

**UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR**

**FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS**

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

**EFFECTO DE DENSIDADES DE SIEMBRA SOBRE EL CRECIMIENTO  
DE DOS ESPECIES DE PINO EN SAN JUAN CHAMELCO, ALTA VERAPAZ  
TESIS DE GRADO**

**TEDY FERNANDO FETZER BOTZOC**

**CARNET 21751-08**

**SAN JUAN CHAMELCO, ALTA VERAPAZ, NOVIEMBRE DE 2014**

**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

EFFECTO DE DENSIDADES DE SIEMBRA SOBRE EL CRECIMIENTO  
DE DOS ESPECIES DE PINO EN SAN JUAN CHAMELCO, ALTA VERAPAZ  
TESIS DE GRADO

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

POR

**TEDY FERNANDO FETZER BOTZOC**

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, NOVIEMBRE DE 2014

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

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

RECTOR: P. EDUARDO VALDES BARRIA, S. J.  
VICERRECTORA ACADÉMICA: DRA. MARTA LUCRECIA MÉNDEZ GONZÁLEZ DE PENEDO  
VICERRECTOR DE INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN: DR. CARLOS RAFAEL CABARRÚS PELLECCER, S. J.  
VICERRECTOR DE INTEGRACIÓN UNIVERSITARIA: P. JULIO ENRIQUE MOREIRA CHAVARRÍA, S. J.  
VICERRECTOR ADMINISTRATIVO: LIC. ARIEL RIVERA IRÍAS  
SECRETARIA GENERAL: LIC. FABIOLA DE LA LUZ PADILLA BELTRANENA DE LORENZANA

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

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

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

MGTR. EDWIN ESTUARDO VAIDES LÓPEZ

## **TERNA QUE PRACTICÓ LA EVALUACIÓN**

MGTR. LEOBEL LUIS MIGUEZ GARCIA  
MGTR. MANUEL SABINO MOLLINEDO GARCÍA  
MGTR. RICARDO ISMAEL ÁVILA FOLGAR

Guatemala, 21 de octubre de 2014.

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 Tedy Fernando Fetzer Botzoc, carné 21751-08, titulada: **“Efecto de densidades de siembra sobre el crecimiento de dos especies de pino en San Juan Chamelco, Alta Verapaz”**.

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

Atentamente,

Ing. Edwin Estuardo Vaidés López, M.Sc.  
Colegiado No. 2556  
Codigo URL 9907


**Orden de Impresión**

De acuerdo a la aprobación de la Evaluación del Trabajo de Graduación en la variante Tesis de Grado del estudiante TEDY FERNANDO FETZER BOTZOC, Carnet 21751-08 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. 06131-2014 de fecha 10 de noviembre de 2014, se autoriza la impresión digital del trabajo titulado:

**EFFECTO DE DENSIDADES DE SIEMBRA SOBRE EL CRECIMIENTO  
DE DOS ESPECIES DE PINO EN 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 27 días del mes de noviembre del año 2014.

  
\_\_\_\_\_  
**ING. REGINA CASTAÑEDA FUENTES, SECRETARIA**  
**CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS**  
Universidad Rafael Landívar



## **AGRADECIMIENTOS**

A:

Dios, por darme la vida, salud y por todas sus bendiciones.

La Universidad Rafael Landívar

La Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas

Ing. Edwin Estuardo Vaides MSc, por su apoyo y asesoría en la presente investigación.

## DEDICATORIA

A:

Dios: Por darnos la vida y discernimiento.

Mi madre: Por su amor, sacrificios y por todo el apoyo que me ha brindado.

Mi padre: Por su apoyo incondicional y los consejos que me ha brindado.

Mis hermanos: Por su cariño y el apoyo que me han brindado.

Mi novia: Por su cariño y apoyo brindado en esta etapa.

Mis tías: Por el apoyo y confianza brindada en la ejecución de mi proyecto, especialmente a mis tías Onelia, Gloria Argentina, Nely e Irma.

Mis compañeros: De promoción, por el apoyo y los gratos momentos que hemos compartido.

# INDICE GENERAL

RESUMEN	i
SUMMARY	ii
I. INTRODUCCION	1
II. MARCO TEORICO	3
2.1 Especies a evaluar	3
2.1.1 Pino candelillo	4
2.1.2 Pino blanco	9
2.2 Estudios realizados con pinus maximinoi en guatemala	12
2.3 Estudios realizados con pinus chiapensis en guatemala	15
2.4 Estudios de densidades de plantación	19
III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	21
3.1 Definición del problema	21
3.2 Justificación	22
IV. OBJETIVOS	24
V. HIPOTESIS	25
VI. METODOLOGIA	26
6.1 Localización	26



6.2	Material experimental	26
6.3	Descripción del experimento	26
6.4	Universo	28
6.5	Unidades experimentales	28
6.6	Diseño y distribución de parcelas	29
6.7	Croquis de los tratamientos del factor b (densidades)	29
6.8	Diseño experimental	31
6.9	Modelo estadístico	32
6.10	Manejo del experimento	33
6.10.1	Procedimiento operatorio	33
6.11	Variables respuestas	34
6.11.1	Prendimiento esperado en %	34
6.11.2	Diámetro a la base	34
6.11.3	Altura total	35
6.11.4	Calidad	36
6.11.5	Costos	36
VII.	RESULTADOS Y DISCUSION	37
7.1	Evaluación del crecimiento en diámetro y altura	37
7.1.1.	Evaluación del diámetro	37
7.1.2.	Evaluación en altura	42
7.2	Evaluación de la calidad	47

7.2.1 Dureza	47
7.2.2 Prendimiento	52
7.3 Matriz de costos	57
7.3.1 Distanciamiento 4 x 3 metros	57
7.3.2 Distanciamiento 3 x 3 metros	58
7.3.3 Distanciamiento 4 x 2 metros	58
VIII. CONCLUSIONES	62
IX. RECOMENDACIONES	64
X. BIBLIOGRAFIA	65
XI. ANEXOS	70

## INDICE DE CUADROS

CUADRO		PAG.
1	Tratamientos utilizados en el experimento	32
2	Análisis de Varianza del diámetro a la base de las plantas después de 6 meses de plantación, con tres diferentes densidades de plantación para las especies <i>Pinus maximinoi</i> y <i>Pinus chiapensis</i> .	38
3	Prueba de medias del diámetro a la base de las plantas después de 6 meses de plantación para las especies <i>Pinus maximinoi</i> y <i>Pinus chiapensis</i> .	39
4	Análisis de Varianza del diámetro a la base de las plantas después de 12 meses de plantación, con tres diferentes densidades de plantación para las especies <i>Pinus maximinoi</i> y <i>Pinus chiapensis</i> .	41
5	Prueba de medias del diámetro a la base de las plantas después de 6 meses de plantación para las especies <i>Pinus maximinoi</i> y <i>Pinus chiapensis</i> .	42
6	Análisis de Varianza de altura después de 6 meses de plantación, con tres diferentes densidades de plantación para las especies <i>Pinus maximinoi</i> y <i>Pinus chiapensis</i> .	44
7	Prueba de medias de altura de las plantas después de 6 meses de plantación para las especies <i>Pinus maximinoi</i>	

	y <i>Pinus chiapensis</i> .	44
8	Análisis de Varianza de altura después de 12 meses de plantación, con tres diferentes densidades de plantación para las especies <i>Pinus maximinoi</i> y <i>Pinus chiapensis</i> .	46
9	Prueba de medias de altura de las plantas después de 12 meses de plantación para las especies <i>Pinus maximinoi</i> y <i>Pinus chiapensis</i> .	47
10	Análisis de Varianza de la variable Dureza, con diferentes densidades de plantación para las especies <i>Pinus maximinoi</i> y <i>Pinus chiapensis</i> , después de 6 meses de plantado.	49
11	Prueba de la variable Dureza de las plantas después de 6 meses de plantación para las especies <i>Pinus maximinoi</i> y <i>Pinus chiapensis</i> .	50
12	Análisis de Varianza de la variable dureza, con diferentes densidades de plantación para las especies <i>Pinus maximinoi</i> y <i>Pinus chiapensis</i> , después de 12 meses del establecimiento.	52
13	Análisis de Varianza del Prendimiento, a tres diferentes densidades de plantación para las especies <i>Pinus maximinoi</i> y <i>Pinus chiapensis</i> , después de 6 meses del establecimiento.	54
14	Análisis de Varianza del Prendimiento, a tres diferentes densidades de plantación para las especies <i>Pinus</i>	

	<i>maximinoi</i> y <i>Pinus chiapensis</i> , después de 12 meses del establecimiento.	56
15	Prueba de medias de prendimiento de las plantas después de 12 meses de plantación para las especies <i>Pinus maximinoi</i> y <i>Pinus chiapensis</i> .	56
16	Matriz de costos por actividad, distanciamiento 4 x 3 metros.	57
17	Matriz de costos por actividad, distanciamiento 3 x 3 metros.	58
18	Matriz de costos por actividad, distanciamiento 4 x 2 metros.	59
19	Comparación de la dinámica ecológica de las especies <i>Pinus maximinoi</i> y <i>Pinus chiapensis</i> .	60

## INDICE DE FIGURAS

FIGURA		PAG.
1	Mapa de ubicación del área de estudio	27
2	Esquema de distribución de unidades experimentales	29
3	Croquis del tratamiento con un distanciamiento de 3 x 4 m	30
4	Croquis del tratamiento con un distanciamiento de 3 x 3 m	30
5	Croquis del tratamiento con un distanciamiento de 4 x 2 m	31
6	Diámetro a la base de las plantas de las especies <i>P. maximinoi</i> (PINUMI) y <i>P. chiapensis</i> (PINUCH), bajo las diferentes densidades, después de 6 meses de establecidos.	38
7	Diámetro a la base de las plantas de las especies <i>P. maximinoi</i> (PINUMI) y <i>P. chiapensis</i> (PINUCH), bajo las diferentes densidades, después de 12 meses de establecidos.	40
8	Altura de las plantas de las especies <i>P. maximinoi</i> (PINUMI) y <i>P. chiapensis</i> (PINUCH), bajo las diferentes densidades, después de 6 meses de establecidos.	43
9	Altura de las plantas de las especies <i>P. maximinoi</i> (PINUMI) y <i>P. chiapensis</i> (PINUCH), bajo las diferentes densidades, después de 12 meses de establecidos.	46

10	Valor de Dureza de las plantas de las especies <i>P. maximinoi</i> y <i>P. chiapensis</i> , bajo las diferentes densidades, a los 6 meses después del establecimiento.	48
11	Valor de Dureza de las plantas de las especies <i>P. maximinoi</i> y <i>P. chiapensis</i> , bajo las diferentes densidades, a los 12 meses después del establecimiento.	51
12	Porcentaje de Prendimiento de las especies <i>P. maximinoi</i> y <i>P. chiapensis</i> , bajo las tres diferentes densidades, a los 6 meses después del establecimiento.	53
13	Porcentaje de Prendimiento de las especies <i>P. maximinoi</i> y <i>P. chiapensis</i> , bajo las tres diferentes densidades, a los 12 meses después del establecimiento.	55

## Efecto de densidades de siembra sobre el crecimiento de dos especies de pino en San Juan Chamelco, Alta Verapaz

### RESUMEN

El trabajo de investigación fue realizado en finca Tzulain, San Juan Chamelco, Alta Verapaz. El objetivo principal fue evaluar la respuesta del crecimiento inicial de 3 densidades en plantaciones de *Pinus maximinoi* H.E. Moore y *Pinus chiapensis* (Martínez) Andresen y los costos de establecimiento de los mismos. Se evaluaron las variables: diámetro a la base, altura, dureza y prendimiento, utilizando los distanciamientos 4 x 3 metros (densidad 833 árboles/ha), 3 x 3 metros (densidad 1,111 árboles/ha) y 4 x 2 metros (densidad 1,250 árboles/ha), para obtener cuál de las especies e interacciones presenta los mejores crecimientos. La variable especie presentó en la mayoría de los casos diferencias significativas, a diferencia de la variable densidad que no presentó diferencias significativas. La especie *Pinus maximinoi* es la que mejor respondió en la evaluación después de 12 meses de establecido el experimento. El principal aporte de esta investigación es brindar información con respecto del establecimiento de estas especies en la región, así como la respuesta de las distintas intensidades que se establecieron, para las variables diámetro a la base, altura y prendimiento los mejores resultados fueron mostrados por la especie *Pinus maximinoi*, la variable dureza no mostró diferencia en ninguna de las especies, se obtuvieron los datos de costos de implementar una plantación utilizando las dos especies y las distintas densidades de plantación evaluadas. Se pudo concluir, para el primer año de crecimiento, que el mejor tratamiento lo constituye *Pinus maximinoi* sin importar la densidad a la que se estableció.



## Effect of planting densities on the growth of two species of pine in San Juan Chamelco, Alta Verapaz

### SUMMARY

This research study was carried out in Tzulain farm, San Juan Chamelco, Alta Verapaz. The main objective was to evaluate the initial growth response of 3 densities in the plantation of *Pinus maximinoi* H.E. Moore and *Pinus chiapensis* (Martínez) Andresen, as well as establishing costs for the same. The variables were evaluated: diameter to the base, height, hardness, and rooting, using 4 x 3 meter distances (density of 833 trees/ha), 3 x 3 meters (density of 1,111 trees/ha), and 4 x 2 meters (density of 1,250 trees/ha); this in order to determine which species and interactions show the best growths. In most cases, the species variable showed significant differences. The *Pinus maximinoi* species is the one that showed the best response in the evaluation during the 12 months of the experiment establishment. The main contribution of this research is to provide information regarding the establishment of these species in the region, as well as the response to the different intensities that were established; for the diameter to the base, height and rooting the best results were shown by the *Pinus maximinoi* species. The hardness variable did not show differences in any of the species. Data on the production implementation costs using the two species and the different densities of the evaluated plantation was obtained. For the first growing year, the best treatment is *Pinus maximinoi*, regardless of its density.

## I. INTRODUCCION

El recurso forestal siempre ha sido un recurso natural muy importante ya que los aportes que proveen los mismos son de suma importancia para los seres vivos, que van desde producción de oxígeno, fijación de CO<sub>2</sub>, belleza escénica, protección de suelos entre otros, sin embargo, el uso inadecuado de este recurso se ha convertido en un problema a medida que se ha incrementado exponencialmente la población humana. El avance de la frontera agrícola, la carencia de manejo de los bosques naturales y la deforestación han sido unos de los factores más importantes en la problemática Forestal (Fisher & Binkley, 2000).

La importancia de las plantaciones forestales en el país y en la región radica en que las mismas son fuentes de trabajo y creadoras de múltiples variables que benefician la coexistencia con los seres humanos y su relación con un ambiente ecológicamente agradable para el mismo (Perfil Ambiental de Guatemala, 2012).

Según INAB (2014), las especies de género *Pinus* son de las más importantes en Guatemala, estas ascienden a un total de 50,064.69 ha, incluidas en las 10 especies prioritarias, desde el punto de vista forestal, tanto por la cantidad de especies como por el valor que tienen, para el país y para la región, que representan un gran porcentaje de las especies establecidas a la fecha.

Según Artega & Perez (2001), menciona que muchas de las especies de género *Pinus* producen madera de gran importancia económica y se la emplea en numerosos usos

La escasa cantidad de estudios comparativos de las especies *Pinus maximinoi* H.E. Moore y *Pinus chiapensis* (Martínez) Andresen con los que se cuenta en la actualidad hace necesaria la búsqueda de alternativas en cuanto a densidades, distanciamientos entre plantas, con el fin de obtener un mejor desarrollo y crecimiento.

El estudio se realizó tomando en consideración que las especies *Pinus maximinoi* H.E. Moore y *Pinus chiapensis* (Martínez) Andresen, bajo evaluación se plantan en la región de las verapaces.

El proyecto consideró evaluar los costos iniciales y la respuesta del crecimiento en la etapa inicial de *Pinus maximinoi* H.E. Moore y *Pinus chiapensis* (Martínez) Andresen, bajo 3 diferentes densidades y arreglos, que fueron 3x3 m, 3x4 m y 4x2 m, en el momento de su establecimiento. Las variables fueron evaluadas a 6 y 12 meses después de establecidas, con unidades experimentales (parcelas) en condiciones normales de campo en la finca Tzulain del Municipio de San Juan Chamelco, Alta Verapaz, dicho estudio se realizó basado en la importancia de generar información sobre dichas variables para las ya mencionadas especies y establecer los costos actuales de su establecimiento en la región.

## II. MARCO TEORICO

### 2.1 ESPECIES A EVALUAR

En lo relativo a los antecedentes se puede mencionar que actualmente no se cuenta con información relevante con respecto al tema de distanciamiento inicial para las especies de *Pinus maximinoi* H.E. Moore y *Pinus chiapensis* (Martínez) Andresen, sino solo estudios relacionados a la respuesta del crecimiento en edades mayores (Gregg, 1997).

Según González, (2006), menciona que las especies *Pinus maximinoi* y *Pinus chiapensis* se adaptan a las condiciones edafoclimaticas del Municipio de San Juan Chamelco, Alta Verapaz y que ya han sido plantadas, que existen plantaciones establecidas en la actualidad, en las cuales se ha observado un buen crecimiento en diámetro y altura.

Los estudios y evaluaciones que se han realizado para estas dos especies no presentan información sobre distanciamientos, sino información más relacionada a otras aplicaciones y descripciones generales, y así mismo se refiere al establecimiento de plantaciones de las especies de *Pinus maximinoi* y *Pinus chiapensis* por el método tradicional de 3 X 3 metros al cuadro. Esta metodología se ha venido utilizando para el establecimiento de la mayor cantidad de especies del genero Pinus, por falta de información relevante y estudios que permitan la implementación de otros métodos de espaciamento, que hayan comprobado que los resultados en crecimiento y calidad proyecten un mejor y más óptimo beneficio para las plantaciones de este tipo de especies en la Región.

El área de estudio presenta las condiciones para el establecimiento de *Pinus maximinoi* y *Pinus chiapensis*, debido a que la condiciones edafoclimaticas con las que cuenta el Municipio de San Juan Chamelco, Alta Verapaz tienen un gran potencial para el

desarrollo y crecimiento de estas especies. En base a los requerimientos de las ya mencionadas especies (Gregg, 1997).

### 2.1.1 PINO CANDELILLO (*Pinus maximinoi* H.E. Moore)

#### a) Clasificación Taxonómica:

Según CATIE (2000), la clasificación taxonómica para la especie *Pinus maximinoi* es la siguiente:

- **Nombre Común:** Pino candelillo
- **Nombre científico:** *Pinus maximinoi* H. E. More.
- **Reino:** Vegetal
- **Sub-reino:** Embriobionta
- **División:** *Pinophyta*
- **Sub-división:** *Pinicae*
- **Clase:** *Pinopsida*
- **Orden:** Pinales
- **Familia:** *Pinaceae*
- **Género:** *Pinus*
- **Especie:** *Pinus maximinoi*.

#### b) Descripción Botánica

Es un árbol de 20 a 35 m de altura y de 45 a 100 cm de diámetro. Tiene copa muy densa con ángulos rectos y horizontalmente verticilados. La corteza en plaquetas elongadas con fisuras color café rojizas. Presenta follaje denso, verde azulado mate o verde grisáceo, notoriamente colgante. Acículas generalmente cinco por fascículo, delgadas, de 20 a 28 cm de largo y 0.7 a 0.8 mm de ancho, márgenes finamente serrados, estomas presente en la superficie dorsal y ventral. Las vainas son persistentes, de 12 a 18 mm de largo. Canales resiníferos medios, usualmente dos. Los

estróbilos masculinos estaminados, y los femeninos subterminales, oblongos, aislados o en grupos de 4 a 5, con pedúnculos largos y escamosos, las escamas son delgadas. (CATIE, 2000).

La madera es de color castaño pálido, textura fina, grano recto, superficie medianamente lustrosa, olor agradable y sabor no característico. Tiene su peso específico de 0.44 0.50, g/cm<sup>3</sup>, ligeramente liviana; es fácil de tratar con preservantes, moderadamente fácil de trabajar y con buena velocidad de secado, sin presentar defectos. Es utilizada en construcciones livianas, muebles, carpintería, puertas, gabinetes, ventanas postes para transmisión eléctrica y pulpa para papel (CONAFOR, 2011).

### **c) Distribución y Hábitat**

Según CATIE (2000), *Pinus maximinoi* se distribuye naturalmente desde el sureste de México, centro de Guatemala y Honduras; norte de El Salvador hasta el noroeste de Nicaragua; su rango altitudinal varía de 600 a 2400 msnm, con precipitaciones de 1000 a 2400 mm y temperaturas de 18 a 21 °C. A menudo crece asociado con *Pinus pseudostrobus*, *P. oocarpa*, *P.herrerai* y *P. michoacana*. Crece en suelos fértiles, húmedos, de ácidos a básicos (pH de 4.5 a 7.5), con buen drenaje, profundos y con buen contenido de materia orgánica.

### **d) Distribución Geográfica en Guatemala**

Se distribuye de manera natural en los departamentos de Alta Verapaz, Baja Verapaz, Chiquimula, Zacapa, El Progreso, Jalapa, Quiché, Sacatepéquez, Santa Rosa y Sololá (Artega & Perez, 2001).

### **e) Asociación**

Según CATIE (2000), a menudo crece asociado con *Pinus pseudostrobus*, *P. oocarpa*, *P. herrerae* y *P. michoacana*, *P. tecumumanii*, *P. rudis* y *Cupressus lusitánica*.

### **f) Floración y fructificación**

La floración inicia de los 6 a los 8 años de edad, aunque nunca es muy prolífico. La floración es de febrero a abril (CONAFOR, 2011).

Según CATIE (2000), los frutos son conos marrón-rojizo, ovoides, angulares, algunas veces tempranamente caedizos, de 5 a 10 cm de largo y de 4 a 7 cm de ancho, con un pedúnculo oblicuo que se mantiene unido al cono cuando éste cae. Presenta escamas suaves y delicadas; apófisis de 8 a 10 mm de ancho, usualmente planas, de 2 a 4 mm de largo. Se encuentra en grupos de 3 a 4 en las ramas. La semillas son de color marrón oscuro, pequeñas, de 5 a 7 mm de largo y de 5 mm de ancho; alas articuladas, marrón claro amarillentas, de 16 a 20 mm de largo y cerca de 8 mm de ancho, con 6 y 7 cotiledones.

### **g) Sistema de Recolección y Rendimiento**

Los frutos maduran de marzo, a través de México y América Central, pueden ser recolectados entre las dos primeras semanas de abril, los conos ha botado la mayoría de sus semillas. Existe una pequeña variación entre el tiempo de maduración de los conos y la elevación del sitio de recolección. Los frutos cerrados se recolectan directamente del árbol, el cual puede ser escalado usando equipos apropiados como espolones, cinturón y casco. El escalador corta los frutos teniendo cuidado de no dañar las ramas. Un cono contiene aproximadamente 40 semillas y un árbol contiene en promedio 120 conos. Los rendimientos usuales varían de 0.25 a 0.50 Kg de semillas por árbol (CONAFOR, 2011).

## **h) Calidad Física y Germinación**

Según Artega & Perez (2001), generalmente existen 50,000 a 100,000 semillas por Kg. Se han reportado porcentajes de germinación de 84 a 95 % y porcentaje de pureza de 90 a 99%. El contenido de humedad inicial varía de 9.7 a 10.9%.

La germinación es de tipo epigea y se inicia a los siete días después de la siembra y finaliza a 15 a 17 días después (Artega & Perez, 2001).

Según CATIE (2000), para obtener una germinación uniforme se recomienda sumergir las semillas en agua limpia durante 12 horas.

## **i) Almacenamiento**

Las semillas son ortodoxas y pueden ser almacenadas por períodos de 5 a 10 años sin que pierdan su viabilidad en forma significativa, manteniéndolas a temperaturas entre 3 a 4 °C y contenidos de humedad de 6 a 8%, en bolsas de polietileno herméticamente selladas. En condiciones ambientales pierde su viabilidad en menos de dos meses (CONAFOR, 2011).

## **j) Manejo de la Especie a Nivel de Vivero**

Según Artega & Perez (2001), las semillas pueden sembrarse directamente en bolsas plásticas, con 2 a 3 semillas por bolsa, o en cajas germinadoras. El proceso de germinación tarda de 15 a 17 días. Las plantitas están listas para ser llevadas al sitio de plantación cuando alcancen de 25 a 30 cm, lo que tarda de 5 a 6 meses.

## **k) Problemas Fitosanitarios**

Los frutos en el árbol son susceptibles al ataque de insectos como *Dioryctria* y *Cecidomyiidae*. En análisis fitosanitarios a lotes de semillas se han reportado hongos



como *Curvularia*, *Fusarium roseum*, *trichoderma* y *Phomosis*. En los viveros son comunes los hongos que causan el mal de talluelo (Damping off) (CATIE, 2000).

## **I) Requerimientos Ambientales**

Según CATIE (2000), los requerimientos ambientales para la especie *Pinus maximinoi* son los siguientes:

- **Elevación:** 600 a 2600 msnm
- **Precipitación Mínima:** 1000mm
- **Precipitación máxima:** 2400 mm
- **Temperatura mínima:** 18 °C
- **Temperatura máxima:** 21 °C

## **m) Suelos**

Crece en suelos fértiles, húmedos con un pH mediamente acido, bien drenado y profundo (Artega & Perez, 2001).

## **n) Principales usos**

La madera de los pinos es ligera, fácil de trabajar y se usa para construcción, carpintería, muebles, pulpa de papel y otros usos. Sus troncos rectos y flexibles empleándose para astas y mástiles en la construcción de barcos. Necesita un tratamiento para resistir la pudrición y las termitas o comejenes. La leña, aunque ligera, es buena; se aprovechan los desperdicios de cortes y entresagues. El ocote es leña de pino rica en resina, que se usa para prender los fuegos. Con la resina de los pinos se produce la trementina y colofonia, de mucho valor comercial, también posee usos de carácter cultural (CONAFOR, 2011).

## o) Nutrientes

El suministro, absorción y metabolismo de componentes químicos necesarios para el crecimiento puede definirse como nutrición, y los elementos químicos esenciales requeridos por un organismo se denominan nutrientes (Mengel & Kirkby, 2001).

### 2.1.2 PINO BLANCO (*Pinus chiapensis* (Martínez) Andresen)

#### a) Clasificación Taxonómica:

Según CONAFOR (2011), la clasificación taxonómica para la especie *Pinus chiapensis* es la siguiente:

- **Nombre Común:** Pino blanco
- **Nombre científico:** *Pinus chiapensis* (Martínez) Andresen.
- **Reino:** Vegetal
- **Sub-reino:** Embriobionta
- **División:** *Pinophyta*
- **Sub-división:** *Pinicae*
- **Clase:** *Pinopsida*
- **Orden:** Pinales
- **Familia:** *Pinaceae*
  
- **Género:** *Pinus*
- **Especie:** *Pinus chiapensis*

#### b) Descripción Botánica

Es un árbol de 18 a 35 mts. de altura, de tronco cilíndrico, recto de hasta 1 mt. de diámetro, corteza relativamente liza o moderadamente agrietada, color moreno claro o gris

blanquecino, con placas escamosas ásperas de espesor variable en ejemplares adultos (CATIE, 2000).

Según CATIE (2000), las ramas son relativamente livianas verticiladas, primero ascendentes, más tarde horizontales, copa amplia, medianamente densa, hojas fasciculadas ordinariamente de 5 foliolos de sección triangular, brevemente aserradas, delgadas y flexibles de color verde con suaves tonalidades azules, de 14 a 18 cms. de largo y un espesor de 0.60 a 0.65 mm., de vainas caedizas de 1.2 a 1.5 cms. de longitud, carnosas, color ocre claro, faltando en el follaje adulto. Conos más o menos numerosos de 6 a 18 cms. de largo, solitarios, aunque pueden encontrarse en número de 2 o 3 colgantes, largamente ovales y frecuentemente encorvados.

#### **c) Distribución Geográfica en Guatemala**

En Guatemala *Pinus chiapensis*, se desarrolla en Santa Cruz Barillas en el departamento de Huehuetenango; San Francisco Cotzal y en el Departamento de Alta Verapaz (CATIE, 2000).

#### **d) Asociación**

Según CONAFOR (2011), esta especie crece comúnmente asociada a *Pinus pseudostrobus*, *P. oocarpa*, y *P. michoacana*, *P. tecumumanii*, bosque de Quercus y bosque mesófilo de montaña.

#### **e) Floración y fructificación**

La floración ocurre durante los meses de marzo y abril, ocurriendo la dispersión de semillas en septiembre. La recolección de conos para la extracción de semillas tiene un óptimo entre mediados de agosto y mediados de septiembre, la especie es poco prolífica, conteniendo desde 52,000 hasta 80,000 semillas por kilogramo (CONAFOR, 2011).

La germinación de las semillas de *P. chiapensis* ocurre a los 31 días con porcentajes de germinación que van de 44 a 61%, perdiendo rápido su poder germinativo (Carrasco, 2001).

#### **f) Requerimientos Ambientales**

Según Carrasco (2001), los requerimientos ambientales para la especie *Pinus chiapensis* son los siguientes:

- **Elevación:** 600 a 2400 msnm
- **Precipitación Mínima:** 1000mm
- **Precipitación máxima:** 2500 mm
- **Temperatura mínima:** 12 °C
- **Temperatura máxima:** 27 °C

#### **g) Suelos**

Crece en suelos fértiles, húmedos con un pH mediamente ácido, bien drenado de moderadamente profundos a profundos, 1 m (CATIE, 2000).

#### **h) Principales plagas y enfermedades**

Según CONAFOR (2011), la principal causa de muerte en el vivero es el mal de semillero "Damping off", el cual es causado por hongos de los géneros *Pythium*, *Rhizctonia*, *Fusarium*, *Phytophthora*, entre otros.

Para evitarlo es necesario desinfectar el sustrato. Cuando se detecta la presencia de insectos como gallina ciega (*Phillophaga* sp.), hormiga arriera (*Atta* sp.) y gusano soldado (*Pseudaletia* sp.), se sugiere la aplicación de Volatón 5% G, en dosis de 4 g/m (CONAFOR, 2011).

## 2.2 ESTUDIOS REALIZADOS CON PINUS MAXIMINOI EN GUATEMALA

Se han realizado diversos estudios para la especie *Pinus maximinoi* H.E. Moore en el País los cuales se describen a continuación:

- a) **Evaluación del estado y crecimiento inicial de cuatro especies prioritarias (*Pinus maximinoi* H.E. Moore, *Pinus caribaea morelet*, *Pinus oocarpa schiede* y *Tectona grandis l.f.*), del programa de incentivos forestales en la región 2, en los Departamentos de Alta y Baja Verapaz, Guatemala.**

Esta investigación se realizó en la región 2, en los departamentos de Alta y Baja Verapaz, siendo los objetivos el establecimiento de una red de parcelas de monitoreo; el análisis y comparación en crecimiento y rendimiento de las especies prioritarias por subregión forestal, con base al diseño de muestreo estratificado al azar condicionado, se establecieron y se midieron en 49 fincas, 246 PPM, de las cuales 141 PPM se establecieron en plantaciones de *Pinus maximinoi* H.E. Moore lo que equivale a un 57%; 29 PPM en *Pinus oocarpa Schiede* (12%); 43 PPM en *Pinus caribaea Morelet* (18%) y 33 PPM en *Tectona grandis L.F.* (13%). La intensidad de muestreo fue de 17.5% del área reforestada con plantaciones entre 1 a 5 años con las cuatro especies analizadas. (Avila, 2003).

Según Avila (2003), con base al IMA Vol estableció que el 89% de las plantaciones de *Pinus maximinoi* y *P. caribaea* se ubican en la clase de crecimiento alto (7.81 y 1.32 m<sup>3</sup>/ha/año), mientras que un 11% se ubican en crecimiento bajo (0.89 y 0.14 m<sup>3</sup>/ha/año) respectivamente. En relación a *Pinus oocarpa* el 93% de las plantaciones están en sitios con crecimiento alto (1.89 m<sup>3</sup>/ha/año) y solamente un 7% están en sitios con crecimiento bajo (0.13 m<sup>3</sup>/ha/año). Para *Tectona grandis* el 61% de las plantaciones están en sitios con crecimiento alto (14.81 m<sup>3</sup>/ha/año) y un 39% (5.72 m<sup>3</sup>/ha/año) está en sitios con crecimiento bajo. La evaluación de las características cualitativas, resultó que *Pinus maximinoi* y *Tectona grandis* mostraron 46 y 48% de ejes rectos.

**b) Análisis del efecto de la intervención a través de raleos en una plantación de *Pinus Maximinoi*, H.E Moore, en la Finca Pambach, Santa Cruz, Alta Verapaz, durante el periodo comprendido del año 2004 a 2006.**

Según Caal (2012), el estudio analizó los efectos de la práctica del primer tratamiento silvícola raleo de una plantación de pino en la Finca Pambach de Santa Cruz, Alta Verapaz. La plantación fue establecida a una densidad de 1,600 árboles por hectárea, en su séptimo año obtuvo un deterioro, evidenciándose en la muerte de las ramas basales, por la competencia de luz. Se prescribió el raleo al 40% de la densidad; a través del método mecánico no selectivo y selectivo. Con respecto a los efectos, se mantuvo constante la tasa de crecimiento previo y posterior al raleo, el análisis económico mostró una relación de ingresos y costos favorables para la finca

**c) Potencial de certificación forestal, con base en el estándar del consejo mundial de manejo forestal –fsc- para Guatemala, de plantaciones forestales de pino candelillo (*Pinus maximinoi* H.E. Moore Pinaceae), establecidas mediante pinfor en la sub-región forestal II-3 del inab, Alta Verapaz, Guatemala.**

La presente investigación determina el potencial de certificación forestal de las plantaciones de *Pinus maximinoi*. El trabajo se realizó en los municipios de Cobán, San Juan Chamelco, San Pedro Carchá, Santa María Cahabón y San Agustín, Lanquín. Se efectuó una caracterización de acuerdo a la base de datos del INAB, en función al tamaño del proyecto, tipo de propietario y edad de la plantación. Los resultados que se acercaron a los requerimientos del FSC, fueron los de cooperativas con áreas mayores a 16 ha. También las plantaciones de empresas mayores de 45 ha, que en total hicieron un área con potencial de 2,185.19 ha equivalentes al 46.00% de las plantaciones de la Sub-Región. Se recomendó a los propietarios mejorar en la planificación de manejo. (Cojulún, 2009).

**d) Impactos sociales y económicos de un sistema agroforestal temporal, incorporando el cultivo anual de maíz (*Zea mays* L. Poaceae) a una plantación de pino (*Pinus maximinoi* H.E. Moore.), en la finca Sehubub, municipio de San Pedro Carcha, Alta Verapaz.**

El presente estudio permitió determinar los efectos sociales y económicos de un sistema agroforestal temporal en la finca Sehubub, Se utilizó la metodología de sistematización de experiencias. Durante los años 2005-2008 se implementó un sistema agroforestal temporal. Permitiendo al propietario dar acceso a la tierra a campesinos, al ya no poder mantener el asocio pino-maíz, se incrementa el costo de mantenimiento para el propietario. Se concluye que la implementación de sistema agroforestal temporal pino- maíz permitió beneficiar tanto al propietario con el mantenimiento de la plantación, como a los agricultores a generar autoempleo durante los tres años que duró el convenio y producir 3129.84 kg/ha de maíz para autoconsumo (López, 2010).

**e) Evaluación de tres intensidades de raleo en el crecimiento de una plantación joven de *Pinus maximinoi* H. E. Moore, Santa Cruz, Alta Verapaz.**

Según Mijangos (2009), el estudio evaluó la respuesta en crecimiento y productividad de una plantación de siete años de edad de *Pinus maximinoi* posterior a la aplicación de tres intensidades de raleo en la Finca Rio Frio, ubicada en Santa Cruz Alta Verapaz. Se evaluaron tres intensidades de raleo (50%, 33%, y 25%). Se utilizó el diseño de Bloques Completos al azar, con cinco repeticiones. El Incremento Medio Anual (IMA) en diámetro a la altura del pecho reportó, como el mejor tratamiento la intensidad de raleo de 50%, (2.42cm/año), siendo estadísticamente superior a los tres tratamientos en seis meses. A los 12 después el 50% (2.48 cm/año) y el 33% (2.26cm/año) presentaron mejores incrementos respectivamente. Para IMA en altura, no hubo diferencias significativas entre tratamientos. En productividad, el IMA en volumen y en área basal tampoco existió diferencias significativas entre tratamientos.

**f) Implementación de actividades, para mejorar la eficiencia en la producción de plantas de pino candelillo (*Pinus maximinoi* H.E. Moore. Pinaceae) en bolsas de polietileno en el Vivero forestal Rubel kiche, s.a. en San Pedro Carchá, Alta Verapaz, Guatemala.**

El presente trabajo consistió en documentar las experiencias para mejorar la eficiencia en la producción de plantas de *Pinus maximinoi*, en bolsas de polietileno. Dividida en tres etapas: Etapa inicial se desarrolló bajo mínimas prácticas tecnológicas. La poca rentabilidad en la producción de esta especie, sustratos utilizados y la baja eficiencia del llenado, se asumía al tamaño de la bolsa de polietileno que se utilizaba. La etapa de intervención, año 2001 describe el proceso de implementación al haber reducido el tamaño del recipiente para la producción de plantas de *Pinus maximinoi*, y la etapa final describe los resultados, posterior a la implementación de bolsas de polietileno de menor tamaño de 4"x8"x2mm a 3"x6"x3mm. Se recomienda implementar técnicas de manejo de viveros más eficientes que reduzca el porcentaje de pérdidas por semilla o mala siembra (Ramírez, 2009).

### **2.3 ESTUDIOS REALIZADOS CON PINUS CHIAPENSIS EN GUATEMALA**

La especie *Pinus chiapensis* (Martínez) Andresen, presenta una menor cantidad de estudios que *Pinus maximinoi*, mas sin embargo existen algunos con los que se cuenta en la actualidad, los cuales se describen a continuación:

**a) Estudio comparativo del crecimiento en diámetro y altura, e incremento y rendimiento en plantaciones de *Pinus maximinoi* H.E. Moore, *Pinus oocarpa Schiede* y *Pinus chiapensis*, en tres municipios del departamento de Alta Verapaz.**

El estudio incluye las variables de crecimiento y rendimiento de tres rodales artificiales del género *Pinus*. Las tres especies evaluadas, poseen una edad uniforme de 12 años, están ubicados en los municipios de Cobán, Carchá y San Cristóbal Verapaz. La



especie *P. maximinoi*. Los resultados son que existe diferencia significativa entre especies. No existe diferencia significativa para el crecimiento entre las diferentes localidades y que no existe diferencia significativa en la interacción especie-localidad. La especie *Pinus chiapensis* es la que alcanza el mayor volumen de producción de madera por árbol promedio con un rendimiento de 1.3305 m<sup>3</sup> de madera, seguida de *Pinus maximinoi* con 0.4997 m<sup>3</sup> y *Pinus Oocarpa* con 0.2471 m<sup>3</sup> por árbol promedio en las tres localidades, en los 12 años de crecimiento al momento del estudio (Gregg, 1997).

Según Gregg (1997), los promedios de diámetro con corteza por especie encontrados son de 48.93 cm. para *P. chiapensis*; 31.95 cm para *P. maximinoi* y 22.52 cm. para *P. oocarpa*. Los incrementos absolutos en diámetro y altura por especie en los 12 años de crecimiento de campo son: *P. chiapensis* 4.08 cm. y 1.91 m. de altura anual; *P. maximinoi* 2.66 cm. y 1.41 m. de alto de incremento anual y *P. Oocarpa* 1.88 cm. y 1.24 m de alto de incremento anual absoluto (Gregg, 1997). El incremento anual absoluto por hectárea por localidad fue: 156.1 M<sup>3</sup> en el bosque de Cobán; 91 m<sup>3</sup> en Carchá y 172.5 m<sup>3</sup> en San Cristóbal, Verapaz

**b) Efecto de la temperatura y fotoperíodo en la germinación de semillas forestales de palo blanco (*Cydistax donnellsmithii*) (Rose) Seibert, Pino de Petén (*Pinus caribaea*) Morelet. var. hondurensis e itálica (Seneclosure) W.H. Barrett & Golfari, falso pinabete (*Pinus chiapensis*) (Mart.) Andresen y cedro amargo (*Cedrela odorata* L.) en condiciones controladas.**

Para la elaboración del presente estudio se utilizó un diseño completamente al azar, la investigación se realizó en laboratorio, El área experimental lo constituyeron las dos cámaras germinadoras que se encuentran en el Banco de Semillas Forestales. Los resultados que se obtuvieron fueron que los mejores porcentajes de germinación (75% y 74%) se obtuvieron cuando las semillas estuvieron expuestas a 24 horas luz y 28 °C y 24 horas luz y 32 °C, respectivamente, estos resultados son superiores al porcentaje de germinación obtenido bajo condiciones ambientales de laboratorio (23°C, 12 horas

luz) que es de 66% de germinación. El porcentaje de germinación más bajo (9.2 por ciento) se presentó cuando las semillas fueron expuestas a 24 horas luz y 24 C° (Pereira, 2002).

Según Pereira (2002), la velocidad de germinación se determinó al aplicar la prueba de Rangos Múltiples de Duncan evidenció que la mayor velocidad de germinación ocurrió cuando las semillas se sometieron a 0 horas luz y 28° C (6.14), seguidamente el tratamiento de 24 horas luz y 28° C manifestó una velocidad de germinación de 4.71, tratamiento que también mostró el más alto porcentaje de germinación. Los mayores valores germinativos se obtuvieron en las semillas que se colocaron a cero horas luz y 28°C y a 24 horas luz y 28°C, se determinó que el tratamiento ocho fue de alto valor en el porcentaje de germinación.

### **c) Estudio de crecimiento de tres especies de pino (*Pinus spp*) en Cobán, Alta Verapaz.**

El presente trabajo contiene el estudio de crecimiento de las plantaciones *Pinus maximinoi* H.E. Moore, *Pinus Caribaea* Morelet y *Pinus strobus* L. var. *Chiapensis* Martínez que se encuentran en el proyecto de reforestación Sachichaj, Cobán, Alta Verapaz, la finca tiene un extensión total de 1,449 hectáreas se encuentran plantadas con árboles de los géneros *Pinus* y *Cupressus*, La altitud máxima es de 1,500 msnm al Sur y la mínima de 560 msnm al Norte. Con esta investigación se estudió el crecimiento de las 3 especies bajo condiciones de plantación pura en el área de Cobán, Alta Verapaz; el estudio se realizó cuando la plantación tenía una edad de 18 años y los tratamientos silvícolas que se les aplicaron fueron mínimos, consistiendo estos en chapeos para la liberación de líneas (Paiz, 1998).

Según Paiz (1998), se determinó el incremento medio anual (IMA) y el incremento corriente anual (ICA) en diámetro, altura y volumen en la plantación. Se generaron tablas de volumen para las especies que se encuentran incluidas en la plantación, las que fueron elaboradas para volúmenes de árboles con corteza. De las tres especies

estudiadas se determinó que la que ha crecido mejor es *Pinus strobus* L. var. *Chiapensis* Martínez, seguida *Pinus Caribaea* Morelet y finalmente por *Pinus maximinoi* H.E. Moore, mostrando los mayores incrementos tanto en Diámetro, Altura y Volumen. A la edad d 18 años existe en el ICA una diferencia de 0.2 milímetros entre cada especie, mientras que el IMA la diferencia tiende a ser nula, con valores de IMA en DAP y altura para la especie *Pinus maximinoi* de 0.90 cm/año y 1.8 m/año, *P. Caribaea* 1.15 cm/año y 0.90 m/año, *P. chiapensis* 1.42 cm/año 2.06 m/año, durante los primeros 10 años de crecimiento el máximo incremento corriente anual ICA, en DAP, fueron alcanzados por *Pinus Strobus* L. var. *Chiapensis* Martínez seguido por *P. caribaea* Morelet y finalmente por *P. maximinoi* H.E. Moore.

**d) Índices de sitio preliminares para *Cupressus lusitánica* Miller, *Pinus caribaea* Morelet var. *Hondurensis* Barret & Golfari, *Pinus maximinoi* H.E. Moore y *Pinus Strobus* L. var. *Chiapensis* Martínez, establecidas en plantación en el proyecto de reforestación Saquichaj, Cobán, Alta Verapaz.**

El presente trabajo contiene el estudio calidades de sitio por especie en el proyecto de reforestación Sachichaj, Cobán, Alta Verapaz, la relación edad-altura dominante se utilizó para ajustar el modelo de Schumacher, a través del programa SINDEK del sistema de paquetes estadísticos (PSP), *Cupressus lusitánica* presentó índices de sitio que variaron de 14.69 a 21.79 metros. En los rodales de *Pinus Caribaea* var. *hondurensis* los índices de sitio estimados variaron de 12.40 a 18.80 metros , para *Pinus maximinoi* el índice de sitio menor estimado fue de 13.34 metros y el índice de sitio mayor estimado fue de 20.00 metros. *Pinus Strobus* Var. *chiapensis* Martínez presentó un rango de variación de índice de sitio de 20.75 a 29.88 metros (Tzirin, 1998).

Según Tzirin (1998), en la investigación también se realizó un análisis de correlación entre las calidades de sitio y algunos factores de sitio. Para este análisis específicamente se utilizó la correlación canónica con ayuda del sistema SAS. En los resultados obtenidos las características químicas del suelo presentaron los coeficientes de correlación más altos. Complementando la información del análisis de correlación,

en el documento se presenta un modelo de regresión para estimar el índice de sitio, por medio de algunos factores de sitio, para cada especie bajo estudio.

## **2.4 ESTUDIOS DE DENSIDADES DE PLANTACIÓN**

Se ha establecido que en la actualidad en Guatemala no se cuenta con estudios realizados en plantaciones forestales establecidas a diferentes densidades.

Se han realizado estudios de plantaciones a diferentes densidades y con diferentes especies en algunos países, los cuales se describen a continuación:

### **a) Evaluación de *Pinus pseudostrobus* Lindl. y *Pinus greggii* Engelm. con dos densidades de plantación en Michoacán, México.**

El Proyecto se realizó con plantas de las especies *Pinus pseudostrobus* Lindl. y *Pinus greggii* Engelm, para el establecimiento se utilizó planta con altura promedio de 28 cm. La plantación se estableció con una densidad de 1600 y 1429 árboles/ha respectivamente, se utilizaron dos espaciamientos entre plantas: 2.5 x 2.5 y 3.5 x 2.0 m, y el sistema de plantación fue “cepa común”, con dimensiones de 30 x 30 x 30 cm. El modelo utilizado para el análisis estadístico fue a través de un diseño experimental Completamente al azar con arreglo factorial (A x B) y cuatro repeticiones donde A =Especies y B =Tratamientos (Muñoz, H., Orozco G., Coria, V., García, J., Muñoz, Y. & Cruz, G., 2011).

Según Muñoz, H., Orozco G., Coria, V., García, J., Muñoz, Y. & Cruz, G. (2011), se realizaron mediciones a los cuatro, nueve y once años; las variables cuantificadas fueron altura total de planta, Diámetro normal, supervivencia y sanidad. En conclusión en la variable altura total no se detectaron diferencias significativas entre espaciamientos, ni entre especies y la interacción entre los dos factores no fue significativa. A la los 11 años de establecida la plantación no se presentaron diferencias entre tratamientos sobre el desarrollo en diámetro de *P. pseudostrobus* y *P. greggii*, sin

embargo, en el espaciamiento 3.5 x 2.0 m, se logró el mayor valor. Los espaciamientos ensayados no presentaron ningún efecto para la variable supervivencia con *P. pseudostrobus* y *P. greggii.*, sin embargo, en el espaciamiento 3.5 x 2.0 m, se logró el mayor valor.

**b) Efecto de la densidad de plantación en el crecimiento de cuatros especies forestales tropicales.**

La presente investigación se realizó en parcelas experimentales de la Finca “La Represa”. Los tratamientos que se evaluaron fueron dos densidades de plantación en cuatro especies forestales: *Tectona grandis* L.F., *Cordia megalantha* S.F. Blake, *Cybistax donnell smithii* Rose y *Triplaris cumingiana* Fisch. & Mey. El diseño utilizado fue de bloques al azar con arreglo de parcelas divididas y tres repeticiones. El número de unidades experimentales evaluadas es de 24 árboles. Las parcelas estudiadas cuyos árboles se encuentran a una densidad de 6 x 6 m, tienen un área total de 324 m<sup>2</sup> con 9 árboles. Esta plantación fue establecida inicialmente a 3 x 3 m, habiéndose reducido la densidad a los 7 años de edad mediante un raleo sistemático (Suatunce, P., Díaz, G. & García, L., 2009).

Según Suatunce, P., Díaz, G. & García, L. (2009), el número de unidades experimentales evaluadas fue de 12 árboles. La población está constituida de 252 árboles. Se evaluaron un total de 36 árboles. Las especies forestales obtuvieron los mejores promedios de volumen por árbol en la distancia 9 x 9 m, sin embargo el volumen de madera por hectárea es mayor a 6 x 6 m, por la mayor cantidad de árboles por hectárea. La teca (*T. grandis*) y el Guayacán (*C. donnell smithii*) obtuvieron mayores volúmenes de madera bajo los dos espaciamientos evaluados. El mayor IMA por individuo se obtuvo a una densidad de 123 árboles por hectárea (9 x 9 m), pero el mayor IMA por hectárea se consiguió a una densidad de 277 árboles (6 x 6 m)

### III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

#### 3.1 DEFINICION DEL PROBLEMA

La falta de información referente a distintos métodos de distanciamiento para plantaciones de *Pinus maximinoi* H.E. Moore y *Pinus chiapensis* (Martínez) Andresen en nuestro medio, ha dado como consecuencia el establecimiento de plantaciones por el método tradicional que sería el de 3 x 3 metros al cuadro (INAB, 2014).

Según INAB (2014), actualmente se planta en mayor cantidad la especie *Pinus maximinoi* en el área contando con 586.62 ha. Pero se encuentran algunas plantaciones de la especie *Pinus chiapensis*, que a pesar de ser una especie no nativa del lugar a presentado un buen crecimiento y desarrollo, mostrando una buena adaptabilidad a las condiciones del sitio (Gregg, 1997).

El estudio y evaluación de diferentes métodos de distanciamiento en el Municipio de San Juan Chamelco, Alta Verapaz aportaron como resultado el mejor método para el establecimiento de este tipo de especies en esta zona dentro de la Región, ya que actualmente solo se planta a una misma densidad y distanciamiento.

No existe información del crecimiento inicial y costos en plantaciones de *Pinus maximinoi* y *Pinus chiapensis* establecidas en diferentes densidades. Por ello este estudio presenta la evaluación de otros esquemas de plantación, ya que actualmente no se cuenta con información relevante en esta región ni con ningún estudio que establezca la mejor matriz de plantación y su costo, para mejorar el rendimiento en crecimiento de estas especies en el área.

### 3.2 JUSTIFICACION

El Municipio de San Juan Chamelco, Alta Verapaz, actualmente cuenta con plantaciones de *Pinus maximinoi* H.E. Moore, según INAB (2014) con 586.62 ha plantadas a distanciamientos de 3 x 3 m, en su mayoría. Esta especie se adapta a las condiciones edafoclimáticas del Municipio debido a que es una especie nativa del área (Chaves, 2004).

La especie *Pinus maximinoi* se encuentran entre las 10 especies prioritarias del PINFOR, establecidas para esta región (Monterroso & Sales, 2010). Existen algunas plantaciones de *Pinus chiapensis* (Martínez) Andresen en Alta Verapaz, según INAB (2014) cuenta con 91.83 ha, pero en San Juan Chamelco no se reporta ninguna. En el estudio efectuado por Gregg (1997) se establece que el *P chiapensis* se ha adaptado bien, a pesar de no ser nativa del área.

Desde estos puntos de vista, se consideró evaluar su crecimiento y sus costos, comparando las especies *Pinus maximinoi* y *Pinus chiapensis* y diferentes densidades de plantación, debido que esta información, será un insumo importante para la planificación, establecimiento y manejo de las plantaciones forestales. Esto permitirá contar con información base para definir el método más adecuado para obtener el máximo crecimiento y la mejor calidad de los individuos establecidos y a establecer en la zona.

Orientado a la importancia y adaptabilidad de las especies de *Pinus maximinoi* H.E. Moore y *Pinus chiapensis* (Martínez) Andresen en el municipio de San Juan Chamelco, Alta Verapaz, y al potencial que tiene el municipio para la producción forestal, mediante el establecimiento de plantaciones forestales, se hace necesario contar con este tipo de información, para implementar proyectos con base a evaluaciones que permitan tener el éxito esperado de estos sistemas productivos.

La presente investigación se realizó con el fin principal de encontrar alternativas para plantar las especies de *Pinus maximinoi* H.E. Moore y *Pinus chiapensis* (Martínez) Andresen en el municipio de San Juan Chamelco, Alta Verapaz o regiones bioclimáticas similares, evaluando si existen diferencias en el crecimiento inicial de las especies y si existen diferencias entre las diferentes densidades establecidas.



## IV. OBJETIVOS

### GENERAL

Evaluar la respuesta del crecimiento inicial (6 y 12 meses) y los costos con respecto de 3 densidades de plantación de las especies *Pinus maximinoi* H.E. Moore y *Pinus chiapensis* (Martínez) Andresen, en el municipio de San Juan Chamelco, Alta Verapaz, en el primer año de establecimiento.

### ESPECIFICOS

Determinar el crecimiento en diámetro a la base (mm) y altura total (cm) en plantas de *Pinus maximinoi* H.E. Moore y *Pinus chiapensis* (Martínez) Andresen, con 3 diferentes densidades de plantación, en San Juan Chamelco, Alta Verapaz, en el primer año de establecimiento (6 y 12 meses).

Evaluar la calidad, tomando como referencia la dureza y prendimiento, de las plantas de *Pinus maximinoi* H.E. Moore y *Pinus chiapensis* (Martínez) Andresen, con 3 diferentes densidades de plantación, en San Juan Chamelco, Alta Verapaz, en el primer año de establecimiento (6 y 12 meses).

Definir los costos de implementar los distintos tratamientos de 3 densidades de plantación, en *Pinus maximinoi* H.E. Moore y *Pinus chiapensis* (Martínez) Andresen, en el primer año de establecimiento (6 y 12 meses).

## V. HIPOTESIS

Al menos uno de los distanciamientos presentará cambios significativos estadísticamente en el crecimiento inicial en las plantaciones establecidas.

Al menos una de las especies *Pinus chiapensis* (Martínez) Andresen y *Pinus maximinoi* H.E. Moore, presentara cambios significativos estadísticamente en el primer año de crecimiento en las plantaciones establecidas.

Al menos una de las interacciones entre especies y densidades, presentara cambios significativos estadísticamente en el primer año de crecimiento en las plantaciones establecidas.

## VI. METODOLOGIA

### 6.1 LOCALIZACIÓN

La investigación, se desarrolló en el municipio de San Juan Chamelco, Departamento de Alta Verapaz. En el área específica de la finca Tzulain que se encuentra ubicada a Latitud N 15°25'26" y Longitud O 90°19'49", según Coordenadas Geográficas (Ver figura 1); en la zona de vida Bosque muy húmedo sub-tropical Frio (De la Cruz, 1982).

### 6.2 MATERIAL EXPERIMENTAL

El Material experimental fue constituido por 324 plantas de *Pinus maximinoi* H. E. Moore, 324 plantas de *Pinus chiapensis* (Martínez) Andresen, a implementar en un área de 1 hectárea.

### 6.3 DESCRIPCION DEL EXPERIMENTO

El experimento en mención consistió en evaluar el crecimiento, calidad, prendimiento y costos en el establecimiento de *Pinus maximinoi* H. E. Moore y *Pinus chiapensis* (Martínez) Andresen a los 6 y 12 meses como respuesta a tres métodos de distanciamiento entre plantas, para ello se conformaran 3 bloques con 6 unidades experimentales por bloque dando un total de 18 unidades experimentales para toda la evaluación, los distanciamientos serán de 3 x 3 m, 3 x 4 m y 4 x 2 m, con un área por parcela de 324 m<sup>2</sup> (18 x 18 m), 432 m<sup>2</sup> (18 x 24 m) y 288 m<sup>2</sup> (12 x 24 m) respectivamente, posteriormente se tomaron datos al inicio, a los 6 y 12 meses para evaluar los resultados (Suatunce, Díaz & García, 2009).

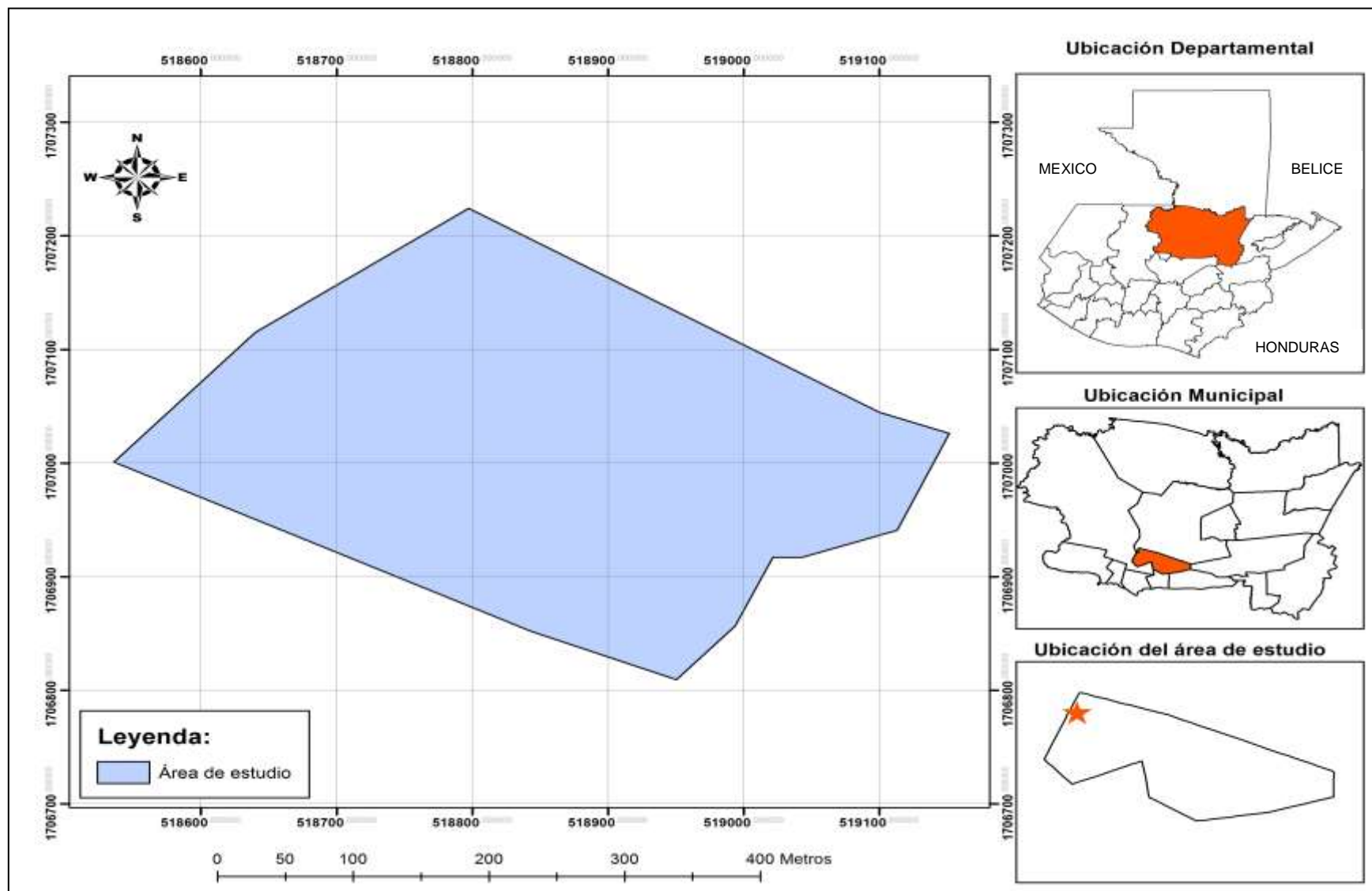


Figura 1. Mapa de ubicación del área de estudio.

## 6.4 UNIVERSO

Plantas de *Pinus maximinoi* H.E. Moore y *Pinus chiapensis* (Martínez) Andresen.

## 6.5 UNIDADES EXPERIMENTALES

Las unidades experimentales estuvieron constituidas por parcelas cuadradas de 36 plantas cada una, teniendo 324 m<sup>2</sup> (18 x 18 m), 432 m<sup>2</sup> (18 x 24 m) y 288 m<sup>2</sup> (12 x 24 m), cada parcela distribuida al azar dentro de cada bloque.

Previendo que existen diferencias en cuanto al crecimiento de las plantas que están situadas en los perímetros de la parcela en relación con aquellas plantas situadas en la parte central, se considerara el efecto borde por lo cual se midieron las plantas del interior (5 x 5 plantas en la parcela neta).

Cada uno de los bloques fue constituido por 6 unidades experimentales, referidos para esta evaluación como tratamientos, las cuales se establecieron de la siguiente forma:

Se evaluaron dos factores:

Factor A: Especie

Tratamiento A1: *Pinus maximinoi*

Tratamiento A2: *Pinus chiapensis*

Factor B: Distanciamientos de siembra

Tratamiento B1: 3 X 4 m.

Tratamiento B2: 3 X 3 m.

Tratamiento B3: 4 X 2 m.

## 6.6 DISEÑO Y DISTRIBUCION DE PARCELAS

La distribución y diseño de los bloques dentro de la finca son mostrados en el siguiente esquema (Ver figura 2), en cada uno de los bloques se establecieron 6 unidades experimentales, los cuales cuentan con 3 unidades experimentales de la especie *Pinus maximinoi* y 3 de la especie *Pinus chiapensis*, distribuidos al azar en cada uno de los bloques.

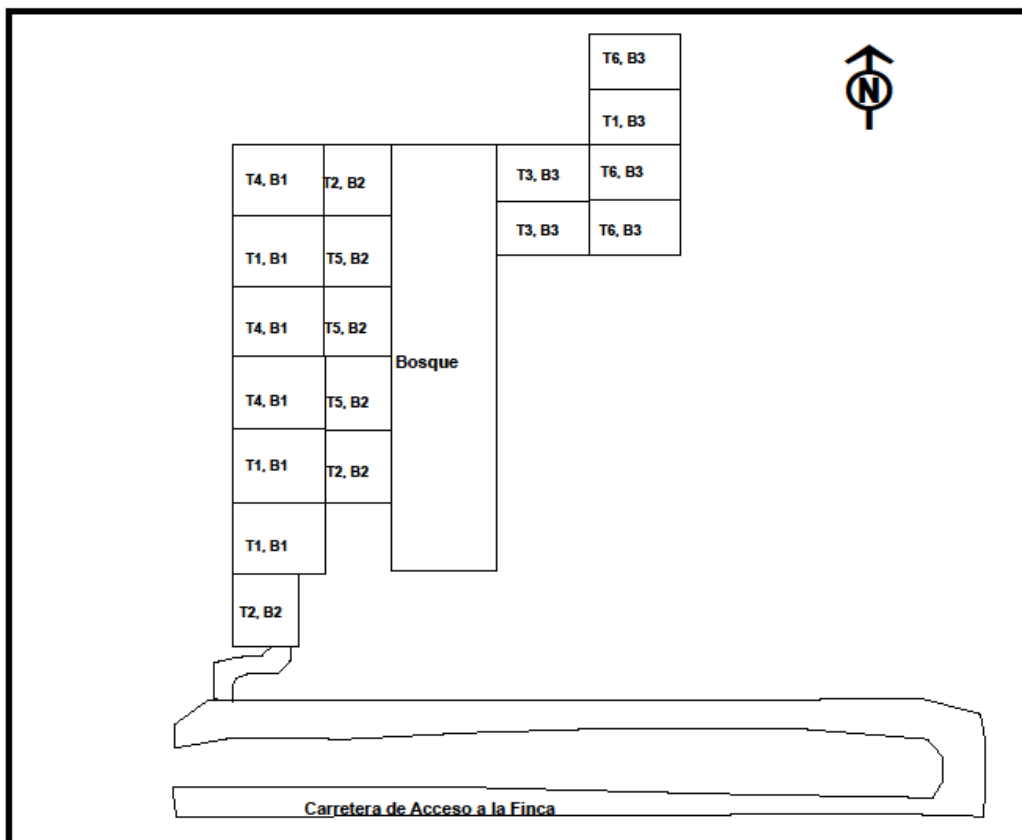


Figura 2. Esquema de distribución de unidades experimentales

## 6.7 CROQUIS DE LOS TRATAMIENTOS DEL FACTOR B (DENSIDADES)

La forma en que quedaron los tratamientos del Factor B, con distanciamientos de 4 x 3 m se muestran en el croquis siguiente (Ver figura 3).

1. 4 x 3 m

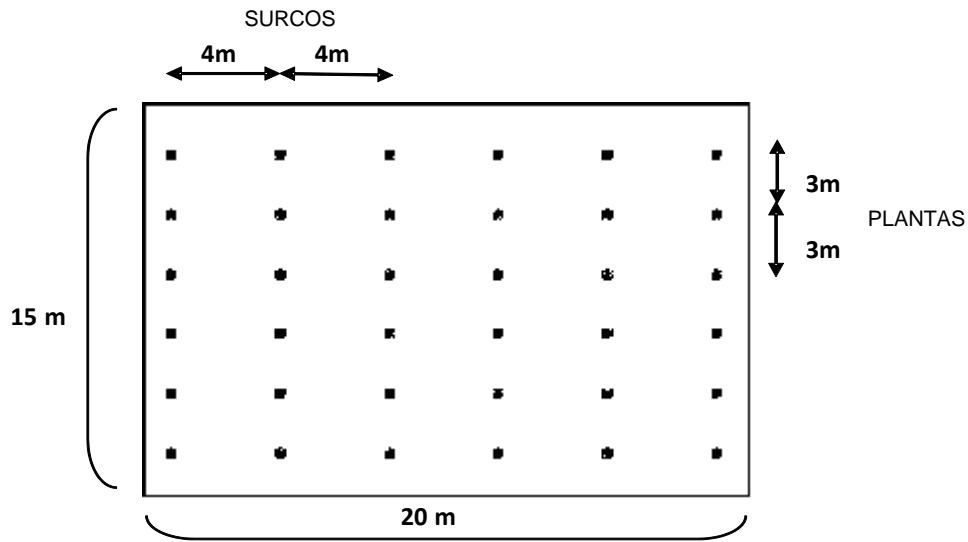


Figura 3. Croquis del tratamiento con un distanciamiento de 4 x 3 m.

La forma en que quedaron los tratamientos del Factor B, con distanciamientos de 3 x 3 m se muestran en el croquis siguiente (Ver figura 4).

2. 3 x 3 m

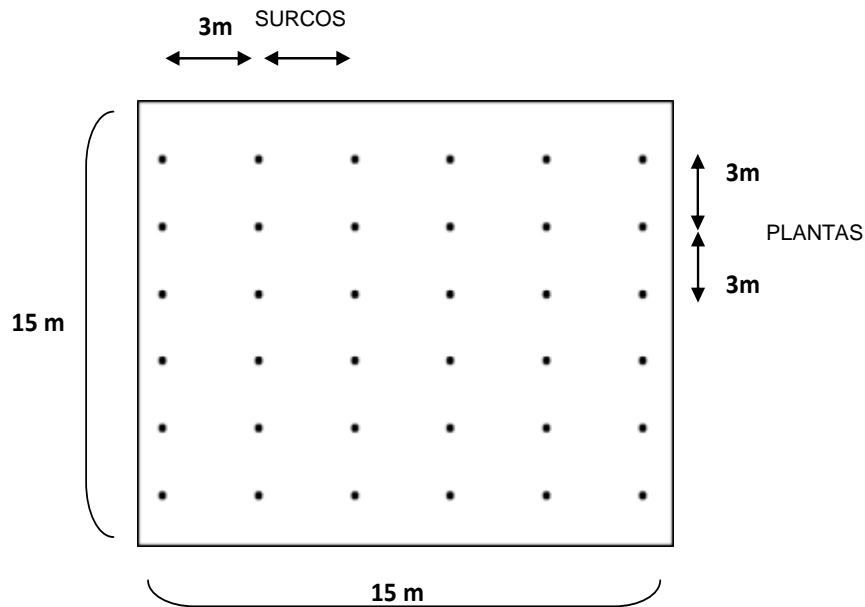


Figura 4. Croquis del tratamiento con un distanciamiento de 3 x 3 m.

La forma en que quedaron los tratamientos del Factor B, con distanciamientos de 4 x 2 m se muestran en el croquis siguiente (Ver figura 5).

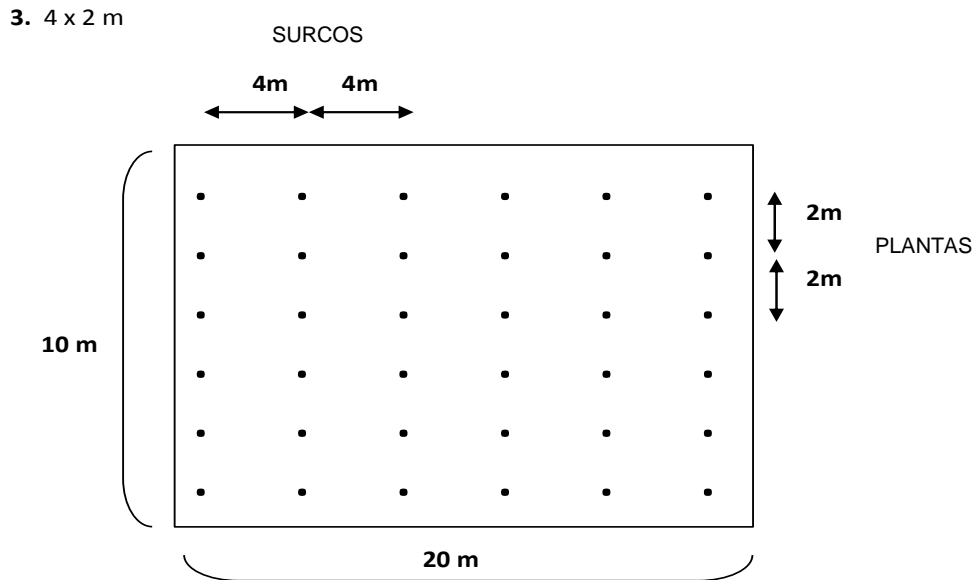


Figura 5. Croquis del tratamiento con un distanciamiento de 4 x 2 m.

## 6.8 DISEÑO EXPERIMENTAL

La evaluación se realizó utilizando un diseño experimental bifactorial en arreglo combinatorio dispuesto en bloques completos al azar, bajo III bloques compuestos de 6 unidades experimentales por bloque repartidos aleatoriamente dentro del bloque, para dar un total de 18 unidades experimentales.

Se evaluaron las medias de las variables en cada unidad experimental, con la finalidad de efectuar un análisis de varianza (ver anexo 1). El análisis de los resultados obtenidos se realizó utilizando el programa INFOSTAT®. En los casos en los que se encontró diferencias significativas entre los tratamientos se utilizó una prueba de medias de Tukey (ver anexo 2) para diferenciar el o los mejores tratamientos evaluados.

Los tratamientos utilizados en el experimento fueron 6, los cuales muestran las interacciones entre el Factor A (especies) siendo estas *Pinus Chiapensis* y *Pinus*



*Maximinoi* y el Factor B (distanciamientos) siendo estos 4 x 3, 3 x 3 y 4 x 2, como se presentan en el cuadro 1.

Cuadro 1. Tratamientos utilizados en el experimento.

Tratamiento	Factor A (especie)	Factor B (distanciamiento)
T1	<i>Pinus maximinoi</i>	4 x 3
T2	<i>Pinus maximinoi</i>	3 x 3
T3	<i>Pinus maximinoi</i>	4 x 2
T4	<i>Pinus chiapensis</i>	4 x 3
T5	<i>Pinus chiapensis</i>	3 x 3
T6	<i>Pinus chiapensis</i>	4 x 2

## 6.9 MODELO ESTADÍSTICO

El modelo que se describe corresponde a un experimento bifactorial, en arreglo combinatorio dispuesto en un diseño en bloques completos al azar, por ser el que se adecua al terreno donde se implementará el experimento (López, 2008).

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \gamma_k + \varepsilon_{ijk}$$

$\left\{ \begin{array}{l} i = 1, 2, \dots, a \\ j = 1, 2, \dots, b \\ k = 1, 2, \dots, c \end{array} \right.$

**Siendo que:**

$Y_{ijk}$  = Variable de respuesta observada o medida en la  $ijk$  - ésima unidad experimental

$\mu$  = Media general

$\alpha_i$  = Efecto del  $i$  - ésimo nivel del factor "A"

$\beta_j$  = Efecto del j - ésimo nivel del factor "B"

$(\alpha \beta)_{ij}$  = Efecto de la interacción entre el i - ésimo nivel del factor "A" y el j - ésimo nivel del factor "B"

$\gamma_k$  = Efecto del k - ésimo bloque

$\varepsilon_{ijk}$  = Error experimental asociado a la ijk - ésima unidad experimental

## 6.10 MANEJO DEL EXPERIMENTO

### 6.10.1 PROCEDIMIENTO OPERATORIO

- a) **Fase uno:** Se realizó una limpia manual del área donde se establecieron las unidades experimentales (parcelas).
- b) **Fase dos:** Se realizó el trazo y establecimiento de las unidades experimentales, se trazaron con ayuda de brújula, cinta métrica y pita rafia, marcando en el suelo el lugar donde corresponderá hacer los hoyos para establecer las plantas de pino, también se marcaron las unidades experimentales o parcelas haciendo zanjas en forma de "L" indicando los límites de las parcelas, (Detlefsen, Marmillod, Scheelj & Ibrahim, 2012).
- c) **Fase tres:** Se realizó el ahoyado a una profundidad promedio de 25 cm y 10 cm de ancho por agujero, realizando un plateo de 1 metro de diámetro alrededor del hoyo.
- d) **Fase cuatro:** Se compraron plantas de *Pinus maximinoi* H.E. Moore y *Pinus chiapensis* (Martínez) Andresen en vivero en bolsas de polietileno con altura, forma y color de follaje similares con una variación en altura de +/- 2 cm.

- e) **Fase cinco:** Se establecieron las plantas de *Pinus maximinoi* H.E. Moore y *Pinus chiapensis* (Martínez) Andresen, toda la plantación se realizó el mismo día con el fin de evitar algún factor externo por el crecimiento de las plantas.
  
- f) **Fase seis:** Para el mantenimiento del experimento, se realizaron limpiezas en el experimento para evitar que las malezas influyeran en el desarrollo de las plantas de pino, estas se realizaron de manera manual (chapias) para no causar daños a las plantas, las limpiezas se efectuaron cada 45 días para evitar que el desarrollo de malezas interfiriera en el experimento (Andenmatten & Letournea, 2008).
  
- g) **Fase siete:** toma de datos, los datos de las unidades experimentales se tomaron al establecimiento, a los 6 y 12 meses después de establecido el experimento.

## 6.11 VARIABLES RESPUESTAS

Se realizaron tres mediciones del experimento, una al inicio al momento de plantar, a los 6 y 12 meses.

### 6.11.1 DIAMETRO A LA BASE (mm)

Para la evaluación de esta variable se utilizó un Vernier y las evaluaciones se realizaron a los 6 meses y 12 meses después de establecida la plantación. La altura del cuello se midió tomando como referencia una altura de 5 cm del cuello de la planta.

### 6.11.2 ALTURA TOTAL (cm)

Se evaluó la altura total de la planta, y esta se midió utilizando un metro tomando desde el cuello de las plantas hasta su ápice.

### **6.11.3 DUREZA (cm/mm)**

La variable evaluada en cuanto a dureza se determinó tomando en cuenta el comportamiento de diversos factores que pueden influir en el terreno, factores como la técnica de plantación, características de sitio, la preparación del suelo, y el tiempo desde su compra hasta el momento de su establecimiento, y por ello se tomaran datos cuantitativos evaluando el diámetro del cuello de la planta en (mm) y la altura en (cm) con lo cual se tendrá una idea de la dureza de la planta y estabilidad en campo (Díaz, 2007).

La evaluación de la dureza se realizó utilizando el índice de Esbeltez, que utiliza la relación altura/diámetro, dividiendo la altura al diámetro para con ello establecer la relación de la estabilidad de la planta, debido a que entre mayor sea esta relación se establecerá que la misma es mayormente inestable, ya que la planta estaría creciendo más en altura que en diámetro y por ende la planta pudiera sufrir daños mecánicos y ser menos resistente al viento a la sequía o al frío y que entre menor sea la relación la planta será más estable, o bien que la planta crecerá en altura y diámetro de forma equitativa (Díaz, 2007).

### **6.11.4 PRENDIMIENTO (%)**

Se evaluó el prendimiento de las plántulas considerando que las chapias fueron uniformes para cada unidad experimental, después de 20 días posteriores a su siembra y al momento de efectuar las mediciones.

### **6.11.5 COSTOS DE IMPLEMENTAR LOS DISTINTOS TRATAMIENTOS**

Las variables evaluadas en cuanto a costos se establecieron desde la preparación del sitio, hasta un año después de establecidas las plantas, esto con el propósito de generar información actualizada sobre la implementación de las especies y el costo de mantenimiento en un periodo de 1 año.

Para su evaluación se elaboró una matriz de costos en la cual se incluyeron las actividades, las unidades de medida y los costos por unidad en quetzales (Claps & Schorr, 2004). Se incluyeron todos los costos siguientes:

- a) Limpia de Terreno para el establecimiento de las Plantas de *Pinus maximinoi* y *Pinus chiapensis*.
- b) Plantas de *Pinus maximinoi* y *Pinus chiapensis*.
- c) Trazo del terreno.
- d) Ahoyado del terreno.
- e) Establecimiento de las plantas de Pino.
- f) Limpias y plateos que se realizaron según el crecimiento de las malezas en el terreno.

Cada una de las actividades se realizó homogéneamente para las 3 densidades, para con ello estimar los costos por densidad, y con ello determinar cuál de las densidades presenta un menor costo y mejor rendimiento. Luego de haber establecido estos resultados se procedió a determinar los costos en Q/ha para cada una de las densidades establecidas.

En el anexo 3, se presenta un grupo de fotografías con las actividades relevantes y las distintas etapas de evaluación del experimento.

## VII. RESULTADOS Y DISCUSION

### 7.1 EVALUACION DEL CRECIMIENTO EN DIAMETRO A LA BASE (mm) Y ALTURA TOTAL (cm)

La evaluación del crecimiento se realizó tomando en cuenta las variables diámetro a la base y altura total de las plantas, para establecer cuál de las especies respondió mejor a cada uno de los tratamientos evaluados y determinar cuál presenta los mejores crecimientos a los 6 y 12 meses después de establecida la plantación.

#### 7.1.1. EVALUACION DEL DIAMETRO A LA BASE (mm)

Como resultado de las mediciones del diámetro a la base de la planta se obtuvieron los resultados a los 6 y 12 meses, encontrando lo siguiente:

##### a) 6 MESES

La evaluación seis meses después de plantadas las dos especies, muestra que los mejores diámetros a la base de la planta los presentan las plantas de *P. maximinoi* con un valor medio de 5.42 mm, con respecto de *P. chiapensis* con un valor medio de 4.42 mm, como se muestra en la figura 6.

Los mejores crecimientos en diámetro, se encontraron en los tratamientos T2 y T3 (densidades de 1,111 y 833 árboles/ha), siendo estos los de distanciamientos 3 x 3 y 4 x 3 metros respectivamente, de la especie *P. maximinoi*, debido a que los mismos tuvieron una mejor adaptabilidad a las condiciones edafoclimáticas del área de San Juan Chamelco, permitiendo con ello un mayor crecimiento de las mismas en diámetro, seguidos de los tratamientos T1 y T4 (densidades 1,250 y 1,250 árboles/ha), con distanciamientos de 4 x 2 y 4 x 2 metros respectivamente, el primero de la especie *P. maximinoi* y el segundo de la especie *P. chiapensis*, obteniendo los crecimientos más bajos los tratamientos T6 y T5 (densidades 833 y 1,111 árboles/ha), con

distanciamientos de 4 x 3 y 3 x 3 metros respectivamente, siendo ambos de la especie *P. chiapensis*. Los resultados obtenidos del análisis de varianza de los diámetros a la base de las plantas, se presentan en el cuadro 2.

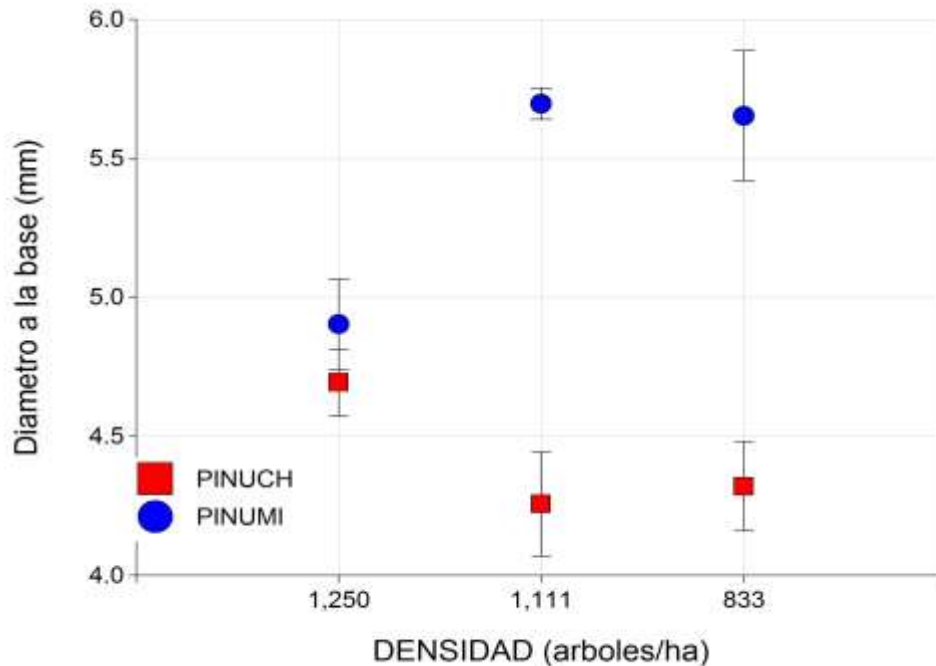


Figura 6. Diámetro a la base de las plantas de las especies *P. maximinoi* (PINUMI) y *P. chiapensis* (PINUCH), bajo las diferentes densidades, después de 6 meses de establecidos.

Cuadro 2. Análisis de Varianza del diámetro a la base de las plantas después de 6 meses de plantación, con tres diferentes densidades de plantación para las especies *Pinus maximinoi* y *Pinus chiapensis*.

F.V.	GI	SC	CM	F	p-valor
<b>BLOQUE</b>	2	0.14	0.07	0.86	0.4525
<b>Especie</b>	1	4.45	4.45	54.67	<0.0001
<b>Densidad</b>	2	0.13	0.07	0.83	0.4649
<b>Especie*Densidad</b>	2	1.39	0.7	8.56	0.0068
<b>Error</b>	10	0.81	0.08		
<b>Total</b>	17	6.93			

El análisis de varianza, muestra la diferencia significativa en el crecimiento en diámetro a la base entre las especies establecidas, con un valor de  $p < 0.0001$ . La densidad no presenta diferencias significativas estadísticamente, presentando un valor de  $p = 0.4649$ . La intersección entre la Especie y la Densidad de plantación, también presenta diferencias significativas, con valor de  $p = 0.0068$ .

En el ANDEVA se obtuvo para esta variable un Coeficiente de Variación de 5.8%, lo que presume un buen manejo del experimento. Ya que a menor valor de coeficiente de variación mayor homogeneidad en los valores de la variable existen.

En el cuadro 3 se presenta el resumen de la prueba de medias de Tukey, de los valores del diámetro a la base de las plantas para el factor especie, evaluado 6 meses después de establecido el experimento.

Cuadro 3. Prueba de medias del diámetro a la base de las plantas después de 6 meses de plantación para las especies *Pinus maximinoi* y *Pinus chiapensis*.

<b>Especie</b>	<b>Medias</b>	<b>N</b>	<b>Grupo de Tukey</b>
<b>PINUMI</b>	5.42	9	A
<b>PINUCH</b>	4.42	9	B

Esta prueba de Medias (Tukey), muestra que los mejores resultados en diámetro a la base de las plantas, fueron obtenidos por la especie *P. maximinoi*, lo que refleja una mejor respuesta en diámetro de la especie en estas condiciones de evaluación, esto se puede establecer debido a que la especie *P. maximinoi* presentó una mejor adaptabilidad a las condiciones edafoclimáticas del lugar.

## **b) 12 MESES**

La evaluación doce meses después de plantadas las dos especies, muestra que los mejores diámetros a la base de la planta los presentan las plantas de *P. maximinoi* con



un valor medio de 10.65 mm, con respecto de *P. chiapensis* con un valor medio de 7.18 mm, como se muestra en la figura 7.

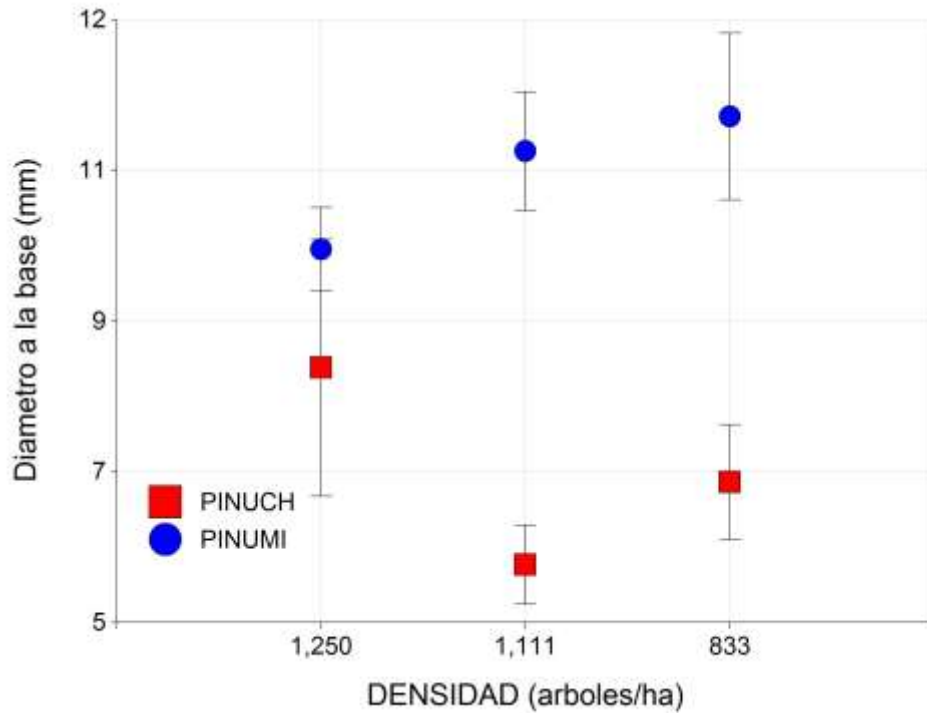


Figura 7. Diámetro a la base de las plantas de las especies *P. maximinoi* (PINUMI) y *P. chiapensis* (PINUCH), bajo las diferentes densidades, después de 12 meses de establecidos.

Los mejores crecimientos en diámetro son presentados por los tratamientos T3 y T2 (densidades 833 y 1,111 árboles/ha), siendo estos los de distanciamientos 4 x 3 y 3 x 3 metros respectivamente, de la especie *P. maximinoi*, debido a que los mismos tuvieron una mejor adaptabilidad a los condiciones edafoclimáticas del área de San Juan Chamelco, permitiendo con ello un mayor crecimiento de las mismas en diámetro, seguidos de los tratamientos T1 y T4 (1,111 y 1,250 árboles/ha), con distanciamientos de 3 x 3 y 4 x 2 metros respectivamente, el primero de la especie *P. maximinoi* y el segundo de la especie *P. chiapensis*, obteniendo los crecimientos más bajos los tratamientos T6 y T5 (833 y 1,111 árboles/ha), con distanciamientos de 4 x 3 y 3 x 3 metros respectivamente, siendo ambos de la especie *P. chiapensis*, Los resultados

obtenidos del análisis de varianza de los diámetros a la base de las plantas, se presentan en el cuadro 4.

El análisis de varianza, muestra la diferencia significativa estadísticamente en el crecimiento en diámetro a la base entre las especies establecidas, con un valor de  $p < 0.0001$ . La densidad no presenta diferencias significativas, presentando un valor de  $p = 0.3522$ . La intersección entre la Especie y la Densidad de plantación, también presenta diferencias significativas, con valor de  $p = 0.0109$ .

Cuadro 4. Análisis de Varianza del diámetro a la base de las plantas después de 12 meses de plantación, con tres diferentes densidades de plantación para las especies *Pinus maximinoi* y *Pinus chiapensis*.

<b>F.V.</b>	<b>GI</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>
<b>BLOQUE</b>	2	2.12	1.06	1.54	0.2614
<b>Especie</b>	1	54.22	54.22	78.56	<0.0001
<b>Densidad</b>	2	1.6	0.8	1.16	0.3522
<b>Especie*Densidad</b>	2	10.13	5.07	7.34	0.0109
<b>Error</b>	10	6.9	0.69		
<b>Total</b>	17	74.98			

En el ANDEVA se obtuvo para esta variable un Coeficiente de Variación de 9.32%, lo que presume un buen manejo del experimento. Ya que a menor valor de coeficiente de variación mayor homogeneidad en los valores de la variable existen.

En el cuadro 5 se presenta el resumen de la prueba de medias de Tukey, de los valores del diámetro a la base de las plantas del Factor especie, evaluado 12 meses después de establecido el experimento.

Cuadro 5. Prueba de medias del diámetro a la base de las plantas después de 12 meses de plantación para las especies *Pinus maximinoi* y *Pinus chiapensis*.

<b>Especie</b>	<b>Medias</b>	<b>N</b>	<b>Grupo de Tukey</b>
<b>PINUMI</b>	10.65	9	A
<b>PINUCH</b>	7.18	9	B

Esta prueba de Medias (Tukey), muestra que los mejores resultados en diámetro a la base de las plantas, fueron obtenidos por la especie *P. maximinoi*, lo que refleja una mejor respuesta en diámetro de la especie en estas condiciones de evaluación, esto se puede establecer debido a que la especie *P. maximinoi* presento una mejor adaptabilidad a las condiciones edafoclimaticas del lugar.

### 7.1.2. EVALUACION DE LA ALTURA TOTAL (cm)

Como resultado de las mediciones de altura total de la planta se obtuvieron los resultados a los 6 y 12 meses, encontrando lo siguiente:

#### a) 6 MESES

La evaluación seis meses después de plantadas las dos especies, muestra que las mejores alturas los presentan las plantas de *P. maximinoi* con un valor medio de 34.16 cm, con respecto de *P. chiapensis* con un valor medio de 25.8 cm, como se muestra en la figura 8.

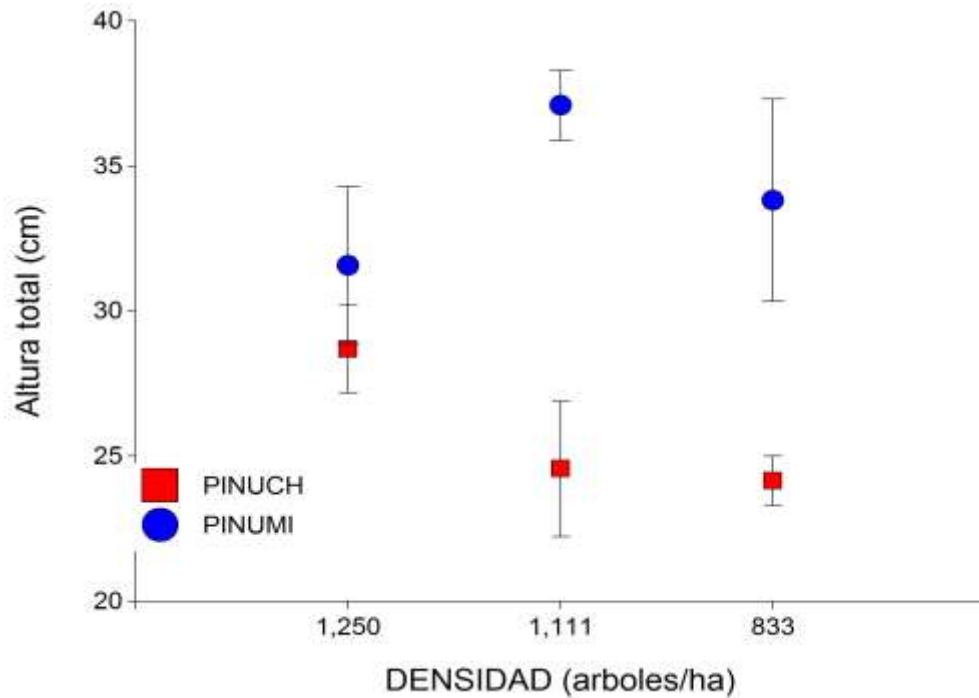


Figura 8. Altura de las plantas de las especies *P. maximinoi* (PINUMI) y *P. chiapensis* (PINUCH), bajo las diferentes densidades, después de 6 meses de establecidos.

Los mejores crecimientos en altura, se encontraron en los tratamientos T2, T3 y T1 (densidades de 1,111, 833 y 1,250 árboles/ha), siendo estos los de distanciamientos de 4 x 3, 3 x 3 y 4 x 2 metros respectivamente, todos de la especie *P. maximinoi*, debido a que los mismos tuvieron una mejor adaptabilidad a los condiciones edafoclimáticas del área de San Juan Chamelco, permitiendo con ello un mayor crecimiento de las mismas en altura y que los crecimientos más bajos son presentados por los tratamientos T4, T5 y T6, (densidades de 1,250, 1,111, 833 árboles/ha), siendo estos los de distanciamientos de 4 x 2, 3 x 3 y 4 x 3, respectivamente, todos de la especie *P. chiapensis*. Los resultados obtenidos del análisis de varianza de altura de las plantas, se presentan en el cuadro 6.

Cuadro 6. Análisis de Varianza de altura después de 6 meses de plantación, con tres diferentes densidades de plantación para las especies *Pinus maximinoi* y *Pinus chiapensis*.

<b>F.V.</b>	<b>GI</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>
<b>BLOQUE</b>	2	7.45	3.72	0.72	0.5092
<b>Especie</b>	1	314.75	314.75	61.09	<0.0001
<b>Densidad</b>	2	10.4	5.2	1.01	0.3988
<b>Especie*Densidad</b>	2	73.65	36.82	7.15	0.0118
<b>Error</b>	10	51.52	5.15		
<b>Total</b>	17	457.77			

El análisis de varianza, muestra la diferencia significativa estadísticamente en el crecimiento en altura entre las especies establecidas, con un valor de  $p < 0.0001$ . La densidad no presenta diferencias significativas, presentando un valor de  $p = 0.3988$ . La intersección entre la Especie y la Densidad de plantación, también presenta diferencias significativas, con valor de  $p = 0.0118$ .

En el ANDEVA se obtuvo para esta variable un Coeficiente de Variación de 7.57%, lo que presume un buen manejo del experimento. Ya que a menor valor de coeficiente de variación mayor homogeneidad en los valores de la variable existen.

En el cuadro 7 se presenta el resumen de la prueba de medias de Tukey, de los valores de altura de las plantas del Factor especie, evaluado 6 meses después de establecido el experimento.

Cuadro 7. Prueba de medias de altura de las plantas después de 6 meses de plantación para las especies *Pinus maximinoi* y *Pinus chiapensis*.

<b>Especie</b>	<b>Medias</b>	<b>N</b>	<b>Grupo de Tukey</b>
<b>PINUMI</b>	34.16	9	A
<b>PINUCH</b>	25.8	9	B

Esta prueba de Medias (Tukey), muestra que los mejores resultados en altura de las plantas, fueron obtenidos por la especie *P. maximinoi*, lo que refleja una mejor respuesta en altura de la especie en estas condiciones de evaluación, esto se puede establecer debido a que la especie *P. maximinoi* presento una mejor adaptabilidad a las condiciones edafoclimaticas del lugar.

## **b) 12 MESES**

La evaluación doce meses después de plantadas las dos especies, muestra que las mejores alturas los presentan las plantas de *P. maximinoi* con un valor medio de 61.41 cm, con respecto de *P. chiapensis* con un valor medio de 41.79 cm, como se muestra en la figura 9.

Los mejores crecimientos en altura, se encontraron en los tratamientos T2, T3 y T1 (densidades de 1,111, 833 y 1,250 árboles/ha), siendo estos los de distanciamientos de 3 x 3, 4 x 3 y 4 x 2 metros respectivamente, todos de la especie *P. maximinoi*, debido a que los mismos tuvieron una mejor adaptabilidad a los condiciones edafoclimaticas del área de San Juan Chamelco, permitiendo con ello un mayor crecimiento de las mismas en altura y que los crecimientos más bajos son presentados por los tratamientos T4, T6 y T5, (densidades de 1,250, 833, 1,111 árboles/ha), siendo estos los de distanciamientos de 4 x 2, 4 x 3 y 3 x 3, respectivamente, todos de la especie *P. chiapensis*. Los resultados obtenidos del análisis de varianza de altura de las plantas, se presentan en el cuadro 8.

El análisis de varianza, muestra la diferencia significativa en el crecimiento en altura entre las especies establecidas, con un valor de  $p < 0.0001$ . La densidad no presenta diferencias significativas, presentando un valor de  $p = 0.6597$ . La intersección entre la Especie y la Densidad de plantación, también presenta diferencias significativas, con valor de  $p = 0.013$ .

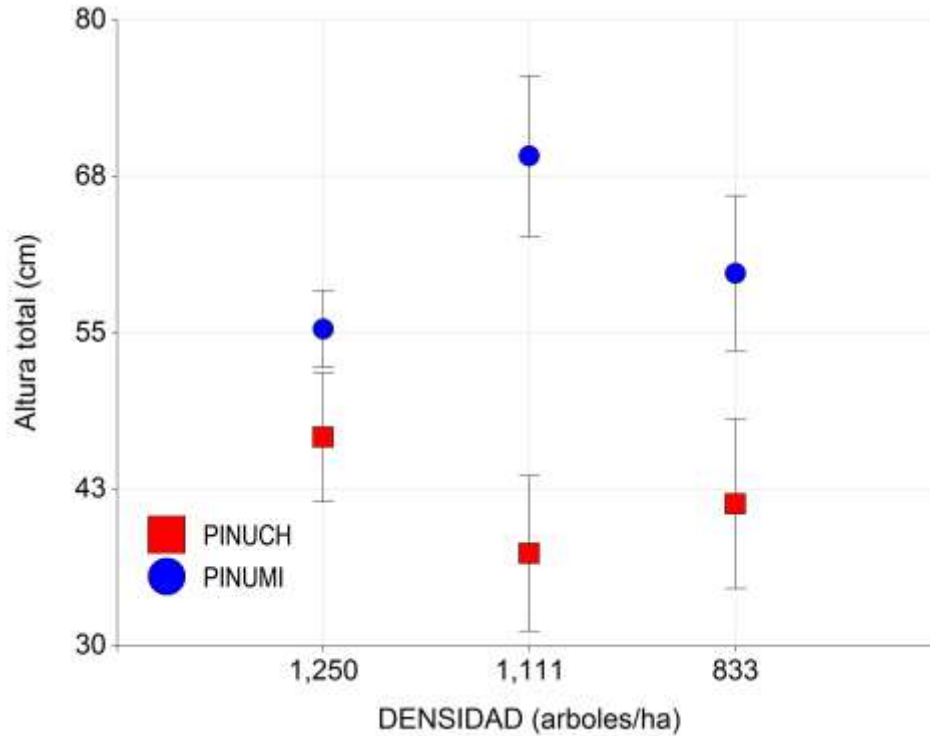


Figura 9. Altura de las plantas de las especies *P. maximinoi* (PINUMI) y *P. chiapensis* (PINUCH), bajo las diferentes densidades, después de 12 meses de establecidos.

Cuadro 8. Análisis de Varianza de altura después de 12 meses de plantación, con tres diferentes densidades de plantación para las especies *Pinus maximinoi* y *Pinus chiapensis*.

F.V.	GI	SC	CM	F	p-valor
<b>BLOQUE</b>	2	107.98	53.99	1.85	0.2069
<b>Especie</b>	1	1730.68	1730.68	59.38	<0.0001
<b>Densidad</b>	2	25.28	12.64	0.43	0.6597
<b>Especie*Densidad</b>	2	403	201.5	6.91	0.013
<b>Error</b>	10	291.46	29.15		
<b>Total</b>	17	2558.4			

En el ANDEVA se obtuvo para esta variable un Coeficiente de Variación de 10.46%, lo que presume un buen manejo del experimento. Ya que a menor valor de coeficiente de variación mayor homogeneidad en los valores de la variable existen.

En el cuadro 9 se presenta el resumen de la prueba de medias de Tukey, de los valores de altura de las plantas del Factor especie, evaluado 12 meses después de establecido el experimento.

Cuadro 9. Prueba de medias de altura de las plantas después de 12 meses de plantación para las especies *Pinus maximinoi* y *Pinus chiapensis*.

<b>Especie</b>	<b>Medias</b>	<b>N</b>	<b>Grupo de Tukey</b>
<b>PINUMI</b>	61.41	9	A
<b>PINUCH</b>	41.79	9	B

Esta prueba de Medias (Tukey), muestra que los mejores resultados en altura de las plantas, fueron obtenidos por la especie *P. maximinoi*, lo que refleja una mejor respuesta en altura de la especie en estas condiciones de evaluación, esto se puede establecer debido a que la especie *P. maximinoi* presento una mejor adaptabilidad a las condiciones edafoclimaticas del lugar.

## **7.2 EVALUACION DE LA CALIDAD**

La variable calidad se evaluó tomando en cuenta los factores como dureza (Índice de Esbeltez) y prendimiento por especie, para con ello establecer que especie muestra los mejores resultados a los 6 y 12 meses después de establecida la plantación.

### **7.2.1 DUREZA (cm/mm)**

Las mediciones efectuadas de la relación altura y diámetro al cuello se muestran en cm/mm, utilizando como numerador la altura y denominador el diámetro al cuello. Los resultados obtenidos a los 6 y 12 meses se presentan a continuación.



Díaz (2007), en las evaluaciones efectuadas, menciona que una planta presenta mayor esbeltez o dureza, si tiene un mayor valor en la relación. Para el estudio que efectuó, cita como una dureza buena cuando la planta presenta valores superiores a 5 cm/mm y una relación deficiente cuando el valor está por debajo de 3 cm/mm.

### a) 6 MESES

Al igual que las variables evaluadas anteriormente, la Dureza, tomada como la relación de la altura total y el diámetro a la base de la planta, muestra con valores mayores a la especie *P. maximinoi*, lo que indica que esta especie tiene una menor estabilidad y puede tener inconvenientes con daños por vientos o peso del follaje (Figura 10).

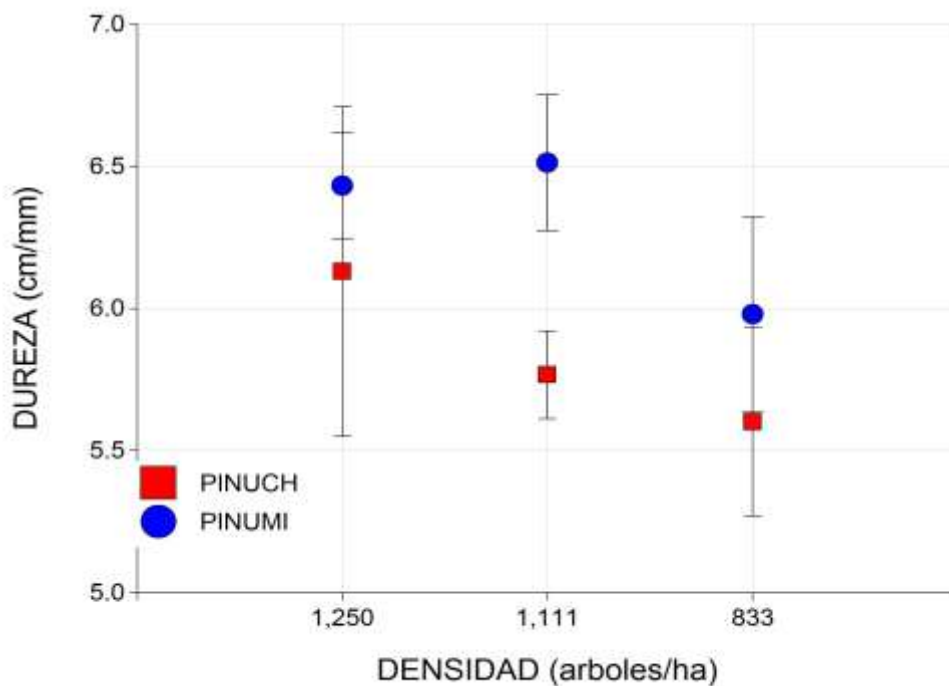


Figura 10. Valor de Dureza de las plantas de las especies *P. maximinoi* y *P. chiapensis*, bajo las diferentes densidades, a los 6 meses después del establecimiento.

Los mayores valores de dureza los presentaron los tratamientos T2, T1 y T4 (densidades 1,111, 1,250 y 1,250 árboles/ha), 3 x 3, 4 x 2 y 4 x 2 metros

respectivamente, siendo los primeros 2 de la especie *P. maximinoi* y el último de la especie *P. chiapensis*, los resultados más bajos los presentan los tratamientos T3, T5 y T6, (densidades 833, 1,111 y 833 árboles/ha), con distanciamientos de 4 x 3, 3 x 3 y 4 x 2 metros respectivamente, el primero de la especie *P. maximinoi*, los siguientes dos de la especie *P. chiapensis*.

El análisis de varianza muestra que solo se presentó diferencia significativa entre las dos especies, con respecto de los valores de Dureza, con un valor de  $p = 0.0196$ . Para el factor Densidad y la Interacción Especie x Densidad, no se presentan diferencias significativas, por presentar valores de  $p > 0.05$ . (Cuadro 10)

Cuadro 10. Análisis de Varianza de la variable Dureza, con diferentes densidades de plantación para las especies *Pinus maximinoi* y *Pinus chiapensis*, después de 6 meses de plantado.

<b>F.V.</b>	<b>GI</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>
<b>BLOQUE</b>	2	0.04	0.02	0.14	0.8692
<b>Especie</b>	1	1.02	1.02	7.7	< 0.0196
<b>Densidad</b>	2	0.77	0.38	2.89	0.1019
<b>Especie*Densidad</b>	2	0.17	0.08	0.64	0.5486
<b>Error</b>	10	1.32	0.13		
<b>Total</b>	17	3.31			

El manejo del experimento, con respecto de esta variable fue adecuado, presentando un valor de 5.99 % de Coeficiente de Variación. Ya que a menor valor de coeficiente de variación mayor homogeneidad en los valores de la variable existen.

En el Cuadro 11 se muestra el resumen de la prueba de medias (Tukey) de la variable dureza del Factor especie, con respecto de las dos especies evaluadas.

Cuadro 11. Prueba de la variable Dureza de las plantas después de 6 meses de plantación para las especies *Pinus maximinoi* y *Pinus chiapensis*.

<b>Especie</b>	<b>Medias</b>	<b>N</b>	<b>Grupo de Tukey</b>
<b>PINUMI</b>	6.31	9	A
<b>PINUCH</b>	5.83	9	B

La prueba de Medias de Tukey, muestra que los mayores resultados de dureza fueron obtenidos por la especie *P. maximinoi*. Con estos resultados se muestra que las plantas de *P. chiapensis* muestran mejores indicadores de dureza, que les permite mayor estabilidad en el establecimiento, teniendo menor posibilidad de sufrir daños por viento o doblamiento por el peso de la parte aérea de la planta a esta edad. En el gráfico presentado para esta variable, se observa también una tendencia de incremento del valor de dureza con respecto del incremento de la densidad de plantación.

#### **b) 12 MESES**

Los mayores valores de dureza los presentaron los tratamientos T2, T5 y T6 (densidades 1,111, 1,111 y 833 árboles/ha), 3 x 3, 3 x 3 y 4 x 3 metros respectivamente, siendo el primero de la especie *P. maximinoi* y los dos últimos de la especie *P. chiapensis*, los resultados más bajos los presentan los tratamientos T1, T4 y T3, (densidades 1,250, 1,250 y 833 árboles/ha), con distanciamientos de 4 x 2, 4 x 2 y 4 x 3 metros respectivamente, el primero de la especie *P. maximinoi*, el siguiente de la especie *P. Chiapensis* y el último de la especie *P. chiapensis*. Se puede establecer que la especie *P. maximinoi* presenta el mayor valor de dureza, lo que indica que esta especie tiene menor estabilidad y puede tener inconvenientes con daños por vientos o peso del follaje, pero que la especie *P. Chiapensis* muestra valores similares, lo que indica que ambas especies tienen similar estabilidad y soporte, como se observa en la figura 11.

En el cuadro 12, se muestran los resultados del ANDEVA para la variable dureza, en el que se muestran resultados contrarios a los encontrados en la medición a los 6 meses.

El factor Densidad, es el único que presenta diferencias significativas, con respecto de esta variable, con un valor de  $p = 0.0457$ . Para el factor Especie y la Interacción Especie x Densidad, no se encontraron diferencias significativas, por presentar valores de  $p > 0.05$ .

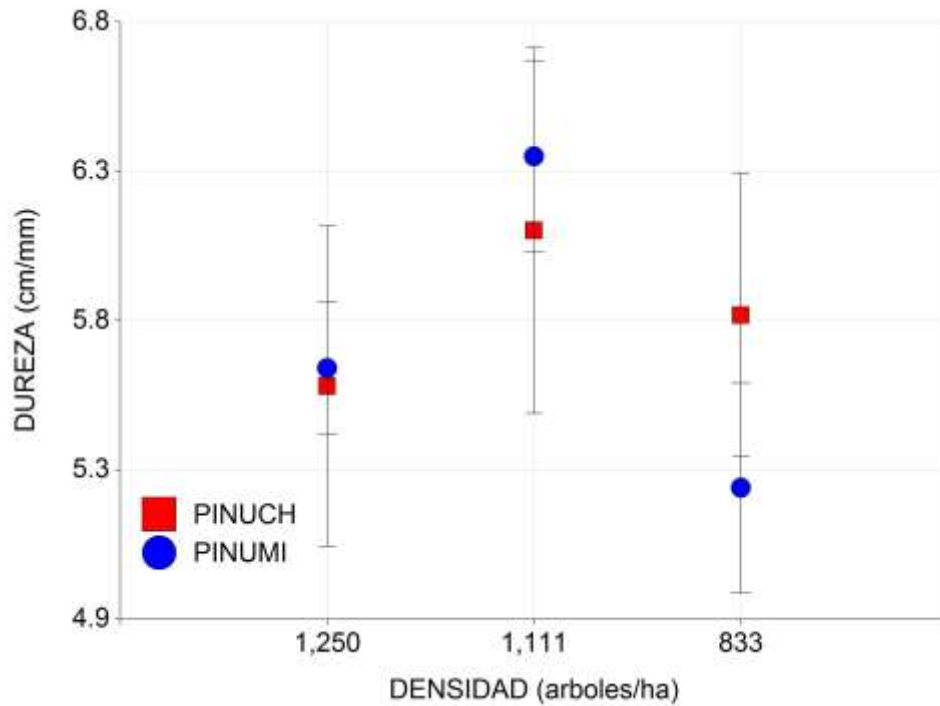


Figura 11. Valor de Dureza de las plantas de las especies *P. maximinoi* y *P. chiapensis*, bajo las diferentes densidades, a los 12 meses después del establecimiento.

Cuadro 12. Análisis de Varianza de la variable dureza, con diferentes densidades de plantación para las especies *Pinus maximinoi* y *Pinus chiapensis*, después de 12 meses del establecimiento.

<b>F.V.</b>	<b>GI</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>
<b>BLOQUES</b>	2	0.25	0.12	0.69	0.5243
<b>Especie</b>	1	0.03	0.03	0.18	0.6820
<b>Densidad</b>	2	1.54	0.77	4.27	0.0457
<b>Especie*Densidad</b>	2	0.5	0.25	1.38	0.2959
<b>Error</b>	10	1.8	0.18		
<b>Total</b>	17	4.12			

El coeficiente de variación para estas variables fue de 7.31 %, lo que indica un buen manejo del experimento. Ya que a menor valor de coeficiente de variación mayor homogeneidad en los valores de la variable existen.

Al efectuar la prueba de medias de Tukey, no presenta diferencias, ubicando todos los niveles del factor densidad, con la misma literal (A), por lo que se define después de esta prueba que a los 12 meses no existen diferencias para la variable dureza con ninguno de los factores evaluados ni su interacción.

### 7.2.2 PRENDIMIENTO (%)

La evaluación del prendimiento de las plantas en campo, se realizó tomando la cantidad de individuos que permanecieron vivos después de la primera y segunda medición dividido el total de individuos plantados multiplicado por 100 para establecer el porcentaje de prendimiento por unidad experimental. A continuación se presentan los resultados de la medición realizada a los 6 y 12 meses después de establecida la plantación.

## a) 6 MESES

Los mejores resultados de prendimiento los presentaron los tratamientos T3, T1, T2 y T6, (densidades 833, 1,250, 1,111 y 833 árboles/ha), siendo estos los de distanciamientos 4 x 3, 4 x 2, 3 x 3 y 4 x 3 metros respectivamente, siendo los primeros 3 de la especie *P. maximinoi* y el último de la especie *P. chiapensis*, los valores más bajos de prendimiento los presentaron los tratamientos T4 y T5, (densidades 1,250 y 1,111 árboles/ha), siendo estos los de distanciamientos 4 x 2 y 3 x 3 metros respectivamente, ambos de la especie *P. chiapensis*. Se puede establecer que los 6 tratamientos muestran porcentajes buenos (superiores a 75 % de prendimiento) por especie, siendo los de la especie *P. maximinoi* los que mejor responden, como se observa en la figura 12.

En el cuadro 13, se muestran los resultados del ANDEVA para la variable prendimiento, en el que se muestran que no existen diferencias en el prendimiento por Especie, Densidad y la interacción Especie \* Densidad, con valores de  $p = 0.0764$ ,  $p = 0.3901$  y  $p = 0.7342$  respectivamente.

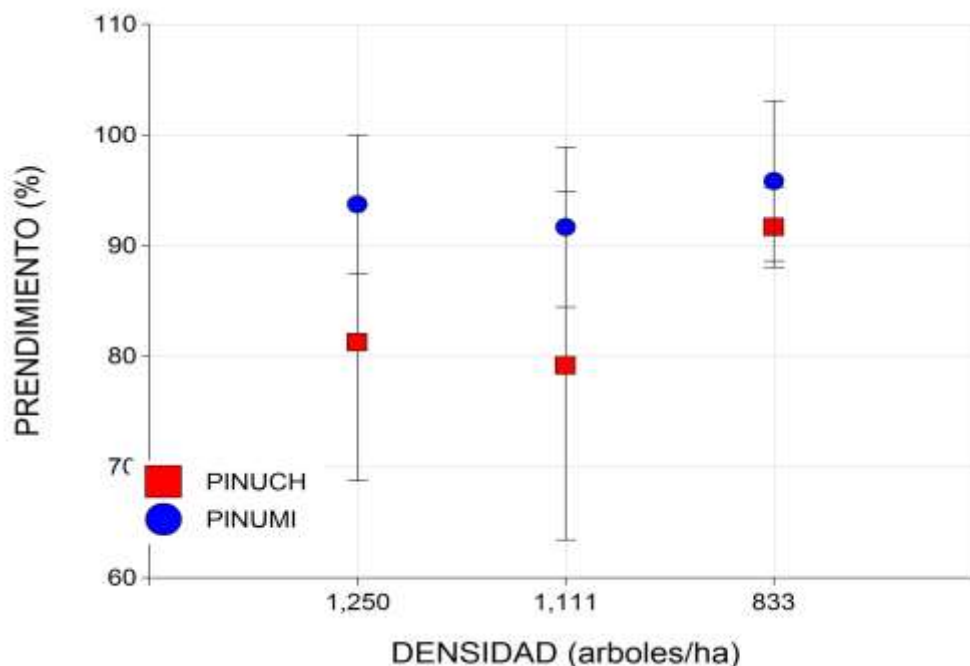


Figura 12. Porcentaje de Prendimiento de las especies *P. maximinoi* y *P. chiapensis*, bajo las tres diferentes densidades, a los 6 meses después del establecimiento.

Cuadro 13. Análisis de Varianza del Prendimiento, a tres diferentes densidades de plantación para las especies *Pinus maximinoi* y *Pinus chiapensis*, después de 6 meses del establecimiento.

<b>F.V.</b>	<b>GI</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>
<b>BLOQUE</b>	2	30.38	15.19	0.14	0.8715
<b>Especie</b>	1	425.35	425.35	3.9	0.0764
<b>Densidad</b>	2	225.69	112.85	1.04	0.3901
<b>Especie*Densidad</b>	2	69.44	34.72	0.32	0.7342
<b>Error</b>	10	1089.41	108.94		
<b>Total</b>	17	1840.28			

El coeficiente de variación para estas variables fue de 11.74%, lo que indica un buen manejo del experimento. Para este caso no fue necesario efectuar una prueba de medias, por estar todos los valores de  $p > 0.05$ , lo que indica una aceptación de la Hipótesis Nula, que indica que no existen diferencias entre los tratamientos del factor A, factor B y la interacción de A \* B.

## **b) 12 MESES**

La evaluación doce meses después de plantadas las dos especies, muestra que los mejores resultados para la variable prendimiento los presentan las plantas de *P. maximinoi*, con respecto de *P. chiapensis*, como se muestra en la figura 13.

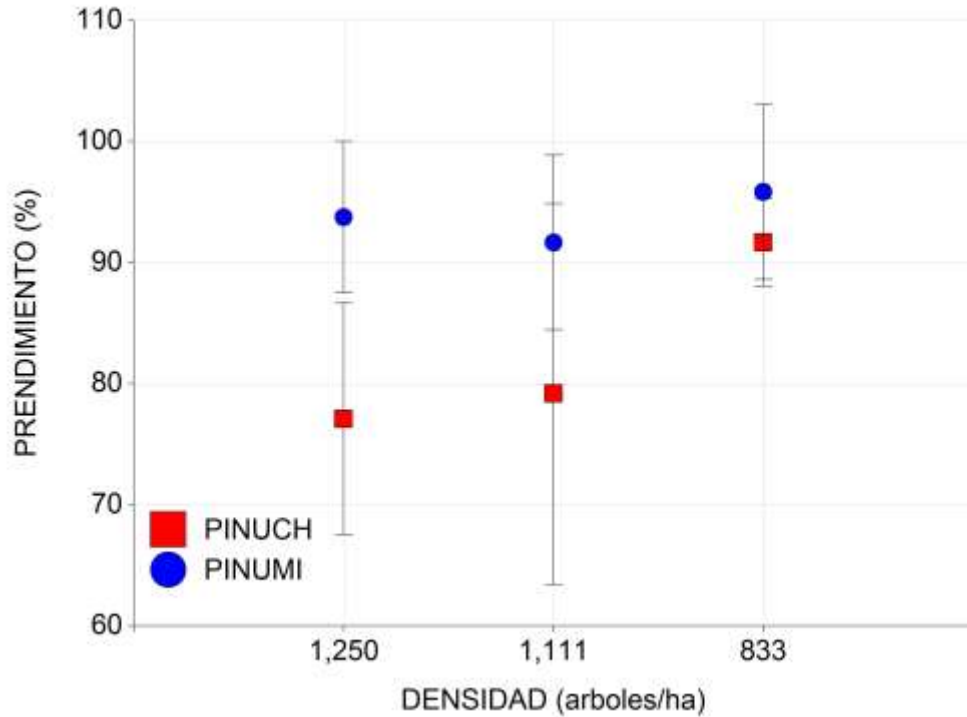


Figura 13. Porcentaje de Prendimiento de las especies *P. maximinoi* y *P. chiapensis*, bajo las tres diferentes densidades, a los 12 meses después del establecimiento.

Los mejores resultados de prendimiento los presentaron los tratamientos T3, T1, T2 y T6, (densidades 833, 1,250, 1,111 y 833 árboles/ha), siendo estos los de distanciamientos 4 x 3, 4 x 2, 3 x 3 y 4 x 3 metros respectivamente, siendo los primeros 3 de la especie *P. maximinoi* y el último de la especie *P. chiapensis*, los valores más bajos de prendimiento los presentaron los tratamientos T5 y T4, (densidades 1,111 y 1,250 árboles/ha), siendo estos los de distanciamientos 3 x 3 y 4 x 2 metros respectivamente, ambos de la especie *P. chiapensis*.

El análisis de varianza, muestra la diferencia significativa estadísticamente en el prendimiento entre las especies establecidas, con un valor de  $p = 0.0369$ . La densidad no presenta diferencias significativas, presentando un valor de  $p = 0.2804$ . La intersección entre la Especie y la Densidad de plantación, también presenta diferencias significativas, con valor de  $p = 0.5508$ .



Cuadro 14. Análisis de Varianza del Prendimiento, a tres diferentes densidades de plantación para las especies *Pinus maximinoi* y *Pinus chiapensis*, después de 12 meses del establecimiento.

<b>F.V.</b>	<b>GI</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>
<b>BLOQUES</b>	2	30.38	15.19	0.16	0.8556
<b>Especie</b>	1	555.56	555.56	5.79	0.0369
<b>Densidad</b>	2	277.78	138.89	1.45	0.2804
<b>Especie*Densidad</b>	2	121.53	60.76	0.63	0.5508
<b>Error</b>	10	959.2	95.92		
<b>Total</b>	17	1944.44			

En el ANDEVA se obtuvo para esta variable un Coeficiente de Variación de 11.1 %, lo que presume un buen manejo del experimento.

En el cuadro 15 se presenta el resumen de la prueba de medias de Tukey, de los valores de prendimiento de las plantas del Factor especie, evaluado 12 meses después de establecido el experimento.

Cuadro 15. Prueba de medias de prendimiento de las plantas después de 12 meses de plantación para las especies *Pinus maximinoi* y *Pinus chiapensis*.

<b>Especie</b>	<b>Medias</b>	<b>N</b>	<b>Grupo de Tukey</b>
<b>PINUMI</b>	93.75	9	A
<b>PINUCH</b>	82.74	9	B

Esta prueba de Medias (Tukey), muestra que los mejores resultados en prendimiento de las plantas, fueron obtenidos por la especie *P. maximinoi*, lo que refleja una mejor respuesta en prendimiento de la especie en estas condiciones de evaluación, esto se puede establecer debido a que la especie *P. maximinoi* presento una mejor adaptabilidad a las condiciones edafoclimaticas del lugar.

Algo importante de resaltar es que las 2 especies presentan prendimientos por arriba del 80 %, lo cual se considera aceptable para una plantación forestal.

### 7.3 COSTOS DE IMPLEMENTAR LOS DISTINTOS TRATAMIENTOS

Los valores de la matrices fueron calculados tomando como referencia 1 ha de terreno, así como los precios de los jornales, fueron calculados tomando como base el salario mínimo para actividades agrícolas, con un valor de Q. 74.97 por día trabajado y un precio por planta de las especies *Pinus maximinoi* y *Pinus chiapensis* de Q. 1.50.

#### 7.3.1 DISTANCIAMIENTO 4 X 3 METROS

En el cuadro 16 se presenta la matriz de costos por actividad con distanciamientos 4 x 3 metros, evaluado 12 meses después de establecido el experimento.

Cuadro 16. Matriz de costos por actividad, distanciamiento 4 x 3 metros.

No.	ACTIVIDAD	JORNALES Y UNIDADES	COSTO POR ACTIVIDAD
1	Compra de planta	833	Q. 1,249.50
2	Preparación del terreno	23	Q. 1,725.00
3	Trazo del terreno	3	Q. 224.93
5	Ahoyado y establecimiento de la plantación	3.33	Q. 249.90
6	Resiembra	1.50	Q. 112.47
7	Plantas para resiembra	83	Q.124.50
8	Primera chapia sin plateo	5.75	Q. 431.12
9	Limpia general	23	Q. 1,725.00
10	Segunda chapia con plateo	8.62	Q. 646.68
		<b>Total</b>	<b>Q. 6,489.10</b>

### 7.3.2 DISTANCIAMIENTO 3 X 3 METROS

En el cuadro 17 se presenta la matriz de costos por actividad con distanciamientos 3 x 3 metros, evaluado 12 meses después de establecido el experimento.

Cuadro 17. Matriz de costos por actividad, distanciamiento 3 x 3 metros.

No.	ACTIVIDAD	JORNALES Y	COSTO POR
		UNIDADES	ACTIVIDAD
1	Compra de planta	1111	Q. 1,666.50
2	Preparación del terreno	23	Q. 1,725.00
3	Trazo del terreno	4	Q. 300.00
5	Ahoyado y establecimiento de la plantación	4.44	Q. 333.30
6	Resiembra	2	Q. 150.00
7	Plantas para resiembra	111	Q. 166.50
8	Primera chapia sin plateo	7.67	Q. 575.00
9	Limpia general	23	Q. 1,725.00
10	Segunda chapia con plateo	11.50	Q. 862.50
		<b>Total</b>	<b>Q. 7,503.80</b>

### 7.3.3 DISTANCIAMIENTO 4 X 2 METROS

En el cuadro 18 se presenta la matriz de costos por actividad con distanciamientos 4 x 2 metros, evaluado 12 meses después de establecido el experimento.

Cuadro 18. Matriz de costos por actividad, distanciamiento 4 x 2 metros.

<b>No.</b>	<b>ACTIVIDAD</b>	<b>JORNALES Y UNIDADES</b>	<b>COSTO POR ACTIVIDAD</b>
1	Compra de planta	1250	Q. 1,875.00
2	Preparación del terreno	23	Q. 1,725.00
3	Trazo del terreno	4.50	Q. 337.53
5	Ahoyado y establecimiento de la plantación	5	Q. 375.00
6	Resiembra	2.25	Q. 168.77
7	Plantas para resiembra	125	Q. 187.50
8	Primera chapia sin plateo	8.63	Q. 646.94
9	Limpia general	23	Q. 1,725.00
10	Segunda chapia con plateo	12.94	Q. 970.41
		<b>Total</b>	<b>Q. 8,011.15</b>

La diferenciación entre los costos de cada uno de los distanciamientos está dada por la cantidad de plantas establecidas para cada uno de los mismos, que por ende entre más plantas se tengan mayor será el costo de establecimiento y mantenimiento.

Los costos de implementar los distintos tratamientos son; distanciamiento 4 x 3 metros (densidad 833 árboles/ha) Q. 6,489.10 , distanciamiento 3 x 3 metros (densidad 1,111 árboles/ha) Q. 7,503.80, distanciamientos 4 x 2 metros (densidad 1,250 árboles/ha) Q. 8,011.15, siendo el distanciamiento 4 x 3 metros el de menor costo Q. 1,014.70 (13.52 %) menos que el distanciamiento más común del área que es el de 3 x 3 metros, y el distanciamiento 4 x 2 metros es el que presento los costos más elevados, Q.507.35 (6.76 %) más que el distanciamiento de 3 x 3, después de 12 meses de establecida la plantación.

Es importante resaltar que al establecer una menor cantidad de plantas como se presenta en el distanciamiento 4 x 3 metros (densidad 833 árboles/ha) y asegurándonos que la calidad de las plantas sea la adecuada, se estaría economizando

costos de establecimiento y mantenimiento, así mismo asegurando su permanencia hasta corta final.

Cuadro 19. Comparación de la Dinámica Ecológica de las Especies *Pinus maximinoi* y *Pinus chiapensis*

<b>PINUS MAXIMINOI</b>	<b>PINUS CHIAPENSIS</b>
<b>Elevación:</b> 600 a 2600 msnm	<b>Elevación:</b> 600 a 2400 msnm
<b>Precipitación Mínima:</b> 1000mm	<b>Precipitación Mínima:</b> 1000mm
<b>Precipitación máxima:</b> 2400 mm	<b>Precipitación máxima:</b> 2500 mm
<b>Temperatura mínima:</b> 18 °C	<b>Temperatura mínima:</b> 12 °C
<b>Temperatura máxima:</b> 21 °C	<b>Temperatura máxima:</b> 27 °C

Es importante mencionar que el presente estudio implementado en el área de San Juan Chamelco, Alta Verapaz fue establecido con las especies *Pinus chiapensis* y *Pinus maximinoi* debido a que ambas especies comparten similares características según su dinámica ecológica como se presenta en el cuadro 19, las mismas presentan similares características en elevación, precipitación y temperatura siendo esta última variable la que presenta un rango más amplio para la especie *Pinus chiapensis*.

Así mismo se puede establecer que según Paiz (1998), menciona que en el estudio practicado en la finca Sachichaj, evaluando tres especies de *Pinus* se determinó que la especie *Pinus strobus* L. var. *chiapensis* Martínez (*Pinus chiapensis* Martínez Andresen) ha crecido mejor, seguida de *Pinus Caribaea* Morelet y finalmente por *Pinus maximinoi* H.E. Moore, mostrando los mayores incrementos tanto en Diámetro, Altura y Volumen.

Según Gregg (1997), menciona que el estudio realizado en tres municipios de Alta Verapaz *Pinus Chiapensis*, presenta los mejores crecimientos en diámetro, altura, incremento y rendimiento que *Pinus maximinoi*.

## VIII. CONCLUSIONES

1. Bajo las condiciones del presente estudio, se encontró que la respuesta del crecimiento en Diámetro a la base de los árboles, evaluadas a 6 y 12 meses, después de establecidas, fue similar, mostrando una diferencia entre las 2 especies evaluadas, siendo la mejor *Pinus maximinoi* con un promedio de 10.65 cm y *Pinus chiapensis* con un promedio de 7.18 cm (12 meses después), aceptando la hipótesis alternativa para este factor. La Densidad no presentó diferencias significativas con respecto de la respuesta de la variable Diámetro a la base, rechazando la hipótesis alternativa para este factor, así mismo se puede establecer que la especie *Pinus maximinoi* fue la que mejor se adaptó inicialmente a la condiciones edafoclimáticas del municipio de San Juan Chamelco, siendo esta la que presentó los mayores crecimiento en diámetro.
2. Igualmente que la variable diámetro a la base, se encontró que la respuesta del crecimiento en Altura de los árboles, evaluadas a 6 y 12 meses, después de establecidas, fue igual, mostrando una diferencia entre las 2 especies evaluadas, siendo la mejor *Pinus maximinoi* con un promedio de 61.41 cm y *Pinus chiapensis* con un promedio de 41.79 cm (12 meses después) aceptando la hipótesis alternativa para este factor. La Densidad no presentó diferencias significativas estadísticamente con respecto de la respuesta de la variable Altura, rechazando de esta forma la hipótesis alternativa para este factor.
3. La respuesta de la variable Dureza, evaluadas a 6 meses, después de establecidas, mostraron diferencias entre las 2 especies, siendo la de mayor valor *Pinus maximinoi* con un promedio de 6.31 cm/mm y *Pinus chiapensis* con un promedio de 5.83 cm/mm. Esta misma variable a los 12 meses, después de establecidas, no mostró diferencia en ninguno de los factores evaluados. De acuerdo a eso no existen diferencias al momento de finalizada la investigación, de la respuesta en Dureza con respecto a las dos especies y las tres densidades evaluadas, llegando a

la conclusión que las dos especies evaluadas al finalizar la investigación no presentan problemas por tener una relación mayor a 5 cm/mm.

Bajo las condiciones de la finca Tzulain, en San Juan Chamelco, el prendimiento presentó diferencias únicamente a los 12 meses, con el Factor Especie, con un valor de 93.75% para *Pinus maximinoi* y de 82.74% para *Pinus chiapensis*.

4. Se encontró que los costos de implementar los distintos tratamientos son; distanciamiento 4 x 3 metros de Q. 6,489.10; distanciamiento 3 x 3 metros de Q. 7,503.80 y distanciamientos 4 x 2 metros de Q. 8,011.15. Esta respuesta permite concluir que a mayor densidad de plantación aumenta el costo directo del establecimiento de las plantaciones, de ambas especies, durante el primer año, en el municipio de San Juan Chamelco, Alta Verapaz, específicamente en la Finca Tzulain que se encuentra a 2 km del parque central de este municipio, el sitio en el que se estableció dicha plantación cuenta con una pendiente del 35 %.



## IX. RECOMENDACIONES

Se tomen en cuenta la respuesta de esta investigación para contribuir a un correcto manejo e implementación de plantaciones forestales con la especie *Pinus maximinoi*, adecuadas al área de San Juan Chamelco, Alta Verapaz, para con ello lograr optimizar los recursos para el establecimiento, mantenimiento y manejo de dichas plantaciones.

Es importante la continuidad de este tipo de trabajos con miras a obtener mayor cantidad de datos en diámetro, altura, dureza y prendimiento a diferentes edades para con ello observar la relación en crecimiento para las especies *Pinus maximinoi* y *Pinus chiapensis*, que conlleve a un óptimo manejo de plantaciones, información que jugará un papel importante para establecer que especie tiene los mejores crecimientos en San Juan Chamelco, Alta Verapaz.

Se recomienda la realización de un estudio multitemporal de por los menos 3 años, de tal manera que se pueda entender los cambios de crecimiento entre las especies *Pinus maximinoi* y *Pinus chiapensis*, desarrollados en el Municipio de San Juan Chamelco, Alta Verapaz.

## X. BIBLIOGRAFIA

- Andenmatten, E. & Letournea, F. (2008). Mejora del crecimiento inicial de Pino ponderosa, por el efecto del manejo de la vegetación del sitio de la plantación. Presencia N° 52, Campo Forestal Gral. San Martín, EEA Bariloche INTA.
- Artega, B. & Perez, A. (2001). Pinus maximinoi H.E Moore: una especie prometedora para plantaciones forestales comerciales en el trópico. Foresta Veracruzana, año/vol. 3, numero 002. Xalapa México. 63-70 p.
- Avila, R. (2003). Evaluación del estado y crecimiento inicial de cuatro especies prioritarias (Pinus maximinoi H.E. Moore, Pinus caribaea morelet, Pinus oocarpa schiede y Tectona grandis l.f.), del programa de incentivos forestales en la región 2, en los Departamentos de Alta y Baja Verapaz, Guatemala. Tesis de Post Grado, Turrialba, Costa Rica. 8-133 p.
- Caal, M. (2012). Análisis del efecto de la intervención a través de raleos en una plantación de Pinus Maximinoi, H.E Moore, en la Finca Pambach, Santa Cruz, Alta Verapaz, durante el periodo comprendido del año 2004 a 2006. Estudio de Caso, Ing. Forestal, San Juan Chamelco, Alta Verapaz. 11-45 p.
- Carrasco, N. (2001). Atributos poblacionales y reproductivos de Pinus Chiapensis en Chiapas, México. Serie botánica 69(2), Chiapas, México. 120-125 p.
- CATIE, CR. (2000). Manejo de semillas de 100 especies forestales de América.
- Chaves, R. (2004). Estado actual de las plantaciones de P. maximinoi, P. caribaea y P. oocarpa en la fase de mantenimiento 5 de PINFOR, con base a parámetros cualitativos en la sub-reg. MIRA-SILV). Guatemala, Guatemala.

Cojulún, A. (2009). Potencial de certificación forestal, con base en el estándar del consejo mundial de manejo forestal –fsc- para Guatemala, de plantaciones forestales de pino candelillo (*Pinus maximinoi* H.E. Moore Pinaceae), establecidas mediante pinfor en la sub-región forestal II-3 del inab, Alta Verapaz, Guatemala. Tesis Ing. Forestal. Guatemala, Guatemala. 14-47 p.

Claps, L. & Schorr, A. (2004). Estudios económicos del manejo forestal en Patagonia. 22-25 p. Recuperado el 18 de Octubre de 2,012 de <http://ambiente.gov.ar/archivos/web/PBVyAP/File/A3/PIARFON%20BAP/Anlisis%20Econ%20mico.pdf>

CONAFOR, (2011). Sire, paquetes tecnológicos, Descripción *Pinus chiapensis* (Martínez Andresen). Recuperado el 20 de Agosto de 2,012 de <http://www.conafor.gob.mx:8080/documentos/docs/13/956Pinus%20chiapensis.pdf>

CONAFOR, (2011). Sire, paquetes tecnológicos, Descripción *Pinus maximinoi*, H.E. Moore. Recuperado el 20 de Agosto de 2,012 de <http://www.conafor.gob.mx:8080/documentos/docs/13/970Pinus%20maximinoi.pdf>

De la Cruz, J. (1982). Clasificación de zonas de vida de Guatemala a nivel de reconocimiento. Instituto Nacional Forestal, Guatemala. 42 p.

Detlefsen, G., Marmillod, D., Scheelj, M. & Ibrahim, M. (2012). Protocolo para la instalación de parcelas permanentes de medición de la producción maderable en sistemas agroforestales de Centroamérica. Serie técnica Manual técnico No. 107 Turrialba, Costa Rica. Recuperado el 10 Junio de 2012, de <http://www.google.com.gt/url?sa=t&rct=j&q=zanjas%20en%20%20para%20delimitar%20las%20parcelas%20forestales&source=web&cd=3&ved=0CC8QFjAC&url>

[=http%3A%2F%2Finnfor.catie.ac.cr%2Fadmin%2Fdocuments%2F184&ei=gNpAUPbLKO LA8ATh6IH YAg&usg=AFQjCNEFycWQ3UX1jugJdwGDmgowAl\\_2wg](http://3A%2F%2Finnfor.catie.ac.cr%2Fadmin%2Fdocuments%2F184&ei=gNpAUPbLKO LA8ATh6IH YAg&usg=AFQjCNEFycWQ3UX1jugJdwGDmgowAl_2wg)

Díaz, V. (2007). Calidad de planta de pino canario para reforestación. Métodos de cultivo y respuestas fisiológicas a factores de estrés. Tesis Doctoral, Tenerife, España. 20-25 p. Recuperado el 10 Junio de 2012, de <ftp://tesis.bbt.k.ull.es/ccppytec/cp276.pdf>

Fisher, R. & Binkley, D. (2000) Ecología y manejo de los suelos forestales. 3 ed. Wiley Nueva York. 498 p.

González, P. (2006). contribución al manejo de plantaciones establecidas por medio del programa de incentivos forestales -pinfor- en la sub-región ii-3 del instituto nacional de bosques -inab- Cobán, Alta Verapaz. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Guatemala. 20 p.

Gregg, M. (1997). Estudio comparativo del crecimiento en diámetro y altura, e incremento y rendimiento en plantaciones de *Pinus maximinoii* h.e. moore, *Pinus oocarpa schiede* y *Pinus chiapensis*, en tres municipios del departamento de alta Verapaz. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Guatemala. 10 p.

INAB, (2014). Programa de incentivos forestales –pinfor–, manejo de información forestal. Base de datos INAB, Guatemala.

López, E. (2008). Diseño y análisis de experimentos fundamentos y aplicaciones en agronomía. Guatemala. Centro universitario del Norte facultad de agronomía.

López, M. (2010). Impactos sociales y económicos de un sistema agroforestal temporal, incorporando el cultivo anual de maíz (*Zea mays* L. Poaceae) a una plantación de pino (*Pinus maximinoi* H.E. Moore.), en la finca Sehubub, municipio de San

Pedro Carcha, Alta Verapaz. Tesis Ing. Forestal. San Juan Chamelco, Alta Verapaz. 14-27 p.

Mengel. K. & E. Kirkby. 2001. Principles of plant nutrition. 5 ed. Kluwer academic Publishers. Netherlands. 849 p

Mijangos, M. (2011). Evaluación de tres intensidades de raleo en el crecimiento de una plantación joven de *Pinus maximinoi* H. E. Moore, Santa Cruz, Alta Verapaz. Tesis Ing. Forestal. San Juan Chamelco, Alta Verapaz. 24-54 p.

Monterroso, O. & Sales, E. (2010). Análisis retrospectivo (1997-2009) y prospectivo (1010-2033) del impacto económico del programa de incentivos forestales (PINFOR) a la economía nacional. Recuperado el 10 Julio de 2012, de <http://www.pfnquate.org/descargas/Cuaderno%20de%20Estudio%20economico%20del%20PINFOR.pdf>

Muñoz, H., Orozco G., Coria, V., García, J., Muñoz, Y. & Cruz, G. (2011). Evaluación de *Pinus pseudostrobus* Lindl. y *Pinus greggii* Engelm. con dos densidades de plantación en Michoacán, México. Consultado 10 Junio de 2012. Disponible en: <http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/pdf/497/49719786005.pdf>

Paiz, G. (1998). Estudio de crecimiento de tres especies de pino (*Pinus* spp) en Cobán, Alta Verapaz. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Guatemala. 42-48 p.

Pereira, E. (2002). Efecto de la temperatura y fotoperíodo en la germinación de semillas forestales de palo blanco (*Cybistax donnellsmithii*) (Rose) Seibert, Pino de Petén (*Pinus caribaea*) Morelet. var. hondurensis e itálica (Seneclosure) W.H. Barrett & Golfari, falso pinabete (*Pinus chiapensis*) (Mart.) Andresen y cedro amargo (*Cedrela odorata* L.) en condiciones controladas. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Guatemala. 1-55 p.

Perfil Ambiental de Guatemala. (2012). Bosques pérdida incontenible. 102-115 p.

Ramírez, R. (2009). Implementación de actividades, para mejorar la eficiencia en la producción de plantas de pino candelillo (*Pinus maximinoi* H.E. Moore. Pinaceae) en bolsas de polietileno en el Vivero forestal Rubel kiche, s.a. en San Pedro Carchá, Alta Verapaz, Guatemala. Tesis Ing. Forestal. San Juan Chamelco, Alta Verapaz. 13-42 p.

Suatunce, P., Díaz, G. & García, L. (2009). Efecto de la densidad de plantación en el crecimiento de cuatros especies forestales tropicales. Recuperado el 10 Julio de 2012, de [http://www.uteq.edu.ec/revistacyt/publico/archivos/C1\\_4n12010.pdf](http://www.uteq.edu.ec/revistacyt/publico/archivos/C1_4n12010.pdf)

Tzirin, J. (1998). Índices de sitio preliminares para Cupressus lusitánica Miller, Pinus caribaea Morelet var. Hondurensis Barret & Golfari, Pinus maximinoi H.E. Moore y Pinus Strobus L. var. Chiapensis Martínez, establecidas en plantación en el proyecto de reforestación Saquichaj, Cobán, Alta Verapaz. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Guatemala. 30-60 p.

## XI. ANEXOS

### ANEXO 1 RESUMEN DE ANÁLISIS DE VARIANZA (Tomado de López, E. 2008).

FV	GL	SC	CM	Valor de F
Bloque	$r - 1$	$\sum_{k=1}^r \frac{Y_{..k}^2}{ab} - \frac{Y_{...}^2}{abr}$		
A	$a - 1$	$\sum_{i=1}^a \frac{Y_{i..}^2}{rb} - \frac{Y_{...}^2}{abr}$	$SC_A/gl_A$	$CM_A/CM_{ee}$
B	$b - 1$	$\sum_{j=1}^b \frac{Y_{.j.}^2}{ra} - \frac{Y_{...}^2}{abr}$	$SC_B/gl_B$	$CM_B/CM_{ee}$
AB	$(a - 1)(b - 1)$	$\sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \frac{Y_{ij.}^2}{r} - \frac{Y_{...}^2}{abr} - SC_A - SC_B$	$SC_{AB}/gl_{AB}$	$CM_{AB}/CM_{ee}$
Error	$ab - 1(r - 1)$	$SC_{TOTAL} - SC_{BLOQUES} - SC_A - SC_B - SC_{AB}$	$Sc_{ee}/gl_{ee}$	
Total	$abr - 1$	$\sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^r Y_{ijk}^2 - \frac{Y_{...}^2}{abr}$		

**ANEXO 2 ANÁLISIS POST-ANDEVA PARA EFECTUAR LA PRUEBA DE TUKEY CONSIDERANDO LOS COMPARADORES DE LA MANERA SIGUIENTE.** (Tomado de López, E. 2008).

1. Para el factor A

$$Wp = q_{(a, p(a), \alpha)} \times S_{\bar{x}}, \text{ siendo}$$

$$S_{\bar{x}} = \sqrt{\frac{CMee}{rb}}$$

- q = valor obtenido en la tabla de Tukey
- a = niveles del factor A.
- $\alpha$  = nivel de significancia
- CMee = cuadrado medio del error
- r = número de repeticiones
- b = número de niveles del factor B.

2. Para el factor B

$$Wp = q_{(b, p(b), \alpha)} \times S_{\bar{x}}, \text{ siendo: } S_{\bar{x}} = \sqrt{\frac{CMee}{ra}}$$

3. Para la interacción AB

$$Wp = q_{(ab, p(ab), \alpha)} \times S_{\bar{x}}, \text{ siendo: } S_{\bar{x}} = \sqrt{\frac{CMee}{r}}$$



**ANEXO 3 FOTOGRAFÍAS DEL ÁREA DE ESTUDIO.**



**ESTABLECIMIENTO DE LA PLANTACIÓN**



**ESTABLECIMIENTO DE LA PLANTACIÓN**



**TRATAMIENTO 4X3 METROS A LOS 6 MESES DE ESTABLECIMIENTO**



**TRATAMIENTO 4 X 2 METROS A LOS 6 MESES DE ESTABLECIMIENTO**



**TRATAMIENTO 3 X 3 METROS A LOS 6 MESES DE ESTABLECIMIENTO**



**ESPECIE PINUS MAXIMINOI A LOS 6 MESES DE ESTABLECIDA**



**ESPECIE PINUS CHIAPENSIS A LOS 6 MESES DE ESTABLECIDA**



**TRATAMIENTO 4X3 METROS A LOS 12 MESES DE ESTABLECIMIENTO**



**TRATAMIENTO 4 X 2 METROS A LOS 12 MESES DE ESTABLECIMIENTO**



**TRATAMIENTO 3 X 3 METROS A LOS 12 MESES DE ESTABLECIMIENTO**



**ESPECIE PINUS MAXIMINOI A LOS 12 MESES DE ESTABLECIDA**



**ESPECIE PINUS CHIAPENSIS A LOS 12 MESES DE ESTABLECIDA**