

**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE AGRONOMÍA
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**



TRABAJO DIRIGIDO

“EVALUACION GERMINATIVA DEL *Pinus pseudostrabus* Lindl. BAJO EL EFECTO DE TRES SUSTRATOS Y TRATAMIENTOS PREGERMINATIVOS EN EL CAMPUS UNIVERSITARIO DE COTA COTA”

Celia Bernal Quispe

La Paz – Bolivia

2018

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE AGRONOMÍA
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

“EVALUACION GERMINATIVA DEL *Pinus pseudostrobus Lindl.* BAJO EL
EFECTO DE TRES SUSTRATOS Y TRATAMIENTOS PREGERMINATIVOS EN EL
CAMPUS UNIVERSITARIO DE COTA COTA”

Trabajo Dirigido presentado como requisito parcial
para obtener el Título de
Ingeniero Agrónomo

Celia Bernal Quispe

Asesor:

Ing. Freddy Carlos Mena Herrera

Revisores:

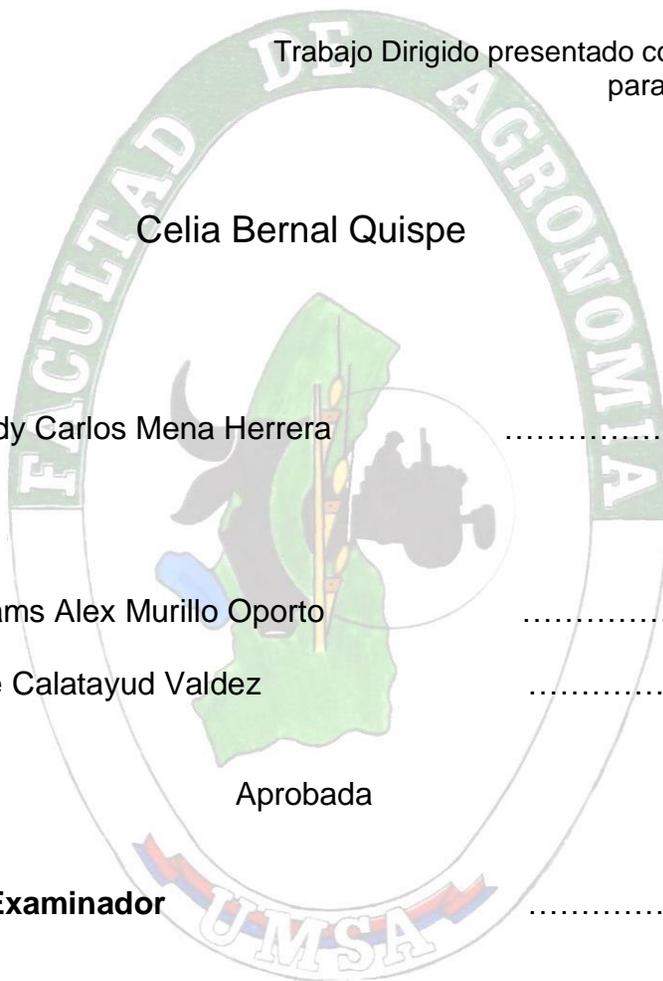
Ing. Williams Alex Murillo Oporto

Ing. René Calatayud Valdez

Aprobada

Presidente Tribunal Examinador

La Paz – Bolivia
2018



DEDICATORIA

A la memoria de mis queridos Padres:

Francisco Bernal Villca y Antonia Quispe Huasco, por su constante esfuerzo y sacrificio colocaron los cimientos del estudio en mi vida, su apoyo incondicional, sus consejos, su ejemplo a seguir mientras me acompañaron en vida.

A mi esposo Runny Magne e hija Diana que son mi motivo de vivir.

A mis queridos hermanos: José Omar, Filomena y Mario Egberto, agradecerles por su cariño, apoyo, y consejos.

AGRADECIMIENTOS

A Dios sobre todo por permitirme existir, darme a unos padres maravillosos y buenos, ayudarme a salir adelante, más que todo superar mi enfermedad y tener fortaleza, y a formarme profesionalmente.

A mi esposo Runny W. Magne, agradecerle por ayudarme a salir adelante, por su apoyo incondicional, por alentarme a poder concluir este trabajo.

Mis sinceros agradecimientos a la Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Agronomía, por mi formación Profesional.

A mi asesor Ing. Freddy Carlos Mena Herrera, por su colaboración, orientación y las acertadas observaciones al siguiente trabajo.

A los miembros del tribunal revisor: Ing. René Calatayud Valdez y el Ing. William Alex Murillo Oporto, por brindarme su tiempo y paciencia en corregir el siguiente trabajo de investigación.

A Los Docentes que iniciaron mi formación profesional y me brindaron su incondicional amistad, Ing. Frida Maldonado, Ing., Luis Goitia, Ing. Víctor Paye, Ing. Félix Rojas.

Un sincero agradecimiento a mis queridos suegros Justo Magne y Margarita Machaca, que llegaron a ser personas muy importantes en mi vida, recibiendo de ellos su incondicional cariño, apoyo y consejos.

A mis amigos que los recuerdo con mucho cariño con los cuales iniciamos la carrera y compartimos muchas experiencias: Ana Luisa, Gaby, Aurora, José Luis, Eduardo, y mi entrañable amiga Jannette Choque.

CONTENIDO GENERAL

	Paginas
INDICE GENERAL.....	i
ÍNDICE DE CUADROS.....	vi
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	vii
ÍNDICE DE FOTOS.....	viii
INDICE DE FIGURAS.....	ix
ÍNDICE DE ANEXOS.....	x
RESUMEN.....	xi

INDICE GENERAL

CONTENIDO

I.	INTRODUCCION	1
	1.1 Planteamiento del problema.....	2
	1.2 Justificación.....	3
	1.3 OBJETIVOS	5
	1.3.1 Objetivo general.....	5
	1.3.2 Objetivo específico.....	5
	1.4 Metas del trabajo dirigido.....	5
II.	MARCO TEORICO	6
	2.1 Contexto normativo.....	6
	2.2 Marco conceptual.....	8
	2.2.1 Nombre Común.....	8
	2.2.2 Características de <i>Pinus pseudostrobus</i> Lindl....	8
	2.2.3 Origen.....	8
	2.2.4 Distribución Geográfica y Hábitat.....	8
	2.2.5 Clasificación Taxonómica.....	9
	2.2.6 Descripción Botánica.....	10
	2.2.2.6.1 Hojas.....	11
	2.2.2.6.2 Ramas.....	11
	2.2.2.6.3 Frutos.....	12
	2.2.2.6.4 Semillas.....	12
	2.2.7 Distribución y Habitat.....	13
	2.2.7.1 Distribución geográfica.....	13
	2.2.7.2 Clima.....	13
	a) Precipitación.....	13
	b) Temperatura.....	14
	c) Altitud y topografía.....	14

d) Suelos.....	14
2.2.7.3 Vegetación asociada.....	14
2.2.7.4 Fenología.....	15
2.2.8 Importancia de la Especie.....	15
2.2.9 Usos de la Especie.....	15
2.2.10 Manejo Silvicultural de <i>Pinus pseudostrobus</i>	16
2.2.10.1 Manejo Forestal.....	16
a) Bosque natural.....	16
b) Floración y fructificación.....	16
c) Producción y disseminación de semilla..	17
2.2.10.2 Vivero forestal.....	17
a) Elección del sitio.....	17
b) Preparación del terreno.....	17
c) Desinfección del sustrato.....	18
d) Métodos de siembra.....	18
e) Época de siembra.....	18
f) Espaciamiento.....	19
g) Características del sustrato.....	19
2.2.11 Control sanitario	19
2.2.11.1 Principales plagas y enfermedades.....	19
2.2.12.1 Riego.....	22
2.2.12.2 Fertilización.....	23
2.2.12.3 Deshierbes.....	23
2.2.12.4 Acondicionamiento de la planta previo al trasplante definitivo.....	23
2.2.12.5 Propagación.....	24
2.2.13 Semilla.....	25
2.2.13.1 Las Partes de la semilla del Pino.....	26
2.2.13.2 Longevidad natural de las semillas de árboles	27
2.2.13.3 Dormancia o Latencia.....	28
2.2.14 Propiedades externas de la semilla.....	29

2.2.14.1 Pureza física.....	29
2.2.14.2 Numero de semillas en un Kilogramo.....	30
2.2.14.3 Contenido de Humedad.....	30
2.2.15 Propiedades internas de la semilla.....	30
2.2.15.1 Viabilidad.....	30
2.2.15.2 Energía germinativa.....	31
2.2.15.3 Periodo de energía.....	31
2.2.15.4 Sanidad de la semilla.....	31
2.2.15.5 Tamaño de la semilla.....	31
2.2.16 Germinación.....	32
2.2.17 Proceso de la Germinación.....	32
2.2.17.1 Imbibición.....	32
2.2.17.2 Digestión.....	33
2.2.17.3 Movilización y transporte de alimento.....	33
2.2.17.4 Respiración.....	33
2.2.18 Tipos de germinación.....	33
2.2.19 Condiciones para la germinación.....	34
2.2.19.1 Agua.....	34
2.2.19.2 Aire.....	34
2.2.19.3 Temperatura.....	34
2.2.19.4 Luz.....	35
2.2.20 Tratamientos Pre germinativos.....	35
2.2.20.1 Estratificación.....	36
2.2.20.2 Escarificación.....	36
2.2.20.3 Mecánica.....	36
2.2.20.4 Húmeda.....	36
2.2.20.5 Con ácido.....	37
2.2.20.6 Lixiviación.....	37
2.2.20.7 Combinación de tratamientos.....	37
2.2.20.8 Hormonas y otros estimulantes químicos...	37
2.2.20.9 Imbibición en agua a Temperatura ambiente	37

2.2.21	Sustrato.....	38
2.2.22	Descripción de los materiales del sustrato.....	39
2.2.22.1	Tierra del Lugar.....	39
2.2.22.2	Compost.....	39
2.2.22.3	Turba.....	39
2.2.22.4	Arenilla.....	39
2.2.22.5	Limo.....	40
2.2.23	Micorriza.....	40
III.	SECCION DIAGNOSTICA.....	42
	3.1 MATERIALES Y METODOS.....	42
3.1.1	Localización y Ubicación.....	42
3.1.2	Características Climáticas o Ecológicas de la zona...	42
3.1.3	Materiales.....	43
3.1.3.1	Material Vegetal de Estudio.....	43
3.1.3.2	Material de Campo.....	43
3.1.3.3	Material de Laboratorio.....	43
3.1.3.4	Materiales de Gabinete.....	43
3.1.4	Metodología.....	44
3.1.4.1	Procedimiento para el análisis de semilla en laboratorio.....	44
3.1.4.2	Procedimiento experimental.....	47
3.1.4.3	Variables de Respuesta.....	53
IV.	SECCION PROPOSITIVA.....	56
	4.1 Análisis de Resultados.....	56
4.1.1	Características físicas de la semilla en Laboratorio..	56
4.1.1.1	Pureza física de la semilla de <i>Pinus pseudostrobus Lind</i>	56
4.1.1.2	Número de semillas de <i>Pinus pseudostrobus</i> en un Kilogramo.....	57
4.1.1.3	Análisis del Porcentaje de Germinación....	58
4.1.1.4	Análisis del contenido de Humedad.....	59

4.1.1.5	Determinación del porcentaje de Emergencia.....	60
4.1.1.6	Altura de plantines.....	65
4.1.1.7	Numero de Hojas.....	69
4.1.1.8	Diámetro de raíz en mm.....	73
4.1.1.9	Usos Actuales.....	77
V.	SECCION CONCLUSIVA.....	78
	5.1 Conclusiones.....	78
	5.2 Recomendaciones.....	80
VI.	BIBLIOGRAFIA.....	81

INDICE DE CUADROS

		Pagina
Cuadro 1.	Tratamientos por efecto de interacción de factores.....	52
Cuadro 2.	Resultado de porcentaje de pureza física de la semilla de <i>Pinus pseudostrobus</i> Lindl.....	56
Cuadro 3.	Numero de semillas en 1 kg.....	57
Cuadro 4.	Porcentaje de germinación de <i>Pinus pseudostrobus</i> Lindl.....	58
Cuadro 5.	Porcentaje del contenido de humedad.....	59
Cuadro 6.	Análisis de varianza para el porcentaje de emergencia.....	60
Cuadro 7.	Comparación de medias en porcentaje de emergencia para los diferentes sustratos.....	61
Cuadro 8.	Promedio de medias para el porcentaje de emergencia en los diferentes tratamientos pre germinativos.....	63
Cuadro 9.	Análisis de varianza para la altura de la planta.....	65
Cuadro 10.	Promedio de altura de plántulas de <i>Pinus pseudostrobus</i> por sustrato.....	66
Cuadro 11.	Promedio de la altura de plántulas por el efecto de tipo de tratamiento pre germinativo.....	67
Cuadro 12.	Análisis de varianza para el número de hoja.....	69
Cuadro 13.	Comparación de medias de número de hojas para los diferentes tipos de sustrato.....	70
Cuadro 14.	Comparación de número de hojas por efecto del tipo de tratamiento pre germinativo.....	71
Cuadro 15.	Análisis de varianza para el diámetro de raíz en mm.....	73
Cuadro 16.	Diámetro del cuello de raíz de la planta por efecto de tipo de sustrato.....	74
Cuadro 17.	Comparación de medias de diámetro de cuello de raíz en mm por efecto del tipo de tratamiento pre germinativo...	75

INDICE DE GRAFICOS

	Pagina
Grafico 1. Promedio del porcentaje de emergencia de semillas de <i>Pinus pseudostrobus</i> para los diferentes sustratos.....	62
Grafico 2. Promedio del porcentaje de emergencia de plántula de <i>Pinus</i> <i>pseudostrobus</i> para los tratamientos pregerminativos.....	63
Grafico 3. Interacción entre los niveles de sustrato vs. Tratamientos pregerminativos, para el porcentaje de emergencia.....	64
Grafico 4. Altura de plántula en cm por el tipo de sustrato utilizado.....	66
Grafico 5. Altura de plántula por el efecto de tipo de tratamiento Pre germinativo.....	68
Grafico 6. Interacción entre los niveles de sustrato vs. Tratamientos pregerminativos, en la altura de planta.....	68
Grafico 7. Numero de hojas por el tipo de sustrato utilizado.....	70
Grafico 8. Numero de hojas por el tipo de tratamiento pre germinativo.....	71
Grafico 9. Interacción entre los niveles de sustrato vs. Tratamientos pre germinativos, en la variable número de hojas.....	72
Grafico 10. Diámetro de cuello de raíz en mm por el tipo de sustrato utilizado.....	74
Grafico 11. Diámetro de cuello de raíz en mm por efecto del tipo de tratamiento pregerminativo.....	76
Grafico 12. Interacción entre los niveles de sustrato vs. Tratamientos pregerminativos, en la variable diámetro de raíz.....	76

INDICE DE FOTOS

	Pagina
Foto 1. Árbol de <i>Pinus pseudostrobus</i> Lindl.(La Paz- Bolivia).....	10
Foto 2. Hojas aciculares de <i>Pinus pseudostrobus</i> Lindl.....	11
Foto 3. Conos de <i>Pinus pseudostrobus</i> Lindl.....	12
Foto 4. Semillas de <i>Pinus pseudostrobus</i> Lindl.....	13
Foto 5. Recolección de conos.....	44
Foto 6. Secado de los conos.....	45
Foto 7. Conteo de la cantidad de semilla por Kilogramo.....	45
Foto 8. Determinación del porcentaje de pureza de semillas de <i>Pinus pseudostrobus</i> Lindl.....	46
Foto 9. Preparación y mezcla de sustratos por partes.....	48
Foto 10. Desinfección y tapado con nylon del sustrato.....	49
Foto 11. Siembra en las almacigueras de las semillas de <i>Pinus pseudostrobus</i> Lindl.....	50

INDICE DE FIGURAS

	Pagina
Figura 1. Distribución de <i>Pinus pseudostrobus</i> Lindl.....	9
Figura 2. Planta afectada por Damping off.....	21
Figura 2. Partes de la semilla del pino.....	27

INDICE DE ANEXOS

	Pagina
Anexo 1. Análisis de varianza para la emergencia.....	89
Anexo 2. Análisis de varianza para la altura de planta.....	90
Anexo 3. Análisis de varianza para el número de hoja.....	91
Anexo 4. Análisis de varianza para el diámetro de raíz.....	92
Anexo 5. Mezcla de sustrato para los diferentes tratamientos.....	93
Anexo 6. Determinación del porcentaje de pureza.....	93
Anexo 7. Peso de semillas de <i>Pinus pseudostrobus</i>	94
Anexo 8. Determinación del contenido de humedad mediante el secado.....	94
Anexo 9. Crecimiento de los plantines.....	95
Anexo 10. Medición de datos.....	95

RESUMEN

El trabajo de investigación que se presenta a continuación titulado “Evaluación Germinativa del *Pinus Pseudostrobus Lindl.* bajo el efecto de tres sustratos y tratamientos pre germinativos”, fue realizado en los predios de la Estación Experimental de Cota Cota de la Facultad de Agronomía, el estudio está enfocado en la especie de (*Pinus Pseudostrobus Lindl.*), conocido comúnmente como Pino blanco, considerado muy importante en los usos potenciales de programas de reforestación.

Primeramente se evaluaron las características físicas de la semilla: porcentaje de pureza, determinación del número de semillas por kilogramo, contenido de humedad y porcentaje de germinación. Estos valores fueron determinados en el laboratorio de dasonomía, empleando el análisis basado en regla internacional del ISTA (International Seed Testing Association).

Posteriormente se evaluaron en campo las siguientes variables de respuesta: porcentaje de emergencia, altura de planta, número de hojas, diámetro de raíz. Para esta parte del experimento se utilizó el Diseño Bloques al Azar con arreglo bifactorial, comprendido en seis tratamientos y cuatro repeticiones. Los niveles del factor A fue sustrato. Sustrato 1 (2 tierra del lugar, 2 micorriza, 2 turba, 1 arena), sustrato 2 (3 tierra del lugar, ½ micorriza, 1 turba, 1 arena), sustrato 3 (2 tierra del lugar, 1 micorriza, 3 turba, 1 arena), y dos tratamientos pre germinativos remojo en agua por 24 horas, y remojo en agua hervida por 30 minutos.

En las características físicas la semilla de *Pinus pseudostrobus* presenta 72,37% de pureza, 51,250 semillas por kilogramo, 8,3% de humedad y 62,5 % de porcentaje de germinación.

Los resultados obtenidos en la parte experimental de campo demuestran que el mejor nivel de sustrato es el S1 (2 tierra del lugar, 2 micorriza, 2 turba, 1 arena), y el tratamiento

pregerminativo remojo en agua durante 24 horas, el cual presenta 64,75% de semillas emergidas, una altura de planta de 6,01 cm, 17 hojas y un diámetro de 1,58 cm.

SUMARY

The research work presented below entitled "Germinative Evaluation of *Pinus Pseudostrobus Lindl.* under the effect of three substrata and pre germinative treatments ", was carried out in the premises of the Cota Cota Experimental Station of the Faculty of Agronomy, the study is focused on the species of (*Pinus Pseudostrobus Lindl.*), commonly known as White Pine , considered very important in the potential uses of reforestation programs.

Firstly, the physical characteristics of the seed were evaluated: percentage of purity, determination of the number of seeds per kilogram, moisture content and percentage of germination. These values were determined in the forestry laboratory, using the analysis based on the international rule of ISTA (International Seed Testing Association).

Subsequently, the following response variables were evaluated in the field: emergency percentage, plant height, number of leaves, root diameter. For this part of the experiment, the Randomized Blocks Design was used with a bifactorial arrangement, comprised of six treatments and four repetitions. The levels of factor A was substrate. Substrate 1 (2 local soil, 2 mycorrhiza, 2 peat, 1 sand), substrate 2 (3 local soil, ½ mycorrhiza, 1 peat, 1 sand), substrate 3 (2 local soil, 1 mycorrhiza, 3 peat, 1 sand), and two pre-germinative treatments soak in water for 24 hours, and soak in boiled water for 30 minutes.

In the physical characteristics, the *Pinus pseudostrobus* seed has 72.37% purity, 51,250 seeds per kilogram, 8.3% humidity and 62.5% germination percentage.

The results obtained in the experimental part of the field show that the best level of substrate is the S1 (2 earth of the place, 2 mycorrhiza, 2 peat, 1 sand), and the pre germinative treatment soaks in water during 24 hours, which presents 64, 75% of emerged seeds, a plant height of 6.01 cm, 17 leaves and a diameter of 1.58 cm.

I. INTRODUCCION

Bolivia es un país diverso en vegetación, entre esta biodiversidad se encuentran plantas forestales las cuales contribuyen al medio ambiente de nuestros ecosistemas incorporando humus en los suelos, luchando contra la erosión, contribuyen en la solución para controlar el efecto invernadero, propiciar a la regulación de cuencas, mantenimiento de la belleza escénica, conformar el hábitat para la fauna silvestre y otros muchos beneficios.

Los bosques en Bolivia son una fuente importante de biodiversidad, llegan a constituir un 48%, de la superficie o sea 53,4 millones de hectáreas (MDSMA, 1995).

Sin embargo, en la actualidad de acuerdo con estimaciones; en Bolivia se deforestan los bosques naturales aproximadamente 270.000 has/año. Las tres principales causas directas de la deforestación son la agricultura mecanizada, la ganadería y la agricultura a pequeña escala. La conversión de bosques a pastos para la ganadería a causado más del 50% de deforestación entre 2000- 2010, la agricultura mecanizada ha sido responsable del 30 % de deforestación y mientras que la contribución de la agricultura a pequeña escala sería de un 20 %, (Muller, Pacheco, 2014).

Las principales especies que se emplean para forestación y reforestación corresponden a especies exóticas. Una de ellas son los árboles del género Pinus que fueron introducidas hace aproximadamente un siglo. Esta especie está muy difundida en nuestro medio como planta ornamental, además su madera es utilizada en la fabricación de muebles, cajonería, en la construcción utilizada para encofrados, postes para construcciones, tableros aglomerados, pulpa y papel, entre otros.

Es necesario implementar estudios de germinación de la especies forestales, mediante la observación de características silviculturales, descripción dendrológica, influencia de sustratos sobre la germinación de semillas, tratamientos pregerminativos de las semillas

esto para proporcionar criterios técnicos en proyectos de reforestación que posibiliten el establecimiento de bosques con fines de producción sostenible y conservación.

La semilla es el medio principal para perpetuar la especie de generación en generación, la mayoría de las plantas y gran parte de las especies leñosas. Para la germinación de semillas es necesario realizar investigaciones sobre tratamientos de semillas y la utilización de diferentes componentes en los sustratos

1.1 Planteamiento del Problema

La producción de planta forestal tiene como base el conocimiento de los procesos de germinación, estos procesos pueden verse afectados por el estado general de las semillas. Dentro de los aspectos que presentan mayor dificultad de manejo en las semillas de especies forestales están: la germinación escalonada y los porcentajes bajos de germinación, ocasionados muchas veces por mecanismos de latencia. La latencia de la semilla es un estado de dormición e incapacidad de una semilla intacta y viable, de germinar bajo condiciones de temperatura, humedad y concentración de gases que serían adecuadas para la germinación. Este aspecto constituye un problema para los programas de producción de plántulas en viveros forestales.

Triviño et al. (1990), mencionan que los aspectos que presentan dificultad de manejo de las semillas de especies forestales están: la baja germinación y el tiempo de germinación prolongado, ocasionado por mecanismos de latencia.

Otro aspecto de importancia en la producción de plantines forestales es el uso de mezclas de sustratos, donde el viverista ha tenido que conformarse con el sustrato que encuentra más a la mano, utilizando en ocasiones un solo sustrato para toda la producción, lo cual no favorece a la germinación. Abraham de Noir y Ruiz de Riveri (1995), indican que para que se produzca la germinación, es necesario la interacción de factores externos (sustrato, temperatura, humedad, aireación e iluminación) y factores internos o propios de la semilla (viabilidad y latencia).

Cada tipo de semilla presenta cierto grado de latencia el cual necesita ser sometido a un tratamiento pre germinativo, lo cual ayuda a homogenizar y aumentar los porcentajes de germinación.

1.2 Justificación

En décadas recientes ha sido demasiado el abuso sobre estos recursos, provocando no solo la escasez, sino además serias alteraciones al ambiente; para contrarrestar estos efectos, se realizan diversas acciones como por ejemplo, las plantaciones con fines comerciales, de conservación y de restauración etc., en las cuales se utilizan actualmente plantas nativas de calidad, por tal motivo, se hacen cada vez más necesario adquirir las técnicas y herramientas que aseguren la mayor supervivencia y rápido desarrollo de las plantas en el campo (Sandoval *et al.*, 2001).

Para revertir la destrucción de los recursos forestales se requiere, entre otras acciones establecer programas masivos de reforestación o de plantaciones forestales, utilizando plántulas de calidad, producidas en vivero. Los pinos son especies perennifolias que mantienen al menos una parte de sus hojas todo el año y realizan activamente el proceso de la fotosíntesis. Existen diversas especies del genero *Pinus* como el *P. patula*, *P. radiata*, *P. montezumae*, con potencial para ser utilizadas en plantaciones forestales en ambientes diversos (Perry, 1991),. La mayoría de estas especies forestales se asocian con la obtención y utilización de madera, construcción de muebles, proporcionan la forestación en áreas donde los árboles caducifolios no pueden crecer debido a la extrema elevación y la latitud. El *Pinus pseudostrobus Lindl*, es usada por su gran producción de resina, tanto como en la industria química y farmacéutica, (Eguiluz, 1978), aparte de representar para la conservación de ecosistemas forestales y en programas de plantaciones y reforestación de entornos afectados ya que especies como el *Pinus pseudostrobus Lindl* se adapta muy bien a suelos no muy favorables (CATIE, 1997).

Es necesario implementar técnicas de manejo forestal en cuanto a las características de semillas y germinación, es importante conocer el comportamiento germinativo y el crecimiento en vivero durante los primeros meses de vida, para planificar tanto la producción de plantas para la reforestación como el establecimiento de plantaciones. Ampliar conocimientos en la aplicación de diferentes niveles de sustratos y tratamientos pre germinativos para uniformizar su crecimiento y acelerar de alguna forma su germinación ya que la influencia de los factores de estudio ha tenido atención especial por parte de viveristas en un intento por encontrar el óptimo para cada una. Implementando este estudio se daría solución a muchas zonas desérticas realizando la forestación de esta especie que se adapta muy bien a los valles y altiplano de nuestro país.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1. Objetivo General

- Evaluar la germinación del *Pinus pseudostrobus* bajo el efecto de tres sustratos y tratamientos pre germinativos en el campus universitario de Cota Cota.

1.3.1 Objetivos Específicos

- Determinar el efecto de los sustratos sobre la germinación del *Pinus pseudostrobus*.
- Establecer la influencia de los tratamientos pre germinativos en la germinación de la semilla de *Pinus pseudostrobus*.
- Determinar las características físicas de las semillas del *Pinus pseudostrobus*.
- Determinar los usos actuales y potenciales del *Pinus pseudostrobus*.

1.4 Metas del Trabajo dirigido

- ✓ Comparar la aplicación de diferentes niveles de sustrato y tratamientos pre germinativos sobre la germinación de *Pinus pseudostrobus*, y posteriormente evaluar las características físicas de la semilla, y parámetros de crecimiento como la altura de la plántula, número de hojas y el diámetro de cuello de raíz.

II. MARCO TEORICO

2.1 Contexto Normativo

Actualmente nuestro país se basa en una Ley forestal (Ministerio de Desarrollo Sostenible 1995), (Ley 1700) que tiene por objetivo normar la utilización sostenible y la protección de los bosques y tierras forestales, incentivar a la investigación de especies forestales.

Objetivos del desarrollo forestal sostenible:

- a) Promover el establecimiento de actividades forestales sostenibles y eficientes que contribuyan al cumplimiento de las metas del desarrollo socioeconómico de la nación.
- b) Lograr rendimientos sostenibles y mejorados de los recursos forestales y garantizar la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y el medio ambiente.
- c) Proteger y rehabilitar las cuencas hidrográficas, prevenir y detener la erosión de la tierra y la degradación de los bosques, praderas, suelos y aguas, y promover la aforestación y reforestación.
- d) Facilitar a toda la población el acceso a los recursos forestales y a sus beneficios, en estricto cumplimiento de las prescripciones de protección y sostenibilidad.
- e) Promover la investigación forestal y agroforestal, así; como su difusión al servicio de los procesos productivos, de conservación y protección de los recursos forestales.

- f) Fomentar el conocimiento y promover la formación de conciencia de la población nacional sobre el manejo responsable de las cuencas y sus recursos forestales.

(<https://plataformacelac.org.ley>)

2.2 Marco conceptual

2.2.1 Nombre Común

A *Pinus pseudostrobus Lindl.*, se le conoce como pacingo y mocohtaj (lengua tojolobal), pino ortiguillo, pino blanco, pino triste, ocote (Guatemala), pino canís y pino real (Martínez, 1948; Martínez, 1979). También en Honduras se le conoce como Pinabete.

2.2.2 Características de *Pinus pseudostrobus Lindl*

Árbol de hoja perenne de 20-40 m de altura y hasta 100 cm de DAP, con un tronco redondo. Fuste recto, libre de ramas de 30 a 50% de su altura. Las ramas a menudo son horizontales, copa espesa; corteza áspera y grisácea. Cerca de la copa la corteza se hace suave y rojiza a café grisáceo. Follaje verde oscuro, acículas en grupos de cinco, de 16 a 35 cm de largo, con vainas persistentes de 15 a 25 mm de largo. (Perry, 1990)

2.2.3 Origen: Es originario de México, Guatemala y Honduras (CATIE. 1997).

2.2.4 Distribución Geográfica y Hábitat

Las plantaciones forestales comprendían 187 millones de hectáreas en el año 2000, de las cuales representaba el 62%. En Sudamérica las coníferas representan el 45% de las que el Pinus es el género principal (FAO, 2000). La especie *Pinus pseudostrobus Lindl* a nivel Mundial su mayor centro de distribución se encuentra en México, específicamente en la planicie central y el estado de Chiapas. su distribución queda comprendida entre los paralelos 17° 15' a 29° 25' de latitud N y los meridianos 92° 05' a 108° 35' de longitud W. (Martínez, 1948; Eguiluz, 1978; Perry, 1991; CATIE, 1997 y SEMARNAP, 2006).

Figura 1. Distribución de: *Pinus pseudostrobus* Lindl. Según Martínez (1948)



2.2.5 Clasificación Taxonómica

Esta especie fue descrita por Lindley en 1938 y de acuerdo a este presenta una gran variación entre familias de un mismo sitio. Se caracteriza por tener hojas delgadas, conos ovoides, entrenudos largos y corteza casi lisa en etapas juveniles. Tiene parentesco cercano con *Pinus montezumae*, de tal manera que a veces es difícil diferenciarlos. (Perry, 1990).

En otro país como México (Michoacán) se tiene registrado a *Pinus pseudostrobus* Lindl., con sus dos formas: *Pinus pseudostrobus* f. *protuberans* Martínez y *P. pseudostrobus* f. *megacarpa* Loock. Esta especie es de las que presentan mayor variación geográfica en la República Mexicana y parte de Centroamérica; se cree posible la cruce con las especies del grupo Montezumae. (Martínez, 1948).

Perry (1991) clasificó a esta especie dentro de la denominada sección *pseudostrobus*.

Comprende 50 géneros con unas 550 especies distribuidas ampliamente en todos los continentes.

Reino: Plantae
División: Pinophyta
Clase: Pinopsida
Orden: Pinales
Familia: Pinaceae
Género: Pinus
Especie: P. pseudostrobus

2.2.6 Descripción Botánica

Árbol con alturas de 30 a 40 m, ocasionalmente hasta 45 m, y en diámetro normal de 40 a 80 cm (Perry, J.P. 1991) fuste recto, libre de ramas de 30 a 50% de su altura total (CATIE. 1997). Las ramas a menudo son horizontales, copa espesa, corteza áspera, grisácea. Cerca de la copa la corteza se hace suave y rojiza a café grisáceo.

Foto 1. Árbol de *Pinus pseudostrobus* Lindl (La Paz, Bolivia)



Fuente: Bernal, 2017

2.2.6.1 Hojas

Hojas en grupos de 5, de 17 a 24 cm de longitud, muy delgadas, triangulares y flexibles, de color verde intenso, a veces con tinte amarillento o glauco, finamente aserradas con los denticillos uniformes.

Por lo general cuenta con 3 ó 2 canales resiníferos en la parte media, rara vez con uno interno o externo (Martínez, 1948).

Foto 2. Hojas aciculares de *Pinus pseudostrobus* Lindl.



Fuente: Bernal, 2017

2.2.6.2 Ramas

Las ramas son extendidas y verticiladas, ramillas delgadas y frágiles, con largos entrenudos, con tinte azulado en las partes tiernas, las bases de las brácteas son espaciadas y frecuentemente adheridas a las ramillas y como sumergidas a ellas (Martínez, 1948).

2.2.6.3 Frutos

Son conos ovoides a cilíndricos de 8 a 10 cm de largo a veces más, y de 5 a 7 cm de diámetro, de color café claro, amarillento o moreno, extendidos, muy levemente encorvados, un poco asimétricos, generalmente en pares. Las escamas son delgadas pero duras, de 140 a 190 escamas que abren gradualmente, desiguales, de 3 a 3.5 cm de largo por 1.5 a 1.8 de ancho, con ápice anguloso (Martínez, 1948).

Foto 3. Conos de *Pinus pseudostrobus* Lindl.



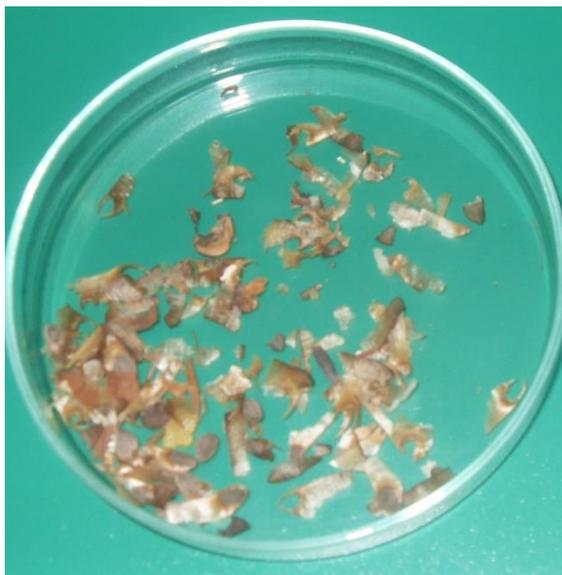
Fuente: Bernal, 2017

2.2.6.4 Semillas

Son pequeñas de 6 mm de largo, café oscuras con un ala articulada de 20 a 23 mm de largo, por 6 a 9 mm de ancho. La semilla contiene de 6 a 9 cotiledones. (Escuela Nacional de Ciencias Forestales (Hond.) 1988). Se calcula un promedio de 46.000 semillas por kilogramos.

Los conos se agrupan de 2 a 3 al final de las ramas.

Foto 4. Semillas de *Pinus pseudostrobus* Lindl.



2.2.7 DISTRIBUCIÓN Y HÁBITAT

2.2.7.1 Distribución geográfica

La especie *P. pseudostrobus* se reporta como originaria de México, Guatemala y Honduras; en general en latitudes que van de 14° N a 26° N. Se localiza en la Sierra Madre Oriental, Eje Neovolcánico y en la Sierra Madre del Sur, Sierra Madre de Chiapas y parte de la Sierra Madre Occidental. Se ha registrado en las siguientes entidades federativas: Jalisco, Colima, Estado de México, Hidalgo, Distrito Federal, Puebla, Guerrero, Morelos, (Martínez, 1948; Eguiluz, 1978; Perry, 1991; CATIE, 1997 y SEMARNAP, 2006).

2.2.7.2 Clima

a) Precipitación

(García, 1996), Menciona que la especie habita en localidades cuya precipitación media anual varía de 1,000 a 1,500 mm. y otros autores mencionan de 500 a 2,000 mm anuales,

con un régimen de lluvia uniforme durante el verano, la estación seca puede ser de 0 a 3 meses. (Eguiluz, 1978 y CATIE, 1997.)

b) Temperatura

La temperatura máxima es de 40° C, la media de 14.7°C y la temperatura mínima es de -9°C. (Eguiluz, T. 1978).

c) Altitud y Topografía

De acuerdo a (Perry, 1991 y CATIE, 1997). El *P. pseudostrobus* se localiza desde 2,400 a 2,800 msnm. se ha encontrado en laderas de montaña con elevaciones de 1,600 a 3,200 msnm Sin embargo (Madrigal, 1982). Menciona que también se localiza en lugares más altos crece en laderas y valles de las serranías.

d) Suelos

Los suelos que prefiere la especie son profundos de 1 a 3 m, ácidos, pardos o café amarillento, de buen drenaje, con textura arena migajosa a migajón arenoso, características que corresponden al tipo andosol. Crece en sitios con suelos de buena calidad, con una capa de humus de 10 a 30 cm y alto contenido de nitrógeno, bajo contenido de fósforo, medianos contenidos de calcio y potasio; aunque también se le puede localizar en otros tipos de suelos como regosol, cambisol, acrisol y luvisol y se desarrolla de manera aceptable en suelos con pH neutro a ligeramente ácidos (4.5 a 7.0), con textura medias o pesadas y que presenten buen drenaje. Crece en suelos profundos derivados de material volcánico y en el noreste del país se ha encontrado en suelos calizos y delgados (Eguiluz, 1978 y CATIE, 1997).

2.2.7.3 Vegetación asociada

Se distribuye en el bosque de coníferas y bosque de pino-encino (CATIE, 1997). En Michoacán se le encuentra formando bosques puros, aunque con frecuencia también

constituye asociaciones con otras especies, siendo la más frecuentes: *P. montezumae*, *P. ayacahuite* var. *veitchii*, *P. maximinoi*, *P. douglasiana*, *P. leiophylla*, *P. lawsonii*, *P. pringlei*, *P. michoacana* var. *cornuta*; además, se asocia con *Abies religiosa*, *Arbutus* sp. (Eguiluz, 1978; Madrigal, 1982).

2.2.7.4 Fenología

La fenología se define como la descripción de las fases del crecimiento y desarrollo de plantas y animales en su ocurrencia a través de su ciclo de vida. Asimismo, Young (1991) la define como el estudio de la relación de un fenómeno biológico con el clima.

(Krebs, 1985) menciona que la fenología es el estudio de los fenómenos periódicos (estacionales) de la vida animal y vegetal y sus relaciones con el medio.

Zamudio (1992), indica que durante el ciclo vegetativo de las plantas a partir del brote hasta la maduración o caída de las hojas en las perennes, el vegetal sufre continuas exigencias con respecto a los elementos meteorológicos del estadio en que se encuentra, distinguiéndose lo que en fisiología se conoce como crecimiento y desarrollo.

2.2.8 Importancia de la Especie

Los pinos tienen una gran importancia ecológica porque ocupan ecosistemas en donde otras plantas más evolucionadas no se han podido adaptar. Su importancia dentro de las coníferas son: productores de madera, resina, piñones y otros productos medicinales o industriales. (Maestría Desarrollo Local www.isead.es).

2.2.9 Usos de la Especie

Esta especie es buena productora de resina, la cual es explotada en los estados del centro y sur de México. La madera es de buena calidad y sus largos fustes limpios permiten el uso en aserrío, madera terciada, chapa, triplay, pulpa para papel, caballetes, molduras, jaulas y envases, como barrera de calor y sonido, postes, pilotes, madera para

minas, durmientes para ferrocarril, tejamaniles y largueros, combustibles, palillos y fósforos. Asimismo, es muy apreciada en artesanías, ebanistería y muebles finos o de producción seriada, como mesas, butacas, bancos, etc., en las zonas rurales tiene varios usos domésticos.

También se propone emplearlo en la fabricación de abatelenguas, palos para paleta, cucharas para nieve, pisos, cancelas, tarimas y plataformas, etc. (Eguiluz, 1978; De la Paz y Olvera, 1981; CATIE, 1997).

Es una especie recomendable para plantaciones comerciales, también para su uso ornamental en campos deportivos y parques, debido a que su follaje semicolgante desprende un aroma agradable a resina (Eguiluz, 1978).

2.2.10 Manejo Silvicultural de *Pinus pseudostrobus*

2.2.10.1 MANEJO FORESTAL

a) Bosque Natural

En un estudio realizado sobre el crecimiento de seis especies de pino de la región occidental del estado de Michoacán, los resultados mostraron que el Incremento Corriente Anual (ICA) en altura culminó entre los 12-17 años para la edad de las especies de más rápido crecimiento (*P. pseudostrobus*, *P. herrerae* y *P. douglasiana*) y de 27-35 años en las especies de menor crecimiento (*P. michoacana* y *P. oocarpa*)

b) Floración y fructificación

La floración ocurre desde febrero a marzo, la maduración de los conos se presenta de noviembre a diciembre y la apertura de conos entre octubre y noviembre, aunque también es posible colectarla en algunas localidades en diciembre y aún en enero, y a partir de esas fechas se presenta la dispersión de la semilla (Patiño *et al.*, 1983).

c) Producción y diseminación de semilla

La especie rinde alrededor de 5,827 conos por m³ y en promedio un kilogramo de semilla limpia consta de 46,003 semillas, con porcentaje de germinación de 65% (Patiño *et al.*, 1983).

El principal agente de dispersión de las semillas es el viento debido a la presencia del ala, otros posibles factores que contribuyen a la diseminación pero que aun no se han evaluado son el traslado por roedores, el agua y aves.

2.2.10.2 VIVERO FORESTAL

Alemán *et al.* (2005), indican que un vivero forestal es un área destinada a la producción de plantines de las mas variadas especies, en condiciones favorables a través de diferentes métodos, independientemente del destino final de los plantines, con el fin de obtener plantines de calidad.

a) Elección del sitio para establecer un Vivero

Para la selección deben considerarse: factores tales como la fertilidad y la textura del suelo, disponibilidad de agua, aireación y drenaje afectarán las tazas de crecimiento y la calidad de los plantines (Pérez y Barrosa, 1993).

b) Preparación del terreno

La preparación del suelo depende de las condiciones de sitio, pueden ser: eliminación del arbolado, desmalezamiento, barbecho y rastra con estas actividades se tendrá una mayor supervivencia de las plántulas, menor problema de plagas crecimiento inicial más rápido y un aumento general en la calidad de los árboles (Perez y Barrosa, 1993).

c) Desinfección del sustrato

Galloway y Borgo, (1985), menciona que para prevenir el ataque de la chupadera hay que desinfectar el sustrato antes de cada siembra. Para ello se aplica una mezcla de 250cm³ de formalina (formol) al 40%, en 15 litros de agua para 3 m² de almacigo, cubriendo bien el suelo con plástico durante unas 48 horas. Luego de quitar la cubierta se puede sembrar la semilla cuando el olor de la formalina haya desaparecido, lo que pueda ocurrir a las 48 de su aplicación.

El mismo autor indica que luego de la germinación, si aparece algún foco de infección de “dumping-off”, se le puede controlar con aplicaciones alternadas cada 15 días (según la intensidad de infestación) de tecto 60 con cupravit al 3% y rhizoctol-P al 0.3%.

d) Métodos de siembra

Arriaga *et al.* (1994), menciona que la siembra puede realizarse directamente en envases individuales, o por almacigo. Cuando la siembra es directa se sugiere sembrar 2 semillas por envase.

Sierra *et al.* (1994), indica que la siembra puede realizarse al aire libre o en invernadero, el uso de este último reporta un adelanto de varias semanas en el desarrollo de la planta, pero a cambio de una deuda temporal en vigor, por lo que la planta debe ser aclimatada antes de su plantación en campo.

e) Época de siembra

Es preferible plantar a principios de primavera. En épocas de sequía en verano es conveniente plantar con las primeras lluvias de otoño (Sierra *et al.* 1994).

f) Espaciamiento

Arriaga *et al.* (1994), el cultivo en viveros se realiza en semilleros con surcos distanciados entre 50 y 60 mm, a una profundidad de 3 a 6 cm. Después de seis meses las plántulas se pueden repicar a la almaciga o bien a contenedores.

El mismo autor indica que a la edad de 1 o 2 años el material es plantado con un distanciamiento de 1.5 *1.5 hasta 3*3, según el sitio y los objetivos que se persiguen.

g) Características del sustrato

Arriaga *et al.* (1994), menciona que el sustrato de los envases debe presentar consistencia adecuada para mantener la semilla en su sitio, el volumen no debe variar drásticamente con los cambios de humedad, textura media para asegurar un drenaje adecuado y buena capacidad de retención de humedad. Fertilidad adecuada, libre de sales y materia orgánica no mineralizada. Cuando el sustrato es inerte una mezcla 55:35:10 de turba, vermiculita y perlita o agrolita, es adecuada para lograr buenas condiciones de drenaje.

Sierra *et al.* (1994), menciona que se ha utilizado con éxito una mezcla de tierra de monte, rica en micorrizas, con arena de río en una proporción 7:3, respectivamente.

2.2.11 Control sanitario

2.2.11.1 Principales plagas y enfermedades

Entre las principales plagas del Pino se menciona:

a) Procesionaria del Pino (*Thaumetopoea pityocampa*)

Afecta a Pinos y cedros. Durante el mes de agosto las primeras orugas iniciarán su desarrollo hasta llegar a su quinto estadio, durante este proceso, empezarán a desarrollar

sus dañinos pelos urticantes, por lo que se aconseja tener precaución, evitando manipular las orugas y los bolsones. Se recomienda para evitar su proliferación efectuar los tratamientos con *Bacillus thuringiensis* u otros inhibidores de formación de quitina autorizados en el Registro Oficial de Productos Fitosanitarios.

b) Lasiocampa del pino (*Dendrolimus pini*)

Afecta a: Pinos, abetos, píceas, cipreses y alerces. Este insecto de color marrón claro, con el dorso grisáceo y aspecto aplanado, se alimenta vorazmente de las acículas altas de los árboles, principalmente en el verano, causando así fuertes defoliaciones en las masas que coloniza.

c) Curculionido defoliador de los pinos (*Pachyrhinus squamosus*)

Afecta a Pinos. Coleóptero defoliador que pasa el invierno en estado de larva enterrado en el suelo, alimentándose de las raíces de los pinos. Al principio de la primavera, emergen los primeros adultos, que son los causantes de la aparición de daños por su alimentación sobre las acículas de los pinos. Su presencia es además reconocible, ya que realizan la puesta a lo largo de las acículas, recubriéndolas con una sustancia viscosa.

d) Perforadores de pinos (*Tomicus piniperda*)

Afecta a: Pinos. Principalmente afecta a *Pinus sylvestris* aunque también puede localizarse sobre *Pinus nigra* o *P. uncinata*. Para su correcta identificación, en muchos casos requiere la utilización de técnicas moleculares, ya que se confunde fácilmente con el *Tomicus destruens*.

Los daños que provoca se reconocen fácilmente por la presencia de ramillos en el suelo (de primavera a verano), como consecuencia de su alimentación. No obstante, los daños más graves los provoca formando galerías que pueden ocasionar el colapso de

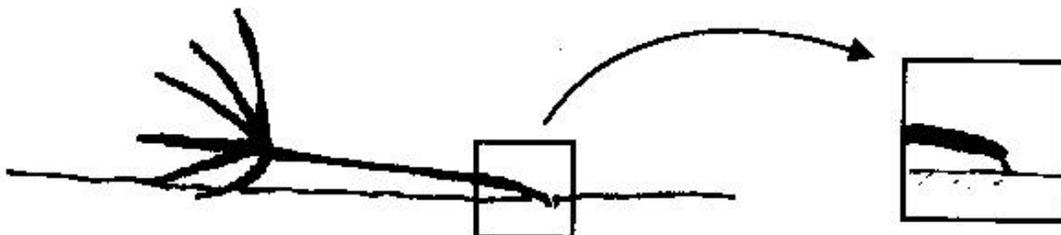
circulación de la savia. En caso de detectar su presencia, se recomienda aprear los ejemplares atacados y la utilización de trampas con atrayentes kairomonales (www.phytoma.com/sanidad-vegetal/avisos-de-plagas/coniferas-plagas-y-enfermedades-agosto-2017)

Sierra *et al.* (1994), menciona que la enfermedad que más comúnmente atacan en los viveros de pinos están producidas generalmente por hongos. Se dan en los primeros meses de vida del plantín y los síntomas se observan en grupos de plantas y, muy raramente, en plantas aisladas. Cuando la planta se enferma, es decir, cuando la sintomatología se manifiesta, ya no se puede curar, pero con determinadas prácticas puede evitarse que el ataque continúe a otras plantas.

La enfermedad más común es el **Mal de los almácigos o Vuelco (Damping off)**. Ocurre inmediatamente después de la germinación y el riesgo desaparece cuando las plantas y tienen el tallo endurecido (lignificado), esto es aproximadamente dos meses después de germinación.

La enfermedad puede identificarse fácilmente al observarse plantas “volcadas” manteniendo al principio sus cotiledones (o primeras hojas) todavía frescos y turgentes. El daño que produce esta enfermedad es la podredumbre de los tejidos a nivel del cuello de la planta. La planta se debilita en ese punto y se vuelca.

Figura 2. Planta afectada por Damping off



Otra enfermedad también producida por uno o más grupos de hongos es la denominada **Fusariosis**. Se produce en una etapa más avanzada, hacia el final del período de

crecimiento, es decir cuando la planta tiene entre 4 y 5 meses. Se identifica al observar plantas color marrón, secas en pie. Estas, al extraerlas, muestran el sistema radicular totalmente destruido o en proceso de descomposición.

El hongo que produce esta enfermedad puede encontrarse en el suelo, pero sólo enferma a la planta cuando existen situaciones de altas temperaturas u otras condiciones adversas al cultivo. El hongo también puede encontrarse en la cubierta de las semillas, por lo que la desinfección de las mismas contribuye a prevenir la enfermedad.

El ataque es muy difícil de detener. Los fungicidas mencionados anteriormente no controlan esta enfermedad. Las medidas que se deben tomar son más bien de prevención, como el fortalecimiento y rustificación de las plantas contra condiciones adversas. También desinfectando el suelo en lugares contaminados.

Para su control se recomienda aplicar riegos acidulando el agua con ácido fosfórico o bien reducir la densidad de siembra.

Muñoz et al. (2003), detecta, entre otros, los siguientes enfermedades:

Hongos de acícula: *Lophodermium nitens*, *L. pinastri*, *Cyclaneusma minus*, *C. niveum*, *Mycosphaerella dearnessii*, *Diplodia pinea*.

Hongos de raíces: *Armillaria sp.*, *Heterobasidion annosum*.

Hongos de ramas y troncos: *Diplodia pinea*, *Fusarium circinatum*.

2.2.12.1 Riego

Previo a la siembra, 24 horas antes se recomienda dar un riego con 4 L de agua/m² de almácigo y se debe repetir la misma cantidad poco antes de la siembra y observando que el substrato esté muy bien nivelado. (García y Muñoz, 1993).

Se recomienda regar a saturación con una frecuencia no mayor de 9 días. (SIRE: CONABIO-PRONARE).

2.2.12.2 Fertilización

Cuando el cultivo es en camas de crecimiento, para favorecer el crecimiento en diámetro se aplican 210 kg/ha de Nitrógeno, para favorecer el peso seco del vástago se aplican 150 kg/ha de Nitrógeno y Fósforo (Chávez, D., R. Keyes y V. M. Cetina. 1988).

Cuando el cultivo es por envases se recomienda aplicar fertilizantes foliares en dosis 20-20-20 (N-P-K) cada quince días, en tres ocasiones. También es recomendable aplicar fertilizantes de liberación lenta (picomódulos 30-15-10); además de micorrizas. La aplicación de esporas al sustrato puede ser a través del riego, o con la adición de raíces jóvenes de pino maceradas (, CATIE. 1997).

2.2.12.3 Deshierbes

El deshierbe continuo de los pasillos y al interior de los envases que contienen las plantas evitará problemas de competencia por luz, agua y nutrientes; además favorecerá condiciones de sanidad. Es importante tener cuidado con el número de plántulas o estacas que se encuentran en los envases, lo más recomendable es mantener solamente una planta o estaca por envase, la más vigorosa, eliminando las restantes (Arriaga, 1994).

2.2.12.4 Acondicionamiento de la planta previo al trasplante definitivo

Por lo menos un mes antes de su traslado al sitio de plantación se deberá iniciar el proceso de endurecimiento de las plantas, éste consiste en suspender la fertilización, las plantas deberán estar a insolación total, y los riegos se aplicarán alternadamente entre someros y a saturación, además de retirarlos durante uno o dos días. Esto favorecerá que las plantas presenten crecimiento leñoso en el tallo y ramas. Para estimular el crecimiento radicular se recomienda la poda de raíces 15 días antes del transporte de las plantas al sitio de plantación (SIRE: CONABIO-PRONARE)

2.2.12.5 Propagación

a) Propagación asexual

La propagación asexual es posible debido a que cada una de las células de la planta contiene todos los genes necesarios para el crecimiento y desarrollo y, en la división celular (mitosis) que se efectúa durante el crecimiento y regeneración, los genes son replicados en las células hijas.

- **Varetas, acodos, esquejes, raquetas estacas.**

- **Época de recolección y propagación:** Se colectan en invierno cuando las yemas están en latencia, preferentemente en noviembre. Las yemas se colectan de madera del crecimiento del año anterior con púas bien formadas y libres de patógenos.

Se utiliza el método de injerto de enchapado lateral, aunque también se recomienda el método de injerto terminal. A pesar de que este último es drástico para el patrón, resulta más simple de elaborar que el método lateral, y se obtiene una mayor sobrevivencia tanto en invernadero como en vivero. Desde noviembre hasta enero (Talavera I. 1996.)

b) Partes vegetativas útiles: Ramas jóvenes, yemas.

c) Métodos de obtención

Se colectan las púas del tercio superior de la copa y del carácter principal de las ramas. Para el injerto terminal las púas deben de obtenerse de las dos terceras partes superiores, y de la zona externa de la copa del árbol (Carrera, 1982).

d) Manejo de material vegetativo

Recortar y colocar las púas en un sustrato a base de viruta de madera de pino, ésta deberá estar a saturación con un día de anterioridad a la siembra. Las púas se colectan un poco más grandes de lo que se necesita para injertar, las hojas de las yemas se podan de 0.5 a 2.5 cm, para reducir la transpiración y facilitar el manejo (Carrera, 1982).

e) Trasplante

Los injertos deben estar en una superficie sombreada y ventilada. En el área de las plantas patrón se deberá colocar un cobertizo de madera, cubierto con plástico transparente blanco, debe estar bien ventilado y con el piso de tierra compactado y húmedo (Talavera, 1996).

f) Propagación Sexual

La reproducción sexual implica la unión de células sexuales masculinas y femeninas, la formación de semillas y creación de una población de plántulas con genotipos nuevos y diferentes. La división celular (meiosis) que produce las células sexuales implica la división reduccional de los cromosomas, en el cual su número es reducido a la mitad. (Hartmann y Kester 1997).

2.2.13 Semilla

La semilla es cada uno de los cuerpos que forman parte del fruto que da origen a una nueva planta, es la estructura mediante la que realizan la propagación las plantas que por ello se llaman espermatofitas (plantas con semilla). La semilla se produce por la maduración de un óvulo fecundado por un grano de polen. Se forma en el ovario de la flor, el cual se desarrolla para formar el fruto; hay ocasiones en que participan otras estructuras además del ovario en la formación del fruto.

Las partes que conforman la semilla son el embrión, el tejido de reserva (fuente de

alimento) y el tegumento o testa (cubierta protectora). (Willan, R.L. 1991.)

En los **pinos** las **semillas** se desarrollan en conos. Los conos femeninos son más grandes que los masculinos y se producen en las partes medias y bajas del árbol. El polen de los conos masculinos fecunda los conos femeninos ya sea del mismo árbol o de árboles aledaños y se produce un embrión.

www.biodiversidad.gob.mx/especies/gran_familia/plantas/pinos/pinos.html

Su característica común de los pinos es la presencia de “semillas desnudas”. Estas plantas presentan óvulos expuestos en hojas modificadas (megasporófilas) que protegen a la megaspora originada a partir del gameto femenino. Así mismo presentan microesporangios masculinos que se producen en hojas modificadas (microesporofitas).

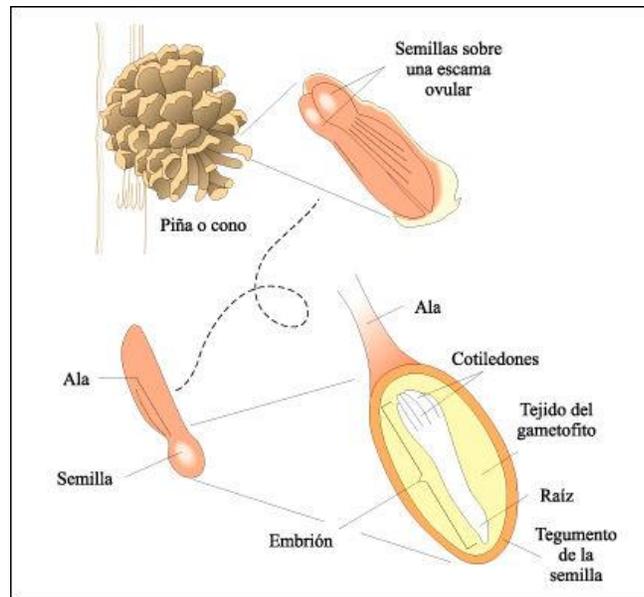
La semilla del *Pinus pseudostrobus* Lindl. presenta una expansión alada que favorece su diseminación. Los Embriones que contienen las semillas pueden tener hasta 15 cotiledones.

2.2.13.1 Partes de la semilla del Pino

- **Gémula:** Parte de la Plántula que originará al tallo.
- **Talluelo:** Eje que conecta la Gémula con la Radícula.
- **Radícula:** Parte de la Plántula que originará a la raíz.
- **Albumen o prótalo:** Lugar donde se encuentra la Sustancia de Reserva (Almidón).
- **Cotiledones:** Presentan varios cotiledones ubicados en los extremos laterales de la gémula.
- **Ala:** Expansión membranosa que presenta la semilla.
- **Tegumento:** Envoltura externa que protege a la semilla.
- **Embrión:** Está constituido por la plántula junto con los cotiledones.

La semilla del pino es una semilla protalada, porque el nucelo puede ser reabsorbido durante la formación del Prótalo y donde no ocurre Doble Fecundación. Las reservas se acumulan en el Prótalo y son haploides y maternas.

Figura 3. Partes de la semilla del Pino



2.2.13.2 Longevidad natural de las semillas de árboles

El período durante el cual la semilla puede seguir siendo viable sin germinar depende mucho de su calidad en el momento de la recolección, el tratamiento al que se la somete entre la recolección y el almacenamiento y las condiciones en que se almacena. No obstante, la longevidad de la semilla varía también muy considerablemente entre unas especies y otras, aun cuando reciban un tratamiento idéntico y se las almacene en las mismas condiciones. (CATIE, 1997).

No es posible definir un conjunto tipo de condiciones de almacenamiento “buenas” que resulten igualmente idóneas para todas las especies, pues unas condiciones que son óptimas para unas especies no lo son para otras. Con todo, la vida en el almacén de una

determinada especie puede experimentar grandes variaciones según las condiciones en que esté almacenada.

En la actualidad se distinguen dos tipos de semillas (Roberts 1973):

- a) **Ortodoxas.** Semillas que pueden secarse hasta un contenido de humedad (CH) bajo, de alrededor del 5 por ciento (peso en húmedo), y almacenarse perfectamente a temperaturas bajas o inferiores a 0°C durante largos períodos.
- b) **Recalcitrantes.** Semillas que no pueden sobrevivir si se las seca más allá de un contenido de humedad relativamente alto (con frecuencia en el intervalo de 20 y 50 por ciento, peso en húmedo) y que no toleran el almacenamiento durante largos períodos.

2.2.13.3 Dormancia o Latencia

Hay semillas teniendo la capacidad para germinar y siendo colocadas bajo condiciones adecuadas, no germinan. A este fenómeno se llama dormancia o latencia. (Tarima, 2000).

El mismo autor señala que la dormancia es consecuencia de la combinación de los factores ambientales y genéticos; la importancia de cada factor y la intensidad requerida dependen básicamente de la especie.

a) **Latencia exógena**

Física o mecánica: El tegumento presenta cubierta impermeable y/o dura.

Química: Corresponde a la producción y acumulación de sustancias químicas que inhiben la germinación, ya sea en el fruto o en las cubiertas de las semillas.

b) Latencia endógena

Morfológica: El embrión, no se han desarrollado por completo en la época de maduración. Como regla general, el crecimiento del embrión es favorecido por temperaturas cálidas.

Del embrión: Se caracteriza principalmente porque para llegar a la germinación se requiere un período de enfriamiento en húmedo y por la incapacidad del embrión separado de germinar con normalidad.

c) Latencia Combinada: Una combinación de ambas. (Willan, R.L. 1991.)

2.2.14 Propiedades externas de la semilla

2.2.14.1 Pureza física

Según la Asociación Internacional para el Ensayo de Semilla (ISTA 1977), menciona que la expresión semilla pura, hace referencia a la semilla de la especie de que se trate y además de las semillas maduras y sin daños, se incluyen las semillas de tamaño inferior al normal, consumidas inmaduras y germinadas, siempre que puedan identificarse claramente como potenciales especies de las que se trate y los trozos de semillas rotas cuyo tamaño es superior a la mitad original.

Para conocer la pureza física se debe determinar la composición en peso de la muestra, sobre el componente de semilla pura, haciendo referencia a la semilla de la especie en estudio; semillas maduras y sin daños, del tamaño no inferior al normal, libre de malas hierbas, estructuras seminales separadas, partículas de hoja y materiales inertes, que puedan identificarse claramente como pertenecientes a la especie de que se trate. (Willan, 1991)

2.2.14.2 Numero de semillas en un Kilogramo

Moreno (1984), indica que el objetivo de esta prueba es determinar el peso de mil semillas de una muestra. Esto puede llevarse a cabo:

- En la totalidad de la semilla pura, obtenida en el análisis de pureza.
- En ocho repeticiones de cien semillas cada una, de la semilla pura.

La Asociación Internacional para el Ensayo de Semilla (ISTA 1977), prescribe como ocho réplicas de cien semillas cada una con las que se puede calcular la desviación típica y el coeficiente de variación, así como la media; si el coeficiente de variación es inferior a cuatro, entonces se acepta la media, pero si es superior prescriben otras ocho replicas.

2.2.14.3 Contenido de Humedad

Álvarez y Verona (1998), indican que el contenido de humedad de la semilla es sumamente necesario para saber si esta fue cosechada a su tiempo, si ha sido correctamente manipulada y si puede ser almacenada sin riesgo de deterioro. Además sirve para uniformar el contenido de humedad y comparar la masa de la semilla con humedad.

2.2.15 Propiedades internas de la semilla

2.2.15.1 Viabilidad

Zalles (1988), define la viabilidad como la capacidad potencial que posee una semilla para germinar. Esta capacidad depende por un lado del estado de madurez de la semilla y por otro de su capacidad que significa tamaño, color, contenido de humedad, etc.

2.2.15.2 Energía germinativa

Justice (1972), define a la energía germinativa como: el porcentaje del número de semillas de una muestra que germinan dentro un determinado periodo de tiempo y en diferentes condiciones hasta llegar al momento de máxima germinación, que generalmente significa el número máximo de germinación de 24 horas.

2.2.15.3 Periodo de energía

Es el número de días transcurridos desde la siembra hasta el día en que se llega a la máxima germinación de un lote de semillas en determinadas condiciones (Lohse, 1997).

2.2.15.4 Sanidad de la semilla

Willan (1991), indica que la manipulación deficiente en el bosque, durante el transito o durante el procesamiento deteriora fisiológicamente las semillas aun cuando no existan daños mecánicos ni por hongos. No obstante, es necesario evitar recolectar cosechas que presenten una alta incidencia de ataques de hongos o insectos y efectuar todas las operaciones de recolección, transporte, procesamiento, etc., con la mayor rapidez posible a fin de asegurar que la semilla no resulte ya dañada antes de iniciar el almacenamiento.

2.2.15.5 Tamaño de la semilla

FAO (1964), menciona que el tamaño de la semilla es importante para determinar la densidad de la siembra, puesto que cada semilla necesita espacio suficiente para germinar. La cantidad de semilla que se siembra por unidad de superficie depende de la especie pero sobre todo de las propiedades de la semilla.

2.2.16 Germinación

La germinación es el proceso mediante el cual una semilla colocada en un medio ambiente se convierte en una nueva planta. Este proceso se lleva a cabo cuando el embrión se hincha y la cubierta de la semilla se rompe. (Rodríguez, 2008)

Fisiológicamente se define la germinación como la reanudación del crecimiento del embrión que comienza con la imbibición de agua y abarca hasta la formación de una plántula fotosintéticamente activa, En los ensayos de laboratorio se define la germinación, como la emergencia y crecimiento del embrión de la semilla a partir de sus estructuras esenciales.(Arriaga, 1994)

2.2.17 Proceso de la Germinación

Es necesario que se den una serie de condiciones ambientales favorables como son: un sustrato húmedo, suficiente disponibilidad de oxígeno que permita la respiración aerobia y, una temperatura adecuada para los distintos procesos metabólicos y para el desarrollo de la plántula.

(http://www.euita.upv.es/varios/biologia/Temas/tema_17.htm)

2.2.17.1 Imbibición

La semilla seca absorbe agua y el contenido de humedad al principio se incrementa con rapidez, luego se estabiliza. La absorción inicial implica la imbibición de agua por coloides de la semilla seca, que suaviza las cubiertas de la misma e hidrata el protoplasma. La semilla se hincha y es posible que se rompan las cubiertas. Elongación de las células y emergencia de la radícula; el primer signo visible de germinación es la emergencia de la radícula, la cual resulta de la elongación de las células más bien que de división celular. En una semilla no latente, la emergencia de la radícula puede ocurrir en unas cuantas horas o en varios días después de la siembra. (Azcon –Bieto, J & M. Talon 2008).

2.2.17.2 Digestión

En el endospermo, los cotiledones, el perispermo, o en el gametofito femenino (coníferas) se almacenan grasas, proteínas y carbohidratos. Estos compuestos son digeridos a sustancias más simples, que son translocadas a los puntos de crecimiento del eje embrionario.

Los patrones metabólicos de semillas de diferentes especies difieren con el tipo de reservas químicas de la semilla. Las grasas y los aceites, los principales constituyentes alimenticios de la mayoría de las plantas superiores, son convertidos enzimáticamente a ácidos grasos y al final de azúcares. Las proteínas almacenadas, presentes en la mayoría de las semillas, son una fuente de aminoácidos y de nitrógeno esencial para la plántula en crecimiento. (Bidwell, R.G.S., 1993).

2.2.17.3 Movilización y transporte de alimento

Ferry y Ward (1996), citado por Quenallata (2008), menciona que los procesos de movilización y transporte de los alimentos digeridos se transforman en cuerpos vivos (protoplasma) antes de ser usado en el proceso de crecimiento.

2.2.17.4 Respiración

Ferry y Ward (1996), citado por Quenallata (2008), menciona que es el proceso generador de la energía, es decir las células toman oxígeno del aire y del agua utilizando en procesos oxidativos para producir energía química, biológicamente el ATP.

2.2.18 Tipos de germinación

Goitia (2003), indica que en la germinación epigea se observan por encima de la superficie del suelo, frecuentemente con la testa o cubierta todavía prendida a ellos,

después de pocos días los cotiledones aumentan de tamaño y se independizan de la testa, dejándola caer al suelo.

Para las semillas medianas y grandes es importante saber si la germinación es epigea los cotiledones aparecen por encima del sustrato como en los pinos y eucaliptos (Galloway y Borgo, 1985).

Willan (1991), menciona que en la germinación hipogea, los cotiledones permanecen in situ enterrados o sobre el suelo mientras se produce el alargamiento de la plúmula. En la germinación hipogea los cotiledones tienen únicamente una función de almacenamiento de nutrientes.

Las semillas grandes y maduras casi siempre son de germinación hipogea y deben sembrarse con la radícula en posición horizontal. Además deben orientar entre los cotiledones y la plúmula (Galloway y Borgo, 1985).

2.2.19 Condiciones para la germinación

2.2.19.1 Agua

Tarima (2000), menciona que el agua es el factor determinante para el inicio y desarrollo normal de la germinación, en el vivero esta es suministrada por medio de riego.

Vásquez (2001), señala que ninguna semilla puede germinar sino esta en presencia de agua, las semillas por lo general tienen un contenido de agua relativamente bajo y los procesos fisiológicos para la germinación ocurren solo cuando la proporción de agua ha aumentado.

2.2.19.2 Aire

Las semillas de distintas especies tienen diversas exigencias de oxígeno de gran importancia para la germinación, ya que las semillas respiran rápidamente, es necesario

para llevar acabo las reacciones químicas que transforman las reservas junto a los fenómenos respiratorios se intensifican a medida que la plántula desarrolla. La concentración de oxígeno en el suelo es afectado por la cantidad de agua presente lo mismo que cuando se siembran muy profundas (Vásquez, 2001).

2.2.19.3 Temperatura

Hartmann y Kester (1997), menciona que la temperatura es el factor ambiental más importante que regula la germinación y controla el crecimiento subsecuente de las plántulas. Las semillas secas, que no han inhibido agua pueden soportar temperaturas extremas.

2.2.19.4 Luz

El efecto de la luz en la germinación difiere en las distintas especies algunas las requieren y otras no. El efecto de la luz puede variar de acuerdo con las condiciones ambientales se dice que la cantidad exigida puede variar entre 20.000 luz y 100.000 luz (Vásquez, 2001).

2.2.20 Tratamientos pre germinativos

Los tratamientos pre germinativos se aplican a especies forestales que presentan un ciclo de dormición, latencia o letargo.

Algunos tratamientos pregerminativos realizados a semillas permiten desactivar la dormición o latencia mediante la reducción o fractura de la cubierta de la semilla, la dormición o latencia puede ser de tipo químico, físico, fisiológico o mecánico. Para que su uso sea más efectivo se debe realizar en semillas frescas y viables. El remojo se debe realizar con agua a temperatura ambiente, y es necesario que se realice cambio del líquido cada 12 horas, y lavado con agua abundante para evitar la proliferación de hongos en la cubierta de la semilla. (Willan, R.L. 1991)

Según (Willan, R.L. 1991). Los tratamientos para eliminar la latencia son:

2.2.20.1 Estratificación

Consiste en colocar las semillas embebidas de agua o no, en capas o estratos húmedos, usando, como sustrato, por ejemplo arena. El período de estratificación varía según la especie. Se utiliza para superar latencias provenientes del embrión.

- Cálida. Si la estratificación se realiza a temperaturas altas (22 a 30 °C).
- Fría. Si la estratificación se realiza a temperaturas bajas (0 a 10 °C).

En el vivero también se puede estratificar empleando el mismo suelo o algún otro sustrato húmedo. La estratificación fría se realiza en invierno y la cálida en verano.

2.2.20.2 Escarificación

Es cualquier proceso de romper, rayar, alterar mecánicamente o ablandar las cubiertas de las semillas para hacerlas permeables al agua y a los gases.

2.2.20.3 Mecánica

Consiste en raspar la cubierta de las semillas con lijas, limas o quebrarlas con un martillo. Si es a gran escala se utilizan maquinas especiales como tambores giratorios recubiertos en su interior con papel lija, o combinados con arena gruesa o grava.

2.2.20.4 Húmeda

Con agua caliente, se colocan las semillas en un recipiente en una proporción de 4 a 5 veces su volumen de agua caliente a temperatura entre 77 y 100 °C. De inmediato se retira la fuente de calor y las semillas se dejan remojar durante 12 a 24 horas en el agua que se va enfriando gradualmente. Las semillas se deben sembrar inmediatamente después del tratamiento.

2.2.20.5 Con ácido

Las semillas secas se colocan en recipientes no metálicos y se cubren con ácido sulfúrico concentrado en proporción de una parte de semilla por dos de ácido. Durante el período de tratamiento las semillas deben agitarse regularmente con el fin de obtener resultados uniformes. El tiempo de tratamiento varía según la especie. Al final del período de tratamiento se escurre el ácido y las semillas se lavan con abundante agua para quitarles el restante.

2.2.20.6 Lixiviación

El propósito es remover los inhibidores remojando las semillas en agua corriente o cambiándoles el agua con frecuencia. El tiempo de lixiviación es de 12 a 24 horas.

2.2.20.7 Combinación de tratamientos

Se utiliza en semillas de especies que tienen más de un tipo de letargo.

2.2.20.8 Hormonas y otros estimulantes químicos

Existen compuestos que sirven para estimular la germinación, entre los más usados están: nitrato de potasio, tiourea, etileno, ácido giberélico (GA3), citokininas, entre otros. Todo este tipo de sustancias se emplean a diferentes concentraciones y tiempos de remojo, dependiendo de la especie de que se trate.

2.2.20.9 Imbibición en agua a Temperatura ambiente

Se utiliza en semillas sin dormancia, para homogenizar el proceso de germinación. Teniendo en cuenta lo anterior, es de gran importancia realizar el tratamiento pregerminativo que se recomienda para cada lote de semillas, ya que obtendrá resultados más rápidos y una producción de plantas homogénea.

2.2.21 SUSTRATO

El término “sustrato”, que se aplica en la producción viverística, se refiere a todo material sólido diferente del suelo que puede ser natural o sintético, mineral u orgánico y que colocado en contenedor, de forma pura o mezclado, permite el anclaje de las plantas a través de su sistema radicular; el sustrato puede intervenir o no en el proceso de nutrición de la planta allí ubicada. Esto último, clasifica a los sustratos en químicamente inertes (perlita, lana de roca, roca volcánica, etc.) y químicamente activos (turbas, corteza de pino, etc.). (Abad, M. 1991).

Por otro lado (García, R. 2014), menciona que el sustrato es el medio que soporta la planta y que le proporciona las sustancias nutritivas que requiere. En vivero el sustrato para germinación está compuesto por combinaciones de diversos materiales como tierra, cascarilla, turba, arena, entre otros, los cuales difieren mucho entre si por las propiedades físicas y químicas que poseen. Cada componente que se le adiciona a un sustrato tiene ciertas propiedades que inciden directamente en la forma como se presenta la germinación, de esta manera , mediante la combinación apropiada de materiales se puede obtener un medio que le proporciona a la semilla buenas condiciones de humedad y aireación logrando una germinación lo más homogénea posible.

Por otro lado (Serrada, R. 2000), menciona que el sustrato tiene las siguientes propiedades:

- higroscopicidad, que permita espaciar suficientemente los riegos;
- baja densidad para facilitar el manejo y transporte;
- permeabilidad que permita el desarrollo de las raíces en todo su volumen;
- esterilidad respecto de posibles patógenos para las plántulas
- fertilidad adecuada para la producción de plantas en buen estado fisiológico.

2.2.22 Descripción de los materiales del sustrato

2.2.22.1 Tierra del Lugar

(García, R., 2014), señala que es el sustrato empleado con mayor frecuencia y en mayor volumen en los viveros forestales. Es muy importante que el Ph este en 5.5 o muy cercano a este valor para evitar problemas fúngicos. La tierra seleccionada debe tener una textura franca que facilite la infiltración. Cuando la tierra es arcillosa se presenta problemas de germinación por pudrición de semilla. Asimismo (Fossati, J. 1996) indica que la función de la tierra del lugar es substituir, en forma barata y sencilla, a materiales del sustrato que son difíciles de encontrar. Además, le da a la planta un medio parecido al que tendrá en su sitio de plantación.

2.2.22.2 Compost

Producto del proceso de descomposición de los materiales orgánicos sobrantes en las fincas como estiércol, residuos vegetales y animales. Tiene características acidas (ph 5.5 a 6.5). Su función en un sustrato es el de proveer nutrientes y mantener la humedad. Este material debe ser preparado en vivero.(Fossati, J. 1996)

2.2.22.3 Turba

Material orgánico de color pardo oscuro y muy rico en carbono, que se forma principalmente en la turberas del Hemisferio Norte como resultado de la putrefacción y carbonización parciales de musgos, principalmente del genero Sphagnum. Tiene una elevada capacidad de retener agua, aunque permite una rápida infiltración y que, aunque estéril, es un material que tiene buena capacidad de intercambio catiónico.

2.2.22.4 Arenilla

Es un material inerte resultado del desgaste de las rocas en los lechos de los ríos. Se emplea en los sustratos para mejorar porosidad y facilitar la infiltración. (García, R., 2014).

Tiene una reacción neutral con un Ph de 6.5 a 7.5 según su ubicación a diferentes altitudes. Este material permite la penetración de humedad en forma rápida y uniforme en el sustrato (debido a su porosidad) permitiendo el drenaje adecuado del excedente de agua. Además, facilita el crecimiento y buena formación de las raíces. (Fossati, J., 1996).

2.2.22.5 Limo

Este material cuando esta húmedo, no se pega ni se rompe fácilmente al contacto de los dedos. Tiene una reacción ligeramente acida a neutra (ph 6.0 a 7.0) variando de acuerdo a su lugar de origen. Su función es la de mantener una estructura adecuada para el crecimiento de las raíces, mantener la humedad y aportar nutrientes en pequeña escala. (Fossati, J. ,1996).

2.2.23 Micorriza

Las micorrizas se definen como asociaciones simbióticas entre las raíces de las plantas y ciertos hongos de la superficie, que absorben y transportan fosforo, zinc, manganeso y cobre. Los denominados hongos micorrizicos integran el genero Fungi y en estricta dependencia con la planta, constituyen un nuevo órgano funcional subterráneo, del que ambos se benefician. (Young, R. A. 1991).

La palabra micorriza deriva de la unión de dos vocablos del latin “mycos” (hongos) y “rhizos” (raíces). Estos obtienen hidratos de carbono y vitaminas de la planta, que por si solos no podrían sintetizar, dado que no atraviesan el proceso de fotosíntesis y otras reacciones. (Tarima, J. 2000)

Rodríguez (2000), indica que los pinos necesitan necesariamente entrar en simbiosis con hongos micorrizicos que se interrelacionan con las raíces de las plantas extendiendo sus micelios ya sea sobre las paredes celulares (ectomicorrizas)

Las micorrizas son efectivas para garantizar una mayor longevidad de la planta. Estudios han revelado que algunos árboles, como los pinos, pueden superar hasta dos años su expectativa de vida, en comparación con los pinos sin micorrizas.

Las micorrizas se separan en dos grupos: ectomicorrizas y endomicorrizas. Las ectomicorrizas se caracterizan porque las hifas del hongo no se insertan en las células de la raíz. Al contrario, se sitúan sobre y entre las separaciones que forman las mismas y pueden observarse a simple vista. Este tipo de micorrización predomina en árboles de zonas templadas como robles, eucaliptus y Pinos. (<https://www.flores.ninja/micorrizas/>).

III. SECCION DIAGNOSTICA

3.1 Materiales y Métodos

3.1.1 Localización y Ubicación

El presente trabajo de investigación se realizó en los predios del campus de la Facultad de Agronomía en la zona de Cota Cota, Provincia Murillo del Departamento de La Paz. La zona de estudio se localiza a 15 Km del centro de la ciudad de La Paz y los parámetros de ubicación geográfica son: Latitud 16°32 00 Sur, Longitud 68°00 00 Oeste y una altitud que varía entre 3500 a 3600 m.s.n.m. citado por Guzmán (2000).

3.1.2 Características Climáticas o Ecológicas de la zona

La zona de estudio presenta características de cabecera de valle, con una precipitación de 467 mm, una temperatura media de 13.5° C, una humedad relativa del 46%. (Zeballos, 2000).

También (SENAMHI) señala que las condiciones agro climáticas son de cabecera de valle los veranos son calurosos y la temperatura que alcanza es de 23°C, en la época invernal la temperatura puede bajar hasta 2°C, en los meses de Agosto y Noviembre se presentan vientos fuertes con dirección al Este, la temperatura media es de 18°C con una precipitación media de 400mm.

La vegetación presenta las siguientes especies; acacia negra (*Acacia melanoxylon*), acacia floribunda (*Acacia retinoides*), aroma (*Acacia de Albata*), eucalipto (*Eucaliptus globulus*), retama (*Spartium junceum*), queñua (*Polilepis incana*), ligustros, chilca (*Baccharis sp.*) y cultivos agrícolas (Guzmán, 2000).

3.1.3 Materiales

3.1.3.1 Material Vegetal de Estudio

El material vegetal que se utilizó en la siguiente investigación es la semilla de la especie *Pinus pseudostrobus* el cual se obtuvo de la Estación Experimental de Cota Cota.

3.1.3.2 Material de Campo

- Sustratos (tierra del lugar, turba y micorriza)
- Dos almacigueras de medida de 5 por 1 m
- Pala, picota
- Lonas
- Tijera podadora
- Frascos
- Vernier

3.1.3.3 Material de Laboratorio

- Balanza analítica
- Cajas Petri
- Lancetas
- Sobres de papel
- Vernier
- Pinzas

3.1.3.4 Materiales de Gabinete:

- Cuaderno de anotaciones
- Equipo fotográfico
- Flexómetro o Wincha
- Calculadora

- Computadora
- Regla de medición

3.1.4 Metodología:

3.1.4.1 Procedimiento para el análisis de semilla en laboratorio

a) Recolección de la semilla

Las semillas de *Pinus pseudostrobus lind.* están encerradas dentro de conos, los cuales fueron recolectados de tres árboles que presentaban buenas características de porte, altura, y sanidad. Esta recolección se realizó en los campos de la Estación Experimental de Cota cota, durante los meses de Noviembre a diciembre

Foto 5. Recolección de conos de *Pinus pseudostrobus Lindl.*



Fuente: Bernal, 2017

b) Secado de los Conos

Una vez recolectados los conos, se depositaron en cajas de cartón, para el respectivo secado, directamente al sol, esto para facilitar la apertura de las brácteas, en el cual interiormente se encuentran las semillas aladas.

Foto 6. Secado de los conos



Fuente: Bernal, 2017

c) Análisis del número de semillas por Kilogramo

El análisis se lo realizó siguiendo las normas (ISTA, 1977), modificado donde se pesó 2 gr. de semillas con 4 repeticiones, luego se contó la cantidad de semilla que existe en cada repetición y fueron registrados los datos obtenidos en kilogramos, con este resultado se calcularon los parámetros estadísticos (media, desviación estándar, varianza y el coeficiente de variación).

Foto 7. Conteo de la cantidad de semillas de *Pinus pseudostrobus* Lindl. en un Kilogramo



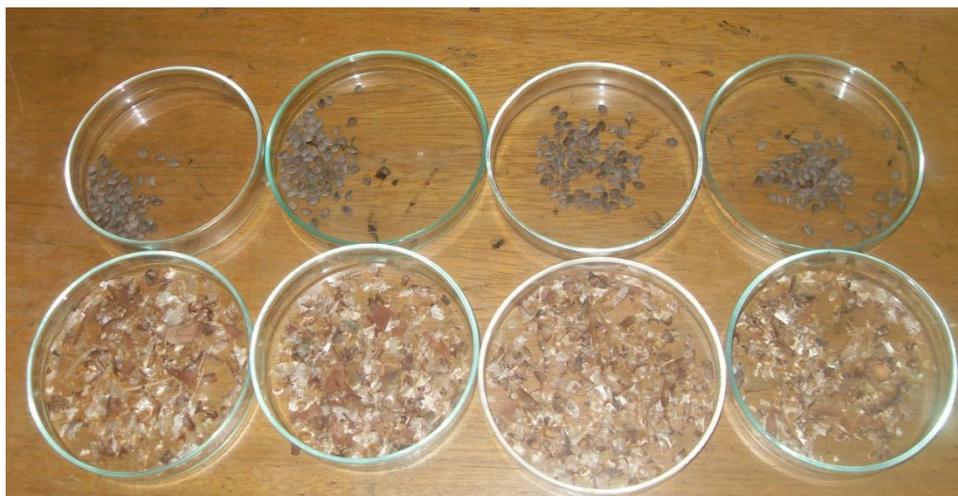
d) **Determinación del contenido de pureza de la semilla**

Según normas del ISTA (1977) se tomaron muestras de semillas con impurezas y luego se pesó 2 gr de semilla con impurezas en la respectiva balanza, y posteriormente se seleccionó las semillas, desechando las impurezas y pesar nuevamente la semilla seleccionada, repitiendo esta operación cuatro veces. y por formula se determinó en Porcentaje:

$$\% \text{ de Pureza} = \frac{\text{Peso de semilla pura}}{\text{Peso total de la muestra}} \times 100$$

Estos datos fueron registrados para luego realizar los parámetros estadísticos (media, desviación estándar, varianza y el coeficiente de variación).

Foto 8. Determinación del porcentaje de pureza de semillas de *Pinus pseudostrobus* Lindl.



Fuente: Bernal, 2017

e) **Análisis del porcentaje de germinación**

Según las normas establecidas por el ISTA, en la realización de esta prueba la muestra requerida para el análisis de germinación, se utilizaron 4 repeticiones de 100 unidades

de semillas cada una, teniendo un total de 400 semillas por tratamiento, estas replicas se sembraron en un sustrato, que como indica la norma podía ser tierra, arena, papeles absorbentes o algodón , por lo que en este ensayo se utilizó papel absorbente, donde se puso las semillas en un recipiente de plástico y se distribuyeron las 100 semillas de cada ensayo en forma uniforme , controlando siempre, la temperatura, la luz y humedad proporcionándole un riego diario .Para el cálculo del análisis de germinación se utilizó la siguiente fórmula matemática:

$$\text{Porcentaje de Germinación} = \frac{\text{Numero de semillas germinadas} \times 100}{\text{Numero de semillas ensayadas}}$$

3.1.4.2 Procedimiento experimental

a) Preparación de almaciguera

Para la preparación de almaciguera se utilizaron dos camas de almaciga los cuales fueron proporcionados por el Laboratorio de semillas forestales. Las almacigueras tienen un tamaño de 1 m de ancho por 5 m de largo.

Luego se procedió a su acondicionamiento, entre las actividades relacionadas se tomaron en cuenta: preparación inicial del terreno (eliminación de la vegetación de alrededores, nivelación del terreno).

Una vez ya concluida la limpieza de las almacigueras (parcela experimental), se procedió a su división para luego de forma aleatoria distribuir los diferentes tratamientos con sus respectivas repeticiones.

b) Preparación del sustrato

Se utilizaron cuatro tipos de sustrato: arena, turba, tierra del lugar y micorriza. La turba y arena se compraron, mientras que la micorriza fue recolectada de lugares donde se ubican los pinos en la Estación Experimental, específicamente en la base de los arboles de pino. Posteriormente los sustratos fueron cernidos en una malla fina, luego se realizó la mezcla de sustratos en partes, donde una parte de cualquier sustrato equivale a una pala se realizó tres niveles diferentes los cuales consistieron en:

Sustratos

S1= 2: Tierra del lugar, 2: micorriza, 2: turba, 1: arena

S2= 3: Tierra del lugar, 1/2: micorriza, 1: turba, 1: arena

S3= 2: Tierra del lugar, 1: micorriza, 3: turba, 1: arena

Foto 9. Preparación y mezcla de sustratos por partes.



Fuente: Bernal, 2017

c) Desinfección del sustrato

Se procedió a la desinfección del sustrato con una combinación de formol (1 litro de formol al 40% en 40 litros de agua), para que esta solución cumpla su efecto sobre el sustrato, se regó toda el área experimental de manera uniforme con regadera de chorro fino y luego se procedió a cubrirla completamente con una bolsa plástica (nylon) manteniéndolas así durante 1 semana (evitando la volatilización de los gases), transcurridos ese tiempo se mantuvo 48 horas descubierto para su venteado, técnica que previene enfermedades fungosas, patógenos y plagas tal como indican (Fossati y Olivera, 1996)

Foto 10. Desinfección y tapado del sustrato con nylon



Fuente: Bernal, 2017

d) Tratamientos pre germinativos

Se realizaron dos tratamientos pre germinativos a la semilla de *Pinus pseudostrobus* Lind, para los cuales se dispuso un lote de 600 semillas para cada tratamiento, el primer tratamiento consistió en remojar las semillas en un recipiente con agua a temperatura

ambiente por 24 horas, en el que se cambió de agua periódicamente para evitar la contaminación del agua y por ende de la semilla y para el segundo ensayo también se utilizó 600 semillas puras que fueron remojadas en agua hervida durante 30 minutos en un recipiente de plástico.

e) Siembra

Se sembraron las semillas en las almacigueras. Colocando 50 semillas por tratamiento, en total 1200 semillas para todo el experimento. La siembra de las semillas se hizo en hileras que tenían una distancia de 15 cm de hilera a hilera, tomando en cuenta una profundidad de 2 veces el tamaño de la semilla, aproximadamente 2 centímetros.

Después de la siembra se regó, con poca cantidad de agua para asegurar un buen contacto entre las semillas y el sustrato. Luego se procedió a tapar con paja durante el periodo de germinación para retener la humedad, calor y para evitar el ataque de animales. También encima de las almacigueras se colocó mallas de semisombra.

Foto 11. Siembra en las almacigueras de las semillas de *Pinus pseudostrobus* Lindl.



Fuente: Bernal, 2017

f) Labores culturales

- **Riego:** El riego se realizó empleando una regadera de chorro fino, distribuyendo uniformemente el agua en cada tratamiento. El tiempo de riego fue dos veces por semana.
- **Deshierbes:** Se efectuó el deshierbe desde el comienzo de la germinación, para evitar la competencia de las plantas con el *Pinus pseudostrobus*. El deshierbe se considera una de las actividades más importantes dentro de los cuidados en el almacigo
- **Control de Plagas y enfermedades:** Durante la germinación se tuvo problemas de plaga como las hormigas, se observó plantas volteadas, al principio, después ya fueron controladas.
Respecto a enfermedades no se presentaron problemas.

g) Diseño Experimental

El diseño experimental que se implementó es el de Bloques al azar con arreglo bifactorial, comprendido con 6 tratamientos y con 4 repeticiones, (Ochoa, 2007).

h) Modelo Lineal Aditivo

$$x_{ijk} = \mu + \beta_k + \alpha_i + \gamma_j + (\alpha\gamma)_{ij} + \epsilon_{ijk}$$

x_{ijk} = Una observación cualquiera.

μ = Media general.

β_k = Efecto de k-ésimo bloque

α_i = Efecto del i-ésimo nivel del factor A

γ_j = Efecto del j-ésimo nivel del factor B

$(\alpha\gamma)_{ij}$ = Interacción del i-ésimo nivel de A con j-ésimo nivel de B.

ϵ_{ijk} = Error experimental

i) Factores de estudio

Entre los factores de estudio se consideró como factor "A" los sustratos y factor "B" los tratamientos pre germinativos.

Factor A: Sustratos

a1= 2: Tierra del lugar, 2: micorriza, 2: turba, 1: arena

a2= 3: Tierra del lugar, 1/2: micorriza, 1: turba, 1: arena

a3= 2: Tierra del lugar, 1: micorriza, 3: turba, 1: arena

Factor B: Tratamientos pre germinativos

b1= Remojo de las semillas en agua durante 24 horas

b2= Remojo de las semillas en agua hervida 30 minutos

Cuadro 1. Tratamientos por efecto de interacción de factores

T1	a1b1
T2	a1b2
T3	a2b1
T4	a2b2
T5	a3b1
T6	a3b2

- **T1= a1b1:** 2 partes de tierra del lugar, 2 micorriza, 2 turba, 1 arena + remojo de las semillas en agua durante 24 horas
- **T2= a1b2:** 2 partes de tierra del lugar, 2 micorriza, 2 turba, 1 arena + remojo de las semillas en agua hervida 30 minutos
- **T3= a2b1:** 3 partes de Tierra del lugar, 1/2: micorriza, 1: turba, 1: arena + remojo de las semillas en agua durante 24 horas

- **T4= a2b2:** 3 partes de Tierra del lugar, 1/2: micorriza, 1: turba, 1: arena + Remojo de las semillas en agua hervida 30 minutos
- **T5= a3b1:** 2 partes de Tierra del lugar, 1: micorriza, 3: turba, 1: arena + Remojo de las semillas en agua durante 24 horas
- **T6= a3b2:** 2 partes de Tierra del lugar, 1: micorriza, 3: turba, 1: arena + Remojo de las semillas en agua hervida 30 minutos.

3.1.4.3 Variables de Respuesta

a) Determinación de la pureza física de la semilla

Este análisis se efectuó siguiendo la metodología del ISTA, 1976).

La pureza física de las semillas se determina en porcentaje, empleando la siguiente formula:

$$\% \text{Pureza} = \frac{\text{PSP} * 100}{\text{PTM}}$$

Donde:

PSP= Peso de semilla pura

PTM= Peso total de la muestra original

- Se trabajó con las semillas, pesando 2 gr en total junto con las impurezas que presentaba, en una balanza de precisión, se realizó cuatro repeticiones.
- Luego se separaron todas las impurezas presentes en la muestra.
- Se pesó separadamente la cantidad de semillas puras y las impurezas.
- Se determinaron parámetros estadísticos (media, desviación estándar, varianza y coeficiente de variación)

b) Determinación del número de semillas por kilogramo

El análisis se lo realizó siguiendo las normas (ISTA, 1977), modificado donde se pesó 1 gr. de semillas con 4 repeticiones, luego se contó la cantidad de semilla que existe en cada repetición y fueron registrados los datos obtenidos en kilogramos, con este resultado se calcularon los parámetros estadísticos (media, desviación estándar, varianza y el coeficiente de variación).

c) Determinación del porcentaje de germinación en laboratorio

Siguiendo la metodología del ISTA (1976):

- Se utilizaron semillas con cuatro repeticiones, con 100 unidades de semillas por repetición, en total se usaron 400 semillas.
- Se prepararon recipientes de plásticos y como sustrato se utilizó papel absorbente.
- Se distribuyó uniformemente las semillas en cada recipiente, humedeciendo constantemente el papel.
- Se tomó nota de las semillas germinadas.
- Para el cálculo del porcentaje de germinación se utilizó la siguiente formula:

$$\text{Porcentaje de Germinación} = \frac{\text{Numero de semillas germinadas}}{\text{Numero de semillas ensayadas}} \times 100$$

d) Determinación del contenido de humedad

Se procedió a pesar las semillas de la especie en estudio, realizando cuatro repeticiones. Se utilizó la siguiente formula:

$$\% \text{ del contenido de humedad} = \frac{\text{peso inicial} - \text{peso seco}}{\text{Peso inicial}} \times 100$$

e) Porcentaje de emergencia en almaciguera

La determinación del porcentaje de emergencia fue realizado a los 30 días de la siembra, se registraron, la cantidad de semillas empleadas en la siembra a chorro continuo y la cantidad de semillas emergidas, pudiendo de ese modo calcular la emergencia de las plántulas en porcentaje.

f) Determinación de la altura de las plántulas de *Pinus pseudostrobus*

Para la determinación de la altura de las plántulas fue necesaria la utilización de una regla milimétrica. Las mediciones se realizaron desde la base, hasta la última hoja de cada plántula, datos que fueron registrados quincenalmente

g) Determinación del número de hojas

Se efectuó un conteo en número de sus hojas, usando como parámetro evaluativo 15 días desde la aparición de las primeras hojas verdaderas, estos datos fueron registrados en planillas y luego fueron procesadas, posteriormente se realizó un análisis de varianza para los datos tomados.

h) Determinación del diámetro al cuello de la raíz

Se realizó con la ayuda de un vernier esto a la altura del cuello de la raíz, el registro de datos se inició cuando las plántulas alcanzaron de 5 a 8 cm.

i) Determinación de los usos actuales y potenciales

Con el propósito de dar nuevos lineamientos para una mejor y racional utilización de la especie en estudio así como de su uso potencial, se procedió a realizar una investigación bibliográfica sobre el aprovechamiento integral y óptimo de la especie en base a una metodología redactada.

IV. SECCION PROPOSITIVA

4.1 Análisis de Resultados

4.1.1 Características físicas de la semilla en Laboratorio

4.1.1.1 Pureza física de la semilla de *Pinus pseudostrobus* Lind.

En el cuadro siguiente se observan los resultados obtenidos en los ensayos para la determinación de la pureza física en semillas de *Pinus pseudostrobus* Lind.

Cuadro 2: Resultados de pureza física de la semilla de *Pinus pseudostrobus* en porcentaje

Repetición	Peso de semillas con impurezas (gr)	Peso de semillas limpias (gr)	% Pureza
1	2	1,53	76,50%
2	2	1,61	80,50%
3	2	1,29	64,50%
4	2	1,36	68%
Total	8	5,79	289,50%
Promedio	2	1,44	72,37%
Desvío Estándar			+/- 0.147
Coefficiente de Variación			10.22 %

Los resultados promedio obtenidos de un muestreo de cuatro repeticiones, reflejan los resultados de pureza física de las semillas presentando un valor de 72.3 %, lo que indica la poca presencia de impurezas.

Se puede observar que de 2 gr de semilla se tiene un peso promedio de semilla pura de 1,44 gr y solo 0,56 gr de peso de material inerte, desviación estándar es de 0, 147, con un coeficiente de variación de 10,2 % lo que indica que los datos son confiables y el manejo experimental fue excelente. Lo que nos indica que los valores de desvío estándar en pesos son muy bajos en términos de impurezas de semilla.

Las impurezas de la semilla de esta especie posee una membrana soldada ala semilla utilizada como órgano de dispersión, dicha membrana se denomina ala. Aunque el ala no interfiere para nada en la germinación de la semilla en algunos casos es necesario eliminar esa ala para reducir volumen en almacenaje o envasado comercial.

4.1.1.2 Número de semillas de *Pinus pseudostrobus* en un Kilogramo

En el siguiente cuadro se observa los resultados del número de semillas por kilogramo:

Cuadro 3: Numero de semillas en un Kilogramo

Repetición	No de semillas en 1 gr.	No de semillas en 1 Kg
1	48	48.000
2	53	53.000
3	52	52.000
4	52	52.000
Total	205	205.000
Promedio	51,25	51.250
Desvío estándar		+/- 2217,355
Coeficiente de variación		4.3 %

En el Cuadro 3, se observa el promedio en número de semillas de *Pinus pseudostrobus* en un kg de peso, alcanzando un valor de 51.250 semillas por kilogramo, sin embargo Patiño (1983) menciona que el número de semillas por kilogramo es de 37.371 semillas.

Lamprecht (1990) menciona al respecto que el hecho de que algunas semillas sean más pesadas que otras, se debe a que algunas semillas estén vacías, el tamaño inferior, como también estén podridas y secas

Además cabe indicar que 2217.3 semillas varían en el peso de un kilogramo, y un coeficiente de variación de 4.3 % lo que indica que los datos son confiables y se tuvo un buen manejo experimental.

4.1.1.3 Análisis del Porcentaje de Germinación

En el siguiente cuadro se observa los resultados del porcentaje de germinación.

Cuadro 4. Porcentaje de germinación de *Pinus pseudostrobus* Lind.

Repetición	Semillas ensayadas	Semillas germinadas	% Germinación
1	100	60	60
2	100	65	65
3	100	55	55
4	100	70	70
TOTAL	400	250	250
PROMEDIO	100	62.5	62.5
Desvió estándar			+/- 6,45
Coeficiente de variación			10.3%

Los resultados obtenidos de las cuatro repeticiones muestran que el porcentaje de germinación es casi uniforme, mostro un promedio de 62.5 %. Sin embargo para aumentar los porcentajes de germinación de las semillas, influyen factores externos como una adecuada humedad, temperatura, oxígeno e iluminación, y factores internos como la viabilidad de la semilla. (Bewley, 1994).

Además cabe indicar que 6.45 semillas varían en el porcentaje de germinación de las semillas de *Pinus pseudostrobus*, y un coeficiente de variación de 10.3 %.

4.1.1.4 Análisis del contenido de Humedad

En el siguiente cuadro se observa en porcentaje el contenido de humedad de las semillas de *Pinus pseudostrobus* Lindl.

Cuadro 5. Porcentaje del contenido de Humedad

Repetición	Peso Húmedo (gr)	Peso seco (gr)	% de humedad
1	2	1,82	9%
2	2	1,84	8%
3	2	1,83	8.5 %
4	2	1,84	8%
Total	8	7,33	34%
Promedio	2	1,83	8,30%
Desvío estándar			+/- 0.00577
Coeficiente de variación			6 %

Se observa que el promedio del porcentaje del contenido de humedad de la semilla de *Pinus pseudostrobus* es 8%, y un coeficiente de variación de 6%.

El bajo contenido de humedad es característico de semillas ortodoxas en el cual se incluye a *Pinus pseudostrobus*, el cual puede almacenarse de 6-8 % de humedad, tal condición permite mantener la viabilidad de la semilla por varios años. (Arriaga, 1994).

4.1.1.5 Determinación del porcentaje de Emergencia

Para determinar esta variable se realizó un conteo de plantines a los 30 días después de la siembra, se contó el número de plantines que emergieron por cada tratamiento.

Posteriormente para distinguir el efecto de los tratamientos se realizó un análisis de varianza, las medias del tratamiento se analizaron con la prueba de Duncan al 5% de significancia.

Cuadro 6: Análisis de Varianza para el porcentaje de emergencia.

F.V.	SC	GL	CM	Fc	P
Bloque	541,83	3	180,61	3,33	0.0483 *
Sustrato	444	2	222	4,09	0.0382 *
Tratamiento preg.	486	1	486	8,96	0.0091 *
Sustrato * Trat. Preg.	351	2	175,5	3,24	0.0679 NS
Error	813,67	15	54,24		
Total	2636,5	23			

C.V. = 12,33

* = Significativo

NS = No significativo

El análisis de varianza mostro un Coeficiente de variación de 12.33 %, lo cual significa que los datos son confiables y se encuentran por debajo del 30 % (Calzada ,1970).

Existen diferencias significativas para bloques, sustrato y tratamientos pre germinativo y no existe diferencias significativas entre la interacción de sustrato y tratamiento pre germinativo.

La germinación es más rápida cuando el contenido de agua del suelo está cerca a la capacidad de campo. El excesivo humedecimiento del sustrato o de las semillas deber ser evitado por cuanto interfiere a la adecuada aireación y disponibilidad de oxígeno (Fernández y Jhonston , 1986).

Comparación de Medias para el % de Emergencia para los diferentes sustratos:

Al realizar el análisis de varianza del cuadro anterior se determinó que si existe diferencias significativas entre los diferentes niveles de sustrato, las medias se analizaron en el cuadro 7 y grafico 1, mediante la prueba de Duncan al 5 % de significancia.

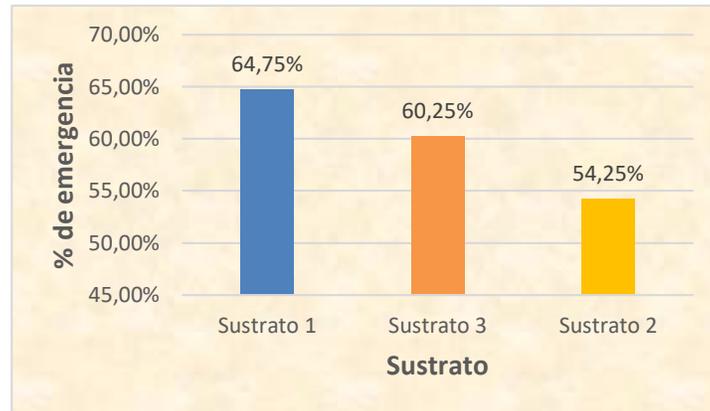
Cuadro 7: Comparación de medias en % de emergencia de semillas de *Pinus pseudostrobus Lind.* para los diferentes sustratos

Sustrato	% emergencia	Duncan 5%
Sustrato 1	64,75%	A
Sustrato 3	60,25%	A
Sustrato 2	54,25%	B

Promedios seguidos por la misma letra son no significativos

En el cuadro 7 se observa el porcentaje de emergencia de *Pinus pseudostrobus* donde el sustrato 1 (2 Tierra del lugar, 2 micorriza, 2 turba, 1 arena) presenta mayor porcentaje de emergencia con un valor de 64.75 % respecto al sustrato 3 (2 Tierra del lugar, 1 micorriza, 3 turba, 1 arena) con 60.2 % de emergencia. Mientras que el sustrato 2 (3 tierra del lugar, ½ micorriza, 1 turba, 1 arena) mostro bajo % de emergencia respecto a los anteriores niveles de sustrato.

Grafico 1. Promedio del % de emergencia de semillas de *Pinus pseudostrobus* para los diferentes sustratos



En el grafico 1, se observa el porcentaje de emergencia de las semillas de *Pinus pseudostrobus Lind* donde el sustrato 1 alcanza el mayor promedio de emergencia con un valor de 64.7 % de plantines, en comparación al sustrato 3 con un valor de 60.2% de emergencia, los cuales no presentan diferencias significativas.

Sin embargo el sustrato 2 presenta un valor de 54.2 % el cual si existe diferencia significativa. La proporción de sustrato si influye en el porcentaje de emergencia.

Bonner,(1993), indica que para obtener una buena emergencia, los sustratos deben mantenerse húmedos, a efecto de proveer la humedad necesaria durante el proceso germinativo, pero que una humedad excesiva, puede restringir la aireación, favorecer al Damping-off, e inhibir la germinación.

Por otra parte Niembro y Fierros (1990), mencionan que la germinación de las semillas se encuentra fuertemente influidas por las características físico-químicas del sustrato empleado, ya que puede favorecer o entorpecer la germinación.

Comparación de medias para el porcentaje de emergencia en los diferentes tratamientos pre germinativos

Cuadro 8: Promedio del porcentaje de emergencia en *Pinus pseudostrobus* por el efecto del tipo de tratamiento pre germinativo

Tratamiento Pre germinativo	% de Emergencia	Duncan (5%)
Agua T° 24 hrs.	64,25%	A
Agua hervida (30 min)	55,25%	B

En el cuadro 8, se observa los promedios del porcentaje de emergencia de las semillas de *Pinus pseudostrobus* Lind, donde el tratamiento pre germinativo de remojo en agua durante 24 horas muestra un promedio de 64.25 % mientras que el tratamiento remojo en agua hervida (30 min) tuvo un promedio de 55.2 % de emergencia.

Grafico 2. Promedio de emergencia de plántulas de *Pinus pseudostrobus* para los tratamientos pre germinativos



En el grafico 2 se observa la diferencia de los promedios en los distintos tratamientos pre germinativos. El tratamiento remojo en agua durante 24 horas muestra un mayor porcentaje de germinación. Mientras que el tratamiento remojo en agua hervida (30 min.)

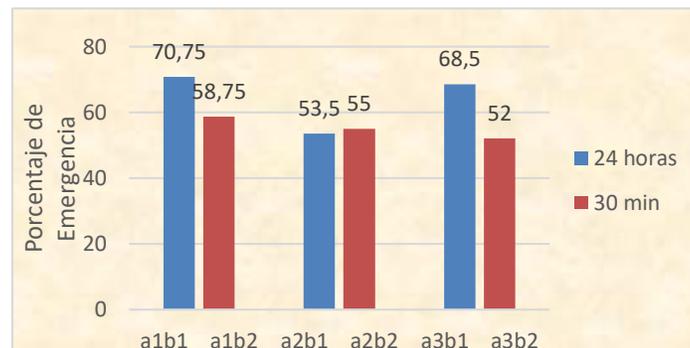
tuvo un menor porcentaje de germinación. El tratamiento pre germinativo influye en el porcentaje de emergencia de las semillas de pino. Mientras mas tiempo estén en remojo en agua se logró activar el proceso de germinación de la semilla.

Por su parte (CATIE, 1997), menciona que para obtener una germinación homogénea se recomienda sumergir las semillas en agua durante 12-24 horas, con lo que se obtiene un 80 a 95% de germinación en 12 a 16 días.

Patiño et al., (1983), recomienda emplear el remojo y estratificación durante 24 horas en agua fría y en un periodo de 3 semanas a una temperatura de de 0-4°C.

Por otro lado para acelerar la germinación se aplican diversos tratamientos pre germinativos uno de ellos es remojar la semilla en agua, el tiempo de remojo depende de la dureza de la testa por lo general en la especie del genero pinus es de 20 a 24 horas. Otra ventaja de remojar en agua, es que se detecta y elimina semillas vanas, la cual llega a tardar hasta tres horas en flotar, después de estar inmersa en agua. (Cuevas, 1995).

Grafico 3. Interacción entre los niveles de sustrato y tratamiento pre germinativo para el porcentaje de emergencia



En la variable de respuesta porcentaje de emergencia el mayor promedio obtuvo el tratamiento 1, con un valor de 70.75 % de plantines emergidos, con la interacción de sustrato 1 (2 tierra del lugar, 2 micorriza, 2 turba, 1 arena) y remojo en agua de la semilla durante 24 horas, el menor promedio obtuvo el tratamiento 6 con un valor de 52%, con

la interacción del nivel de sustrato 3 (2 tierra del lugar, 1 micorriza, 3 turba, 1 arena) y remojo en agua hervida durante 30 minutos.

4.1.1.6 Altura de plantines

Se realizó la medida de la altura de los plantines desde el cuello de la planta hasta la parte mas alta de la planta (hoja), haciendo uso de una regla milimétrica, luego se realizó un análisis de varianza para los datos tomados, las medias de los tratamientos se realizaron con la prueba de Duncan al 5 % de significancia.

Cuadro 9. Análisis de Varianza para altura de la planta

F.V.	SC	GL	CM	Fc	F (5%)	
Bloque	1,09	3	0,36	2,89	0,0704	NS
Sustrato	2,27	2	1,13	9,04	0,0027	**
Tratamiento preg.	2,41	1	2,41	19,2	0,0005	**
Sustrato * Trat. Preg.	3,96	2	1,98	15,8	0,0002	**
Error	1,88	15	0,13			
Total	11,6	23				

C.V. = 6.2 %

NS= no significativo

****=** altamente significativo

En el cuadro 9, se observa el análisis de varianza para altura de la planta, con un coeficiente de variación de 6.2 % lo cual refleja que hubo un buen manejo de las unidades experimentales, y los datos son confiables.

No existen diferencias significativas entre bloques, pero si existe diferencias altamente significativas en el sustrato, tratamiento pre germinativo y la interacción de ambas.

Comparación de medias para la altura de planta en cm para los diferentes sustratos

Cuadro 10. Promedio de altura de plántulas de *Pinus pseudostrabus Lindl.* por sustrato

Sustrato	Altura de planta	Duncan (5%)
Sustrato 1	6,01	A
Sustrato 3	5,83	A
Sustrato 2	5,29	B

En el cuadro 10, se puede observar el promedio de alturas de plántulas por sustrato y la prueba de Duncan (5%) donde la proporción de sustrato 1 (2 tierra del lugar + 2 micorriza + 2 turba + 1 arena) presenta mayor promedio de alturas con 6.01 cm, en comparación con la proporción del sustrato 3 (2 tierra del lugar + 1 de micorriza + 3 turba + 1 arena), con un valor de 5.83 cm, seguido por el sustrato 2 (3 tierra del lugar + ½ micorriza + 3 turba + 1 arena) con 5.29 cm.

Grafico 4: Altura de planta en cm por el tipo de sustrato utilizado



Según los datos obtenidos, la diferencia de valores en altura de planta en cm fue estadísticamente diferente entre sustratos 1 y 3 con el sustrato 2..

En cuanto a la altura de planta, se tuvo una altura promedio producto de la sumatoria de los tres sustratos un valor de 5.71 cm, además se observaron que los sustratos tuvieron

diferencias en su comportamiento en cuanto a esta variable, deduciéndose que los factores de temperatura generada por la llegada del sol indirecto y humedad ambiente fueron favorables para el desarrollo del cultivo en parte de su ciclo vegetativo, observándose producto de aquellos factores plantas erectas con tallos. Demostrando de esta manera que la proporción de sustrato cuando se combina tierra del lugar, micorriza, turba y arena, influye en el crecimiento de las plántulas de pino.

Comparación de medias para la altura en cm de las plántulas en los diferentes tratamientos pre germinativos

Cuadro 11. Promedio de la altura en cm en *Pinus pseudostrobus* por el efecto del tipo de tratamiento pre germinativo

Tratamiento Pre germinativo	Altura de plántulas (cm)	Duncan (5%)
Agua T° 24 hrs.	6.03	A
Agua hervida (30 min)	5.39	B

Promedios seguidos por la misma letra son no significativos

Los promedios de altura de planta por el tipo de tratamiento pre germinativo utilizado, el tratamiento de remojo en agua a temperatura ambiente por 24 horas presenta un mayor promedio de 6.03 cm., y el de remojo en agua hervida (30 min) tuvo un promedio de 5.39 cm.

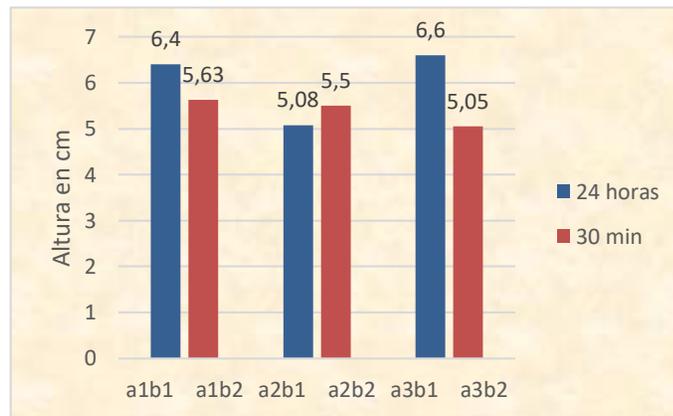
En el cuadro 11, se observa la prueba de Duncan (5%), que se realizó a la altura de planta y el promedio de altura de planta por el efecto del tipo de tratamiento pre germinativo utilizado, donde si se encontró diferencia significativa entre ambos tratamientos.

Grafico 5. Altura de planta por efecto del tipo de tratamiento pre germinativo



En el gráfico 5, se observa la diferencia entre los promedios de altura de planta por influencia de cada tratamiento pre germinativo en las plantas de *Pinus pseudostrobus*, lo que demuestra que el tratamiento pre germinativo aplicado a la semilla, influye en el crecimiento en altura de las plántulas de pino.

Grafico 6. Interacción de los tratamientos niveles de sustrato vs. Tratamientos pre germinativos en la altura de planta



En el grafico 6 se puede observar que el tratamiento a3b1 obtuvo el mayor promedio de altura de planta con un valor de 6,6 cm, en cambio el tratamiento a3b2 presento un promedio bajo de 5,06 cm.

Los factores ambientales como la temperatura, humedad, radiación solar influyen en el crecimiento inicial de la planta. Para favorecer el crecimiento inicial en altura de las plantas la temperatura debe fluctuar entre 20 a 30 grados y humedad relativa de 50 a 70 %.(Cuevas, 1995).

4.1.1.7 Número de Hojas

Se realizó un conteo en número de hojas, posteriormente se realizó un análisis de varianza para los datos tomados (cuadro 12), las medias de los tratamientos se analizaron con la Prueba de Duncan a un nivel de significancia del 5%.

Cuadro 12: Análisis de varianza para el número de hojas

F.V.	SC	GL	CM	Fc	F (5%)	
Bloque	9,46	3	3,15	1,83	0,1844	NS
Sustrato	165,33	2	82,67	48,08	0,0001	**
Tratamiento preg.	135,38	1	135,38	78,73	0,0001	**
Sustrato * Trat. Preg.	37	2	18,5	10,76	0,0013	**
Error	25,79	15	1,72			
Total	372,96	23				

C.V.= 8.72 %

NS= No significativo

****=**altamente significativo

El análisis de varianza del cuadro 12, con relación al promedio de numero de hojas por plántula de *Pinus pseudostrobus* presenta un coeficiente de variación de 8.72%, que indica que se tuvo un adecuado manejo de las unidades experimentales, no existen diferencias significativas entre bloques, pero si existen diferencias altamente significativas entre sustratos y tratamientos pre germinativos, y entre la interacción de ambas.

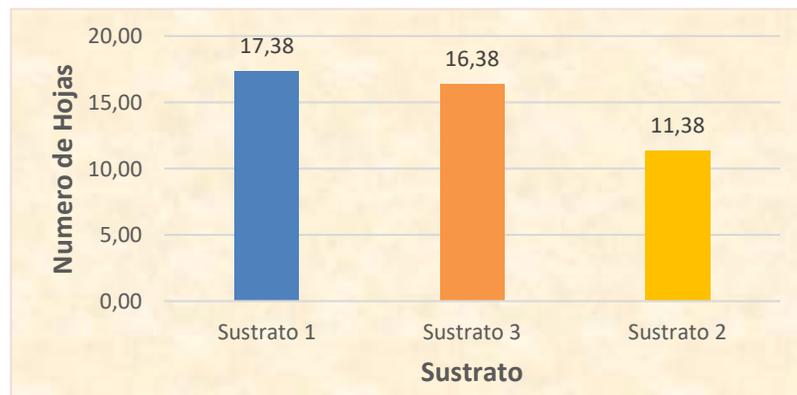
Comparación de medias de número de hojas para los diferentes tipos de sustrato

Cuadro 13. Comparación de medias del número de hojas de las plántulas para los diferentes niveles de sustrato.

Sustrato	No de Hojas	Duncan 5%
Sustrato 1	17	A
Sustrato 3	16	A
Sustrato 2	11	B

En el cuadro 13, se observan el promedio de número de hojas por plántulas de *Pinus pseudostrobus* por sustrato y la prueba de Duncan al 5%, donde la proporción de sustrato 1 (2 tierra del lugar + 2 micorriza + 2 turba + 1 arena) respectivamente, muestra mayor promedio con 17 hojas por plántula, en comparación con el sustrato 3 (2 tierra del lugar, 1 de micorriza, 3 turba, 1 arena), con un valor de 16 hojas, y por ultimo el sustrato 2 (3 tierra del lugar, ½ micorriza, 1 turba, 1 arena) presenta un valor de 11 hojas.

Gráfico 7. Número de Hojas por el tipo de sustrato utilizado



En el gráfico 7, se observa que el promedio de número de hojas por plántula de *Pinus pseudostrobus* por sustrato, presenta mejor valor el sustrato 1 con 17 hojas, seguido del sustrato 3 (16 hojas), el comportamiento no fue muy diferenciado para ambos

tratamientos en el resultado del número de hojas, sin embargo el sustrato 2 presenta un valor bajo de 11 hojas en promedio, lo cual si presenta una diferencia altamente significativa.

Comparación de medias para el número de hojas por tratamiento pre germinativo

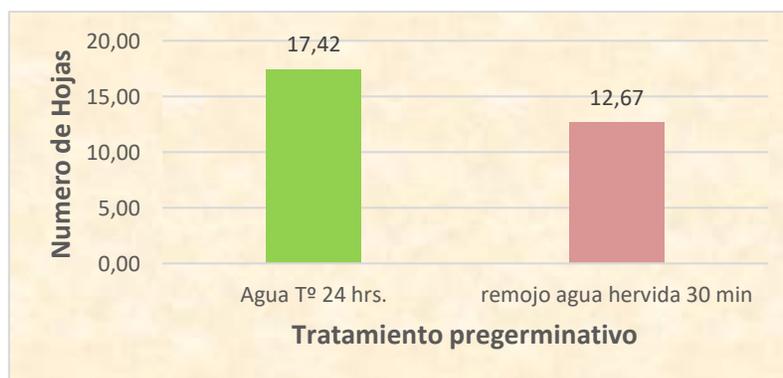
Cuadro 14. Comparación de número de hojas por efecto del tipo de tratamiento pre germinativo

Tratamiento Pre germinativo	Numero de hojas	Duncan (5%)
Agua T° 24 hrs.	17,42	A
remojo agua hervida 30 min	12,67	B

Los promedios del número de hojas de plantas por el tipo de tratamiento pre germinativo utilizado, el tratamiento de remojo en agua a temperatura ambiente por un lapso de 24 horas presenta el mayor promedio con 17.42 (17) hojas y el de remojo en agua hervida por 30 minutos el menor promedio con 12.67 (13) hojas.

En el cuadro 14, se observa los promedios de número de hojas por efecto del tipo de tratamiento pre germinativo utilizado y también la prueba de Duncan (5%), encontrándose diferencias significativas entre ambos tratamientos pre germinativos.

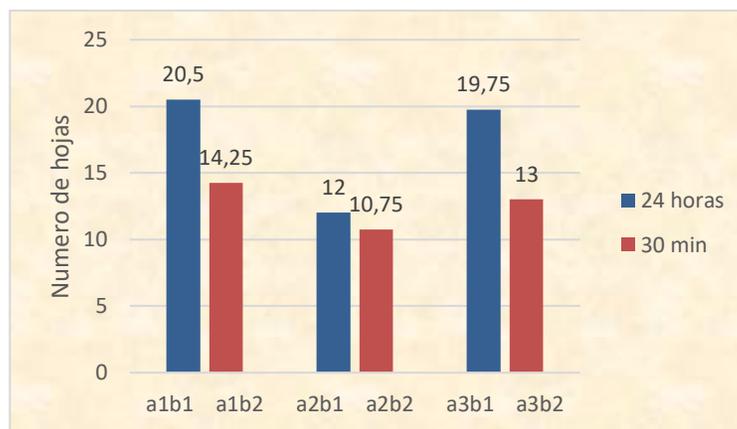
Gráfico 8. Número de hojas por tipo de tratamiento pre germinativo utilizado



En la gráfico 8, se observa la diferencia entre los promedios del número de hojas por influencia de cada tipo de tratamiento pre germinativo en las plantas de *Pinus pseudostrobus*.

Es frecuente ver en viveros, que plantas provenientes de semillas, presenten diferencias que se producen respecto de la pérdida del follaje basal en la primera fase del proceso de endurecimiento o de estrés hídrico. Mientras algunas de ellas no muestran ningún efecto físico a la falta temporal de agua en el sustrato, otras reaccionan disminuyendo o acelerando la abscisión de hojas, fenómeno que afecta al área foliar de las mismas (Coopman, 2005).

Grafico 9. Interacción de los tratamientos niveles de sustrato vs. Tratamientos pre germinativos en la variable número de hojas



En el grafico 9 se puede observar que el tratamiento a1b1 obtuvo un promedio de numero de hojas mayor con un valor de 21, en cambio el tratamiento a2b2 presento un un valor bajo con 11 hojas

4.1.1.8 Diámetro de raíz en mm

El procedimiento en toma de datos fue la siguiente: medir los diámetros de las plantas del cuello de la raíz, haciendo uso de un vernier. Los datos se los observa en el siguiente cuadro:

Cuadro 15: Análisis de Varianza para el diámetro de raíz en mm

F.V.	SC	GL	CM	Fc	F (5%)	
Bloque	0,03	3	0,01	1,23	0,3322	ns
Sustrato	0,23	2	0,11	13,2	0,0005	**
Tratamiento preg.	0,14	1	0,14	15,78	0,0012	**
Sustrato * Trat. Preg.	0,1	2	0,05	5,7	0,0144	*
Error	0,13	15	0,01			
Total	0,62	23				

C.V. = 6.34 %

NS= No significativo

**=altamente significativo

*= significativo

El cuadro 15 permite apreciar el análisis de varianza correspondiente al diámetro de cuello de raíz con un coeficiente de variación de 6.34 %, indicando que los datos son confiables, por encontrarse debajo del 30% siendo este el límite de confiabilidad (Calzada, 1970).

Por otro lado se puede observar que no existe diferencias significativas en el diámetro de cuello de raíz, debido a los bloques, en cambio sí existe diferencias significativas entre los diferentes niveles de sustrato utilizado en la investigación, y también en los tratamientos pre germinativos y la interacción de ambas.

Comparación de medias del diámetro del cuello de raíz por efecto del tipo de sustrato

Los promedios de diámetros al cuello de raíz por influencia del tipo de sustrato utilizado en el trabajo de investigación, donde el sustrato 1 presenta un promedio de diámetro de 1,58 mm, el sustrato 3 un promedio de 1,46 mm y el sustrato 2 un promedio de 1.34 mm.

Cuadro 16. Diámetro de cuello de raíz de la planta en mm por efecto del tipo de sustrato

Sustrato	Diámetro de raíz	Duncan 5%
Sustrato 1	1,58	A
Sustrato 3	1,46	B
Sustrato 2	1,34	C

En el cuadro 16, se observa la prueba de Duncan (5%) realizada al diámetro al cuello de raíz por el tipo de sustrato utilizado, el sustrato 1 presenta el mayor valor con 1.58 mm de diámetro de cuello de raíz, presentando diferencias significativas con el sustrato 3 y 2.

Grafico 10. Diámetro de cuello de raíz en mm por el tipo de sustrato utilizado



En el gráfico 10, se observa la diferencia estadística de los promedios de diámetro al cuello de raíz de las plantas de *Pinus pseudostrobus* respecto a la influencia de cada uno de los diferentes sustratos utilizados.

El sustrato protege a las raíces de las plantas durante su cultivo, transporte y plantación, por ello, el sustrato a utilizar debe asegurar el desarrollo óptimo de las plantas, proporcionándoles buena aireación, drenaje, nutrición y conformación del sistema radical. (Montoya y Camara, 1996).

- Comparación de medias del diámetro del cuello de raíz por efecto del tratamiento pre germinativo

Los promedios de diámetro al cuello de raíz por el tipo de tratamiento pre germinativo utilizado, fueron los de mayor promedio el de remojo en agua a temperatura ambiente por 24 horas con 1,53 mm de diámetro y el de remojo en agua hervida por 30 minutos obtuvo un promedio de 1,38 mm, como se observa en el cuadro 18 y gráfico 10.

Cuadro 17. Comparación de medias de diámetro de cuello de raíz en mm por efecto del tipo de tratamiento pre germinativo

Tratamiento Pregerminativo	Diámetro de raíz	Duncan (5%)
Agua T° 24 hrs.	1,53	A
remojo agua hervida 30 min	1,38	B

En el cuadro 17, se puede observar las medias de diámetro de cuello de raíz y la prueba de Duncan (5%) por efecto del tipo de tratamiento pre germinativo utilizado, si existiendo una diferencia significativa entre ambos tratamientos pre germinativos.

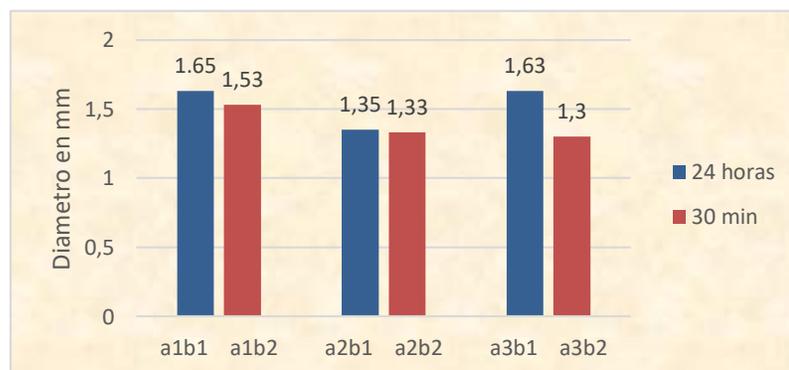
Grafico 11. Diámetro de cuello de raíz en mm por efecto del tipo de tratamiento pre germinativo



En el grafico 11, se observa la diferencia entre los promedios de diámetro de cuello de raíz por la influencia de cada tipo de tratamiento pre germinativo en la planta.

El diámetro de cuello de raíz de las plantas también es afectado por la modalidad de producción o ambiente de manejo de las mismas, en general las plantas producidas a cielo abierto son más gruesas que las producidas bajo sombra o en invernaderos (Escobar, 2007).

Grafico 12. Interacción de los tratamientos niveles de sustrato vs. Tratamientos pre germinativos en la variable diámetro de raíz



La interacción a1b1 obtuvo el mejor promedio de diámetro con un valor de 1,65 mm, debido a la proporción del sustrato 1 (2 tierra del lugar, 2 micorriza, 2 turba, 1 arena), y al tratamiento pre germinativo 1 (remojo en agua 24 horas). El tratamiento que obtuvo el promedio más bajo fue el a3b2 con un valor de 1,30 mm de diámetro.

4.1.1.9 Usos Actuales

Este es un pino de crecimiento rápido en sus etapas tempranas, de fustes largos y rectos buen productor de resina que se ocupa en el ramo industrial específicamente para la fabricación de brea y aguarrás, en el ramo farmacéutico esta resina se ocupa en productos para el tratamiento de problemas musculares.

Tiene madera de buena calidad la cual es usada para fabricar triplay, chapa, pulpa y papel, celulosa y los sobrantes son usados para la fabricación de rejas para empaque (Eguiluz, 1978; Martínez, 1992).

Su madera es muy usada en la fabricación de muebles rústicos para el hogar como mesas, sillas, etc. así como combustible o leña para la fabricación de alimentos.

Es una especie recomendable para plantaciones comerciales, también para su uso ornamental en campos deportivos y parques, debido a que su follaje semicolgante desprende un aroma agradable a resina. (Eguiluz, 1978)

V. SECCION CONCLUSIVA.

5.1 Conclusiones

De acuerdo a las variables de respuestas evaluadas en el trabajo de investigación y los análisis correspondientes se concluyó lo siguiente:

- En las características físicas de la semilla se concluye que: se obtuvo un buen promedio de porcentaje de pureza de la semilla de *Pinus pseudostrobus* con un valor de 72,3 %, lo que indica poca presencia de impurezas. El número de semillas en un Kilogramo alcanza un valor de 51.250 semillas por kilogramo. El contenido de humedad de las semillas es de 8%, y el porcentaje de germinación es de 62.5 % de semillas germinadas.
- En la variable de respuesta porcentaje de emergencia en campo se concluye que si existe el efecto de los diferentes niveles de sustrato y tratamiento pre germinativo donde el S1 (2 tierra del lugar, 2 micorriza, 2 turba, 1 arena), presenta el mayor porcentaje de emergencia con un valor de 64.75 % de semillas emergidas, y el mejor tratamiento pre germinativo es el remojo de la semilla en agua durante 24 horas presentando un valor de 64.25%.
- El tratamiento pre germinativo remojo de la semilla en agua durante 24 horas obtuvo los mejores valores en cuanto a altura de planta presentando 6.03 cm, el número de hojas fue de 18 hojas, y el diámetro de cuello de raíz fue de 1.53 mm.
- El efecto de los diferentes niveles de sustrato mostro mejores valores el S1 (2 tierra del lugar, 2 micorriza, 2 turba, 1 arena), el cual tuvo influencias en el crecimiento de la plántula, presentando una altura de de 6.01 cm, el S3 (2 tierra del lugar, 1 micorriza, 3 turba, 1 arena),

presento un valor de 5.83 cm, no existiendo diferencias significativas entre ambos tratamientos. En cambio el S2 (3 tierra del lugar, ½ micorriza, 1 turba, 1 arena) presento un valor de 5,29 cm.

- La variable número de hojas presento efectos por los diferentes niveles de sustrato. El S1 (2 tierra del lugar, 2 micorriza, 2 turba, 1 arena), tiene el mejor valor de 17 hojas, frente al S3 y S2 con valores de 16 y 11 hojas respectivamente.
- La variable diámetro de raíz mostro el mejor resultado con el S1 y tratamiento pre germinativo remojo de agua durante 24 horas, presentando un valor de 1, 58 mm, en cambio el S3 y S2 mostraron valores inferiores de 1,46 m y 1,34 m respectivamente, existiendo diferencias significativas entre los diferentes niveles de sustrato.
- Finalmente se concluye, la importancia de los tratamientos utilizando sustratos diferentes y remojo en agua en diferentes horas y diferentes formas para acelerar la germinación y permitir un desarrollo de la planta en mejores condiciones.

5.2 Recomendaciones

- Al analizar las características físicas de la semilla, por otro lado se recomienda realizar la longevidad, origen, manejo, cuidado y almacén de semillas de *Pinus pseudostrobus* Lindl.
- Tomando en cuenta los resultados de la presenta investigación se recomienda utilizar el T1(2 tierra del lugar, 2 micorriza, 2 turba, 1 arena) + remojo de semilla durante 24 horas, el cual se obtuvo los resultados significativos en altura, numero de hojas a comparación de los demás tratamientos.
- Son muchas las especies forestales introducidas que se adaptaron a las condiciones climatológicas de nuestro medio, por lo que se recomienda realizar más estudios referidos a la aplicación de sustratos y tratamientos pre germinativos, esto para facilitar información a instituciones y viveristas dedicados a las plantaciones forestales.

VI. BIBLIOGRAFIA:

- ABAD, M. 1991. Sustratos para la producción de planta forestal. in Jornadas sobre situación actual y técnicas modernas para la producción de plantas forestales. 7 y 8 de marzo de 1991. Asociación de Ingenieros de Montes y Departamento de Silvopascicultura de la UPM. Madrid.
- ABRAHAM DE NOIR, F. Y RUIZ DE RIBERI, M. 1995. Laboratorio de semillas forestales. En: Bosques y Desarrollo No 14. Organización Internacional de Maderas Tropicales. pp. 24-28.
- ALEMAN, F., DELGADO, M., GALLO, R., NINA, R., RIVERO, L., SALINAS, J., y TORREZ, W. 2005. Manejo de viveros forestales.
- ALVAREZ, O; VARONA J. 1998. Silvicultura. Editorial pueblo y Educación. La Habana Cuba. Pp. 28-71
- ARRIAGA, V., V. CERVANTES Y A. VARGAS-MENA. 1994. Manual de Reforestación con Especies Nativas: Colecta y Preservación de Semillas, Propagación y Manejo de Plantas. SEDESOL / INE – Facultad de Ciencias UNAM. México, D.F.
- BEWLEY, J.D. Y BLACK M. 1994. Seed: Physiology of Development and germination. Plenum Press, Nueva York.
- BIDWELL, R.G.S., (1993). Fisiología Vegetal. Primera Edición en Español, AGT Editor S.A.
- BONNER, F.T. 1993. Análisis de Semillas Forestales. Universidad Autónoma Chapingo. División de Ciencias Forestales. Serie de apoyo Académico No 47. Chapingo, México. 53 p.

- CALZADA J. 1982. Métodos estadísticos para la investigación. Ed. Milagros S. A. 5ta edición. 638 p.
- CARRERA, M.S. Y R. VILLASEÑOR. 1982. Ensayo de dos métodos de injerto en *Pinus pseudostrobus* Lindl. Boletín no 75. INIFAP. México D.F.
- CATIE. 1997. Nota técnica sobre manejo de semillas forestales. *Pinus pseudostrobus* Lindl. No. 13. Turrialba, Costa Rica.
- CHÁVEZ, D., R. KEYES Y V. M. CETINA. 1988. Efecto de densidad de población y fertilización en *Pinus pseudostrobus* Lindl. producidos a raíz desnuda. Sistemas de producción forestal en bosques templados. Rev. Agrociencia Núm. 72. Colegio de Posgraduados. Montecillos, México.
- COOPMAN, R.; 2005. Crecimiento, potencial de crecimiento radicular, relaciones del agua en la planta y resistencia al congelamiento de clones de *E. globulus* en respuesta a diferentes regímenes de endurecimiento a la sequía en vivero. Tesis de Magíster. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad de Concepción, Concepción, Chile. 59 pp.
- CUEVAS R. A., 1995, Calidad de Planta. In Viveros Forestales. Pub. Esp. 3. Centro de Investigación Disciplinaria en Conservación y Mejoramiento de Ecosistemas Forestales. INIFAP. México, D.F. 112 pag.
- DE LA PAZ P. O. Y OLVERA C. P. 1981. Anatomía de la madera de 16 especies de coníferas. Boletín Técnico. No. 69. INF. SARH. SFF. México, D. F. p. 89-94.
- EGUILUZ P. T. 1978. Ensayo de integración de los conocimientos sobre el género *Pinus* en México. Tesis Profesional. Escuela Nacional de Agricultura. Chapingo. México, D. F. 623 p.

- ESCOBAR, R., 2007. Manual de viverización *Eucalyptus globulus* y *Pinus radiata* a raíz cubierta. Proyecto INNOVA CHILE. Desarrollo de estándares de origen de semilla y calidad de la planta para el aumento de la productividad en plantaciones y bosques naturales. Trama Impresores S.A. hualpen, Chile 2007.
- ESCUELA NACIONAL DE CIENCIAS FORESTALES (HOND.) 1988. Variabilidad de los pinos centroamericanos; Taxonomía y nomenclatura de los pinos y otras Gimnospermas. Siguatepeque, Hond. CENIFA. Publicación Miscelánea no.7 24 p.
- FAO. 2000. MANUAL DE CAMPO, plagas y enfermedades de eucaliptos y pinos en el Uruguay. Apoyo a la defensa y protección de las plantaciones forestales en el Uruguay. 1991
- FAO. 1964, "Métodos de planificación Forestal en zonas áridas", FAO cuaderno de fomento forestal N° 16.
- FERNANDEZ, G.; JOHNSTON. 1986. Fisiología vegetal experimental. Servicio Editorial IICA. San José. Costa Rica. 428 p.
- FOSSATI, J. 1996. Sustratos en Viveros Forestales. Cbba Bolivia.
- GALLOWAY, G., y BORGIO, G., 1985. Manual de viveros forestales en la Sierra peruana. INFOR. Lima – Perú. 25 – 45 pag.
- GARCÍA M. J. J., MUÑOZ F. H. J. Y SÁENZ R. J. T. 2003. Algunas consideraciones básicas para la fertilización en los viveros forestales del Estado de Michoacán. Folleto Técnico. No. 3. INIFAP-SAGARPA. Uruapan, Mich. México. 20 p. Inédito.
- GARCIA M.J.J. 1996. Coníferas promisorias para reforestaciones en la Sierra Purhepecha. Agenda Técnica No 2. México. 79 p.

- GOITIA, L. 2003. Manual de Dasonomía y Silvicultura. Universidad Mayor de San Andrés-Facultad de Agronomía, Carrera de Ingeniera Agronómica. La Paz-Bolivia. 159 p.
- GUZMAN, W.2000. Comportamiento agronómico de tres variedades de cebolla (*Allium cepa* L.) con la aplicación de cuatro abonos orgánicos en la zona de cota cota – La Paz, Tesis de grado para obtener el grado de Licenciatura. UMSA. Facultad de agronomía. La Paz, Bolivia. Pp: 23.
- HARTMANN,T.; KESTER, E. D., 1997. Propagación de plantas. Principios y prácticas. Segunda edición. Editorial continental. México. 760 p.
- ISTA 1977. Asociación internacional de semillas. Roma estudio FA Montes, Nro.- 20/3. 458 p.
- JUSTICE, I., 1972. Guía para la manipulación de semillas forestales, 1991. ROMA Estudio FAO: Montes Nº 20/2. 502 P.
- LAMPRECHT, H. 1990. Silvicultura en los Trópicos. Cooperación Técnica, República Federal de Alemania. Traducido por Antonio Carrillo. GTZ. Eschborn. 335 p.
- LOHSE, L. 1997. Tesis de Grado: Evaluación Germinativa en Semillas de Mara (*Swietenia macrophylla*, King) en seis tipos de Substratos. Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Agronomía. La Paz-Bolivia. 86 p.
- MADRIGAL S.X. 1982. Claves para la identificación de las coníferas silvestres del Estado de Michoacan. Boletín Divulgativo No 58.INIF SARH. Mexico, D.F. 100 P.
- MARTÍNEZ M. 1948. Los pinos mexicanos. Segunda edición. Ediciones Botas. México. 361 p.

- MDSMA.1995. Ministerio de desarrollo sostenible y medio ambiente 1995. Mapa forestal de Bolivia. Memoria explicativa. La Paz, Bolivia.43 p.
- MORENO, A. 1984. Modelización cartográfica de densidades mediante estimadores Kernel. *Treballs de la Societat Catalana de Geografia*. Número especial dedicado a la memoria del doctor Salvador Llobet i Reverter (I): 155-170.
- MONTOYA, J.M. Y M.A. CÁMARA O. 1996. La planta y el vivero forestal. Ediciones Mundi– prensa. España. 127 p
- MULLER, PACHECO,; 2014. El contexto de la deforestación y degradación de los bosques en Bolivia, Santa Cruz Bolivia, 103 pag.
- MUÑOZ, C., V. PÉREZ, P. COBOS, R. HERNÁNDEZ & G. SÁNCHEZ 2003. Sanidad forestal. Guía en imágenes de plagas, enfermedades y otros agentes presentes en los montes. 575 pp. Madrid. Mundi-Prensa.
- NIEMBRO R.A. y FIERROS G.A.M. 1990. Factores ambientales que controlan la germinación de las semillas de pinos. En: Memoria. Mejoramiento Genético y Plantaciones Forestales. Centro de Genética Forestal, A.C. Chapingo, México. Pp 144.
- OCHOA, R.R. 2007. Diseños Experimentales, La Paz, Bolivia. 292 p.
- PATIÑO, F., P. DE LA GARZA,. 1983. Guía para la recolección y manejo de semillas de especies forestales. Boletín Divulgativo No. 63. INIF.
- PERRY, J.P. 1990.The Pines of Mexico and Central America. Timber Press. Portland, Oregon, E.U.A. 137-140 p.
- PEREZ, E.; BARROSA, J. 1993. Producción de planta y establecimiento de plantaciones de teca en el estado de Tabasco. 23 p.

- QUENALLATA, J. 2008. Aplicación de técnicas pregerminativas en semillas de teca (*tectona grandis* L.) en sapecho – la paz. Tesis de grado para obtener el grado de licenciatura. UMSA. Facultad de Agronomía. La Paz, Bolivia. 122 p.
- ROBERTS, E.H. 1973. Predicting the Storage Life of Seeds. *Seed Science and Technology*, 1, 499-514.
- RODRIGUEZ, M. (2008). Guía Manual de Especies Forestales. México. 952 pp.
- SANDOVAL M., C., V.M. CETINA A., R. YEATON, Y L. MOHEDANO C. 2001. Sustratos y polimeros en la producción de la planta de *Pinus cembroides* Zucc. bajo condiciones de invernadero. *Revista Chapingo Serie Ciencias forestales y del ambiente* 6(2): 143 – 150.
- SERRADA, R. 2000. Apuntes de Repoblaciones Forestales. FUCOVASA. Madrid.
- SIERRA, A., J. VÁZQUEZ-SOTO y D. RODRÍGUEZ. 1994. La Autoecología de *Pinus radiata* en la Cuenca de México. Serie Publicación Especial. División de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma de Chapingo. México.
- TARIMA, J. 2000. Manual de viveros (comunales y familiares). Modulos de capacitación en sistemas agroforestales. Modulo 4, 2º edición, Santa Cruz – Bolivia.
- TALAVERA I. 1996. Experiencias y logros en la propagación vegetativa por injerto en especies de Pino. Manuscrito. INIFAP.
- TRIVINO, T. ACOSTA, R. de: CASTILLO, A. 1990. Técnicas de manejo de semillas para algunas Especies Forestales Neotropicales en Colombia. Proyecto VONIF-CIID-INDERENA. Serie de Documentación No 19 Bogota. Colombia. 90 p.

- VASQUEZ, A. 2001. Silvicultura de plantaciones forestales en Colombia. Universidad de Tolima. Facultad de Ingeniería Forestal. Ibagué – Tolima.
- WILLAN, R.L. 1991. Guía para la manipulación de semillas forestales, estudio con especial referencia a los trópicos. FAO Montes 20/2. 502 p.
- YOUNG, R. A. 1991. Introducción a las Ciencias Forestales Ed. Noriega/LIMUSA, México D.F. 632 p.
- ZAMUDIO a. 1992. Obtención de semillas y material vegetativo de árboles y arbustos. Proyecto escuela, Ecología y Comunidad campesina. Lima –Peru. Pp 11-43.

Disponible en:

- (Maestría Desarrollo Local www.isead.es).
- (www.phytoma.com/sanidad-vegetal/avisos-de-plagas/coniferas-plagas-y-enfermedades-agosto-2017)
- (www.biodiversidad.gob.mx/especies/gran_familia/plantas/pinos/pinos.html)
- (http://www.euita.upv.es/varios/biologia/Temas/tema_17.htm)
- (<https://www.flores.ninja/micorrizas/>).

ANEXOS

ANEXO 1. Análisis de varianza para la emergencia

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	
BLOQUE	541,83	3	180,61	3,33	0,0483	*
SUSTRATO	444,00	2	222,00	4,09	0,0382	*
TRAT PREG	486,00	1	486,00	8,96	0,0091	*
SUSTRATO*TRAT PREG	351,00	2	175,50	3,24	0,0679	NS
Error	813,67	15	54,24			
Total	2636,50	23				

Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 54,2444 gl: 15

SUSTRATO Medias n E.E.

a1	64,75	8	2,60	A
a3	60,25	8	2,60	A B
a2	54,25	8	2,60	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 54,2444 gl: 15

TRAT PREG Medias n E.E.

24 h	64,25	12	2,13	A
48 h	55,25	12	2,13	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 54,2444 gl: 15

SUSTRATO TRAT PREG Medias n E.E.

a1	24 h	70,75	4	3,68	A
a3	24 h	68,50	4	3,68	A B
a1	48 h	58,75	4	3,68	B C
a2	48 h	55,00	4	3,68	C
a2	24 h	53,50	4	3,68	C
a3	48 h	52,00	4	3,68	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

ANEXO 2. Análisis de Varianza para la altura de planta

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
AP	4	24	0,84	0,75 6,20

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	
BLOQUE	1,09	3	0,36	2,89	0,0704	NS
SUSTRATO	2,27	2	1,13	9,04	0,0027	**
TRAT PREG	2,41	1	2,41	19,20	0,0005	**
SUSTRATO*TRAT PREG	3,96	2	1,98	15,80	0,0002	**
Error	1,88	15	0,13			
Total	11,60	23				

Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 0,1253 gl: 15

SUSTRATO Medias n E.E.

a1	6,01	8	0,13	A
a3	5,83	8	0,13	A
a2	5,29	8	0,13	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 0,1253 gl: 15

TRAT PREG Medias n E.E.

24 h	6,03	12	0,10	A
48 h	5,39	12	0,10	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 0,1253 gl: 15

SUSTRATO TRAT PREG Medias n E.E.

a3	24 h	6,60	4	0,18	A
a1	24 h	6,40	4	0,18	A
a1	48 h	5,63	4	0,18	B
a2	48 h	5,50	4	0,18	B
a2	24 h	5,08	4	0,18	B
a3	48 h	5,05	4	0,18	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

ANEXO 3. Análisis de Varianza para el Número de Hoja

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
No hoja	4	24	0,93	0,89 8,72

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	
BLOQUE	9,46	3	3,15	1,83	0,1844	NS
SUSTRATO	165,33	2	82,67	48,08	<0,0001	**
TRAT PREG	135,38	1	135,38	78,73	<0,0001	**
SUSTRATO*TRAT PREG	37,00	2	18,50	10,76	0,0013	**
Error	25,79	15	1,72			
Total	372,96	23				

Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 1,7194 gl: 15

SUSTRATO Medias n E.E.

a1	17,38	8	0,46	A
a3	16,38	8	0,46	A
a2	11,38	8	0,46	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 1,7194 gl: 15

TRAT PREG Medias n E.E.

24 h	17,42	12	0,38	A
48 h	12,67	12	0,38	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 1,7194 gl: 15

SUSTRATO TRAT PREG Medias n E.E.

a1	24 h	20,50	4	0,66	A
a3	24 h	19,75	4	0,66	A
a1	48 h	14,25	4	0,66	B
a3	48 h	13,00	4	0,66	B C
a2	24 h	12,00	4	0,66	C D
a2	48 h	10,75	4	0,66	D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Anexo 4. Análisis de Varianza para el diámetro de raíz

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
DIAM RAIZ	24	0,79	0,68	6,34

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	
BLOQUE	0,03	3	0,01	1,23	0,3322	NS
SUSTRATO	0,23	2	0,11	13,20	0,0005	**
TRAT PREG	0,14	1	0,14	15,78	0,0012	**
SUSTRATO*TRAT PREG	0,10	2	0,05	5,70	0,0144	*
Error	0,13	15	0,01			
Total	0,62	23				

Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 0,0086 gl: 15

SUSTRATO Medias n E.E.

a1	1,58	8	0,03	A
a3	1,46	8	0,03	B
a2	1,34	8	0,03	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 0,0086 gl: 15

TRAT PREG Medias n E.E.

24 h	1,53	12	0,03	A
48 h	1,38	12	0,03	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Test:Duncan Alfa=0,05

Error: 0,0086 gl: 15

SUSTRATO TRAT PREG Medias n E.E.

a1	24 h	1,63	4	0,05	A
a3	24 h	1,63	4	0,05	A
a1	48 h	1,53	4	0,05	A
a2	24 h	1,35	4	0,05	B
a2	48 h	1,33	4	0,05	B
a3	48 h	1,30	4	0,05	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Anexo 5. Mezcla de sustrato para los diferentes tratamientos



Anexo 6. Determinación del porcentaje de Pureza



Anexo 7. Peso de semillas de *Pinus Pseudostrobus* Lindl.



Anexo 8. Determinación del contenido de humedad mediante el secado



Anexo 9. Crecimiento de los primeros plantines



Anexo 10. Medición de datos

