de medias de porcentajes de sobrevivencia a los 12 meses. ....	53

# EVALUACIÓN DE DENSIDADES DE PLANTACIÓN DE *Eucalyptus*; SAN JUAN CHAMELCO, ALTA VERAPAZ

## RESUMEN

La presente investigación se realizó en la Finca Fray Bartolomé de las Casas en donde se encuentran las instalaciones del Campus San Pedro Claver SJ de la Universidad Rafael Landívar, en el municipio de San Juan Chamelco, Alta Verapaz. El objetivo fue evaluar el crecimiento, desarrollo y productividad de cinco densidades de plantación del clon 1214, *urophylla*, bajo las condiciones de la finca Fray Bartolomé de las Casas. Se implementó un ensayo con bloques completos al azar con 4 repeticiones y 5 tratamientos. Durante el desarrollo de la investigación se realizaron dos mediciones, una a los seis meses después de ser establecido el ensayo y otra a los doce meses. Las variables evaluadas fueron: altura total (m), DAP (cm), volumen por hectárea ( $m^3/ha$ ), forma de fustes (recto, bifurcado, inclinado y sinuoso) y la sobrevivencia de cada material en porcentaje. 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 Tuckey en forma descendente para comparar las medias. Como resultado de la investigación se encontraron diferencias estadísticamente significativas donde se destaca el tratamiento con un distanciamiento de 1 metro por 2 metros para la variable volumen por hectárea. El resultado para las variables DAP y Altura muestra que existen diferencias en cuanto a los distanciamientos de 1 metro por 2 metros y de 1 metro por 3 metros.

**EVALUATION OF *Eucalyptus* PLANT DENSITIES; SAN JUAN CHAMELCO,  
ALTA VERAPAZ**

**SUMMARY**

This research study was carried out in Fray Bartolomé de las Casas farm, where the Campus San Pedro Claver SJ facilities of Universidad Rafael Landívar are located, in the municipality of San Juan Chamelco, Alta Verapaz. The objective was to evaluate the growth, development and productivity of five plantation densities of the 1214 clone, *urophylla*, under the Fray Bartolomé de las Casas farm's conditions. A randomized complete block design with 4 replicates and 5 treatments was used. During the research development, two measurements were carried out; one six months after establishing the trial and another after twelve months. The evaluated variables were: total height (m), DAP (cm), volume per hectare (m<sup>3</sup>/ha), shafts shape (straight, forked, tilted, and sinuous) and survival percentage of each material. The data obtained in both measurements were tabulated and processed using the Infostat® software, carrying out the variance analysis with a 95 percent reliability level, and the Tuckey's mean test was used to compare the means. As a result, significant statistical differences were found, in which the 1 meter per 2-meter distance was the best regarding the volume per hectare variable. The result for the DAP and height variables show that there are differences regarding the 1 meter per 2- meter and 1 meter per 3-meter distances.

## 1. INTRODUCCIÓN

La demanda de leña en Guatemala como fuente energética es un factor común en los hogares del área rural y es un componente asociado al deterioro ambiental. Según Larrañaga y Flores (2012), el consumo de leña para el país es de 15, 771,186 toneladas de materia seca al año, que se ve reflejada en la deforestación que se demuestra en los mapas de cobertura forestal equivalentes a una tasa anual de 1.0% durante el periodo 2006-2010; donde se estima que la deforestación neta promedio anual alcanza las 48,084 hectáreas para el periodo 2001-2006 y 38,597 hectáreas para el periodo 2006-2010 (IARNA-URL, 2012; UVG, INAB, CONAP, URL, 2012).

Guatemala cuenta con la Ley Forestal (101-96), que es el instrumento que regula la actividad forestal y la Ley PROBOSQUE (Decreto 02-2015), que incentiva las plantaciones con fines energéticos e industriales como medios de desarrollo social.

De esta forma se hace necesario trabajar en investigación para generar información sobre especies nativas o exóticas, en este caso el eucalipto, el cual es un árbol de rápido crecimiento teniendo un enorme potencial en la bioenergía (Dougherty y Wright, 2010). Existen experimentos de *Eucalyptus* plantado en distintas densidades, donde se ha determinado que a mayor cantidad de árboles por hectárea produce un mayor volumen total de rendimiento (FAO, 1981).

Esta investigación presenta los resultados sobre el crecimiento, desarrollo y productividad de un clon procedente de la especie *E. urophylla*, plantado en cinco distanciamientos, donde se realizó un ensayo con un diseño experimental de bloques completos al azar con 4 repeticiones y 5 tratamientos, en el Campus San Pedro Claver, S.J. de la Universidad Rafael Landívar, ubicada en el municipio de San Juan Chamelco, Alta Verapaz.

## 2. MARCO TEÓRICO

### 2.1 EL EUCALIPTO

Según Dadswell (1972), el género está confinado originalmente a Australia con unas pocas especies que se extienden a Timor. El género *Eucalyptus* fue descrito en el año de 1788, por Charles Louis L'Heritier de Brutelle. Muchas especies producen madera de importancia comercial y por esa razón los eucaliptos han sido plantados en diferentes partes del mundo. El género *Eucalyptus*, con más de 700 especies y variedades, es casi exclusivo de Australia (INTA, 1995).

#### 2.1.1 Descripción

La mayoría son árboles grandes (entre ellos están los maderables), casi todos contienen productos aromáticos (resinas y gomas). Las hojas son generalmente alternas, alargadas, verdes brillantes o grisáceas. Las flores aparecen en racimos de “pompones”, los frutos son pequeñas capsulas que se abren dejando caer las semillas minúsculas (Geilfus, 1994).

Actualmente el eucalipto está presente en más de 90 países, la mayoría en zonas tropicales y subtropicales, aunque existen plantaciones de gran productividad ubicadas en zonas templadas de Nueva Zelanda, Chile, Argentina, Brasil, Uruguay, Sudáfrica, la Península Ibérica y Estados Unidos (ENCE, 2006).

#### 2.1.2 Clasificación taxonómica

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

## 2.2 ESPECIES DE EUCALIPTOS DE MAYOR IMPORTANCIA EN PLANTACIONES

En su investigación Harwood (2011), indica que las plantaciones de eucaliptos en el mundo incrementaron 6 millones de hectáreas en el año 1990, también determinó que existen 20 millones de hectáreas en la actualidad y sobre la base de visitas a los principales países que las tienen, estima que 9 especies principales y varios híbridos entre estas, explican más del 90% de la superficie global de bosques plantados de eucaliptos (ver cuadro 1).

Cuadro 1. Especies de mayor importancia de eucaliptos.

---

• <i>Eucalyptus camaldulensis</i>	• <i>Eucalyptus globulus</i>
• <i>Eucalyptus pellita</i>	• <i>Eucalyptus grandis</i>
• <i>Eucalyptus dunnii</i>	• <i>Eucalyptus urophylla</i>
• <i>Eucalyptus saligna</i>	• <i>Eucalyptus nitens</i>
• <i>Eucalyptus tereticornis</i>	

---

Fuente: (Harwood, 2001)

## 2.3 CONDICIONES DEL HÁBITAT NATURAL Y DE LAS LOCALIDADES DONDE LA ESPECIE HA SIDO CULTIVADA EXITOSAMENTE

El género *eucalyptus* pertenece al gremio ecológico “heliófita” que requiere de plena exposición de luz, para un crecimiento satisfactorio. En el área de distribución natural se le encuentra en zonas que presentan desde 200 a 1250 mm de precipitación. El mínimo de precipitación para plantaciones comerciales es de 400 mm. No obstante, se ha desarrollado bien en regiones con menos de 300 mm de lluvia al año y sin inundaciones dentro de la cuales destacan las siguientes variables (Metro, 1995).

### 2.3.1 Variables climáticas

En la zona de origen se desarrolla muy bien en climas de condiciones tropicales, con temperaturas máximas de verano de 35°C y mínimas de 3°C, en invierno. Especies de importancia económica de eucalipto se han adaptado a duras condiciones climáticas, ofreciendo la posibilidad de adaptarse al cambio del clima, la producción de madera y la calidad (Borém, 2007).

Los mejores crecimientos se han registrado en zonas bajas con temperaturas superiores a 22°C, como por ejemplo en el parcelamiento en San José La Máquina, en Guatemala (CATIE, 1991). En el país de Argentina se ha adaptado muy bien a las condiciones más diversas de suelos y climas, soportando bien los fríos de invierno y calores fuertes de verano, como así mismo las sequías y los terrenos inundados. (Mangieri y Dimitri, 1958).

### **2.3.2 Variables edáficas**

El género *eucalyptus* se desarrolla bien en diversos suelos y crece en tierras de aluvión preferiblemente húmedas con subsuelo arcilloso, lo mismo que en suelos arenosos y bien drenados. En general prefiere suelos ligeros con pH de 6 a 7. No tolera suelos calcáreos, endurecidos, ni la existencia de malezas que compitan por agua, luz, nutrientes y no tolera el agua salina (ADEFOR, 1995).

### **2.3.3 Variables topográficas**

Se encuentra como árbol ribereño, crece además en llanuras expuestas a inundaciones en tierras secas y en colinas bajas, en las que existe una gran variedad de condiciones climáticas, prospera sobre todo en las regiones con pocas lluvias de invierno y altas temperaturas estivales, si bien con humedad permanente en el subsuelo (Pastor, Vilela y Cabello, 1997).

## **2.4 IMPORTANCIA Y USOS**

En Australia se le utiliza para construcción en general, ya que el duramen rojizo es moderadamente fuerte, duradero y resistente a termitas. Según Brown (2000), las plantaciones de eucaliptos comerciales, como una fuente de los registros de pulpa, astillas de madera y leña, tienen gran potencial. Sin embargo (Laclau, *et al.*, 2009), menciona que las plantaciones forestales de las zonas tropicales proporcionan gran parte de la oferta de madera a nivel mundial, en donde las empresas han establecido grandes plantaciones de eucaliptos en el sur de América (Spinelli, Ward y Owende, 2009).

Las flores producen miel de excelente calidad y las hojas son utilizadas en algunos lugares para quemarlas y controlar insectos. Tiene un gran potencial como leña, cuando la madera está completamente seca constituye un combustible excelente.

Produce carbón de excelente calidad. Resiste bien los vientos, por lo que se le emplea en la formación de cortinas rompevientos, asociados con otras especies de porte bajo, para control de erosión (Burschel, Hernández y Lobos, 2003).

## **2.5 LEÑA EN GUATEMALA**

La leña es una fuente de energía y tiene la ventaja de no aumentar el efecto invernadero, siendo una fuente de energía renovable con un balance neutro de carbono según los autores Burschel, Hernández y Lobos (2003). De acuerdo a IARNA (2007), el 67.3% del consumo total anual de energía del país corresponde al uso de leña.

Guatemala posee una amplia biodiversidad, lo que permite contar con recursos naturales para la generación de energía. La leña es el energético de mayor demanda en el país, según el INDE (2012), el consumo de leña alcanzó el 57% del total de consumo energético.

Se estima que anualmente se consume cerca de 16 millones de metros cúbicos de leña en Guatemala (INDE, 2013). Cabe mencionar que existen diferentes maneras de asignar valor a la madera: como fuente de riqueza, como la creación de puestos de trabajo y la sustitución de importaciones, que por desgracia no son considerados en las cuentas nacionales (Romero, 2013).

## **2.6 DISTANCIAS DE PLANTACIÓN**

Según Brandi y Malinovski (1976), el espaciamiento influye significativamente sobre el crecimiento en diámetro y altura de los individuos de una población. Para Aguirre (1977), el silvicultor debe tomar en cuenta que el crecimiento depende de los siguientes factores: desarrollo del sistema radicular, crecimiento de parte aérea, fertilidad del suelo y turno de rotación de la especie. El distanciamiento que se utiliza para plantar es un factor que influye en el crecimiento y productividad de un árbol (Aguirre, 1977).

Puesto que Cozzo (1965), recomienda plantar *Eucalyptus* spp. en densidades de 1200 a 1600 árboles/ha, cuando el objetivo mediano es la producción de postes de cerca y el final postes de luz. El espaciamiento inicial es de 2m a 2.5 metros para postes y leña. Para plantaciones muy intensivas se pueden hacer a 1.5m o 1 x 2m para cortinas rompevientos según Geilfus (1994).

Según FAO (1981), una amplia gama de distancias iniciales se ha ensayado en los países que plantan eucaliptos, con densidades de 2500 árboles/ha, a una distancia de 2m x 2m, 2000 árboles/ha, a una distancia de 2m x 2.5m, 1600 árboles/ha, a una distancia de 2.5m x 2.5m, 1670 árboles/ha a una distancia de 3m x 2m, 1330 árboles/ha, a una distancia de 3m x 2.5m, 1111 árboles/ha, a una distancia de 3m x 3m, 1330 árboles/ha, a una distancia de 3.33m x 2.25m, donde a mayor cantidad de tallos por hectárea existe un mayor volumen total de rendimiento en las primeras fases y por lo tanto es mayor el costo de producción de plantas y de la plantación, los propietarios forestales tienen que decidir sobre las distancias que satisfacen los objetivos de la ordenación y la fertilidad del sitio.

En general los sitios pobres deben tener espaciamientos mayores y los mejores sitios distancias más cercanas, pero que permitan el rápido desarrollo de buenas cosechas provechosas de madera para pasta (FAO, 1981).

Según una revisión de investigación silvícola (1976), se plantó la especie *E. deglupta*, en la provincia de Madang con distanciamientos de 1.8m x 1.8m, 2.40m x 2.40m, 3m x 3m y 3.60m x 3.60m, para comparar el efecto de las distancias de plantación sobre el distanciamiento a utilizar, los resultados a los cinco años indicaron que en las dos primeras distancias hubo una alta mortalidad, lo cual no ocurrió en los espaciamientos de 3m x 3m y 3.60m x 3.60m, que presentaron volúmenes de 250 y 150 m<sup>3</sup>/ha.

En nueva Bretaña se utilizó un espaciamiento más amplio de 4.60m x 4.60m, equivalentes a una población inicial de 472 árboles/ha, a los cinco años eliminaron todos los individuos bifurcados y enfermos, quedando árboles de buena forma de un alto valor comercial (Morel, 1967).

En el área del Cantón de Turrialba, las plantaciones de *E. deglupta* se han hecho bajo el marco de plantación que varía de 2m x 2m a 3m x 3m (Peralta, 1972). Esta especie se plantó bajo los distanciamientos de 1m x 1.25m, 1.25m x 1.50m, 1.50m x 1.75m, a los nueve meses las plantas tuvieron una altura total de 6, 5.8 y 5.6 metros respectivamente, más sin embargo el grosor del árbol tomado a los 2cm del nivel del suelo se incrementó conforme el distanciamiento fue mayor (Nanne, 1976).

Vásquez y Navarro (1993), en un ensayo de espaciamientos sistemáticos, indican que las densidades iniciales mayores de 2093 árboles/ha, alcanzan el máximo incremento medio anual en área basal (IMA-G), alrededor de los 2.6 años; densidades entre 811 y 1525 árboles/ha, alrededor de los 3.7 años y las densidades menores de 588 árboles/ha, aún a los 6.8 años no han alcanzado el máximo IMA-G.

Si el objetivo es la producción de madera para aserrío, los mayores incentivos para diámetro se obtienen alrededor de los 3.7 años con 1111 árboles/ha (dap = 17.3cm), bajo esta densidad el primer raleo debe realizarse alrededor de los tres años para mantener el crecimiento en diámetro (Vásquez y Navarro, 1993).

### **2.6.1 Densidad de plantación**

La determinación de la densidad de plantación depende del potencial productivo del sitio y del objetivo productivo, según García, *et al.*, las densidades que comúnmente se utilizan varían de 450 plantas/ha (sistema silvopastoril) a 1600 plantas/ha (sistemas forestales puros) en sitios de alta productividad.

Para formación de sistemas forestales puros con plantas de *Eucalyptus camaldulensis* mejoradas genéticamente, se recomienda plantar a densidades altas para obtener árboles de buena forma siempre y cuando exista buena disponibilidad de precipitación del sitio. García, *et al.*, recomiendan que para sistemas puros y mixtos plantar a 4m x 2.5m (1000 plantas/ha); 3m x 2m (1600 plantas/ha) para sitios de alta productividad, sistemas silvoagropecuarios y de protección 400 a 800 plantas/ha.

Montagu, Kearney y Smith (2003), destacan que la densidad de la plantación y el ritmo de crecimiento de las plantas de eucalipto son las principales condicionantes que determinan el momento de cierre del dosel. Martínez, Azpiroz, Rodríguez, Cetina y Gutiérrez (2006), señalan que la elección de la densidad de plantación adecuada influye en el crecimiento y condiciona las labores de mantenimiento y aprovechamiento.

Según Jobet (1999), el espaciamiento es uno de los factores más importantes en la productividad del sitio. Para el silvicultor el espaciamiento es un factor estratégico, pues debe hacerse una buena combinación de éste con la edad de rotación, calidad de sitio y tratamientos en el establecimiento de la plantación (manejo del suelo, control de malezas y fertilización).

### **2.6.2 Densidad final**

Corresponde al número de árboles por hectárea que el silvicultor desea tener al final de la edad de rotación, en estos árboles se espera que se haya concentrado el potencial de producción del sitio. El problema radica en determinar con la mayor precisión, cuál debería ser la mayor densidad final para cada especie y calidad de sitio (Robles, 2007).

## **2.7 APROVECHAMIENTO Y ENTRESAQUE**

Las especies de *Eucalyptus* son muy favorecidas debido a que son de crecimiento rápido, fácil cultivo y adecuado para plantaciones industriales, agroforestales y forestales de la comunidad (FAO, 1979). Entre las plantaciones para madera o pulpa, se hace generalmente a los 3 ó 4 años un raleo para entresacar los árboles malformados; después a los 6 ó 7 años y el corte final hacia los 10 ó 15 años.

## 2.8 PRODUCCIÓN

La principal motivación para explorar el potencial para la producción de bioenergía a partir de eucalipto, es la necesidad de una biomasa de creciendo rápido, relativamente bajo costo y de alta productividad, los eucaliptos difundidos en el mundo son especies de crecimiento rápido, en buenos sitios se registran crecimientos en altura de 3 a 6 metros por año (Gonzalez, *et al.*, 2011). La justificación de plantar eucalipto y su interés económico por lo general es la producción y los resultados que muestran, según datos algunos presentan un incremento medio anual (IMA), entre 10 y 30 m<sup>3</sup>/ha/año, pero ocurren producciones de 50 m<sup>3</sup>/ha/año.

Ugalde y Vásquez (1994), determinaron en un ensayo de espaciamientos en Turrialba, Costa Rica, que la especie *Eucalyptus* puede alcanzar un incremento medio anual en volumen (IMAVOL), hasta 90 m<sup>3</sup>/ha/año a los 6.5 años de edad, rendimientos que superan los reportados en América del Sur y África del Sur.

## 2.9 PLAGAS Y ENFERMEDADES

Los eucaliptos contienen casi todos aceites aromáticos, lo que los hace bastante resistentes a los insectos (con excepción a las hormigas defoliadoras); la madera es generalmente poco apetecida, esto no es el caso de los árboles jóvenes, que sufren ataques de varios insectos defoliadores. Varios hongos y bacterias atacan a los eucaliptos, especialmente en climas húmedos; en Brasil hay una pudrición del corazón, donde *E. urophylla* es resistente (FAO, 2006).

Los eucaliptos se presentan naturalmente sobre gran variedad de sustratos, aunque predominan en suelos pobres, desprovistos de arcillas y bases por un lavado antiguo con escasa retención de agua. Viven en climas variados, algunos en zonas de humedad y calor constante, más numerosos en áreas templadas con lluvias invernales y sequía estival (Alvarado y Raigosa, 2009).

## **2.10 DENDROENERGÍA**

La disponibilidad de la madera y su potencial como biocombustible de sustitución del petróleo en el futuro, es desigual a través del mundo. La producción mundial de trozas industriales fue de alrededor de 1700 millones de metros cúbicos en 2005, en comparación con una producción de leña de aproximadamente 1800 millones de metros cúbicos (FAO, 2007b). La dendroenergía se destina a menudo en cantidades considerables a fines tanto domésticos como industriales.

La dendroenergía proporciona los más altos niveles energéticos y tiene la mayor eficiencia de carbono del conjunto de las materias primas bioenergéticas, en particular cuando se usa para generar calor y electricidad (FAO, 2008).

## **2.11 BIOMASA**

Los autores Nogués, García, y Rezeau (2010), definen biomasa como las sustancias orgánicas que tienen su origen en los compuestos de carbono formados de la fotosíntesis, otras fuentes la definen como la materia orgánica que proviene de la biosfera, tales como: árboles, plantas, desechos de animales que pueden ser convertidos en energía; o los 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). Según Abbasi y Abbasi (2010), biomasa es una fuente primaria de energía de los alimentos. El eucalipto es un género con un tremendo potencial de la bioenergía (Dougherty y Wright, 2010).

## **2.12 IMPORTANCIA DE EUCALIPTO EN EL MUNDO**

En 1955 se estimaba que la superficie plantada con eucaliptos era de alrededor de 700,000 ha en todo el mundo según FAO (1981). Las plantaciones comerciales de eucaliptos abarcan ahora alrededor de 4 millones de hectáreas en 58 países y regiones, incluyendo Australia; otros 50 tienen plantaciones experimentales u ornamentales. En América Central y el Caribe, la mayor parte de la madera extraída de los bosques se destina a leña (un 90%) según investigaciones de (FAO, 2011).

Hoy en día se extiende sobre más de 22 millones de hectáreas en todo el mundo (a las que habría que añadir más de 11 millones de bosque nativo de eucalipto en Australia), lo que representa el 12% de las plantaciones forestales mundiales (Flynn y Neilson, 2006).

### **2.13 PLANTACIONES ENERGÉTICAS**

Producción intensiva de biomasa forestal con el objetivo de obtener el mayor poder calorífico por hectárea y por año, con un programa de silvicultura (producción intensiva y fertilizaciones). Según De León (2010), son grandes plantaciones de árboles o plantas cultivadas con el fin específico de producir energía, por lo cual 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.

### **2.14 CLON VEGETAL**

Según (FAO, 2007a), es una planta genéticamente idéntica, obtenida por propagación vegetativa de un individuo seleccionado. El clon se obtiene por reproducción asexual por cualquiera de sus formas, injerto, in vitro, acodo. Este clon conserva las características del donante y todos los hermanos son idénticos genéticamente.

### **2.15 JARDÍN CLONAL**

Según Badilla y Murillo (2005), el jardín clonal o área de multiplicación es uno de los componentes principales de todo el sistema de reforestación clonal, en el jardín clonal se tiene la colección completa de los árboles plus seleccionados originalmente. Los autores argumentan que cada árbol plus ha sido entonces propagado a partir de sus brotes en el tocón, o a partir de otras partes vegetativas. Todas las estaquillas que se logren reproducir de un mismo árbol plus son copias genéticamente idénticas.

## **2.16 CLON 1214 *Eucalyptus Urophylla***

Un clon del género *Eucalyptus* proviene de un solo padre, ya sea a reproducción por esqueje o cultivo in vitro, los híbridos provienen de dos padres, hay una mayor variabilidad genética dado que provienen de dos gametos, el clon debe mantener la misma carga genética que el padre (Xavier, *et al.*, 2012).

El clon 1214 *urophylla*, es una selección de un ejemplar superior de un árbol padre, donde se realizan varios procesos tanto de enraizamiento y transplante a canaletas para los nuevos rebrotes. El carácter 1214 es un código que utiliza la empresa, de allí nace el nombre clon 1214 (*Eucalyptus Urophylla*).

Según Sánchez (2012), el desarrollo de metodologías adecuadas de propagación vegetativa es un punto clave para la utilización de los ejemplares híbridos obtenidos, el programa de cruzamientos controlados está sustentado bajo el concepto de la utilización de los individuos híbridos seleccionados como réplicas genéticas (clones).

Las técnicas de multiplicación agámica se encuentran desarrolladas para varias especies de *Eucalyptus*, mediante cuales se encuentran: la utilización de estacas (macropropagación), estaquitas pequeñas (minipropagación) o por medio del cultivo de tejidos (micropropagación).

### **2.16.1 *Eucalyptus urophylla***

De acuerdo con archivos de García, De Souza y Abad (2014), *E. urophylla* fue introducido a Guatemala en el año 2008 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 (IMATOT) de 192 m<sup>3</sup>/ha, a los 5 años. Las plantaciones de *E. urophylla* de PLANFORGUA en las dos fincas presentaron excelente desarrollo y sanidad.

### **2.16.2 *Eucalyptus camaldulensis***

*E. camaldulensis* fue introducido a Guatemala en el año 2008 por PLANFORGUA, a la finca Los Cocos ubicada en Zacapa, los reportes técnicos indican un incremento medio anual total (IMATOT) de 139 m<sup>3</sup>/ha, a los 5 años (García, De Souza, & Abad, 2014). Es la especie de este género que mejores resultados ha tenido en las zonas húmedas y sub-húmedas de América Central y específicamente en Guatemala por su crecimiento rápido, caracterizada por:

- Capacidad de prosperar y producir cosechas aceptables en suelos relativamente pobres y sitios con estación seca prolongada.
- Alta capacidad de rebrote por tocón.
- Copa pequeña apta para suprimir rápidamente el crecimiento de hierbas y sotobosque, aunque esto le da una ventaja para el asocio con cultivos durante la etapa de establecimiento.
- Produce madera dura, pesada, muy coloreada y de buena calidad para leña, postes, producción de muebles de pequeñas dimensiones y construcciones rurales.
- El desarrollo de la especie se ve limitado en suelos compactados, con horizontes calcáreos endurecidos, superficiales o presencia de malezas durante las primeras etapas de crecimiento.

En Guatemala es una especie apta para combinaciones con cultivos anuales limpios y cultivos perennes. Contrario a lo que muchos indican del Eucalipto, no se ha encontrado ningún daño en los cultivos agrícolas. A un distanciamiento de 3m x 2m, las profundidades de sus raíces se encuentran entre 2m y 2.5m (García, De Souza, & Abad, 2014).

En toda la Costa Sur de Guatemala en donde ha sido plantada esta especie es muy utilizada para la cocción de alimentos, contrario a lo que indican sus detractores que amarga la comida.

De acuerdo a García, De Souza y Abad (2014), en las evaluaciones y mediciones realizadas por la compañía, encontraron que hay individuos superiores y que existe variabilidad para establecer huertos semilleros y materiales clonales, esto con el fin de avanzar en el mejoramiento genético de estas poblaciones que han dado resultados satisfactorios. Las plantaciones de PLANFORGUA constituyen una población de *E. camaldulensis* adaptada a las condiciones de climas y suelos del bosque seco del departamento de Zacapa.

## **2.17 MEDICIONES PARA ÁRBOLES**

Cualquier plantación forestal en el proceso de su formación tiene que pasar por diferentes etapas de crecimiento y desarrollo. Cada etapa tiene sus propias características, por lo que es necesario entender y dominar la especie, tanto en características y hábitos ecológicos, con el fin de mejorar la gestión de la plantación forestal (Su, Zhao y Li, 2005).

La edad de los árboles y su crecimiento son otros factores que se determinan a través de mediciones. Las mediciones se pueden efectuar en árboles talados o árboles en pie. Detallan los autores Su, Zhao y Li (2005), que para poder calcular el volumen de madera de árboles y de masas forestales, se debe medir la altura y el diámetro de los árboles, y así poder determinar con esas mediciones el área basal y el volumen.

### **2.17.1 Altura (h)**

La altura de los árboles puede reflejar la capacidad productiva de un terreno; así como también es un instrumento indispensable con fines de manejo y silvicultura de los bosque y plantaciones (INAB, 1999).

La altura de árboles en pie se puede medir en forma directa o indirecta.

- Medición directa mediante varas graduadas.
- Medición indirecta mediante altímetros.

### 2.17.2 Diámetro

La medición del diámetro de árboles en pie se debe medir a una altura de 1.30 metros por encima del nivel del suelo. Este diámetro se llama: diámetro a la altura del pecho (DAP) y es expresado en centímetros (cm), (INAB, 1999).

El diámetro se mide mediante:

- **Cinta diamétrica:** Cinta graduada de tal manera que el diámetro puede leerse directamente cuando se coloca alrededor del árbol (INAB, 1999).

### 2.17.3 Área basal (AB)

El área basal es el área en metros cuadrados del corte transversal de un árbol a la altura del pecho (DAP), es decir a 1.30 metros y es expresado en m<sup>2</sup>/ha (Valdez, 2011).

Se obtiene a partir de la fórmula del área del círculo, expresada como:

$$AB = (\pi / 4) * d^2$$

AB = Área Basal

$$\pi = 3.1416$$

d<sup>2</sup> = Diámetro al cuadrado

### 2.17.4 Volumen

Las mediciones de volumen se pueden determinar en árboles talados o en pie y están basadas en medidas del árbol, tales como: diámetro, altura, área basal, espesor de corteza, factor de forma y relaciones volumétricas (Lanly, 1974; citado por De León, 2004).

La fórmula Volumen = Área basal \* Factor de Forma \* Altura Total, al final es proyectado en hectáreas, el factor más común es 0.45.

Mediciones de Árboles en Pie:

- Diámetro
- Altura
- Factor de Corteza
- Factor de Forma

## 2.18 EXPERENCIAS DE DISTANCIAMIENTOS DE EUCALIPTOS

### 2.18.1 Experiencias en distintas partes del mundo

Aguirre (1977), realizó un ensayo en Turrialba, Costa Rica, donde plantó *E. deglupta* en las densidades de 1111 árboles/ha, a un distanciamiento de 3 x 3m y 1600 árboles/ha, a un distanciamiento de 2.5 x 2.5m. Para los sistemas asociados, se sembró maíz en las densidades de 20000 pl/ha a un distanciamiento de 1 x 0.50m y 25000 pl/ha a un distanciamiento de 0.8 x 0.5m. Los promedios de las mediciones para *E. deglupta* indicaron que se encontró una alta correlación entre el crecimiento en altura y el diámetro basal, concluyendo que es económico plantar *E. deglupta* en las densidades presentadas, asociado con maíz.

Se evaluaron tres densidades de plantación en San Pedro Sula, Honduras, utilizaron diferentes densidades de plantación, desde 4400 hasta 1600 árboles/ha. Este ensayo fue realizado para determinar el potencial del género *Eucalyptus* de la especie *terreticornis*, los distanciamientos de plantación fueron: 1.5m x 1.5m, 2m x 2m, 2.5m x 2.5m, los datos de incremento medio anual (IMA), indicaron que la mayor disponibilidad de espacio de crecimiento permite un mayor desarrollo en diámetro y altura, en el tiempo no se presentó competencia entre árboles (Bauer, 1982).

Se realizaron 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 Eucalipto que tiene como fin la producción de biomasa, esta información proviene de aproximadamente 660 unidades experimentales entre ensayos y parcelas (CATIE, 1986).

Cano (1986), analizó la incidencia que tiene la utilización de diferentes densidades de plantación en la rentabilidad de bosques energéticos implantados de *Eucalyptus camaldulensis*. Analizó dos densidades diferentes: 3m x 2.50m y 2m x 2m. La edad de rotación considerada fue de 7 años para la plantación menos densa, y de 6 años para la más densa, con rendimientos estimados de 19 m<sup>3</sup>/ha/año y 23 m<sup>3</sup>/ha/año respectivamente.

Las densidades recomendadas tanto para bosques energéticos, para una producción máxima siendo 1800 árboles/ha, a un espaciamiento acerca de 2.4m x 2.4m, para sitios regulares, otra densidad es de 1300 árboles/ha, con un espaciamiento de 2.8m x 2.8m, para sitios en condiciones de sequía, densidad de 1500 árboles/ha con un espaciamiento de 2.6m x 2.6m, para madero grande de 10cm (Schonau, 1991).

Nelder Wheel descubrió en Costa Rica que para maximizar el diámetro del primer raleo y lograr una gran área basal en suelos profundos y húmedos, se necesita una densidad de plantación de 1111 y 1525 árboles/ha, lo que representa espaciamientos de 2.5m x 2.5m y 3m x 3m (Vásquez y Navarro, 1993).

Se evaluó el crecimiento de *Eucalyptus camaldulensis* en cuatro sitios de Nicaragua, bajo diferentes espaciamientos de plantación, los resultados indican en términos generales, que el crecimiento diamétrico y altura es menor para las mayores densidades de plantación, lo cual confirma que la disponibilidad de mayor espaciamiento por planta favorece el crecimiento de la especie, esto coincide con observaciones realizadas en Guatemala, donde los árboles plantados a 2 metros en hileras, sin competencia lateral crecieron más que árboles plantados a 2 x 2 (m) en el mismo sitio en iguales condiciones de suelo (Salas, 1994).

(Ferrere, *et al.*, 2005) examinaron el efecto de la densidad inicial de plantación de *Eucalyptus globulus* sobre variables de crecimiento en un ensayo instalado en el sureste de la provincia de Buenos Aires, Argentina, variables de diámetro, altura total, área basal, espesor relativo de corteza y densidad de la madera, se estudiaron en un período de 10 años y se evaluaron en relación a 9 densidades iniciales de plantación siguiendo un diseño de tipo Nelder modificado.

Las densidades ensayadas variaron entre 2083 y 582 plantas/ha. Al disminuir la densidad de plantación hasta el tratamiento de 761 plantas/ha, aumentó el crecimiento en diámetro y en menor medida en altura (Ferrere, *et al.*, 2005). El área basal fue mayor en los tratamientos intermedios. Al sexto año se encontraron diferencias

significativas en la densidad de madera entre los tratamientos estudiados. No se detectaron diferencias en la proporción de corteza en relación al diámetro. Se concluye que la densidad de plantación 1095 plantas/ha optimiza un buen crecimiento individual y de rodal.

### **2.18.2 Experiencias en Guatemala**

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

Según de León (2010), gran parte de la población rural en los países subdesarrollados que representa cerca del 50% de la población mundial, aún depende de la biomasa tradicional, principalmente de leña, como fuente de energía primaria. En Guatemala el consumo actual de biomasa con fines energéticos se estimó en 15, 771,187 toneladas de materia seca al año (Larrañaga y Flores 2012).

Se ve reflejada la deforestación en los mapas de cobertura forestal; donde se estima que la deforestación neta promedio anual alcanza las 48,084 hectáreas para el periodo 2001-2006 y 38,597 hectáreas para el periodo 2006-2010 (IARNA-URL, 2012; UVG, INAB, CONAP, URL, 2012). El árbol de Eucalipto, posee un alto valor calorífico (4.300 kcal/kg); siendo este una opción factible en poder desarrollar proyectos de generación de biomasa (de León, 2010).

Los análisis realizados en el marco del sistema de contabilidad ambiental y económica integrada, por medio de la Cuenta Integrada de Energía y Emisiones (BANGUAT & URL-IARNA, 2011), señalan que para el año 2010, de los 498,458.5 tera joules (TJ) estimados como la oferta total de energía para el consumo a nivel nacional, un 70.33% proviene de fuentes de energía primaria.

(Daetz, 2015) desarrolló un experimento en la finca Setzac, ubicada en el municipio de Lanquín, Alta Verapaz, con el objetivo de evaluar el crecimiento, desarrollo y adaptabilidad bajo las condiciones de la finca, implementó un ensayo con bloques completos al azar de Eucalipto, con un clon procedente de *Eucalyptus camaldulensis* y *E. pellita*, 5 clones procedentes de *E. urophylla*, tres clones procedentes del híbrido urocal y dos materiales procedentes de semillas de *E. camaldulensis* y *E. urophylla*, plantados a un distanciamiento de 3m x 2m, a una densidad de 1666 árboles/ha. Al final del análisis estadístico concluyó que el clon 1214 procedente del híbrido urocal obtuvo rendimiento de 4.3 m de altura, 5.50 cm de DAP y 7.5 m<sup>3</sup>/ha/año, siendo uno de los materiales que dio mejores resultados en altura y diámetro.

(De la Vega, 2016) efectuó una investigación durante el segundo año, que se llevó a cabo en la finca Sacsuja, La Tinta, Alta Verapaz. El objetivo del trabajo consistió en evaluar el crecimiento de materiales genéticos de *Eucalyptus urophylla*, realizando un experimento con diseño de bloques al azar en el que se utilizaron 10 clones de *Eucalyptus urophylla* y dos materiales provenientes de semilla de *E. urophylla* y *E. camaldulensis*. Se evaluaron las variables de Diámetro a la Altura del Pecho (DAP), Altura, Volumen y Porcentaje de Prendimiento, se realizaron mediciones a los 24 meses de haberse establecido el experimento, se evaluó también la variable de forma para todos los materiales. Según el análisis estadístico el tratamiento que dio mejor resultado fue el clon 1066, que estadísticamente presentó mejor rendimiento en el campo. Las medias de las variables de crecimiento para este clon fueron: 20.10 cm para DAP; 9.09 m para Altura y 0.94 volumen/parcela para volumen. Para la variable forma el clon CA-30 mostró los mejores fustes y en cuanto a prendimiento el tratamiento con semilla de *E. urophylla*.

(García, 2016) realizó un ensayo en las instalaciones del Campus San Pedro Claver SJ de la Universidad Rafael Landívar, ubicada en el kilómetro 218.5 municipio de San Juan Chamelco, Alta Verapaz. El objetivo principal fue evaluar la sobrevivencia a los 3, 6 y 12 meses, de cinco materiales clonales de *Eucalyptus urophylla* ST. Blake durante el primer año de establecimiento de la plantación. Se utilizó un diseño experimental de bloques completos al azar con 6 repeticiones. Las variables evaluadas fueron: diámetro a la altura del pecho (DAP), altura total, volumen ha<sup>-1</sup> y biomasa ha<sup>-1</sup>. Los resultados obtenidos fueron: para sobrevivencia, todos los materiales clonales presentan un porcentaje por arriba del 85%; el crecimiento en DAP oscila entre 2.59 y 3.32 cm sin encontrar diferencias significativas; la altura total oscila desde 3.14 hasta 4.68 metros, donde se encontraron diferencias significativas, por lo que estadísticamente se determinó que el clon 1214 presentó el mayor crecimiento con 4.68 metros en un año. La productividad de volumen está entre 1.50 y 3.64 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>, y biomasa entre 0.73 y 1.77 toneladas ha<sup>-1</sup>, no encontrando diferencias significativas para estas variables de productividad en los materiales evaluados.

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

#### 3.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El consumo de leña, es un factor asociado al deterioro ambiental, el cual es obtenido en su mayoría de bosques naturales. Según investigaciones realizadas por Larrañaga y Flores (2012), establecieron que el consumo de leña en Guatemala es de 15,771,186 toneladas de materia seca al año y de esto Alta Verapaz consume alrededor de un millón, siete mil seis cientos setenta t/año.

Guatemala tiene un alto índice de consumo de leña, los precios elevados de los combustibles; algunos como el petróleo y electricidad, requieren de un manejo estratégico y una atención dado a que el insumo como la leña es consumida fundamentalmente para la cocción de alimentos a nivel nacional, buscando una estrategia la cual impulse el desarrollo de energías renovables donde la biomasa ofrece una alternativa renovable de insumos energéticos. Según Ruíz (2015), el *Eucalyptus* tiene la capacidad de producir mayor volumen de madera por unidad de área en un ciclo relativamente corto.

Dentro de las políticas del país está la promoción de establecimiento de bosques energéticos, a través de la ley PROBOSQUE (IARNA-URL, 2012). Para cumplir con estos objetivos es necesario la buena selección de materiales genéticos (clones) resistentes a plagas y enfermedades dando buenos resultados, se conoce en muchos casos las bondades de la especie Eucalipto (Harwood, 2011), el cual ha sido ampliamente utilizado con objetivos de generación de biomasa.

Como el requerimiento principal en plantaciones energéticas es el de biomasa en tiempos relativamente cortos, muchos han investigado sobre la densidad adecuada de plantación que brinde un mayor rendimiento, lo cual ha sido adecuadamente documentada, (Cozzo, 1965, Geilfus, 1994, FAO, 1981, Nanne, 1976 y Vásquez y Navarro, 1993).

### 3.2 JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO

Gran parte de la población de Guatemala depende directamente de la leña como fuente de energía para cocinar alimentos y calefacción; actualmente, el 64% de la población depende de la leña como fuente de energía, el 67% de ella se encuentra en el área rural y el 33% en el área urbana BANGUAT- URL, IARNA 2009. La población guatemalteca por necesidad, utiliza la leña como fuente principal de energía, siendo este un factor al deterioro ambiental para los bosques.

El objetivo de establecer unidades demostrativas de un clon de *Eucalyptus*, es para mostrar el comportamiento entre los individuos que se encuentran plantados en distintas densidades, así poder proyectar el potencial que este clon brinda para la producción de leña, postes, madera para aserrío, aceites aromáticos y pulpa (Burschel, Hernández, y Lobos, 2003, Cozzo, 1965, Vásquez y Navarro, 1993, FAO, 2006, FAO, 1979).

El eucalipto es una especie que muestra resultados aceptables debido a su rápido crecimiento y mejora genética, en comparación a una especie nativa (García, De Souza, y Abad, 2014). La clonación está considerada a nivel mundial como una forma de producir con mayor eficiencia y calidad lo que requiere el mercado.

La justificación de plantar clones de eucalipto, por lo general es la producción y los resultados que muestra: a densidades más bajas, las plantas se desempeñan mejor y existe un mayor volumen total de rendimiento (más biomasa por planta), a altas densidades la competencia intraespecífica es más intensa, esta se produce cuando una misma densidad de una especie es mantenida en cada tratamiento, compitiendo por luz, nutrientes y espacio (FAO, 1981).

Este ensayo no pretende resolver toda la problemática en torno al uso y consumo de la leña, pero sí aporta y enriquece información para promover las plantaciones energéticas como fuentes de desarrollo local, respondiendo a la Ley PROBOQUES (Decreto 02-2015).

## 4. OBJETIVOS

### 4.1 OBJETIVO GENERAL

Evaluar el crecimiento de un clon de Eucalipto plantados a cinco diferentes densidades a partir de la variable crecimiento y productividad durante el primer año bajo las condiciones de la Finca Fray Bartolomé de las Casas, San Juan Chamelco, Alta Verapaz.

### 4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Evaluar el crecimiento de *Eucalyptus* (Clon 1214) plantado a cinco densidades a los 6 y 12 meses de edad.
- Estimar la productividad de *Eucalyptus* (Clon 1214) plantado a cinco densidades.
- Determinar las características fenotípicas y porcentaje de sobrevivencia de *Eucalyptus* (clon 1214) plantado a cinco densidades.

## 5. HIPÓTESIS

### 5.1 HIPÓTESIS ALTERNA ( $H_a$ )

- Existen diferencias estadísticamente significativas en el crecimiento, productividad, características fenotípicas y porcentaje de sobrevivencia del clon 1214 del género *Eucalyptus* en cinco distanciamientos de plantación.

### 5.2 HO. HIPÓTESIS NULA

- No existen diferencias estadísticamente significativas en el crecimiento, productividad, características fenotípicas y porcentaje de sobrevivencia del clon 1214 del género *Eucalyptus* en cinco distanciamientos de plantación.

## 6. METODOLOGÍA

### 6.1 LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

Se presenta la descripción de la localización del ensayo, considerando su ubicación geoespacial, así como algunas características principales del área tales como: zona de vida, clima y suelos.

#### 6.1.1 Ubicación geográfica

El experimento se realizó en la Finca Fray Bartolomé de las Casas, que se encuentra en el municipio de San Juan Chamelco, Alta Verapaz. Ubicado en el km 218 carretera de Cobán a San Juan Chamelco, para el casco urbano, aproximadamente en las coordenadas geográficas: Latitud 15°25'40.77" Norte y Longitud 90°20'14.06" Oeste. En la figura 1, se muestra de manera gráfica, la ubicación de la finca.

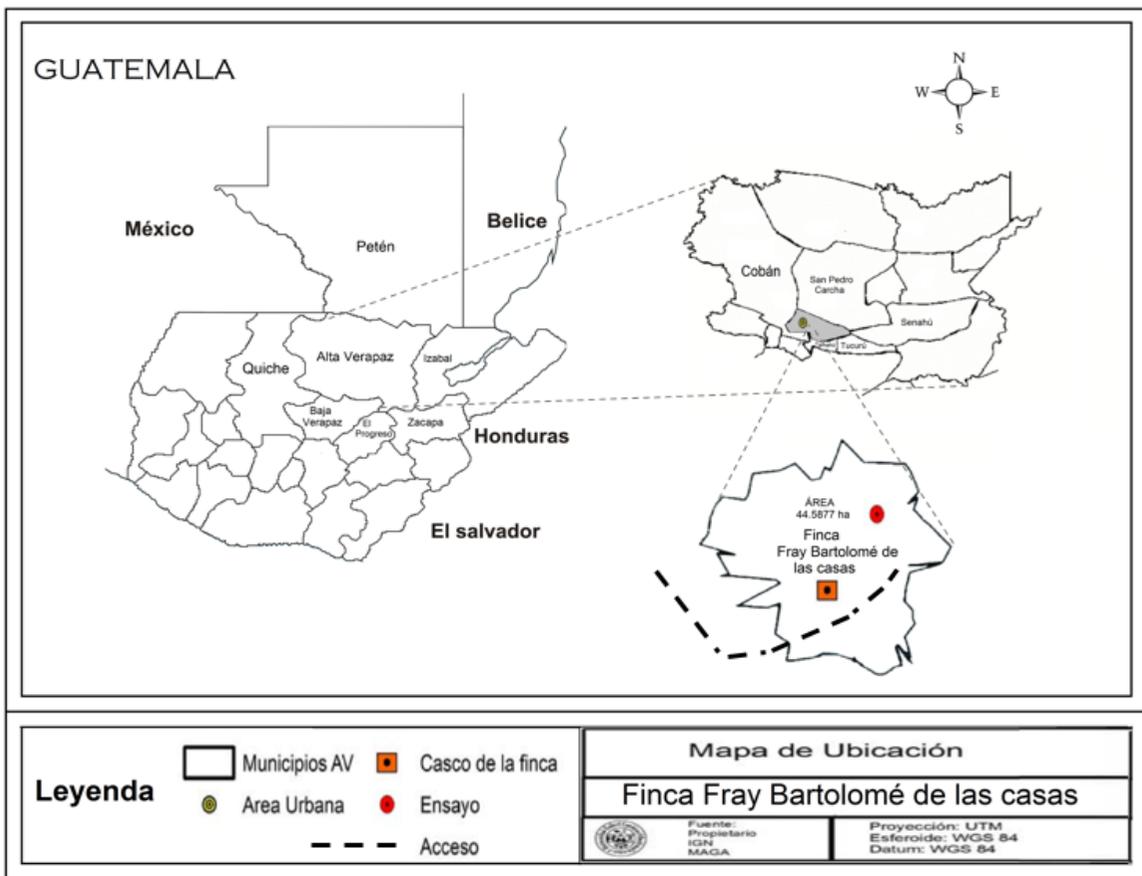


Figura 1. Ubicación geográfica del municipio de San Juan Chamelco, Alta Verapaz.



Figura 2. Polígono General de la Finca Fray Bartolomé de las Casas, San Juan Chamelco.

## 6.2 ZONA DE VIDA

Basado en el sistema de Holdrige, el área se encuentra en la zona de vida Bosque muy Húmedo Subtropical (Frio) bmh – S(f), el área donde fue establecida la plantación sujeta a estudio, se encuentra a una altitud de 1350 metros sobre el nivel del mar (MAGA, 2002).

## 6.3 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 Ultisoles (MAGA, 2002).

Tienen horizontes argílicos profundos, oscuros con alto contenido de materia orgánica. En la formación de dichos suelos, el material parental y el clima son los principales factores en la información. La presencia del horizonte argílico, implica que se han formado los suelos en un clima con períodos de déficit hídrico según Simmons, Tarano, y Pinto (1959).

## 6.4 CARACTERIZACIÓN CLIMÁTICA

La precipitación pluvial para esta región oscila entre 2,000 a 2,500 milímetros anuales, se caracteriza por que en la zona prevalece un clima templado con temperaturas que oscilan entre 15° y 25° Centígrados, y una temperatura promedio de 20° Centígrados (INSIVUMEH, 2015).

## 6.5 FACTORES ESTUDIADOS

Los factores estudiados fueron los distanciamientos, a través de un análisis comparativo entre ellos de: crecimiento en diámetro, altura total, productividad, características fenotípicas y sobrevivencia.

## 6.6 DESCRIPCIÓN DE LOS TRATAMIENTOS

Se evaluaron cinco distanciamientos, en relación de la variable crecimiento y productividad del clon 1214, (*Eucalyptus. urophylla*). Están distribuidos en 5 tratamientos con cuatro repeticiones, una repetición de cada distanciamiento evaluado, haciendo un total de 20 unidades experimentales, los distanciamientos evaluados se describen en el cuadro 2.

Cuadro 2. Descripción del material y distanciamientos evaluados.

Número	Material	Especie	Número	Tratamientos	Distanciamiento	Planta/ha
1	1214	<i>(Eucalyptus. urophylla)</i>	1	T1	1m x 2m	5000
			2	T2	2m x 2m	2500
			3	T3	1m x 3m	3333
			4	T4	2m x 3m	1666
			5	T5	3m x 3m	1111

Fuente: Elaboración propia

## 6.7 DESCRIPCIÓN DEL EXPERIMENTO

Se evaluó el crecimiento y productividad durante el primer año de desarrollo del clon 1214 del género *Eucalyptus*, para lo cual se llevaron a cabo 2 mediciones.

El experimento consistió en cinco tratamientos que variaron en distancia de plantación de la siguiente forma: T1: 1m x 2m, T2: 2m x 2m, T3: 1m x 3m, T4: 3m x 2m y T5: 3m x 3m. Cada tratamiento tuvo cuatro repeticiones.

El T1 y T3, tienen 40 plantas por unidad experimental, de 4 surcos por 10 plantas por surco, el T2, T4 y T5 tienen 20 plantas por unidad experimental, de 4 surcos por 5 plantas por surco.

## **6.8 FASE I EVALUACIÓN DEL CRECIMIENTO**

Para evaluar el crecimiento de un clon plantado a 5 diferentes densidades, se realizaron dos mediciones, a los 6 y 12 meses de iniciada la plantación. Este procedimiento se realizó para determinar si existía significancia en los tratamientos para la variable altura.

En relación a la variable diámetro, al cabo de los primeros 6 meses no fue posible realizar este análisis, ya que las plantas eran menores a 1.30 metros de altura. La segunda medición para la variable diámetro se realizó a los 12 meses.

Para cumplir con este objetivo, se utilizaron:

### **6.8.1 Instrumentos**

- Metro
- Cinta diamétrica

### **6.8.2 Variables**

- Altura (m)
- Diámetro (cm)

## **6.9 FASE II EVALUACIÓN DE PRODUCTIVIDAD**

Para estimar la productividad, se evaluó en base a las variables de área basal y volumen de la siguiente forma:

$$AB = (\pi / 4) * d^2$$

Donde **AB** (Área Basal) es igual a  $(\pi = 3.1416 / 4) \times d^2$  (diámetro al cuadrado).

Para la variable volumen, se calculará con la fórmula  $V = \text{Área basal} \times \text{Factor de Forma} \times \text{altura total}$  el cual posteriormente es proyectado a hectárea, el factor de forma a utilizar fue 0.45.

#### **6.9.1 Instrumentos**

- Calculadora
- Excel 2013 de Microsoft Office®
- Boleta de recolección de datos

#### **6.9.2 Variables**

- Área Basal (m<sup>2</sup>)
- Volumen (m<sup>3</sup>)

### **6.10 FASE III DETERMINACIÓN DE CARACTERÍSTICAS FENÓTIPICAS**

Para determinar las características fenotípicas, en esta fase se observaron a detalle las características físicas de los árboles como el estado de la copa, el fuste etc. Se utilizarán los códigos de forma fenotípicos, el cual se encuentra en el Anexo 11.

### **6.11 FASE IV DETERMINACIÓN DEL DISTANCIAMIENTO ÓPTIMO**

En esta fase ya obtenidos los datos de las dos mediciones que se realizaron, se insertaron al Software INFOSTAT®, donde fueron procesados, realizando análisis de varianza y pruebas de Tuckey para determinar el distanciamiento óptimo para el género *Eucalyptus* procedente del material clonal 1214.

#### **6.11.1 Instrumentos**

- Computadora
- Software INFOSTAT®
- Boleta de recolección de datos

#### **6.11.2 Variables**

- Altura (m)
- Diámetro (cm)

### 6.12 DISEÑO EXPERIMENTAL

El diseño experimental utilizado fue de bloques completos al azar (DBCA) con cinco tratamientos y cuatro repeticiones para dar un total de 20 unidades experimentales. Ver figura 3.

### 6.13 CROQUIS DE CAMPO

	I	II	III	IV
	3	3	5	2
	5	4	4	1
	1	2	1	5
	2	1	2	4
	4	5	3	3

 Borde

I = Bloque  
II = Bloque  
III = Bloque  
IV = Bloque

Figura 3. Croquis de campo ensayo del clon 1214 realizado en la Finca Fray Bartolomé de las Casas, San Juan Chamelco.

Se utilizó este diseño debido a la homogeneidad del material y a la variabilidad de los tratamientos en cada unidad experimental que conforman los bloques.

## 6.14 MODELO ESTADÍSTICO

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

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

Siendo:

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

$\mu$  = media general de la variable de respuesta.

$\tau_i$  = efecto del  $i$ -ésimo distanciamiento

$\beta_j$  = efecto del  $j$ -ésimo bloque

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

## 6.15 UNIDAD EXPERIMENTAL

En este caso por los diferentes distanciamientos evaluados, el número de plantas es distinto a cada unidad experimental, ya que cada tratamiento es diferente, lo cual se describe a continuación. En total, el experimento tiene 680 plantas. Ver Anexo 3.

T1 la unidad experimental cuenta con 40 plantas (4 surcos x 10 plantas por surco) con un distanciamiento de 1m x 2m, que es equivalente a un área de 80m<sup>2</sup> por unidad. (Figura 4).

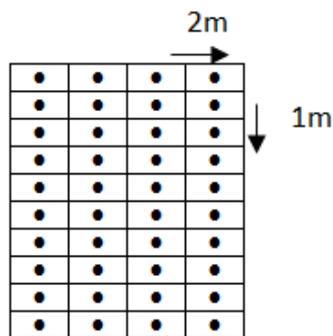


Figura 4. Diseño de la unidad experimental del ensayo al 1 x 2 (m).

T2 la unidad experimental cuenta con 20 plantas (4 surcos x 5 plantas por surco) con un distanciamiento de 2m x 2m, que es equivalente a un área de 80m<sup>2</sup> por unidad. (Figura 5).

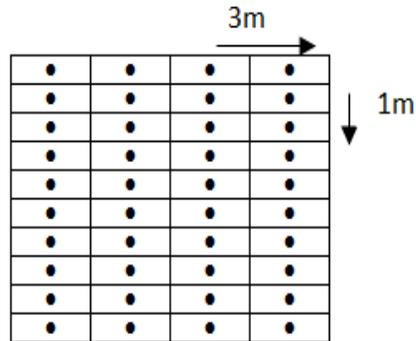


Figura 5. Diseño de la unidad experimental del ensayo al 2 x 2 (m).

T3 la unidad experimental cuenta con 40 plantas (4 surcos x 10 plantas por surco) con un distanciamiento de 1m x 3m, que es equivalente a un área de 120m<sup>2</sup> por unidad. (Figura 6).

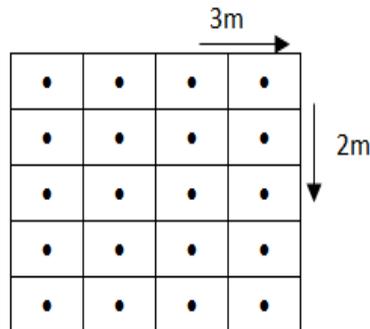


Figura 6. Diseño de la unidad experimental del ensayo al 1 x 3 (m).

T4 la unidad experimental cuenta con 20 plantas (4 surcos x 5 plantas por surco) con un distanciamiento de 2m x 3m, que es equivalente a un área de 120m<sup>2</sup> por unidad. (Figura 7).

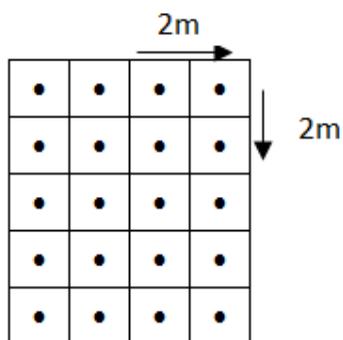


Figura 7. Diseño de la unidad experimental del ensayo al 2 x 3 (m).

T5 la unidad experimental cuenta con 20 plantas (4 surcos x 5 plantas por surco) con un distanciamiento de 3m x 3m, que es equivalente a un área de 180m<sup>2</sup> por unidad. (Figura 8).

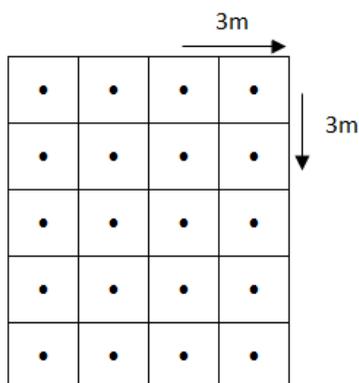


Figura 8. Diseño de la unidad experimental del ensayo al 3 x 3 (m).

Planta por T1 y T3 = 160 plantas

Planta por T2, T4 y T5 = 80 plantas

Borde = *Eucalyptus urophylla* AR-09 en base al distanciamiento, 2m por calle y 3m por planta.

Área total del ensayo: 0.306 ha.

El borde es una barrera más para factores externos, fuera del experimento, por cualquier tipo de ataque de plaga, para no afectar al material en sí.

## 6.16 MATERIALES Y RECURSOS

Para la implementación del ensayo se utilizaron diferentes materiales y recursos, descritos en el cuadro 3.

Cuadro 3. Materiales y recursos que se utilizaron durante el experimento.

Recursos Humanos	Recursos Materiales	Equipo
✓ Estudiante de la Universidad Rafael Landívar.	✓ 20 unidades experimentales para la implementación de los tratamientos.	✓ Cinta métrica
✓ 8 jornales para la implementación del ensayo.	✓ Machetes	✓ GPS
	✓ Rótulos para identificar cada unidad experimental	✓ Cámara fotográfica
	✓ Manta vinílica para la identificación del ensayo	✓ Libreta de campo
	✓ Estacas	✓ Boletas de campo
	✓ Chuzos	✓ Computadora
	✓ Azadones	✓ Tablero

Fuente: Elaboración propia

## 6.17 MANEJO DEL EXPERIMENTO

### 6.17.1 Preparación del Terreno

El manejo de la plantación durante el primer año, estuvo dirigido principalmente al control de malezas, prevención y control de plagas y enfermedades; a continuación, se detalla las actividades realizadas.

### 6.17.2 Preparación del terreno

La preparación del terreno consistió básicamente en el control y eliminación de la vegetación existente en el área donde se estableció la plantación (ensayo), trazo,

estaquillado y ahoyado respectivamente. El control de la vegetación se realizó mediante:

a) control químico, aplicando un herbicida sistémico (glifosato) utilizando 3 copas Bayer por bomba.

b) Plateo de 50 centímetros de diámetro donde se colocaron las plantas (el plateo se realizó posteriormente al estaquillado).

La siembra se realizó durante la primera semana del mes de octubre del año 2015 (2 y 3 de octubre).

A las 4 semanas de establecido el ensayo, se aplicó un fertilizante químico, este se aplicó haciendo cuatro agujeros en el centro de la planta, haciendo una mezcla del fertilizante con el suelo para evitar que las raíces de la planta tuvieran contacto directo con el fertilizante. La fórmula utilizada fue 15-15-15 (N-P-K) aplicando una dosis de 100 gramos por planta.

### **6.17.3 Control de maleza**

Las limpiezas se realizaron con el método cultural (chapia) y la aplicación del producto Round-up (Glifosato, herbicida translocable). Los objetivos del control de malezas son favorecer la supervivencia de las plantas a través de la eliminación de la competencia y aumentar la productividad, disminuyendo la competencia por luz, agua y nutrientes (Schonau, *et al.*, 1981).

### **6.17.4 Control de Plagas**

Se realizó monitoreo en las unidades experimentales, aplicando el producto "MIREX" 0.3, insecticida que fue efectivo para la eliminación de los zompos. Las hormigas cortadoras (*Atta* spp.) hicieron presencia desde las primeras semanas de establecida la plantación, por lo que fue necesario mantener un constante monitoreo y un control periódico utilizando productos químicos (insecticida).

Una planta está enferma cuando una o más de sus funciones vitales se encuentran interferidas o sufren un cambio debido al ataque de un agente patógeno o a la acción de los factores ambientales. Las enfermedades infecciosas pueden ser causadas por organismos patógenos y los daños pueden ser causados por insectos o ácaros (FAO, 2006).

#### **6.17.5 Identificación de tratamientos**

Se colocó una manta vinílica en un lugar visible identificando la plantación, la cual contiene la información mínima del experimento (fecha de establecimiento, especie, densidades y material clonal); así mismo se elaboraron y colocaron rótulos pequeños identificando cada uno de los tratamientos, en la esquina inferior izquierda de cada unidad experimental.

#### **6.17.6 Ronda corta fuego**

Al inicio de la época seca se realizó una ronda corta fuegos para proteger el experimento de incendios.

### **6.18 VARIABLES DE RESPUESTA**

Las mediciones realizadas fueron para determinar el porcentaje de sobrevivencia, la forma (Recto, sinuoso, bifurcado, inclinado) y el crecimiento tanto en altura total como en diámetro a la altura del pecho. Para el desarrollo se evaluó la variable volumen total.

#### **6.18.1 Altura total**

Se llevó a cabo la medición de la altura total de cada uno de los árboles, esta variable se evaluó en dos ocasiones durante el desarrollo de la investigación; la primera a los 6 meses de establecida la plantación y la segunda al cumplir un año. Estas mediciones permitieron conocer el comportamiento de cada uno de los tratamientos en términos de crecimiento. Para la medición de las alturas se utilizó una varilla debidamente graduada (en centímetros y metros), para facilitar las lecturas y minimizar los errores en las mediciones.

### **6.18.2 Diámetro a la altura del pecho**

La medición del diámetro del fuste a la altura del pecho se realizó en una sola ocasión, siendo ésta al año de establecida la plantación; con ello se conoció el comportamiento de cada uno de los tratamientos en cuanto a desarrollo en diámetro a los doce meses.

La medición de los diámetros se realizó utilizando cintas métricas obteniendo la circunferencia de cada fuste a una altura de 1.30 metros del suelo (DAP), con el objeto de facilitar la toma de datos en campo se empleó una regla calibrada de 1.30 metros que sirvió de guía para realizar las mediciones.

### **6.18.3 Volumen**

Habiendo obtenido los datos de altura total y diámetro, mediante el uso de ecuaciones para la estimación del volumen de plantaciones jóvenes, se estimó el volumen individual de los árboles, utilizando para ello la siguiente 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 = Factor de forma (0.45)

### **6.18.4 Supervivencia**

Se realizó un conteo de cada una de las plantas vivas para estimar la supervivencia de las plantas con relación al total de individuos plantados, esta actividad se llevó a cabo al cumplir un año de establecida la plantación.

## **6.19 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN**

Luego de realizar las mediciones de las variables se generó una base de datos, ingresando todos los valores de las variables en el programa Excel 2015 de Microsoft Office®.

### **6.19.1 Análisis Estadístico.**

Se evaluaron las medias de las variables de cada unidad experimental siendo estas: altura total, diámetro a la altura del pecho y volumen, con ello se realizó el análisis de varianza –ANDEVA- de Bloques Completamente al Azar con un nivel de confianza del 95%. El análisis de datos se hizo con la ayuda del Software INFOSTAT® versión estudiantil 2016e. Para determinar si existían diferencias significativas entre los tratamientos, se utilizó una prueba de medias de Tukey. El análisis de la sobrevivencia se hizo con el conteo de árboles vivos a los 12 meses de edad, con los datos obtenidos se determinaron los porcentajes para representar dicha variable. Para la evaluación fenotípica se obtuvo el total de formas por tratamiento y luego se registró como porcentaje.

## 7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 7.1 ANÁLISIS DE LAS VARIABLES DE CRECIMIENTO A LOS 6 MESES

#### 7.1.1 Análisis de la altura total

Para evaluar el crecimiento, se tuvo que determinar la significancia que existe entre los tratamientos para la variable altura a los seis meses, se realizó el análisis de varianza, que se muestra en el cuadro 4.

Cuadro 4. Análisis de varianza (SC tipo I) de altura total a los 6 meses del clon 1214.

Fuentes de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	Valor de F	p-valor
<b>Bloques</b>	3	0.32			
<b>Tratamientos</b>	4	0.24	0.06	2.82	<0.0732
<b>Error Experimental</b>	12	0.25	0.02		
<b>Total</b>	19	0.82			

Fuente: Elaboración propia

Luego de aplicar el ANDEVA con un nivel de significancia del 5% no se encontró diferencias significativas ( $p < 0.0732$ ) en los tratamientos para la variable altura total a los seis meses, lo que indica que los tratamientos evaluados se comportaron igual, el coeficiente de variación calculado para el error experimental fue de 16.52%.

Adicional a lo anterior se evaluó el resultado basándose en el valor de  $F = 2.82$ , comparándola con  $F$  crítica, el cual es de 3.26; lo que indica que es menor que  $F$  crítica de tabla, el resultado obtenido muestra que no existen diferencias significativas. Se realizó esta comparación con  $F$  crítica para comparar que el software está dando un resultado aceptable.

Por ser la etapa inicial de la plantación, los individuos presentaron el mismo comportamiento a los seis meses, los mismos resultados que reporta Daetz (2015), durante la primera medición a seis meses, indicando que los tratamientos se comportaron por igual.

En la figura 9 se muestra la media más alta que fue de 1.02 metros para el T3 alcanzada por el material 1214 durante los primeros seis meses del experimento, el cual tiene una diferencia de 0.33 centímetros, en comparación al T4 con media de 0.69 centímetros con distanciamiento de 2m x 3m, el cual es inferior a la media de 0.92 centímetros para el material 1214 que reporta Daetz (2015), con distanciamiento de 2m x 3m.

Estos resultados alcanzados durante los primeros seis meses con el clon 1214 con distanciamientos de 2m x 3m es inferior a la media de 2.31 metros para el material 1214 que reporta García (2016), donde utilizó el mismo distanciamiento durante los seis meses, estudio realizado en San Juan Chamelco, departamento de Alta Verapaz, Guatemala.

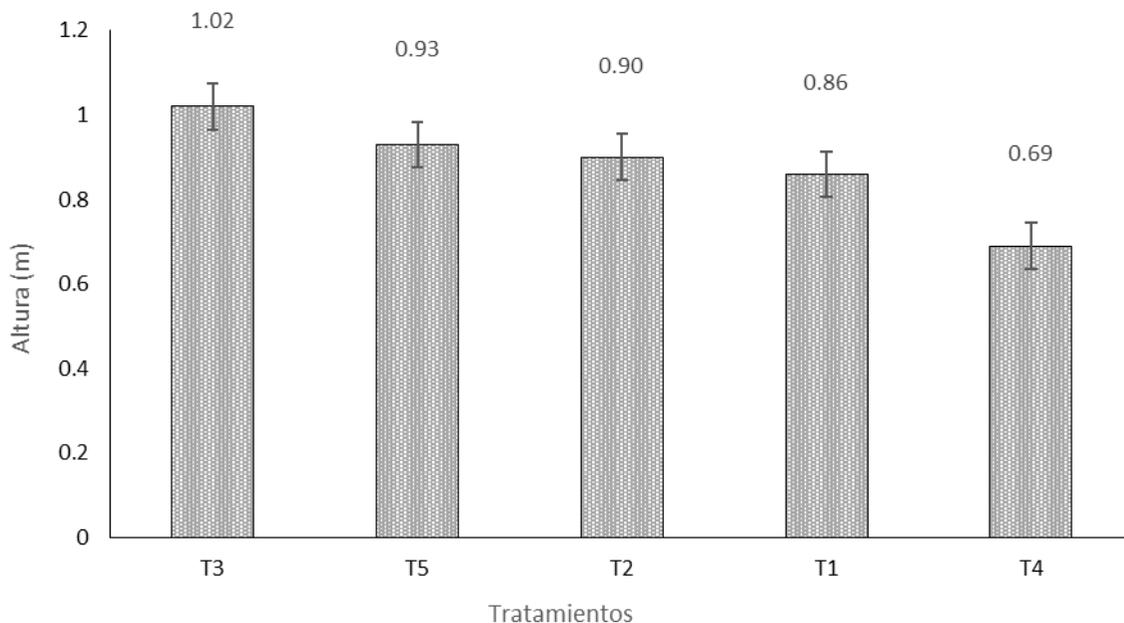


Figura 9. Gráfico de medias de tratamientos y variación de valores de altura total en metros a los 6 meses.

### 7.1.2 Análisis del Diámetro a la Altura del Pecho (DAP)

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

### 7.1.3 ANÁLISIS DE LAS VARIABLES DE CRECIMIENTO A LOS 12 MESES

#### 7.1.4 Análisis de la Altura Total.

Para evaluar el crecimiento y determinar la significancia que existe entre los tratamientos para la variable altura total a los 12 meses, se realizó el análisis de varianza, que se muestra en el cuadro 5.

Cuadro 5. Análisis de varianza (SC tipo I) de altura total a los 12 meses.

Fuentes de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	Valor de F	p-valor
<b>Bloques</b>	3	3.58			
<b>Tratamientos</b>	4	4.57	1.14	4.78	<0.0154
<b>Error Experimental</b>	12	2.87	0.24		
<b>Total</b>	19	11.03			

Fuente: Elaboración propia

Se realizó un análisis de varianza con los promedios de la altura y los resultados se presentan en el cuadro 5. Luego de aplicar el ANDEVA con un nivel de significancia del 5% se encontraron diferencias significativas ( $p < 0.0154$ ) indicando que al menos uno de los distanciamientos proporciona un mejor crecimiento en altura a los 12 meses, el coeficiente de variación calculado para el error experimental fue de 10.82%.

Agregado a lo anterior se evaluó el resultado basándose en el valor de F el cual es de 4.78, lo que indica que es mayor que F crítica de tabla, el cual es de 3.26; el resultado obtenido muestra que si existen diferencias significativas. Se realizó esta comparación con F crítica para comparar que el software está dando un resultado aceptable.

Para establecer cuál es el tratamiento que provee la mejor condición para la variable altura se realizó una comparación de medias por medio de la prueba de Tukey ( $\alpha=0,05$ ), que se muestra en el cuadro 6.

Cuadro 6. Prueba de Tukey para la variable altura a los 12 meses.

Tratamientos	Medias	n	E.E	
T3	4.97	4	0.24	A
T1	4.93	4	0.24	A
T2	4.81	4	0.24	A B
T5	4.07	4	0.24	A B
T4	3.82	4	0.24	B

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

Fuente: Elaboración propia

La categorización realizada se presenta en el cuadro 6. Se identifica claramente 3 grupos: El primer grupo está conformado por los tratamientos T3 y T1 ubicándose en la categoría A, indicando de esta manera que son los que presentan las mejores condiciones para la variable altura durante el primer año; mientras que los tratamientos T2 y T5 conforman el segundo grupo, ubicándose en el nivel AB, lo cual indica que existe similitud estadísticamente entre ellos. En la categoría B se encuentra el T4 que conforma el tercer grupo.

La media más alta es de 4.97 metros para el T3 (1m x 3m) alcanzada por el material 1214 durante el primer año del experimento, mostrando una diferencia de 1.15 metros en comparación al T4 (2m x 3m) con media de 3.82 metros, el cual es inferior a la media que reporta Daetz (2015) y García (2016), (4.54m) y (4.68m) para el mismo material 1214 y distanciamiento, durante el primer año. En el cuadro 7 se muestra la densidad y el distanciamiento utilizado.

Cuadro 7. Densidades y medias de la variable altura a los 12 meses.

Distanciamientos	Densidades	Tratamientos	Medias	n	E.E	
1m x 3m	3333 Arb/ha	T3	4.97 m	4	0.24	A
1m x 2m	5000 Arb/ha	T1	4.93 m	4	0.24	A
2m x 2m	2500 Arb/ha	T2	4.81 m	4	0.24	A B
3m x 3m	1111 Arb/ha	T5	4.07 m	4	0.24	A B
2m x 3m	1666 Arb/ha	T4	3.82 m	4	0.24	B

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se presenta el gráfico 10, el cual nos muestra la tendencia que la altura tubo en relación a la densidad utilizada y cómo esta señala su comportamiento en correlación a la altura.

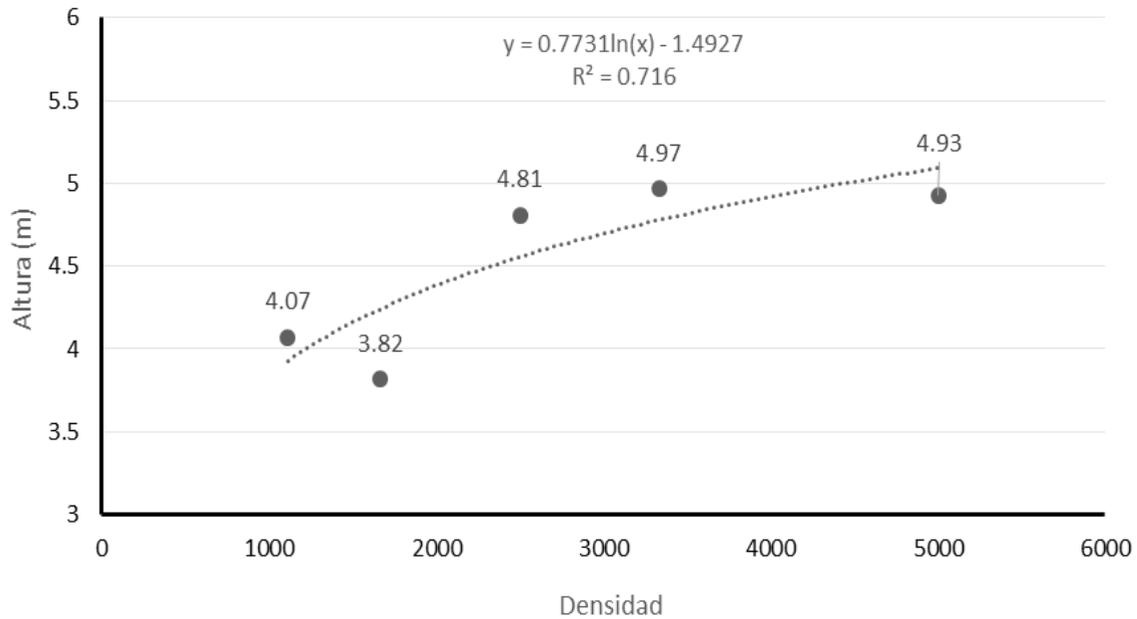


Figura 10. Gráfico de tendencia de densidades y variación de valores de altura total en metros a los 12 meses.

Según la figura 10, la tendencia muestra que la logarítmica va en aumento, esto quiere decir que mientras la densidad va aumentando, la altura ira creciendo respectivamente. La mejor densidad establecida fue la de 3333 árboles por hectárea (1m entre planta x 3m entre calle) seguida de la densidad de 5000 árboles por hectárea (1m entre planta x 2m entre calle).

El espaciamiento influye significativamente sobre el crecimiento en altura, de los individuos de una plantación, según Brandi y Malinovski (1976), y es uno de los factores más importantes en la productividad (Jobet, 1999). El silvicultor o los propietarios forestales tienen que decidir sobre las distancias que satisfacen los objetivos de la ordenación y fertilidad del sitio (FAO, 1981).

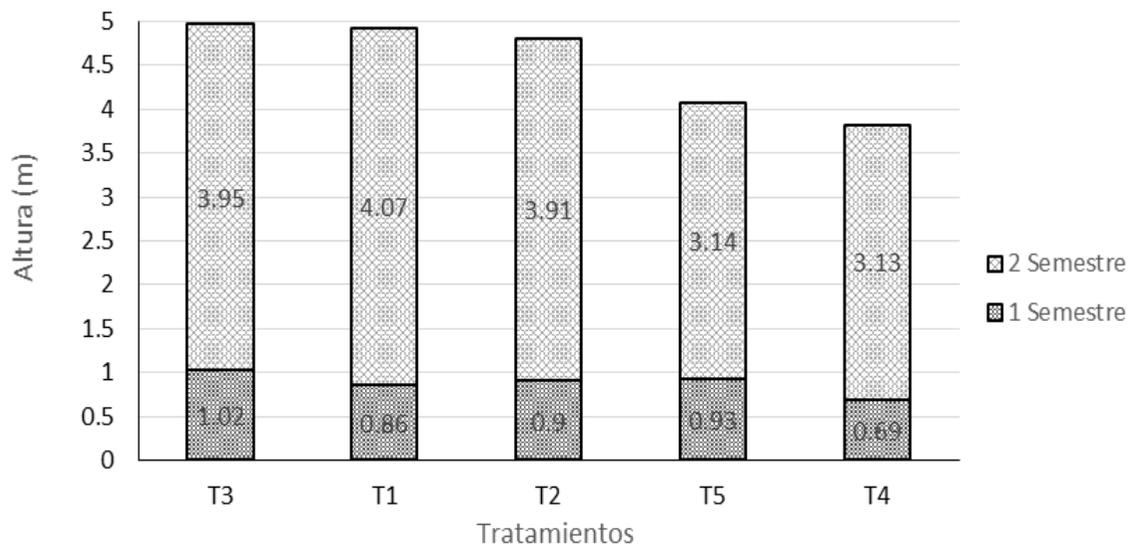


Figura 11. Gráfico de crecimiento en altura total de cada tratamiento durante el primer y segundo semestre.

Se presenta un gráfico comparativo del crecimiento en altura total, en la figura 11 se puede observar con claridad el crecimiento que alcanzó cada distanciamiento durante el primer y segundo semestre. El T1 (1m x2m), presentan un mayor crecimiento durante el segundo semestre con altura de 4.07m y 4.93m durante los dos semestres, el cual esta levemente por arriba de la media que reporta García (2016) y Daetz (2015), (4.68m) y (4.54m).

Contrario a lo que sucedió con los T5 (3m x 3m) y T4 (2m x3m), los cuales crecieron 3.14 m y 3.13 metros. Esto mismo se debe a la competencia de luz, nutrientes y espacio que hay entre los individuos que están a altas densidades y a los que están a bajas densidades que tienen espacio y nutrientes para desarrollar tanto en altura como en DAP.

### 7.1.5 Análisis del Diámetro a la Altura del Pecho (DAP)

Con los datos obtenidos se realizó un análisis de varianza para determinar diferencias significativas entre los tratamientos evaluados a los 12 meses, el resultado de dicho análisis se presenta en el cuadro 8.

Cuadro 8. Análisis de varianza (SC tipo I) para el DAP a los 12 meses.

Fuentes de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	Valor de F	p-valor
<b>Bloques</b>	3	1.54			
<b>Tratamientos</b>	4	5.43	1.36	4.53	<0.0185
<b>Error Experimental</b>	12	3.60	0.30		
<b>Total</b>	19	10.57			

Fuente: Elaboración propia

Luego de aplicar el ANDEVA con un nivel de significancia del 5% se encontró diferencias significativas ( $p < 0.0185$ ) en los tratamientos para la variable DAP a los doce meses, lo que indica que las distancias evaluadas no se comportaron igual, el coeficiente de variación calculado para el error experimental fue de 15.66%, el cual se encuentra en los límites de homogeneidad.

Adicionado a lo anterior se evaluó el resultado fundamentándose en el valor de F el cual es de 4.53, lo que indica que es mayor que F crítica de tabla, el cual es de 3.26; el resultado obtenido muestra que si existen diferencias significativas. Se realizó esta comparación con F crítica para comparar que el software está dando un resultado aceptable.

Para determinar cuál es el tratamiento que provee la mejor condición para la variable DAP se realizó una comparación de medias por medio de la prueba de Tukey ( $\alpha=0,05$ ), que se muestra en el cuadro 9.

Cuadro 9. Prueba de Tukey para la variable DAP a los 12 meses.

<b>Tratamientos</b>	<b>Medias</b>	<b>N</b>	<b>E.E</b>		
<b>T1</b>	4.02	4	0.27	A	
<b>T3</b>	3.90	4	0.27	A	
<b>T2</b>	3.83	4	0.27	A	
<b>T5</b>	2.93	4	0.27		B
<b>T4</b>	2.79	4	0.27		B

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

Fuente: Elaboración propia

La categorización realizada se presenta en el cuadro 9. Se identifica claramente 2 grupos: El primer grupo está conformado por los tratamientos T1, T3 y T2 ubicándose en la categoría A, indicando de esta manera que son los que presentan las mejores condiciones para la variable DAP en centímetros durante el primer año; mientras que los tratamientos T5 y T4 conforman el segundo grupo, ubicándose en el nivel B.

De acuerdo a los resultados expresados en el cuadro 9, la media más alta para la variable DAP es de 4.02 centímetros para el T1 (1m x 2m), alcanzada por el material 1214 durante el primer año del experimento, el cual tiene una diferencia de 1.23 centímetros en comparación al T4 (2m x 3m) con media de 2.79 centímetros, el cual es inferior a la media que reporta Daetz (2015) y García (2016), (5.45 cm) y (3.32 cm) para el mismo material 1214 y distanciamiento, durante el primer año para la variable DAP. En el cuadro 7 se muestra la densidad y el distanciamiento utilizado. En el cuadro 10 se muestra la densidad y el distanciamiento utilizado.

Cuadro 10. Densidades y medias de la variable DAP a los 12 meses.

<b>Distanciamientos</b>	<b>Densidades</b>	<b>Tratamientos</b>	<b>Medias</b>	<b>n</b>	<b>E.E</b>	
1m x 2m	5000 Arb/ha	T1	4.02 cm	4	0.27	A
1m x 3m	3333 Arb/ha	T3	3.90 cm	4	0.27	A
2m x 2m	2500 Arb/ha	T2	3.83 cm	4	0.27	A
3m x 3m	1111 Arb/ha	T5	2.93 cm	4	0.27	B
2m x 3m	1666 Arb/ha	T4	2.79 cm	4	0.27	B

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se presenta el gráfico 12, el cual nos muestra la tendencia que la altura tubo en relación a la densidad utilizada y como esta señala su comportamiento en correlación al DAP.

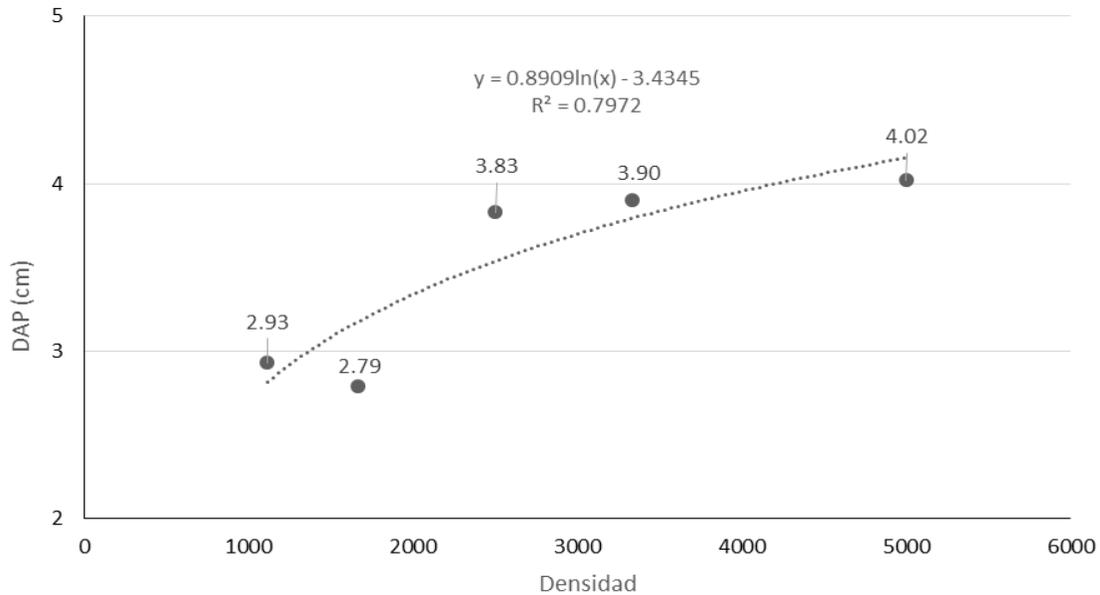


Figura 12. Gráfico de tendencia de densidades y variación de valores de DAP en centímetros a los 12 meses.

De acuerdo a los resultados expresados en el gráfico 12, en el eje "X" esta graficada la densidad árboles por hectárea y en el eje "Y" el DAP expresado en centímetros. La tendencia muestra que la logarítmica va en aumento, esto quiere decir que mientras la densidad va aumentando, el DAP ira aumentando relativamente.

La mejor densidad establecida fue la de 5000 árboles por hectárea (1m entre planta x 2m entre calle) seguida de la densidad de 3333 árboles por hectárea (1m entre planta x 3m entre calle).

Tener los árboles más juntos ayudo al crecimiento en DAP, la competencia tanto en luz y nutrientes es un factor que les ayuda a crecer más, pero cuando están más separados son más vulnerables a vientos que hacen que no crezcan. A continuación, se muestra el cuadro 11 de medias de altura y DAP y figura 13, el gráfico de densidades y variación de valores de Altura y DAP a los 12 meses.

Cuadro 11. Densidades y medias de la variable Altura y DAP a los 12 meses.

Densidades	Tratamientos	Altura	DAP
3333	T3	4.97	3.90
5000	T1	4.93	4.02
2500	T2	4.81	3.83
1111	T5	4.07	2.93
1666	T4	3.82	2.79

Fuente: Elaboración propia

Según el cuadro 11 muestra la mejor densidad, la cual fue 3333 arb/ha el cual fue el que mejores resultados dio para la variable altura con media de 4.97 m, esto justifica que a altas densidades la competencia intraespecifica es más intensa entre los individuos tanto luz, nutrientes y espacio como lo demuestra el T3 (1 metro entre planta y 3 metros entre calle) siguiendo con el T1 con media de 4.93 m para la variable altura y 4.02 para la variable DAP.

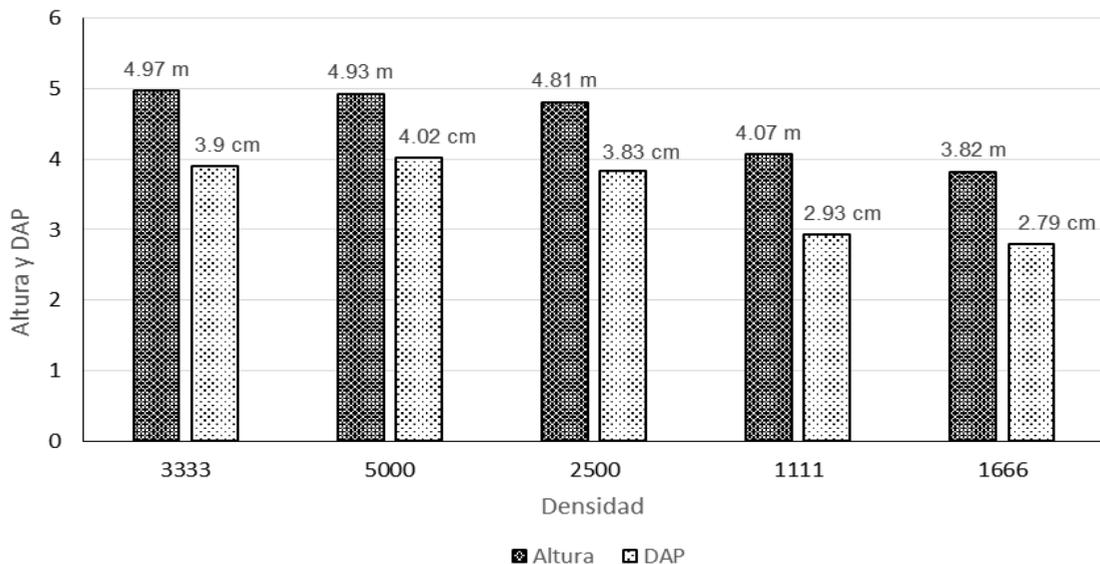


Figura 13. Gráfico de densidades y variación de valores de Altura y DAP a los 12 meses.

Como se muestra en la figura 13, los individuos que se encuentra plantados en distintas densidades muestran variaciones de crecimiento por competencia entre los mismos, haciendo excepción de la densidad 1111 arb/ha y 1666 arb/ha, ya que estos tienen espacio para crecer y desarrollarse tanto para altura y DAP.

## 7.2 Análisis del Volumen por hectárea

Para estimar la productividad, se tuvo que determinar la significancia que existe entre los tratamientos para la variable volumen por hectárea ( $m^3/ha$ ), por lo cual se realizó el análisis de varianza que se presenta en el cuadro 12.

Cuadro 12. Análisis de varianza (SC tipo I) del volumen por hectárea a los 12 meses.

<b>Fuentes de Variación</b>	<b>Grados de Libertad</b>	<b>Suma de Cuadrados</b>	<b>Cuadrados Medios</b>	<b>Valor de F</b>	<b>p-valor</b>
<b>Bloques</b>	3	6.69			
<b>Tratamientos</b>	4	15.41	3.85	4.95	<0.0137
<b>Error Experimental</b>	12	9.34	0.78		
<b>Total</b>	19	31.41			

Fuente: Elaboración propia

Luego de aplicar el ANDEVA con un nivel de significancia del 5% se encontró diferencias significativas ( $p < 0.0137$ ) en los tratamientos para la variable volumen por hectárea, el coeficiente de variación calculado para el error experimental fue de 19.73%, el cual se encuentra en los límites de homogeneidad. 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®.

De acuerdo con la regla de decisión y los resultados obtenidos del análisis de varianza, se define que, si existen diferencias significativas, ya que el valor de F es de 4.95, lo que indica que es mayor que F crítica de tabla, el cual es de 3.26; se realizó esta comparación con F crítica para comparar que el software está dando un resultado aceptable.

Para determinar cuál es la mejor densidad que provee la mejor capacidad para producir mayor volumen de madera por hectárea a los 12 meses, se realizó una comparación de medias por medio de la prueba de Tukey ( $\alpha=0,05$ ), que se muestra en el cuadro 13.

Cuadro 13. Prueba de Tukey para la variable volumen por hectárea a los 12 meses.

Tratamientos	Densidades	Distanciamientos	m <sup>3</sup> /ha	Raíz m <sup>3</sup> /ha	n	E.E
T1	5000 Arb/ha	1m x 2m	28.38	5.31	4	3.91 A
T3	3333 Arb/ha	1m x 3m	27.93	5.19	4	3.91 A B
T2	2500 Arb/ha	2m x 2m	26.90	5.04	4	3.91 A B
T5	1111 Arb/ha	3m x 3m	13.81	3.56	4	3.91 A B
T4	1666 Arb/ha	2m x 3m	10.84	3.26	4	3.91 B

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

Fuente: Elaboración propia

Se identifica claramente 3 grupos: El primer grupo lo conforma el T1, con media de 28.38 m<sup>3</sup>/ha, siendo el que presenta los mejores rendimientos en volumen; el segundo grupo lo conforman el T3, T2 y T5, ubicándose en el nivel AB, lo cual indica que existe similitud estadística entre ellos; mientras que el T4 conforma el tercer grupo, ubicándose en el nivel B, con media de 10.84 m<sup>3</sup>/ha.

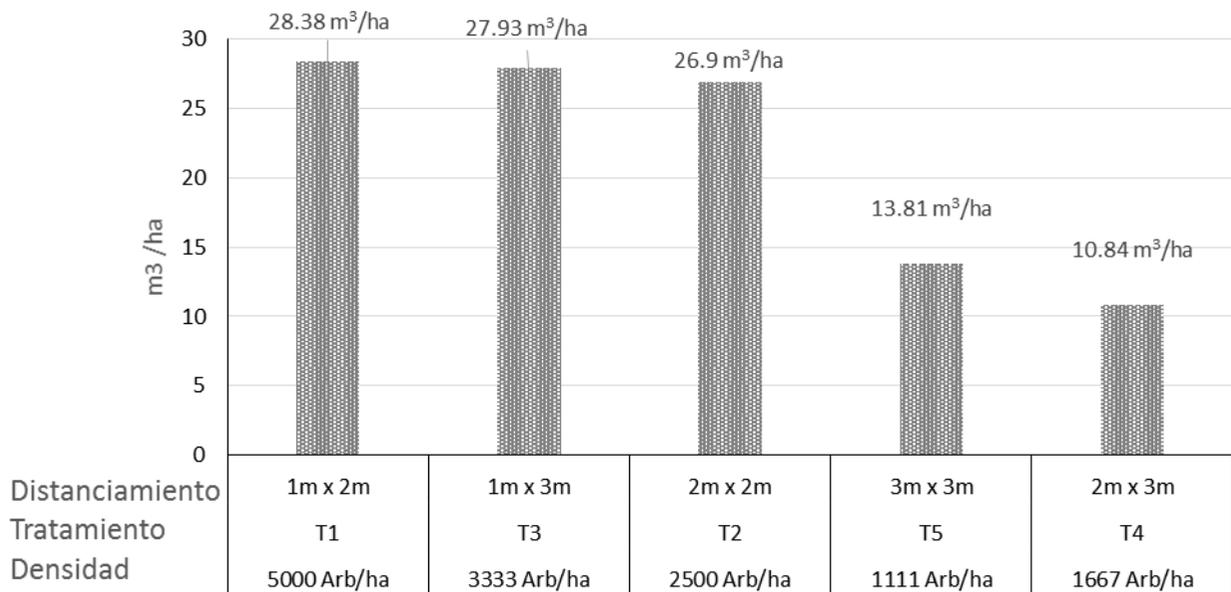


Figura 14. Gráfico de medias de tratamientos de valores volumen por hectárea a los 12 meses.

De acuerdo con la figura 14, La media más alta es de 28.38 m<sup>3</sup>/ha para el T1 (1m x 2m) alcanzada por el material 1214 durante el primer del experimento, mostrando una diferencia de 17.54 m<sup>3</sup>/ha, en comparación al T4 (2m x 3m) con media de 10.84 m<sup>3</sup>/ha, el cual está por debajo de la media de 58.21 m<sup>3</sup>/ha que reporta Daetz (2015); y por debajo de la media de 18.23 m<sup>3</sup>/ha que reporta García (2016), ambos experimentos con el mismo material 1214 y distanciamiento durante el primer año, así mismo se muestra que los tratamientos no tuvieron el mismo comportamiento, el T1 plantado a un distanciamiento de (1 metro entre planta y 2 metros entre calle), es el tratamiento que presento buenos resultados en volumetría durante el primer año de evaluación, una densidad de 5000 árboles por hectárea con media alcanzada de 28.38 m<sup>3</sup>/ha.

### 7.3 Análisis fenotípico a los doce meses de edad

Para determinar las características fenotípicas, la variable forma fue evaluada mediante el porcentaje de árboles rectos, sinuosos, bifurcados e inclinados encontrados en cada uno de los tratamientos. Estos datos se presentan en el cuadro 14 y figura 15.

Cuadro 14. Porcentajes de formas de fuste por tratamiento.

Tratamientos	%			
	Recto	Bifurcado	Sinuoso	Inclinado
T5	100	0	0	0
T4	100	0	0	0
T2	98.44	1.56	0	0
T3	93.75	6.25	0	0
T1	92.19	3.13	4.7	0

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a los resultados expresados en el cuadro 14, todos los tratamientos evaluados muestran una media arriba del 90% de formas rectas, el tratamiento con mayor porcentaje de individuos con forma recta lo presenta el T5 (3m x 3m) con 100% seguido por el T4 (2m x 3m) con 100%, el tratamiento con mayor cantidad de individuos con formas sinuosas lo presentan el T1 (1m x 2m) con un 4.7%, el tratamiento con mayor porcentaje de individuos bifurcados lo presenta el T3 (1m x 3m), T1 (1m x 2m) y T2 (2m x 2m) con 6.25%, 3.13% y 1.56%, tal como se puede apreciar en la figura 15.

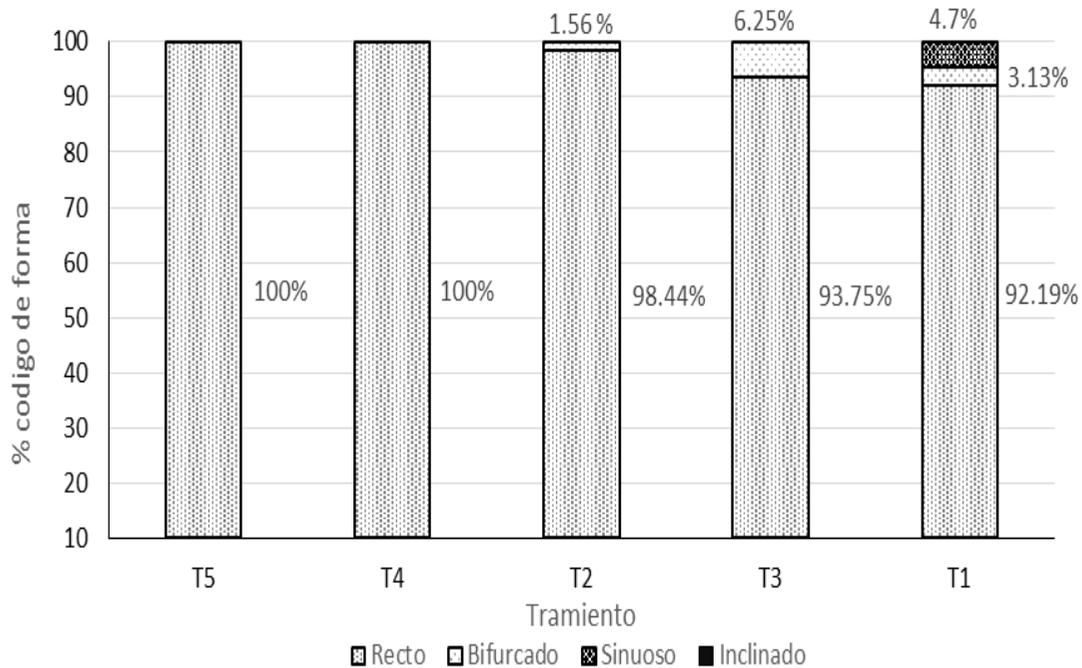


Figura 15. Gráfico de columnas apiladas que muestra la distribución de los porcentajes por formas.

De acuerdo con la figura 15, se pueden observar las características fenotípicas de los cinco tratamientos evaluados siendo el mejor T5 (3m x 3m) y T4 (2m x3m), que muestra el mayor porcentaje de árboles rectos con 100%, el cual está por arriba del porcentaje de 46.67% para arboles rectos, 26.67% para arboles sinuosos y 8.87% para arboles bifurcados que reporta De la Vega (2016); y por arriba del porcentaje de 78% para arboles rectos y 22% para arboles sinuosos que reporta Daetz (2015), ambos experimentos con el mismo material 1214 y distanciamiento (2 metros por 3 metros).

#### 7.4 Análisis de sobrevivencia a los doce meses de edad

Al cumplirse el año de la plantación se realizó un conteo para conocer la sobrevivencia de los tratamientos del clon 1214, a continuación, en la figura 16 se presenta el porcentaje de supervivencia de los distanciamientos a los 12 meses.

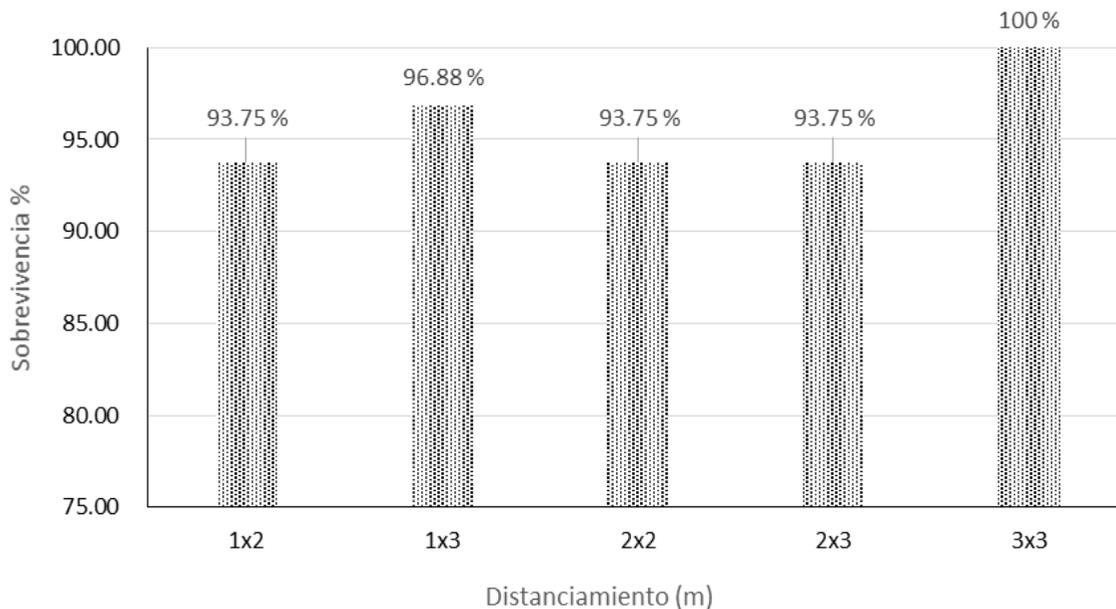


Figura 16. Gráfico de medias y variación de valores de porcentajes de sobrevivencia por distanciamiento a los 12 meses.

De acuerdo a los resultados expresados en la figura 16, el tratamiento con mayor sobrevivencia es el distanciamiento de T5 (3m x 3m) con un 100% de plantas vivas, en el segundo grupo el T3 (1m x 3m), con un 96.68%. Y por último tenemos el tercer grupo que lo conforman T1 (1m x 2m), T2 (2m x 2m) y T4 (2m x 3m) con un porcentaje de supervivencia con un 93.75%, el cual está por arriba del porcentaje de 80% que reporta Daetz (2015); y por abajo del porcentaje de 98% que reporta García (2016); y por arriba del porcentaje de 72.40% de sobrevivencia que reporta De la Vega (2016), ambos experimentos con el mismo material 1214 y distanciamiento (2 metros por 3 metros).

Los distintos porcentajes de sobrevivencia que los investigadores encontraron al momento de evaluar dicho experimento que desarrollaron, se debe a factores que influyeron en la etapa inicial, llámese así el establecimiento y mantenimiento que se le da a la plantación durante los primeros meses, dándole énfasis al buen manejo silvicultural a plantaciones forestales.

## 8. CONCLUSIONES

Al finalizar el primer año de estudio, mediante el análisis de varianza sobre los distanciamientos evaluados, se determinó una productividad diferencial en los tratamientos estudiados. La tendencia general fue en aumento tanto para el crecimiento en altura y DAP al incrementar la densidad. El mejor crecimiento para generar biomasa de Eucalyptus, según las condiciones de ensayo se demostró con el empleo de densidades de 5000 plantas/ha, durante el primer año.

Para el crecimiento en altura a los 12 meses se encontró diferencias significativas, se determinó que el distanciamiento que presenta mayor crecimiento es el T3 (1m x 3m) con media de 4.97 metros de altura.

La evaluación de la variable DAP a los 12 meses, el T1, con distanciamiento (1m x 2m) con media de 4.02 cm, obtuvo el valor más alto y el distanciamiento (2m x 3m), 2.79 cm; el valor más bajo, mostrando diferencias significativas entre los tratamientos.

La productividad cuantificada en volumen por hectárea durante el primer año, oscila entre 28.38 m<sup>3</sup>/ha y 10.84m<sup>3</sup>/ha, sin embargo, a manera de referencia, el distanciamiento que destaca sobre los demás es el T1 (1m x 2m), con 28.38 m<sup>3</sup>/ha.

Según la evaluación fenotípica el T5 (3m x 3m) y el T4 (2m x 3m) obtuvieron el valor más alto en cuanto a fustes rectos (100%) y el T1 (1m x 2m) presentó el menor valor (92.19%), provenientes del clon 1214 (Eucalyptus Urophylla).

Mediante los análisis de varianza se determinó que el comportamiento de los tratamientos presentó diferencias significativas en cinco de sus variables evaluadas: DAP, altura total, volumen por hectárea, características fenotípicas y porcentaje de sobrevivencia, por lo tanto se rechaza la hipótesis nula y se acepta la alterna, el distanciamiento (1m x 2m), es el tratamiento que durante los doce meses de medición, presentó medias de 4.93 m en altura total, 4.02cm en DAP, 28.38m<sup>3</sup> en volumen por hectárea, 92.19% de fustes rectos y el 93.75% de sobrevivencia, bajo las condiciones de la Finca Fray Bartolomé de las Casas, San Juan Chamelco.

## 9. RECOMENDACIONES

La información obtenida mediante la evaluación, es una contribución mínima para afrontar el tema de demanda de productos energéticos, así mismo el desarrollo de la investigación trajo consigo una serie complicaciones e ideas que permiten realizar las siguientes recomendaciones:

Continuar con la evaluación de las densidades siguiendo la misma línea de trabajo del presente estudio, dándole el manejo adecuado durante los años siguientes, para generar una base de datos sobre la dinámica de crecimiento.

En este tipo de proyectos y principalmente en su fase inicial, es oportuno contar con un programa riguroso para prevención y control de plagas y enfermedades, para evitar daños severos que pongan en riesgo el experimento.

Durante el primer o segundo mes es importante atender inmediatamente la reposición de las plantas muertas, de tal manera que el experimento no se vea afectado por este tipo de sucesos.

Para este tipo de proyectos también es importante evaluar los costos de establecimiento y manejo que requiere la plantación.

## 10. BIBLIOGRAFÍA

- Abbasi, T., & Abbasi, S. (2010). Biomass Energy and the Environmental Impacts Associated with Its Production and Utilization. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 14, 919-937.
- ADEFOR. (1995). Comportamiento de 25 procedencias de 3 especies forestales del género *Eucalyptus* (*E. camaldulensis* Dehn, *E. maculata* Hook. F. y *E. tereticornis* Sm.) en Chancay (Cajamarca, Perú). Informe de investigación N° 5. ADEFOR. 24 p.
- Aguirre, C. (1977). Comportamiento inicial del *Eucalyptus Deglupta* Blume, asociado con maíz (sistema taungya) en dos espaciamientos, con y sin fertilización. Tesis Mag. Sc., Turrialba, Costa Rica, CATIE. 130 p.
- Alvarado, A., & Raigosa, J. (2009). Nutrición y Fertilización Forestal en Regiones Tropicales. San José, Costa Rica. 419 p.
- Alvarado, F. (2007). Las primeras plantaciones con propiedades energéticas en Guatemala. *Data EXPORT*. 24.
- Badilla, Y., & Murillo, O. (2005). Kurú Revista Forestal. *Soluciones Tecnológicas: Establecimiento de Jardines Clonales*, 6: 1-4.
- BANGUAT- URL, IARNA. (2009). Cuenta Integrada de Energía y Emisiones (CIEE). Guatemala, serie divulgativa No. 6, 22 p.
- BANGUAT; IARNA-URL. (2011). (Banco de Guatemala e Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente de la Universidad Rafael Landivar). Cuenta Integrada de Energía y Emisiones, [Base de datos]. Guatemala.

- Bauer, J. (1982). Especies con potencial para la reforestación en Honduras: resúmenes. Tegucigalpa, Honduras, COHDEFOR-CATIE. 42 p.
- Borém, A. (2007). Biotecnología forestal. Viçosa: Suprema. *Cultura de Tejidos y Transformación Genética de Plantas*.
- Brandi, R., & Malinovski, J. (1976). Formacao de florestas com espécies de rápido crecimiento. Brasil. Projeto de desenvolvimiento e Pesquisa Florestal. Serie divulgacao No 6. 74 p.
- Brown, C. (2000). Global Forest Products Outlook Study: The Future Supply of Wood from Plantations. Rome: Forestry Policy and Planning División, FAO.
- Burschel, H., Hernández, A., & Lobos, M. (2003). Leña. Una fuente Energética renovable para Chile, Editorial Universitaria, S. A.
- Cano, V. (1986). Densidades de plantación de Eucalipto en la producción de carbón. Facultad de Ingeniería Agronómica, Universidad Nacional. 76 p.
- CATIE. (1986). Silvicultura de especies promisorias para producción de leña en America Central. Leña y Fuentes Alternas de Energía, Turrialba, Costa Rica.
- CATIE. (1991). Ensayo de cuatro distanciamientos de E. camaldulensis, parcelamiento La Máquina, San Andrés Villa Seca, Cuyotenango, Retahuleu, Guatemala. Carpeta del experimento 142 (86-8). Proyecto Madeleña-3 DIGEBOS/CATIE, GUATEMALA. 95 p.
- Cozzo, D. (1965). Eucalyptus y eucaliptotecnia. Buenos Aires, El Ateneo. 393 p.
- Dadswell, H. (1972). The anatomy of eucalypt woods. CSIRO, División of Applied Chemistry. *Technical Paper*, N° 66.
- Daetz, C. (2015). Evaluación del Crecimiento de plantaciones de Eucalipto en Lanquín, Alta Verapaz. Tesis Ing. Forest. Guatemala, Guatemala, URL. 37 p.

- De la Vega, S. (2016). Evaluación de crecimiento y calidad de materiales genéticos de Eucalyptus; La Tinta, Alta Verapaz. Tesis de grado. Universidad Rafael Landívar, San Juan Chamelco, Alta Verapaz, Guatemala. 59p.
- De León, J. (2010). Estudio De Factibilidad Para Producción De Energía Eléctrica, A Partir De Biomasa De Eucalipto. Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.
- De León, O. (2004). Generación de tablas de volumen para *Pinus Maximinoi* H. E. Moore en el municipio de San José Pinula, departamento de Guatemala. Tesis, Ing. Agr. Guatemala, Guatemala. URL. p 91.
- Dougherty, D., & Wright, J. (2010). Financial Evaluation of *Eucalypt* Bioenergy Plantation in the Southeastern United States. *Forest Landowner*, 69, 26-30.
- ENCE, Grupo empresarial. (2006). La gestión forestal sostenible y el eucalipto. Madrid, España. Recuperado el día 18 de octubre del año 2015. Disponible en: [http://www.ence.es/pdf/EI\\_Eucalipto.pdf](http://www.ence.es/pdf/EI_Eucalipto.pdf).
- FAO. (1979). *Eucalypts for planting.* Forestry Series Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations. 677 p.
- FAO. (1981). El Eucalipto en la repoblación Forestal. Roma. Obtenido de <http://www.fao.org/docrep/004/ac459s/ac459s04.htm>
- FAO. (2006). Manual de Campo. Montevideo. Plagas y enfermedades de Eucaliptos y Pinos en Uruguay, Uruguay. 150 p.
- FAO. (2007a). Glosario de Biotecnología para la Agricultura y alimentación. Recuperado el día 20 de septiembre del 2015. <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/004/y2775s/y2775s01.pdf>.

- FAO. (2007b). Sitio de bioenergía, página inicial. Roma, Departamento de Gestión de Recursos Naturales y Medio Ambiente. Disponible en:  
[http://www.fao.org/nr/ben/ben\\_es.htm](http://www.fao.org/nr/ben/ben_es.htm).
- FAO. (2008). Bosques y Energía. Cuestiones clave. 86 p. disponible en  
<http://www.fao.org/3/a-i0139s.pdf>
- FAO. (2011). Situación de los bosques del mundo. Roma. 18-21. Recuperado el día 8 de septiembre del año 2015. [www.fao.org/docrep/013/i2000s/i2000s.pdf](http://www.fao.org/docrep/013/i2000s/i2000s.pdf).
- Ferrere, P., López, G., Boca, R., Galetti, M., Esparrach, C., & Pathauer, P. (2005). Efecto de la densidad de plantación sobre el crecimiento de *Eucalyptus globulus* en un ensayo Nelder modificado. 14(2), 174-184.
- Flynn, R., & Neilson, D. (2006). The International Pulpwood Resource and trade Review. DANA. 70.
- García, E., Sotomayor, A., Silva, S., & Valdebenito, G. (s.f.). Establecimiento de Plantaciones Forestales. *Eucalyptus* sp.
- 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* S.T. Bake Durante el primer año de establecimiento, en el Campus San Pedro Claver S.J. de la Universidad Rafael Landivar, Alta Verapaz. Guatemala. 29p.
- Geilfus, F. (1994). El Árbol al servicio del Agricultor. Manual de Agroforestería para el Desarrollo Rural, Turrialba, Costa Rica. Volumen 2. Guía de Especies.
- Gonzalez, R., Treasure, T., Phillips, R., Jameel, H., Saloni, D., Abt, R., & Wright, J. (2011). Converting *Eucalyptus* Biomass into Ethanol: Financial and Sensitivity Analysis in a Co-Current Dilute Acid Process. Part II. Biomass and Bioenergy, 35, 767-772.

- República de Guatemala. (2015). Decreto 2-2015. Ley de Fomento al Establecimiento, Recuperación, Restauración, Manejo, Producción y Protección de bosques en Guatemala -Probosque-. Guatemala. GT. Oct. 27. 1-3: Diario de Centro América.
- Harwood, C. (2011). (Wood Technology Research Centre, University of Canterbury: Christchurch, New Zealand). Introductions: Doing it Right. In 'Developing a *Eucalypt* Resource: Learning from Australia and Elsewhere'. pp. 43-54  
Recuperado el día 22 de septiembre de 2015.
- IARNA-URL. (2012). Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambientales de la Universidad Rafael Landívar. Perfil ambiental de Guatemala 2010-2012: Vulnerabilidad local y creciente construcción de riesgo. Guatemala.
- IARNA-URL. (2007). Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambientales de la Universidad Rafael Landívar. Sistema de Contabilidad Ambiental y Económico (SCAE). Cuentas Ambientales o Verdes. Guatemala. Consultado 4 marzo 2017.  
Disponible en: <http://www.infoiarna.org.gt/cuentas-ambientales/>.
- INAB. (1999). Manual Técnico Forestal. Instituto Nacional de Bosques. Guatemala. 110p.
- INAB. (2015). Proyecto de de reforestación, departamento de Petén, Región VIII. *Eucalyptus urophylla*, Manejo de Información Forestal.
- INAB, CONAP, UVG y URL. (2012). (Instituto Nacional de Bosques, Consejo Nacional de Áreas Protegidas, Universidad del Valle de Guatemala y Universidad Rafael Landívar). Mapa de cobertura forestal de Guatemala 2010 y dinámica de la cobertura forestal 2006-2010. Guatemala.
- INDE. (2013). Política Energética 2013-2027. *Energía para el desarrollo, Cantidad, Calidad, Competitividad*, Instituto Nacional de Electricidad. 56 p.

- INSIVUMEH. (2015). Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología - INSIVUMEH. Ministerio de Comunicaciones Infraestructura y Vivienda.
- INTA. (1995). Manual para Productores de Eucaliptos de la Mesopotamia Argentina.
- Jobet, J. (1999). Efecto del espaciamiento inicial sobre el crecimiento y rendimiento de *Eucalyptus nitens* plantado en suelos de trumao. Silvotecnica. 12, 80–104.
- Laclau, J., Almeida J., Alves, J., Saint-André, L., Ventura, M., Ranger, J., Moreira, R., & Nouvellon, Y. (2009). Influence of nitrogen and potassium fertilization on leaf life and allocation of above-ground growth in *Eucalyptus* plantations. *Tree Physiology*, 29: 111-124.
- Larrañaga, M., & Flores, N. (2012). Oferta y Demanda de Leña en la República de Guatemala, INAB-URL/IARNA-FAO. Informe Final. Gutemala.
- L'Héritier, B. (1788). Sertum Anglicum: Seu Plantae rariores quae in hortis juxta Londinium, imprimis in Horto Regio Kewensi excoluntur, ab anno 1786 ad annum 1787 observatae, Parisiis: Typis P.-F. Didot.
- MAGA. (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación). (2002). Atlas Temático de la Republica de Guatemala. Guatemala, noviembre 2002.  
1 disco compacto, 12 cm.
- Mangieri, H., & Dimitri, M. (1958). Los eucaliptos en la silvicultura. Buenos Aires, ACME. 226 pp.
- Martinez, H., Sandoval, C., & Calderon, N. (1989). Efecto del espaciamiento en el crecimiento y producción de *Leucanea Leucocephala* en San Pedro Sula. Silvoenergía (C.R.) No. 31:1-6.

- Martínez, R., Azpiroz, H., Rodríguez, J., Cetina, V., & Gutiérrez, M. (2006). Importancia de las plantaciones forestales de *Eucalyptus*. *Ra Ximhai*, 2, 815–846.
- Metro, A. (1995). *Eucalyptus* for planting. Roma, FAO. 403 pp. FAO Forestry Products Studies N° 11.
- Montagu, K., Kearney, D., & Smith, G. (2003). Pruning *eucalypts*: The biology and silviculture of clear wood production in planted *eucalypts*. Australia: Rural Industries Research and Development Corporation.
- Morel, J. (1967). Notes sur le territoire de Papouasie et Nouvelle Guinée; sylviculture artificielle. *Bois et Forest des Tropiques*. 115:25-28.
- Nanne, H. (1976). Experiment Progress report (*Eucalyptus deglupta* Bl). Limón, Costa Rica, Standard Fruit Co. 9 p.
- Nogués, F., García, D., & Rezeau, A. (2010). Energía de la Biomasa (Volumen 1). Energías Renovables.
- Otarola, A., Reyes, M., & Delgadillo, J. (1983). Energía Renovable: Guía de la Investigación Forestal en Nicaragua. IRENA/CATIE. Managua, Nicaragua. 143 p.
- Pastor, M., Vilela, J., & Cabello, C. (1997). Especies arbóreas y arbustivas para las zonas áridas y semiáridas de América Latina. *Eucalyptus camandulensis*, Santiago, Chile, FAO/PNUMA.
- Peralta, S. (1972). Sistema de clasificación de índice de sitios para *Eucalyptus deglupta* Bl. en Turrialba, Cosa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, IICA, 87p.
- Reforestation following chipwood logging, a review of silvicultural research at the Gool Valley. Papua New Guinea. Tropical Forestry Research Note SR. 34. (1976). 15p.

- Robles, J. (2007). Comparación de las cantidades ofertadas y demandadas de madera de diámetros menores (8-18 cm) procedente del primer raleo, en plantaciones del programa de incentivos forestales, en la región II del Instituto Nacional de Bosque. Tesis, Ing. Agr. Guatemala, Guatemala. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía 23-31 p.
- Romero, M. (2013). National Strategic Plan for Sustainable use of Wood. 26 p.
- Ruíz, H. (2015). Inicio de Cobertura. *Resumen Ejecutivo*, SIGNUM RESEARCH. 30 p.
- Salas, J. (1994). Arboles de Nicaragua, Instituto Nicaragüense de Recursos Naturales y del Ambiente Managua. 390p.
- Sánchez, M. (2012). Caracterización de la madera del nuevo híbrido *Eucalyptus grandis*, Hill ex Maiden x *Eucalyptus tereticornis*, Smith, su aptitud de usos en Argentina. *Universidad de Valladolid*, 20 p.
- Schonau, A. (1991). Growth, yield and timber density of short rotation coppice stands of *Eucalyptus grandis*. *South African Forestry Journal* 156: 12-22.
- Schonau, A., Van Themaat, V., & Boden, D. (1981). Forestry Journal. The importance of complete site preparation and fertilizing in the establishment of *E. grandis* South Africa, 116: 1-10.
- 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.
- Spinelli, R., Ward, S., & Owende, P. (2009). A Harvest and Transport Cost Model for *Eucalyptus* spp. *Fast-Growing Short Rotation Plantations. Biomass and Bioenergy*, 33, 1265-1270.

Su, H., Zhao, F., & Li, H. (2005). Growth Rules of Pinus sylvestris var. Mongolica on Sandy Land. *Protection Forest Science and Technology*, 68, 12-13.

Ugalde, L., & Vásquez, W. (1994). Resultados de los ensayos forestales de espaciamiento del Proyecto Madeleña en América Central. In Resúmenes de la Semana Científica celebrada en el CATIE del 8 al 10 de diciembre de 1993. Volumen 2: 61-67.

Valdez, D. (2011). Efectos de raleos aplicados durante el periodo 2005 a 2008 a una plantación de la especie palo blanco (Tabebuia Donnell-Smithii Rose), en finca Masaya, El Palmar, Quetzaltenango. Estudio de caso, Ing. Forestal Guatemala, Guatemala, URL.

Vásquez, W., & Navarro, C. (1993). Ensayo de espaciamiento en arreglo sistemático Nelder para pinus cariabea var. Hondurensis B & G y Eucalyptus grandis Hill Ex Maiden, en Turrialba. Costa Rica. *Silvoenergía (C. R)* No. 52:1-4.

Xavier, A., Otoni, W., Melo, L., Borges, S., Oliveira, L., Lopes, A., & Takahashi, E. (2012). Estabelecimento in vitro de clones híbridos de Eucalyptus globulus. *Ciência Florestal*, p 22.

## 11. ANEXOS

### Anexo 1. Cronograma del Trabajo.

Descripción de Actividades		Año 2015				Año 2016										
No	Descripción de Actividad	Sept	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov
1	<b>Preparación del Terreno</b> Se utilizaron 8 jornaleros para limpiar el área donde se estableció el ensayo de densidades.															
2	<b>Trazado, ahoyado y estaquillado</b> Se trazó con pita y estacas después de tener limpia el área, libre de maleza. Después del trazado, se estaquilló. Al momento de estar estaquillada el área se realizó el ahoyado.															
3	<b>Plantación</b> Antes de plantar se realizó una medición, estimando la altura que tenían las plantas con una regla en (cm). Al momento de tener el ahoyado, se realizó el proceso de colocación de plantas.															
4	Se realizarán dos rondas en el mes de marzo del año 2015 y mes de octubre del año del 2016.															
5	<b>Medición de los tratamientos</b> En el mes de abril se realizó la primera medición y en el mes de octubre se realizó la segunda medición donde se tomarán datos de las variables antes mencionadas.															
6	<b>Mantenimiento del Material</b> Se estuvo monitoreando el área donde está establecido el ensayo, esto con el fin de prevenir ataques por plagas, enfermedades o cualquier tiempo de fenómeno.															
7	<b>Análisis de la Información</b> Al momento de tener todos los datos, se procedió al análisis de información en el software INFOSTAT.															
8	<b>Elaboración del documento final</b> La elaboración de trabajo generado en 12 meses, de la evaluación de cinco densidades de plantación del clon 1214 del género <i>Eucalyptus</i> .															

Anexo 2. Boleta de Campo para medición de Altura, DAP, Forma y Supervivencia del Bloque 1, a los 6 meses.  
**PRIMERA MEDICIÓN (ABRIL 2015)**

**Boleta de Campo**

Evaluación de cinco densidades de plantación del clon 1214

San Pedro Claver, S.J. en San Juan Chamelco, Alta Verapaz.

Fecha de Medición	02/04/16	Primera Medición	X
Bloque:	1	Segunda Medición	
Repetición	1	Fecha de Plantación	02/10/2015

BLOQUE I					BLOQUE I					BLOQUE I					BLOQUE I					BLOQUE I									
TRATAMIENTO 2 x 2					TRATAMIENTO 2 x 1					TRATAMIENTO 3 x 3					TRATAMIENTO 3 x 2					TRATAMIENTO 3 x 1									
No.	DAP	Altura	Forma	Otros	No.	DAP	Altura	Forma	Otros	No.	DAP	Altura	Forma	Otros	No.	DAP	Altura	Forma	Otros	No.	DAP	Altura	Forma	Otros	No.	DAP	Altura	Forma	Otros
1		0.9	R		1		0.8	R		1		1.4	R		1		1	R		1		1.65	R						
2		1.1	R		2		1.06	R		2		1.1	R		2		0.5	R		2		1.45	R						
3		1.45	R		3		0.99	R		3		1.11	R		3		0.58	R		3		1.42	R						
4		0.97	R		4		0.65	R		4		1.2	R		4		0.88	R		4		0.9	R						
5		1.08	R		5		1.1	R		5		1.15	R		5		0.34	R		5		1.2	R						
6		1.1	R		6		0.71	R		6		1.3	R		6		0.43	R		6		1.25	R						
7		1.09	R		7		0.97	R		7		1.3	R		7		0.47	R		7		1.22	R						
8		1.44	R		8		0.98	R		8		1.49	R		8		0.78	R		8		1.5	R						
9					9		1.18	R		9					9					9		1.32	R						
10					10		0.96	R		10					10					10		1.25	B						
11					11		0.98	R		11					11					11		1.16	R						
12					12		0.9	R		12					12					12		1.4	R						
13					13		1.01	R		13					13					13		1.52	R						
14					14		1.2	R		14					14					14		1.87	R						
15					15		1.06	R		15					15					15		1.6	R						
16					16		0.89	R		16					16					16		1.54	R						
17					17					17					17					17									

Anexo 3. Boleta de Campo para medición de Altura, DAP, Forma y Supervivencia del Bloque 2, a los 6 meses.  
**PRIMERA MEDICIÓN (ABRIL 2015)**

**Boleta de Campo**

Evaluación de cinco densidades de plantación del clon 1214  
 San Pedro Claver, S.J. en San Juan Chamelco, Alta Verapaz.

Fecha de Medición	02/04/16	Primera Medición	X
Bloque:	2	Segunda Medición	
Repetición	2	Fecha de Plantación	02/10/2015

BLOQUE II					BLOQUE II					BLOQUE II					BLOQUE II					BLOQUE II				
TRATAMIENTO 2 x 2					TRATAMIENTO 2 x 1					TRATAMIENTO 3 x 3					TRATAMIENTO 3 x 2					TRATAMIENTO 3 x 1				
No.	DAP	Altura	Forma	Otros	No.	DAP	Altura	Forma	Otros	No.	DAP	Altura	Forma	Otros	No.	DAP	Altura	Forma	Otros	No.	DAP	Altura	Forma	Otros
1		0.8	R		1		0.82	R		1		1.26	R		1		0.7	R		1		1	R	
2		0.5	R		2		1.06	R		2		0.92	R		2		1.03	R		2		1.4	R	
3		0.83	R		3		1.05	S		3		0.66	R		3		0.64	B		3		1.2	R	
4		0.76	R		4		0.96	R		4		0.67	R		4		0.65	R		4		1.08	R	
5		0.85	R		5		1.07	R		5		0.87	R		5		0.73	R		5		1.25	R	
6		0.82	R		6		0.73	R		6		0.78	R		6		0.85	R		6		0.85	R	
7		0.87	R		7		0.62	R		7		0.42	R		7		0.62	R		7		1.1	R	
8		1.01	R		8		0.97	R		8		1.1	R		8		0.75	R		8		0.75	R	
9					9		1.4	R		9					9					9		0.88	R	
10					10			-0.99	Muerto	10					10					10		0.39	B	
11					11		1.23	R		11					11					11			-0.99	Muerto
12					12			-0.99	Muerto	12					12					12		1.36	R	
13					13		0.62	R		13					13					13		1.8	R	
14					14		0.87	R		14					14					14		0.96	R	
15					15		0.46	R		15					15					15		1.42	R	
16					16		0.75	R		16					16					16		0.79	R	
17					17					17					17					17				

Anexo 4. Boleta de Campo para medición de Altura, DAP, Forma y Supervivencia del Bloque 3, a los 6 meses.  
**PRIMERA MEDICIÓN (ABRIL 2015)**

**Boleta de Campo**

Evaluación de cinco densidades de plantación del clon 1214  
**San Pedro Claver, S.J. en San Juan Chamelco, Alta Verapaz.**

Fecha de Medición
Bloque:
Repetición

02/04/16
3
3

Primera Medición
Segunda Medición
Fecha de Plantación

X
02/10/2015

BLOQUE III					BLOQUE III					BLOQUE III					BLOQUE III					BLOQUE III										
TRATAMIENTO 2 x 2					TRATAMIENTO 2 x 1					TRATAMIENTO 3 x 3					TRATAMIENTO 3 x 2					TRATAMIENTO 3 x 1										
No.	DAP	Altura	Forma	Otros	No.	DAP	Altura	Forma	Otros	No.	DAP	Altura	Forma	Otros	No.	DAP	Altura	Forma	Otros	No.	DAP	Altura	Forma	Otros	No.	DAP	Altura	Forma	Otros	
1		0.64	R		1		1.01	R		1		0.87	R		1		0.96	R		1		0.94	R		1		0.94	R		
2		0.61	R		2		1.23	R		2		0.92	R		2		0.56	R		2		0.93	R		2		0.93	R		
3		0.5	R		3		1.06	R		3		0.91	R		3		0.57	R		3		0.87	R		3		0.87	R		
4			-0.99	Muerto	4		1.06	R		4		0.68	R		4			-0.99	Muerto	4		0.52	R		4		0.52	R		
5		0.55	R		5		1.01	R		5		0.58	R		5		0.75	R		5		0.9	R		5		0.9	R		
6		0.64	R		6		0.81	B		6		0.94	R		6		0.62	R		6		0.57	R		6		0.57	R		
7		0.88	R		7		0.87	R		7		0.5	R		7		0.7	R		7		0.56	R		7		0.56	R		
8		0.84	R		8		0.33	R		8		0.89	R		8		0.47	R		8		0.56	R		8		0.56	R		
9					9			-0.99	Muerto	9					9					9		0.58	R		9		0.58	R		
10					10		0.69	R		10					10					10		0.59	R		10		0.59	R		
11					11			-0.99	Muerto	11					11					11		0.69	R		11		0.69	R		
12					12		0.92	R		12					12					12		0.67	R		12		0.67	R		
13					13		0.45	R		13					13					13		0.55	R		13		0.55	R		
14					14		0.73	B		14					14					14		0.56	R		14		0.56	R		
15					15		0.46	R		15					15					15		0.63	R		15		0.63	R		
16					16		0.7	R		16					16					16				-0.99	Muerto	16				
17					17					17					17					17						17				

Anexo 5. Boleta de Campo para medición de Altura, DAP, Forma y Supervivencia del Bloque 4, a los 6 meses.  
**PRIMERA MEDICIÓN (ABRIL 2015)**

**Boleta de Campo**

Evaluación de cinco densidades de plantación del clon 1214

**San Pedro Claver, S.J. en San Juan Chamelco, Alta Verapaz.**

Fecha de Medición
Bloque:
Repetición

02/04/16
4
4

Primera Medición
Segunda Medición
Fecha de Plantación

X
02/10/2015

BLOQUE IV					BLOQUE IV					BLOQUE IV					BLOQUE IV					BLOQUE IV				
TRATAMIENTO 2 x 2					TRATAMIENTO 2 x 1					TRATAMIENTO 3 x 3					TRATAMIENTO 3 x 2					TRATAMIENTO 3 x 1				
No.	DAP	Altura	Forma	Otros	No.	DAP	Altura	Forma	Otros	No.	DAP	Altura	Forma	Otros	No.	DAP	Altura	Forma	Otros	No.	DAP	Altura	Forma	Otros
1		0.85	B		1		0.42	R		1		1.12	R		1		0.85	R		1		0.86	R	
2			-0.99	Muerto	2		0.85	R		2		0.66	R		2		0.83	R		2		1.07	R	
3		0.75	R		3		0.78	R		3		0.52	R		3		0.6	R		3		0.95	R	
4		1.24	R		4		0.62	R		4		0.62	R		4		1.07	R		4		1.03	R	
5		1.27	R		5		0.34	R		5		0.81	R		5		0.72	R		5		0.97	R	
6		0.66	R		6		0.93	R		6		0.93	R		6			-0.99	Muerto	6		0.53	R	
7		1.04	R		7		0.9	R		7		0.93	R		7		0.5	R		7		0.97	R	
8		1.05	R		8		1	B		8		1.08	R		8		0.54	R		8		0.91	R	
9					9		0.74	R		9					9					9		1.16	R	
10					10		0.76	R		10					10					10		0.99	R	
11					11		0.64	R		11					11					11		0.63	R	
12					12		0.66	R		12					12					12		1.12	R	
13					13		0.72	R		13					13					13		0.99	R	
14					14		1.01	R		14					14					14		1.01	R	
15					15		0.62	B		15					15					15		0.84	R	
16					16		1.01	R		16					16					16		1.04	R	
17					17					17					17					17				

Anexo 6. Boleta de Campo para medición de Altura, DAP, Forma y Supervivencia del Bloque 1, a los 12 meses.

**SEGUNDA MEDICIÓN (OCTUBRE 2016)**

**Boleta de Campo**

Evaluación de cinco densidades de plantación del clon 1214

San Pedro Claver, S.J. en San Juan Chamelco, Alta Verapaz.

Fecha de Medición
Bloque:
Repetición

02/10/16
1
1

Primera Medición
Segunda Medición
Fecha de Plantación

X
02/10/2015

BLOQUE I					BLOQUE I					BLOQUE I					BLOQUE I					BLOQUE I				
TRATAMIENTO 2 x 2					TRATAMIENTO 2 x 1					TRATAMIENTO 3 x 3					TRATAMIENTO 3 x 2					TRATAMIENTO 3 x 1				
No.	DAP	Altura	Forma	Otros	No.	DAP	Altura	Forma	Otros	No.	DAP	Altura	Forma	Otros	No.	DAP	Altura	Forma	Otros	No.	DAP	Altura	Forma	Otros
1	4	5.22	R		1	4.3	6.27	R		1	4.6	5.02	R		1	3.1	4.02	R		1	5.7	6.55	R	
2	4.5	5.25	R		2	4.1	5.55	R		2	3.8	4.76	R		2	3.5	5.05	R		2	4.8	6.1	R	
3	5	6.15	R		3	3.2	5.77	R		3	3.9	4.52	R		3	0.9	2.23	R		3	4.2	5.9	R	
4	4.1	5.45	R		4	4.3	5.52	R		4	4.1	4.5	R		4	1.8	2.63	R		4	4	5.8	R	
5	4.1	5.86	R		5	3.3	5.05	R		5	4.1	5.02	R		5	0.9	1.83	R		5	4.2	6.1	R	
6	4.3	5.02	R		6	4.2	4.76	R		6	3.7	5.26	R		6	2.1	2.17	R		6	3.9	6.25	R	
7	4.4	6.28	R		7	5.8	5.05	R		7	4.4	5.03	R		7	2.6	5.28	R		7	4.3	5.9	R	
8	5.8	5.54	R		8	3.5	6.25	R		8	4.2	5.1	R		8	3.1	4.15	R		8	4.9	6.33	R	
9					9	4.3	6.02	R		9					9					9	4.6	5.89	R	
10					10	4.2	6.08	R		10					10					10	3.6	5.5	B	
11					11	4.1	5.52	R		11					11					11	3.7	5.5	R	
12					12	4.7	6.52	R		12					12					12	4.5	5.6	R	
13					13	4	5.76	R		13					13					13	5.7	5.68	R	
14					14	4.5	6.53	R		14					14					14	5	6.76	R	
15					15	4.2	6.27	R		15					15					15	5.2	6.12	R	
16					16	4.1	6.1	R		16					16					16	4.7	6.65	R	
17					17					17					17					17				

Anexo 7. Boleta de Campo para medición de Altura, DAP, Forma y Supervivencia del Bloque 2, a los 12 meses.  
**SEGUNDA MEDICIÓN (OCTUBRE 2016)**

**Boleta de Campo**

Evaluación de cinco densidades de plantación del clon 1214  
 San Pedro Claver, S.J. en San Juan Chamelco, Alta Verapaz.

Fecha de Medición	02/10/16	Primera Medición	
Bloque:	2	Segunda Medición	X
Repetición	2	Fecha de Plantación	02/10/2015

BLOQUE II					BLOQUE II					BLOQUE II					BLOQUE II					BLOQUE II				
TRATAMIENTO 2 x 2					TRATAMIENTO 2 x 1					TRATAMIENTO 3 x 3					TRATAMIENTO 3 x 2					TRATAMIENTO 3 x 1				
No.	DAP	Altura	Forma	Otros	No.	DAP	Altura	Forma	Otros	No.	DAP	Altura	Forma	Otros	No.	DAP	Altura	Forma	Otros	No.	DAP	Altura	Forma	Otros
1	3.1	4.52	R		1	4.1	5.09	R		1	3.9	6.05	R		1	2.4	4.05	R		1	3.9	5.79	R	
2	3	3.43	R		2	3.1	4.28	R		2	2.9	5.07	R		2	2.8	3.52	R		2	4.3	6.19	R	
3	3.2	4.62	R		3	3.9	4.78	S		3	2.3	3.05	R		3	3.1	4.52	R		3	4.1	5.26	R	
4	3.5	5.03	R		4	4.5	5.08	R		4	2.4	4.02	R		4	3	4.34	R		4	4.3	5.66	R	
5	4.4	4.82	R		5	5.4	4.79	R		5	2.2	2.83	R		5	3.3	4.72	R		5	4.1	5.68	R	
6	4.1	5.08	R		6	4.4	5.54	R		6	2.3	3.82	R		6	3.1	4.32	R		6	3.1	4.56	R	
7	3.9	5.02	R		7	4.3	4.77	R		7	1.1	1.94	R		7	3.1	4.78	R		7	4.4	5.8	R	
8	3.6	4.1	R		8	3.6	5.14	R		8	3.1	4.32	R		8	3.5	5.12	R		8	3.2	4.78	R	
9					9	3.8	5.12	R		9					9					9	3	4.59	R	
10					10			-0.99	Muerto	10					10					10	2.3	4.1	B	
11					11	4.9	5.54	R		11					11					11			-0.99	Muerto
12					12			-0.99	Muerto	12					12					12	4.2	5.68	R	
13					13	3.4	4.23	R		13					13					13	5.1	6.59	R	
14					14	3.9	4.64	R		14					14					14	3.7	5.18	R	
15					15	3.1	4.23	R		15					15					15	5.7	5.79	R	
16					16	3.8	5.14	R		16					16					16	3.7	4.1	R	
17					17					17					17					17				

Anexo 8. Boleta de Campo para medición de Altura, DAP, Forma y Supervivencia del Bloque 3, a los 12 meses.  
**SEGUNDA MEDICIÓN (OCTUBRE 2016)**

**Boleta de Campo**

Evaluación de cinco densidades de plantación del clon 1214

**San Pedro Claver, S.J. en San Juan Chamelco, Alta Verapaz.**

Fecha de Medición
Bloque:
Repetición

02/10/16
3
3

Primera Medición
Segunda Medición
Fecha de Plantación

X
02/10/2015

BLOQUE III					BLOQUE III					BLOQUE III					BLOQUE III					BLOQUE III											
TRATAMIENTO 2 x 2					TRATAMIENTO 2 x 1					TRATAMIENTO 3 x 3					TRATAMIENTO 3 x 2					TRATAMIENTO 3 x 1											
No.	DAP	Altura	Forma	Otros	No.	DAP	Altura	Forma	Otros	No.	DAP	Altura	Forma	Otros	No.	DAP	Altura	Forma	Otros	No.	DAP	Altura	Forma	Otros	No.	DAP	Altura	Forma	Otros		
1	2.3	3.18	R		1	4.7	4.29	R		1	2.4	2.98	R		1	3.3	4.54	R		1	3.2	3.78	R		1	3.2	3.78	R			
2	3.2	3.82	R		2	5.2	4.54	R		2	2.8	4.06	R		2	2.6	3.48	R		2	3.1	4.24	R		2	3.1	4.24	R			
3	2.6	3.43	R		3	4.7	4.68	R		3	3.1	4.43	R		3	2.6	3.56	R		3	3	3.32	R		3	3	3.32	R			
4			-0.99	Muerto	4	4.4	5.09	R		4	2.7	3.83	R		4			-0.99	Muerto	4	2.8	3.81	R		4	2.8	3.81	R			
5	1.8	3.14	R		5	4.4	4.83	R		5	3.7	4.78	R		5	2.7	3.67	R		5	3.2	4.63	R		5	3.2	4.63	R			
6	3.1	4.43	R		6	4.1	4.1	B		6	1.8	2.79	R		6	2.8	3.59	R		6	3.1	4.53	R		6	3.1	4.53	R			
7	3.3	4.64	R		7	4.3	3.38	R		7	2.4	3.86	R		7	2.9	3.27	R		7	3	3.16	R		7	3	3.16	R			
8	3.1	4.82	R		8	1.9	2.79	R		8	2.2	3.48	R		8	3.3	3.68	R		8	2.7	3.42	R		8	2.7	3.42	R			
9					9			-0.99	Muerto	9					9					9	3.5	4.22	R		9	3.5	4.22	R			
10					10	4.7	4.78	R		10					10					10	3.6	3.76	R		10	3.6	3.76	R			
11					11			-0.99	Muerto	11					11					11	4	4.82	R		11	4	4.82	R			
12					12	4.8	5.34	R		12					12					12	3.4	4.46	R		12	3.4	4.46	R			
13					13	3.2	4.28	R		13					13					13	4.1	5.32	R		13	4.1	5.32	R			
14					14	3.9	5.57	R		14					14					14	3.4	4.32	R		14	3.4	4.32	R			
15					15	3.4	4.84	R		15					15					15	3.5	4.78	R		15	3.5	4.78	R			
16					16	4.2	4.44	R		16					16					16				-0.99	Muerto	16				-0.99	Muerto
17					17					17					17					17						17					

Anexo 9. Boleta de Campo para medición de Altura, DAP, Forma y Supervivencia del Bloque 4, a los 12 meses.  
**SEGUNDA MEDICIÓN (OCTUBRE 2016)**

**Boleta de Campo**

Evaluación de cinco densidades de plantación del clon 1214

San Pedro Claver, S.J. en San Juan Chamelco, Alta Verapaz.

Fecha de Medición	02/10/16
Bloque:	4
Repetición	4

02/10/16
4
4

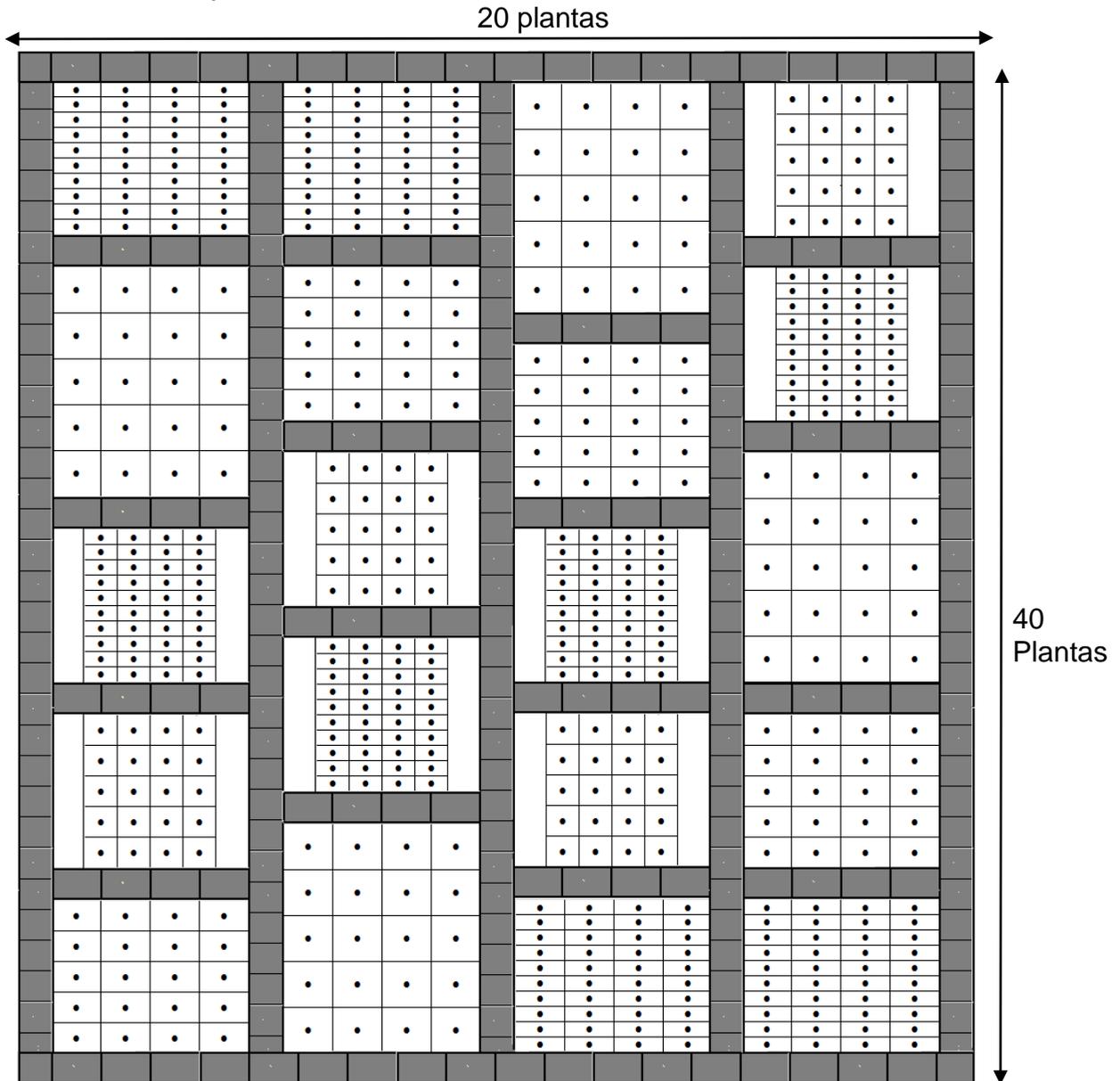
Primera Medición	
Segunda Medición	X
Fecha de Plantación	02/10/2015

X
02/10/2015

BLOQUE IV					BLOQUE IV					BLOQUE IV					BLOQUE IV					BLOQUE IV									
TRATAMIENTO 2 x 2					TRATAMIENTO 2 x 1					TRATAMIENTO 3 x 3					TRATAMIENTO 3 x 2					TRATAMIENTO 3 x 1									
No.	DAP	Altura	Forma	Otros	No.	DAP	Altura	Forma	Otros	No.	DAP	Altura	Forma	Otros	No.	DAP	Altura	Forma	Otros	No.	DAP	Altura	Forma	Otros	No.	DAP	Altura	Forma	Otros
1	3.6	5.28	B		1	4.1	5.12	R		1	2.1	3.67	R		1	4	4.28	R		1	3.1	4.1	R						
2			-0.99	Muerto	2	3.8	4.96	S		2	1.2	2.14	R		2	2.2	3.54	R		2	3.7	3.84	R						
3	4.3	5.78	R		3	4.2	5.17	S		3	2.2	3.66	R		3	3.1	4.56	R		3	3.1	3.78	R						
4	4.8	5.54	R		4	3.5	4.04	R		4	2.9	4.68	R		4	3.6	3.27	R		4	4	4.79	R						
5	4.8	5.28	R		5	3.6	4.24	R		5	3.2	4.83	R		5	3	3.58	R		5	4.1	4.37	R						
6	4	4.54	R		6	4.6	5.22	R		6	3.1	3.82	R		6			-0.99	Muerto	6	3.7	4.46	R						
7	4.7	4.78	R		7	4.3	5.53	R		7	3.2	3.78	R		7	1.8	2.64	R		7	3.8	4.64	R						
8	4.7	4.86	R		8	2.9	4.12	B		8	1.9	3.26	R		8	3.3	4.49	R		8	3.7	4.26	R						
9					9	3.7	4.06	R		9					9					9	3.9	4.18	R						
10					10	3.7	4.84	R		10					10					10	4.2	4.54	R						
11					11	2.1	2.63	R		11					11					11	3.6	4.69	R						
12					12	3.9	3.95	R		12					12					12	4	4.56	R						
13					13	4.1	4.24	R		13					13					13	4.1	4.38	R						
14					14	4.3	5.16	R		14					14					14	3.1	3.86	R						
15					15	2.9	4.28	R		15					15					15	4.3	4.47	R						
16					16	4.5	5.1	R		16					16					16	4.1	4.66	R						
17					17					17					17					17									

Anexo 10. Ensayo de 5 densidades de plantación.

Área total del ensayo: 0.306 ha.

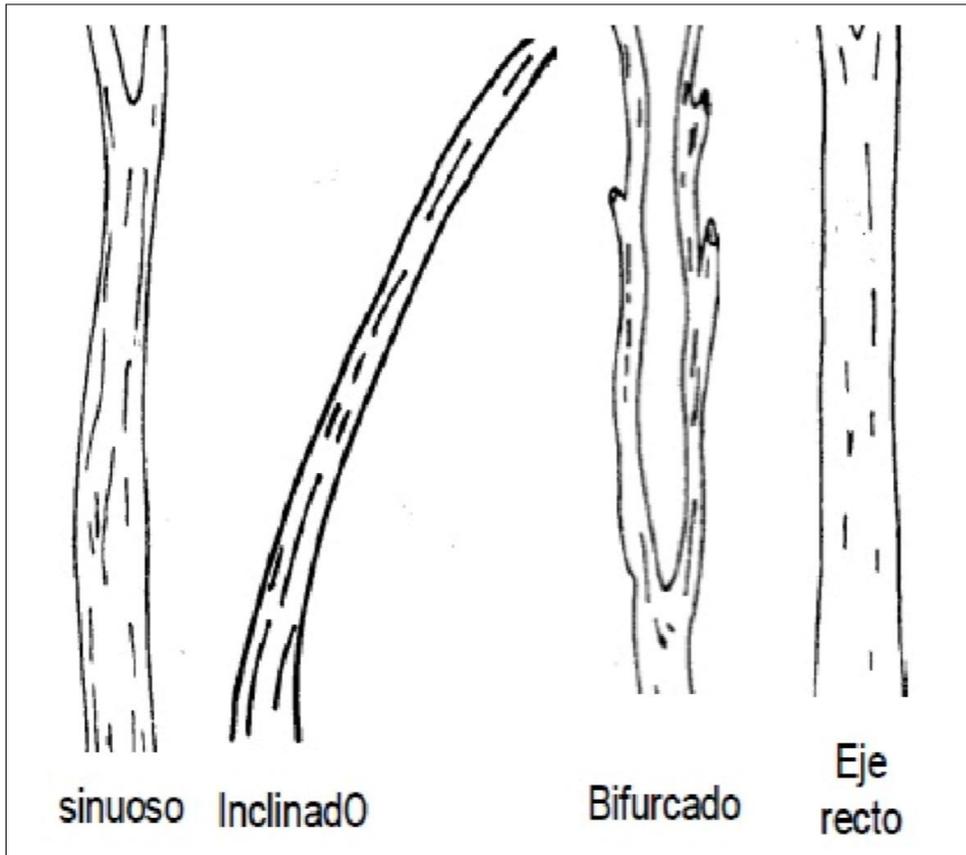


El experimento consistió de 5 tratamientos con 4 repeticiones. El tamaño de cada unidad experimental es de 20 plantas para T2, T4 y T5, 40 plantas para el T1 y T3.

En total se requerirán 560 plantas del clon 1214 y 120 plantas de *E. urophylla* para plantas de borde, haciendo un total de 680 plantas.

Plantas bordes: 40 plantas por cada lado y 20 plantas por cada lado, haciendo un total de 120 plantas.

Anexo 11. Códigos de evaluación fenotípica empleados.



Anexo 12. Croquis según la topografía del terreno, de 5 densidades de plantación del clon 1214 (*Eucalyptus Urophylla*).

