

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



**TESIS DE GRADO**

**EFFECTO DE DOS TRATAMIENTOS PREGERMINATIVOS Y TRES  
NIVELES DIFERENTES DE SUSTRATOS EN LA GERMINACIÓN  
DE PINO (*Pinus radiata* D. Don.)**

**ROXANA EMILSE ESPINOZA ARGOLLO**

**LA PAZ - BOLIVIA**

**2014**

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

**EFFECTO DE DOS TRATAMIENTOS PREGERMINATIVOS Y TRES NIVELES  
DIFERENTES DE SUSTRATOS EN LA GERMINACIÓN DE PINO (*Pinus radiata*  
*D. Don.*)**

Tesis de Grado presentado como  
requisito parcial para optar el Título  
de Ingeniero agrónomo

**ROXANA EMILSE ESPINOZA ARGOLLO**

**ASESOR:**

**Ing. Luis Goitia Arze** .....

**TRIBUNAL EXAMINADOR:**

**Ing. Freddy Porco Chiri** .....

**Ing. Ph. D. Yakov Arteaga García** .....

**Ing. Eduardo Chilon Camacho** .....

**APROBADA**

**PRESIDENTE TRIBUNAL EXAMINADOR** .....

## *Dedicatoria*

*A mi padre Samuel Espinoza Condori y a mi madre Cristina Argollo Condo, por su confianza, empuje en la consolidación de mis metas, ejemplo de lucha, esfuerzo cotidiano y por brindarme siempre su incondicional apoyo en todas mis decisiones.  
A mis queridos hermanos: Cinda, Tatiana, Cristina, Saúl, Zulema y Vanessa.  
A todas las personas que me apoyaron desde el inicio de mi carrera universitaria.*

## *Agradecimientos*

*Quiero agradecer a quienes hicieron posible y dieron algo de sí para la realización de este trabajo:*

*A Dios, por permitirme existir, por cuidarme en todo momento, por darme fortaleza y ayudarme siempre a salir adelante y por darme muchas oportunidades.*

*Expreso mis sinceros agradecimientos a la Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Agronomía, por mi formación profesional.*

*A mi asesor el Ing. Luis Goitia Arze, por brindarme su conocimiento, orientación y entrañable amistad, ya que siempre me colaboró en todo momento para la presentación de este documento y por estar siempre pendiente de mi trabajo, por su constante preocupación para lograrlo.*

*A los miembros del tribunal revisor Ing. Freddy Porco Chirí, Ing. Yakov Arteaga García, Ing. Eduardo Chilon Camacho por apoyar con desprendimiento de tiempo por las sugerencias y recomendaciones en la redacción final del documento.*

*A mis amigas(os) con los que compartí momentos gratos e ingratos en la Universidad, Jhenny Mamani, Yeimy Cuellar, Maritza Roque, Helen Mamani, Yoli Rivera, Adriana Calatayud y a todas esas personas que estuvieron y están junto a mí.*

*Y finalmente, un recuerdo muy entrañable a mi amiga, Verónica Chino Mendoza que no pudo ver terminada esta tesis. Cada vez que escribo esta tesis me acuerdo de tí, por que pienso que tu no pudiste cumplir tus sueños por eso esta tesis está dedicada a tu memoria.*

## CONTENIDO GENERAL

	Paginas
Hoja de aprobación.....	i
Dedicatoria.....	ii
Agradecimientos.....	iii
Contenido.....	iv-vii
Índice de cuadros.....	viii-ix
Índice de gráficos.....	x
Índice de fotos.....	xi
Resumen.....	xii-xiii

## ÍNDICE GENERAL

<b>1.</b>	<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
1.1	Objetivo.....	3
1.1.1	Objetivo General.....	3
1.1.2	Objetivos Específicos.....	3
1.2	Hipótesis.....	3
<b>2.</b>	<b>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>4</b>
2.1	Pino radiata ( <i>Pinus radiata</i> D. Don).....	4
2.1.1	Origen y distribución geográfica.....	4
2.1.2	Descripción taxonómica.....	5
2.1.3	Características botánicas.....	5
2.1.3.1	Raíz.....	6
2.1.3.2	Tallo.....	6
2.1.3.3	Hojas.....	7
2.1.3.4	Estróbilos.....	7
2.1.3.5	Fruto.....	8
2.1.3.6	Semilla.....	8
2.1.4	Área de distribución.....	9
2.1.5	Distribución del cultivo.....	9
2.2	Fenología.....	9
2.3	Requerimientos ambientales.....	10
2.3.1	Temperatura.....	10
2.3.2	Precipitación.....	10
2.3.3	Suelos y Topografía.....	11
2.3.4	Altitud.....	11
2.4	Usos del <i>Pinus radiata</i> .....	11
2.5	Manejo silvicultural del <i>Pinus radiata</i> .....	12
2.5.1	Manejo forestal.....	12
2.6	Vivero forestal.....	12

2.6.1	Manejo del vivero.....	12
2.6.1.1	Elección del sitio para establecer un vivero.....	12
2.6.1.2	Preparación del terreno.....	12
2.6.1.3	Desinfección del sustrato.....	13
2.6.1.4	Métodos de siembra.....	13
2.6.1.5	Épocas de siembra.....	13
2.6.1.6	Espaciamiento.....	14
2.6.1.7	Características del sustrato.....	14
2.7	Control sanitario.....	14
2.7.1	Principales plagas y enfermedades.....	14
2.8	Labores culturales.....	15
2.8.1	Riego.....	15
2.8.2	Fertilización.....	15
2.8.3	Deshierbes.....	16
2.9	Propagación.....	16
2.9.1	Sexual o por semilla.....	16
2.9.2	Asexual o partes vegetativas.....	16
2.10	Semilla.....	17
2.10.1	Dormancia o latencia.....	17
2.10.1.1	Dormancia fisiológica.....	17
2.10.1.2	Dormancia física.....	17
2.11	Propiedades externas de la semilla.....	18
2.11.1	Pureza física.....	18
2.11.2	Número de semillas en un kilogramo.....	18
2.11.3	Contenido de humedad.....	19
2.12	Propiedades internas de la semilla.....	19
2.12.1	Viabilidad.....	19
2.12.2	Energía germinativa.....	19
2.12.3	Periodo de energía.....	20
2.12.4	Sanidad de la semilla.....	20
2.12.5	Tamaño de la semilla.....	20
2.13	Germinación.....	21
2.13.1	Proceso de la germinación.....	21
2.13.1.1	Imbibición.....	21
2.13.1.2	Digestión.....	22
2.13.1.3	Movilización y transporte de alimento.....	22
2.13.1.4	Respiración.....	22
2.13.2	Tipos de germinación.....	22
2.13.3	Condiciones para la germinación.....	23
2.13.3.1	Agua.....	23
2.13.3.2	Aire.....	23
2.13.3.3	Temperatura.....	24
2.13.3.4	Luz.....	24

2.14	Tratamientos pre germinativos.....	24
2.14.1	Remojo de semillas en agua a temperatura ambiente.....	24
2.14.2	Remojo de semillas en agua hirviendo.....	24
2.15	Sustratos.....	25
2.15.1	Tierra del lugar.....	25
2.15.2	Turba.....	25
2.15.3	Arena.....	25
2.15.4	Micorriza.....	25
<b>3.</b>	<b>LOCALIZACIÓN.....</b>	<b>27</b>
3.1	Ubicación del área de estudio.....	27
3.2	Descripción agroecológica de la zona.....	27
3.2.1	Clima.....	27
3.2.2	Vegetación.....	27
<b>4.</b>	<b>MATERIALES Y METODOLOGÍA.....</b>	<b>28</b>
4.1	Materiales.....	28
4.1.1	Material vegetal de estudio.....	28
4.1.2	Material de campo.....	28
4.1.3	Insumos.....	28
4.1.4	Material de laboratorio.....	28
4.1.5	Material de escritorio.....	28
4.2	Metodología.....	29
4.2.1	Procedimiento experimental.....	29
4.2.1.1	Recolección de la semilla.....	29
4.2.1.2	Secado de los frutos de <i>Pinus radiata</i> .....	29
4.2.1.3	Preparación de las almacigueras.....	29
4.2.1.4	Preparación del sustrato.....	30
4.2.1.5	Desinfección del sustrato.....	31
4.2.1.6	Tratamiento pre germinativo realizado a la semilla.....	32
4.2.1.7	Método de siembra.....	32
4.2.1.8	Labores culturales.....	33
4.2.1.9	Control de plagas y enfermedades.....	33
4.2.2	Diseño experimental.....	33
4.2.3	Modelo lineal aditivo.....	34
4.2.4	Factores de estudio.....	34
4.2.5	Tratamientos.....	35
4.3	Variables de respuesta.....	36
4.3.1	Determinación del porcentaje de pureza física de la semilla..	36
4.3.2	Determinación del número de semilla por kilogramo.....	36
4.3.3	Determinación del porcentaje de germinación.....	36
4.3.4	Emergencia de las plántulas en porcentaje.....	37
4.3.5	Determinación de la altura de planta.....	38
4.3.6	Determinación del número de hojas.....	38
4.3.7	Determinación del diámetro al cuello de raíz.....	38

4.3.8	Determinación de las propiedades físicas y químicas de los sustratos.....	39
4.3.9	Análisis de costos parciales.....	39
<b>5.</b>	<b>RESULTADOS Y DISCUSIONES.....</b>	<b>41</b>
5.1	Porcentaje de pureza.....	41
5.2	Número de semillas por kilogramo.....	42
5.3	Análisis del porcentaje de germinación.....	43
5.4	Emergencia en porcentaje.....	44
5.5	Altura de planta en centímetros.....	48
5.6	Número de hojas.....	52
5.7	Diámetro al cuello de raíz en mm.....	57
5.8	Propiedades físicas y químicas del sustrato.....	61
5.9	Costos parciales.....	63
<b>6.</b>	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>67</b>
6.1	Conclusiones.....	67
6.2	Recomendaciones.....	69
<b>7.</b>	<b>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>70</b>
<b>8.</b>	<b>ANEXOS.....</b>	<b>79</b>



## ÍNDICE DE CUADROS

	Página
<b>Cuadro 1.</b> Tratamiento pre germinativo realizada a la semilla de <i>Pinus radiata</i> .....	34
<b>Cuadro 2.</b> Niveles de sustrato utilizado.....	35
<b>Cuadro 3.</b> Tratamientos por efecto de interacción de factores.....	35
<b>Cuadro 4.</b> Promedio de pesos de semilla de <i>Pinus radiata</i> .....	41
<b>Cuadro 5.</b> Número de semillas en un kilogramo.....	42
<b>Cuadro 6.</b> Porcentaje de germinación de semillas de <i>Pinus radiata</i> .....	43
<b>Cuadro 7.</b> Análisis de varianza para la emergencia de los platines.....	44
<b>Cuadro 8.</b> Prueba de Duncan, comparación de medias de emergencia en % por efecto del tipo de tratamiento pre germinativo.....	45
<b>Cuadro 9.</b> Prueba de Duncan (5%), comparación de medias de emergencia de plantines de <i>Pinus radiata</i> para los diferentes sustratos.....	46
<b>Cuadro 10.</b> Análisis de Varianza para la prueba de efectos simples de emergencia de plántulas .....	47
<b>Cuadro 11.</b> Análisis de varianza para altura de planta.....	49
<b>Cuadro 12.</b> Prueba de Duncan (5%), comparación de medias de altura de planta en centímetros por efecto del tipo de tratamiento pre germinativo .....	50
<b>Cuadro 13.</b> Prueba de Duncan (5%), comparación de medias de altura de planta por efecto del tipo de sustrato .....	51
<b>Cuadro 14.</b> Análisis de varianza para número de hojas.....	53
<b>Cuadro 15.</b> Prueba de Duncan (5%), comparación de número de hojas por efecto del tipo de tratamiento pre germinativo.....	54
<b>Cuadro 16.</b> Prueba de Duncan (5%), comparación de medias del número de hojas de las plántulas para los diferentes niveles de sustrato.....	55
<b>Cuadro 17.</b> Análisis de varianza para diámetro de raíz.....	57
<b>Cuadro 18.</b> Prueba de Duncan, comparación de medias de diámetro de cuello de raíz por efecto de tratamiento pre germinativo.....	58

<b>Cuadro 19.</b>	Prueba de Duncan (5%), diámetro de cuello de raíz de la planta en mm por efecto del tipo de sustrato.....	59
<b>Cuadro 20.</b>	Análisis físico-químico de suelos del sustrato <b>b<sub>1</sub></b> (2 partes de tierra del lugar+ 3 de turba+ 1 de arena y 1 de micorriza).....	61
<b>Cuadro 21.</b>	Análisis físico-químico de suelos del sustrato <b>b<sub>2</sub></b> (2 partes de tierra del lugar+ 2 de turba+ 1 de arena y 3 de micorriza).....	62
<b>Cuadro 22.</b>	Análisis físico-químico de suelos del sustrato <b>b<sub>3</sub></b> (3 partes de tierra del lugar+ 2 de turba +1 de arena y 2 de micorriza)	62
<b>Cuadro 23.</b>	Presupuesto parcial sobre la aplicación de técnicas pre germinativas en semillas de pino ( <i>Pinus radiata</i> D.Don) para la producción de plantines en Bs.....	64
<b>Cuadro 24.</b>	Análisis de dominancia para los diferentes tratamientos.....	65
<b>Cuadro 25.</b>	Cálculo de la tasa de retorno marginal.....	65

## INDICE DE GRAFICOS

	<b>Página</b>
<b>Gráfico 1.</b> Promedio de emergencia de plántulas de <i>Pinus radiata</i> para los tratamientos pre germinativos.....	45
<b>Gráfico 2.</b> Promedio de emergencia de plántulas de <i>Pinus radiata</i> para los sustratos.....	47
<b>Gráfico 3.</b> Interacción tratamientos pre germinativos con niveles de sustrato respecto a la emergencia de plántulas.....	48
<b>Gráfico 4.</b> Altura de planta por efecto del tipo de tratamiento pre germinativo.....	50
<b>Gráfico 5.</b> Altura de planta en cm por el tipo de sustrato utilizado.....	51
<b>Gráfico 6.</b> Interacción tratamientos pre germinativos con niveles de sustrato respecto a la variable de altura de planta.....	52
<b>Gráfico 7.</b> Número de hojas por tipo de tratamiento pre germinativo utilizado.....	54
<b>Gráfico 8.</b> Número de hojas por el tipo de sustrato utilizado.....	56
<b>Gráfico 9.</b> Interacción tratamientos pre germinativos con niveles de sustrato respecto a la variable de número de hojas.....	57
<b>Gráfico 10.</b> Diámetro de cuello de raíz en mm por efecto del tipo de tratamiento pre germinativo.....	59
<b>Gráfico 11.</b> Diámetro de cuello de raíz en mm por el tipo de sustrato utilizado .....	60
<b>Gráfico 12.</b> Interacción tratamientos pre germinativos con niveles de sustrato respecto a la variable de altura de planta.....	61

## ÍNDICE DE FOTOS

	<b>Páginas</b>
<b>Foto 1.</b> Árbol de <i>Pinus radiata</i> (Ciudad de La Paz).....	6
<b>Foto 2.</b> Hojas de <i>Pinus radiata</i> .....	7
<b>Foto 3.</b> Estróbilos masculinos de <i>Pinus radiata</i> .....	7
<b>Foto 4.</b> Piña o cono de <i>Pinus radiata</i> .....	8
<b>Foto 5.</b> Semillas de <i>Pinus radiata</i> .....	9
<b>Foto 6.</b> Secado de los conos de <i>Pinus radiata</i> .....	29
<b>Foto 7.</b> Preparación de la almaciguera.....	30
<b>Foto 8.</b> División de los tratamientos y mezcla de sustratos.....	31
<b>Foto 9.</b> Desinfección del sustrato.....	31
<b>Foto 10.</b> Siembra en el almacigo de las semillas.....	32
<b>Foto 11.</b> Análisis del porcentaje de germinación de semillas de <i>Pinus radiata</i> .....	37
<b>Foto 12.</b> Emergencia de las plantas de <i>Pinus radiata</i> .....	38
<b>Foto 13.</b> Medición del diámetro de cuello de raíz.....	39

## RESUMEN

La investigación se realizó en la Estación Experimental de Cota Cota, Provincia Murillo del Departamento de La Paz. La especie en estudio fue pino (*Pinus radiata* D. Don). En el presente trabajo de investigación, se evaluó el comportamiento germinativo del *Pinus radiata*, bajo el efecto de dos tipos de tratamientos pre germinativos y tres tipos de sustratos.

Las variables de estudio fueron: Porcentaje de pureza física, número de semillas por kilogramo, análisis de porcentaje de germinación, porcentaje de emergencia, altura de planta en centímetros, número de hojas por planta, diámetro de cuello de raíz en mm y el análisis de Costos Parciales.

Los tratamientos fueron distribuidos bajo el diseño de Bloques Completos al Azar con arreglo de dos factores en tres repeticiones, donde los niveles del Factor A fueron los tratamientos pre germinativos: remojo en agua a temperatura ambiente por 48 horas y remojo en agua hervida por 45 minutos; los niveles del Factor B los sustratos: sustrato 1 (3 Turba, 2 Tierra del lugar, 1 arena y 1 micorriza), sustrato 2 (2 Turba, 3 Tierra del lugar, 1 arena y 2 micorriza), sustrato 3 (2 Turba, 2 Tierra del lugar, 1 arena y 3 micorriza).

Para su evaluación primeramente se analizó las características físicas de las semillas: Pureza física, Número de semillas en un kilogramo, porcentaje de germinación en laboratorio, resultados que aparentemente reflejaban una buena semilla.

Los resultados señalaron que el mayor porcentaje de emergencia fue el T1(remojo en agua a temperatura ambiente durante 48 horas en 3 partes de Turba, 2 Tierra del lugar, 1 arena y 1 micorriza) a comparación de los demás tratamientos, alcanzando un valor de 91%, esto a los 30 días desde la siembra, mientras tanto el T2 (semilla remojada en agua a temperatura ambiente por 48 horas en 2 partes turba + 3 tierra del lugar + 1 arena +2micorriza) ocupando el segundo lugar obtuvo 78,67% de emergencia, luego se tuvo el T5 (semilla remojada en agua hervida por 45 min en 2

partes de turba +3 tierra del lugar +1 arena +2micorriza) teniendo 68,67 % de emergencia y casi de la misma forma obtuvo el T4(semilla remojada en agua hervida por 45 min en 3 partes turba +2 tierra del lugar + 1 arena +1micorriza) con 65,83 % de emergencia y quedando en los últimos lugares el T6 (semilla remojada en agua hervida por 45 min en 2partes turba + 2 tierra del lugar + 1 arena +3micorriza) y T3 (semilla remojada en agua a temperatura ambiente por 48 horas en 2 partes turba + 2 tierra del lugar +1 arena +3 micorriza) con 52,7 % y 45,2% de emergencia respectivamente.

Se realizó la prueba de comparación de medias de Duncan al 5% de probabilidad y el análisis de varianza, con respecto al efecto que tuvieron los tratamientos sobre los plantines, no fueron muy significativos es así que los mejores resultados obtenidos en altura de planta con 7,8 cm, 82 hojas por planta y 1,85 mm de diámetro de cuello de la raíz, obtuvieron con la aplicación del T2 (semilla remojada en agua a temperatura ambiente por 48 horas en 2 partes turba + 3 tierra del lugar + 1 arena +2micorriza).

Tomando en cuenta los costos parciales para la producción de plantines de pino radiata, todos los tratamientos tuvieron un elevado costo, pero el menos costoso y técnicamente el más factible para su adopción fue el T4 (semilla remojada en agua hervida por 45 min en 3 partes turba +2 tierra del lugar + 1 arena +1micorriza) , haciendo énfasis al reconocer que el material vegetal (semilla) no cumplía con los suficientes requisitos para su aprovechamiento, pero el tratamiento T1(remojo en agua a temperatura ambiente durante 48 horas en 3 partes de Turba, 2 Tierra del lugar, 1 arena y 1 micorriza) aunque tuvo un elevado costo fue el que obtuvo mejores resultados en cuanto a beneficios que fue 950.569 Bs/tratamiento.

Tomando en cuenta los costos parciales para la producción de plantines de *Pinus radiata*, todos los tratamientos tuvieron un elevado costo, pero el menos costoso y técnicamente el más factible para su adopción fue el (T4), haciendo énfasis al reconocer que el material vegetal (semilla) no cumplía con los suficientes requisitos para su aprovechamiento, pero el tratamiento (T1) aunque tuvo un elevado costo fue el que obtuvo mejores resultados en cuanto a beneficios que fue 950,60 Bs/Ha.

## 1 INTRODUCCIÓN

La creación de nuevos recursos forestales, a través de plantaciones establecidas por el hombre, puede contribuir positivamente a recuperar terrenos que, por condiciones socioeconómicas, tecnológicas o inadecuada utilización, se encuentran abandonados, sin el menor uso productivo o en proceso de desertificación; y a la generación de riqueza para beneficio de sus propietarios. La incorporación de especies forestales madereras permitiría aumentar las posibilidades de trabajo, incrementar la productividad del suelo y por supuesto, la protección y conservación de los recursos edáficos, hídricos, de vegetación y fauna.

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). Datos estadísticos demuestran que en los últimos veinte años los niveles de deforestación han llegado a 270.000 hectáreas por año lo cual resulta significativamente alarmante.

Bolivia, un país con una cobertura importante de bosques naturales contribuye con el 1.28% de la cobertura forestal mundial 53.4 Millones de hectáreas de 4.135 millones de ha, de las cuales tenemos tierras de producción forestal permanente 28.8 millones de ha, por otra parte Bolivia se encuentra ubicado como el quinto país en el continente americano. El 2009, Bolivia cuenta con 58.470.000 hectáreas de bosques naturales, constituyendo un gran desafío su prevención y aprovechamiento sostenible. En los últimos años la superficie boscosa se ha visto gravemente afectada por la expansión de la frontera agrícola y ganadera (UDAPE, 2010).

Durante la última década las instituciones y organismos que realizan actividades de reforestación y establecimiento de plantaciones forestales, tanto en la zona urbana como en las áreas circunvecinas de la ciudad, se han considerado al *Pinus radiata* D. Don. Como una especie importante.

Por su rápido crecimiento en plantaciones de diversas partes del mundo y por la disponibilidad a nivel incluso internacional de semilla, el *Pinus radiata* se incluye de

manera importante como especie para los programas de reforestación y plantaciones.

La madera de esta especie posee unas cualidades técnicas muy aceptables (ligera, blanda y con poca resina), destacando su fibra larga, que la hace apreciada en la industria de al celulosa química (cartones, cartulinas y papeles con cierta resistencia) y la obtención de fustes sin curvaturas, por lo que las trozas son largas y rectas para su empleo en la construcción. Actualmente, la mayor parte de la madera de esta especie se destina a la industria del aserrío y tableros (Dans *et al.*, 1999).

Actualmente, en nuestro país no se dispone con mucha información sobre *Pinus radiata* D. Don. Actualmente si bien se dispone de gran información en lo referente a aspectos de métodos y técnicas básicas para establecer plantaciones forestales en otros países, no se cuenta con información ni trabajos realizados en esta especie en nuestro país, lo que ha provocado una falta de información en los usos importantes de esta especie.

Por tal motivo en la presente tesis se ha visto importante conocer la capacidad de germinación de la semilla, ya que los ensayos de germinación, juegan un papel muy importante en la producción y propagación de plantas destinadas tanto a plantaciones o para áreas deforestadas en nuestra ciudad, de ello se obtiene los resultados para utilizar los mejores y mas efectivos tratamiento pre-germinativos y sustratos adecuados.

La investigación es importante desde el punto de vista de la consolidación y complementación de información en lo que se relaciona al tratamiento que acelere el proceso de germinación que permitan producir plántulas uniformes en edad. Sembrados en un sustrato adecuado para su germinación y su posterior desarrollo, proponiendo de esa manera seis tratamientos.



## 1.1 OBJETIVOS

### 1.1.1 Objetivo General

- Determinar el comportamiento germinativo del *Pinus radiata*, bajo el efecto de dos tratamientos pre germinativos y en los diferentes niveles de sustratos.

### 1.1.2 Objetivos Específicos

- Determinar cuantitativamente el porcentaje de germinación del *Pinus radiata* en los diferentes niveles de sustratos en dos tratamientos pre germinativo aplicando a la semilla.
- Encontrar el tratamiento pre germinativo más favorable para la semilla y determinar el sustrato mas adecuado para la germinación de la semilla del pino radiata.
- Establecer la pureza física de la semilla, número de semillas/Kg, porcentaje de germinación de las semillas de pino (*Pinus radiata D. Don.*).
- Analizar la relación de costos parciales de los tratamientos pre germinativo

## 1.2 Hipótesis

Ho: Los diferentes niveles de sustrato no influyen en la germinación del pino (*Pinus radiata D. Don.*).

Ho: Los tratamientos pre germinativos no influyen en el proceso germinativo de las semillas de pino (*Pinus radiata D. Don.*).

Ho: Los costos parciales de los tratamientos son iguales.

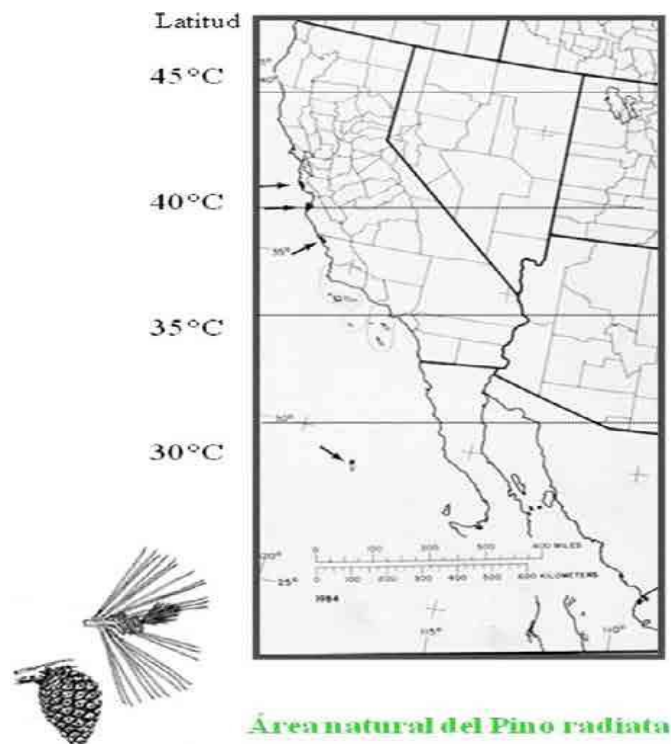
## 2 REVISION BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Pino radiata (*Pinus radiata* D. Don)

#### 2.1.1 Origen y distribución geográfica

Especie originaria de Monterrey (México), región ubicada dentro de las Costas Californianas, en los Estados Unidos. Fuera de su distribución natural ha sido plantado con buenos resultados en Canadá, Perú, Uruguay, Chile, Argentina, Ecuador, Bolivia, Australia, Nueva Zelanda, Inglaterra y España (Fernández, 1996).

El pino radiata o pino de Monterrey (*Pinus radiata* D. Don) es originario de la costa Pacífica de Norteamérica. Es uno de los pinos con un área natural más reducida, limitándose actualmente a unas 4.000 ha en las proximidades de la Bahía de San Francisco (California) (Aizpuru et al. 1996).



**Fig. 1.** Distribución de *Pinus radiata* en su zona original de California (EEUU) y las islas de Guadalupe y Cedros (México).

**Fuente:** McDonald & Laacke 1995

### 2.1.2 Descripción taxonómica

Según Rojas (2001), el pino radiata presenta la siguiente clasificación taxonómica:

<b>Familia</b>	: <i>Pinaceae</i>
<b>Subfamilia</b>	: <i>Pinoideae</i>
<b>Género</b>	: <i>Pinus</i>
<b>Especie</b>	: <i>Pinus radiata</i> D.Don
<b>Nombre común</b>	: <i>Pino de Monterrey</i>

Las poblaciones naturales de esta especie se diferencian en 2 variedades con 5 orígenes: var. *radiata*, que engloba los 3 orígenes continentales (Año Nuevo, Monterrey y Cambria); y var. *binata* (Engelm.) Lemmon [incl. var. *cedrosensis* (J.T. Howell) Silba], en las islas de Guadalupe y Cedros, en Baja California (Farjon 2010).

### 2.1.3 Características botánicas

Esta especie alcanza los 30-40 m de altura, con la corteza de color marrón rojizo u oscuro, poco grueso y algo agrietado. Se reconoce por sus acículas agrupadas de tres en tres, de 7 a 15 cm de largo. El crecimiento es estrictamente monopólico, con un eje principal ortótropo y ramificaciones secundarias regularmente espaciadas en falsos verticilos. Sus piñas son ovoideas, cortamente pedunculadas y muy asimétricas, de 7 a 15 cm de largo, con apófisis de las escamas externas muy prominentes y que permanecen largo tiempo cerradas en el árbol (López & Sánchez de Lorenzo 2004).

El carácter serótino de las piñas constituye una adaptación al fuego, pues se abren rápidamente tras los incendios (Farjon 2010).

El fenotipo es muy variable, en el mundo se han observado desde individuos vigorosos con fuste recto, copa densa, redondeada e irregular, hasta poblaciones de árboles bifurcados, encorvados, con madera nudosa y otros defectos (Sierra *et al.*, 1994).

**Foto 1.** Árbol de *Pinus radiata* (ciudad de La Paz)



Fuente: Espinoza, 2013

Algunos autores mencionan sus características organográficas:

#### **2.1.3.1 Raíz**

El pino posee un sistema radical potente con raíces laterales bien desarrolladas y muy extendidas. MacDouglas (1936) citado por Zas (2008), citó el hallazgo de un árbol cuyas raíces laterales se extendían 20 m. desde su base.

Lindsay, 1932 citado por FAO (1985), indica que las raíces superficiales se extienden por la capa de acículas mas que lo hacen la mayoría de los pinos.

#### **2.1.3.2 Tallo**

Erectos, con fisuras corteza marrón grisácea en la parte inferior y rojo anaranjada o pardo rojiza en la parte superior y en las ramas. La ramificación es completa en los ejemplares más jóvenes, presentando una forma piramidal bien definida. A medida que se va haciendo mayor, va perdiendo las ramas de debajo quedando un tronco muy alto desnudo con unas pocas ramas en la parte superior que le da un aspecto mas desgastado y con la copa más plana ([www.botanical-online.com](http://www.botanical-online.com))

### 2.1.3.3 Hojas

Hojas solitarias o agrupadas en fascículos en el extremo de ramas cortas o braquiblastos (ramas cortas con entrenudos próximos); simples, aciculares, lineares u oblongas, generalmente con canales resiníferos. (Killeen *et al.*, 1993)

Sus hojas son verde – azuladas, de entre 3 y 8 cm de longitud, punzantes; hojas jóvenes doblemente alargadas y dispuestas en grupos de 3 o 4 ([www.botanical-online.com](http://www.botanical-online.com)).

**Foto 2.** Hojas de *Pinus radiata*



Fuente: Espinoza, 2013

### 2.1.3.4 Estróbilos

Unisexuales; los estróbilos masculinos amentiformes, solitarios o agrupados, con numerosas escamas espiraladas, llevando cada una dos sacos polínicos en la cara inferior, los femeninos, solitarios sésiles o con pedúnculos corto, frecuentemente grandes, redondos o alargados, con muchas escamas biovuladas en la cara superior, protegidas por brácteas a veces muy desarrolladas (Killeen *et al.*, 1993).

**Foto 3.** Estróbilos masculinos de *Pinus radiata*



Fuente: Espinoza, 2013

Las flores masculinas y femeninas nacen por separado en el mismo árbol y aparecen durante la primavera y principios del verano. Las flores masculinas de color amarillas o rojizas ocurren en grupos de amentos cilíndricos, son pequeñas, verde a púrpura donde generalmente están cerca de las puntas de los brotes nuevos (Farjon 2010).

#### **2.1.3.5 Fruto**

Los conos son color marrón, miden de 5 a 21 cm de largo y de 2,5 a 10 cm de ancho, sus pedúnculos son cortos y algunas veces permanecen en el árbol por varios años. Cada cono contiene aproximadamente 200 semillas de color gris-pálido a negro con alas grandes (Lamprecht, 1990).

Sierra, A., J. Vázquez-Soto y D. Rodríguez (1994), indican que la apertura de conos se da entre agosto y octubre, y la dispersión de semillas de octubre a noviembre, Los conos son seróticos y persistentes, la mayor producción de semillas se da en árboles de 15 a 20 años de edad.

**Foto 4.** Piña o cono de *Pinus radiata*



Fuente: Espinoza, 2013

#### **2.1.3.6 Semilla**

Las semillas de *P. radiata* son aladas de hasta 4 mm de longitud de color negro grisáceo, miden de 0,5 – 0,7 cm de largo, con alas de 2 cm de largo. (Rodríguez, G. y Rodríguez, R. s.f.). Semillas con un ala unilateral, articulada o soldada a la testa. (Killeen *et al.*, 1993).

**Foto 5.** Semillas de *Pinus radiata*



Fuente: Espinoza, 2013

#### **2.1.4 Área de distribución**

Las poblaciones silvestres se encuentran en la actualidad en un proceso de declive, debido principalmente a la urbanización de buena parte de su área original y a la falta de incendios que estimulen la regeneración de aquellas poblaciones. A ello se ha venido a sumar, la reciente entrada de *Fusarium circinatum* (Farjon 2010).

#### **2.1.5 Distribución del cultivo**

Fuera de su región de origen, es una especie muy cultivada debido a su utilización en repoblaciones forestales. La mayor extensión actualmente se encuentra en el hemisferio sur, siendo en Australia y Nueva Zelanda la principal conífera productora de madera. En Nueva Zelanda ocupa 1.250.000 ha, en Chile 1.400.000 ha, en Australia 750.000 ha y en Sudáfrica 300.000 ha (Lavery & Mead 1998).

En el hemisferio norte, se cultiva a pequeña escala en Italia y, en cerca de 290.000 ha, en España. La mayor parte de la superficie está repartida por el País Vasco, Cataluña, Galicia, Asturias, Cantabria, Navarra y norte de las provincias de Burgos y León, habiéndose constituido por ello en un elemento del paisaje del norte de la Península Ibérica (Michel, 2004).

### **2.2 Fenología**

Mariscal (1992), citado por Paredes (2008), menciona que, la periodicidad de los elementos climáticos que conforman el medio ambiente físico: temperatura, precipitación, evapotranspiración potencial, radiación solar y evapotranspiración del

cultivo trae consigo cierto reflejo como una periodicidad análoga en la vida orgánica del ser viviente. La observación de estos períodos se denominan observaciones fenológicas, es decir el conocimiento de los fenómenos periódicos en la vida de las plantas.

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.

## **2.3 Requerimientos ambientales**

### **2.3.1 Temperatura**

Según McDonald & Laacke (1990), requiere escasa oscilación térmica anual, con temperaturas medias anuales de 9-11°C y 16-18°C en los meses de invierno y verano respectivamente. Temperaturas extremas de -5 y 41°C, con 300 días libres de helada al año.

Lamprecht (1990), señala que en el área de la distribución natural de esta especie existe un clima de tipo mediterráneo, con un invierno moderado, *P. radiata* solo soporta heladas leves durante el periodo de reposo y no crece en regiones con periodos secos marcadamente cálidos.

### **2.3.2 Precipitación**

FAO (1985), indica que se reporta un amplio rango de precipitación que va desde 350 a 1.000 mm. (14 a 39 pulgadas), con veranos secos; es susceptible a enfermedades de hongos donde los veranos son húmedos.

Según McDonald & Laacke (1990) las condiciones que necesita una precipitación media anual de gran variabilidad interanual, que disminuye de norte a sur entre 890 y 380 mm, con un máximo invernal, y ausencia de lluvias en Julio y Agosto.



### **2.3.3 Suelos y topografía**

*Pinus radiata* ocupa preferentemente suelos profundos bien drenados, por ej., suelos franco-arenosos medianamente fértiles. En suelos con suficiente contenido de cal la descomposición de la hojarasca ocurre sin dificultades. (Lamprecht, 1990).

Las características generales de los suelos generados en las litologías sobre las que se asientan estas masas forestales son: (McDonald y Laacke, 1990)

- Texturas francas, arenosas o arcillosas, según se consideren areniscas y granitos, o esquistos.
- Suelos profundos en pendientes moderadas, generalmente bien drenados.
- Acidez elevada, incluso inferior a 5 en muchos casos.
- Acumulación de una capa de mantillo de varios centímetros, formada fundamentalmente por hojas en descomposición y otros restos orgánicos.

### **2.3.4 Altitud**

Lamprecht (1990), menciona que las plantaciones de las zonas tropicales se concentran principalmente en los sitios altos, entre 1500-3000 msnm.

### **2.4 Usos del *Pinus radiata***

Rodríguez (2000), indica que la madera del *Pinus radiata* es utilizada en la fabricación de muebles, cajonería, en la construcción para encofrados, como postes para construcciones. Tiene celulosa de la cual se obtiene pulpa para papel.

*Pinus radiata* se planta en extensos arboricultivos, ya que el rápido crecimiento y a las buenas propiedades de su madera permiten emplearla para elaborar los más diversos productos; es suave y de poca durabilidad natural, puede ser impregnada con facilidad y es adecuada para la producción de pulpa(Lamprecht, 1990).

El mismo autor indica que a pesar de su fuerte tendencia a formar ramaje grueso y de la mala capacidad de podarse naturalmente, su madera también se emplea para la construcción, en interiores y en exteriores. Las secciones libres de ramas pueden ser desbobinadas con facilidad (producción de chapas y tableros).

La madera de esta especie posee unas cualidades técnicas muy aceptables (ligera, blanda y con poca resina), destacando su fibra larga, que la hace apreciada en la industria de al celulosa química (cartones, cartulinas y papeles con cierta resistencia) y la obtención de fustes sin curvaturas, por lo que las trozas son largas y rectas para su empleo en la construcción (Dans *et al.*, 1999).

## **2.5 Manejo silvicultural del *Pinus radiata***

### **2.5.1 Manejo Forestal**

Lamprecht, (1990), señala que el pino insigne es una especie semiheliofita, capaz incluso de formar un sotobosque vigoroso. Fructifica por primera vez a la edad de 6 años. Cuando la humedad atmosférica es constantemente alta, los conos se mantienen cerrados en el árbol aun después de madurar, de modo que la liberación de semilla eventualmente ocurre después de varios años. Para abrir los conos cerrados después de cosechados, basta con secarlos al aire.

### **2.6 Vivero Forestal**

Alemán *et al.* (2005), indican que un vivero forestal es un área destinada a la producción de plántulas 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.

#### **2.6.1 Manejo del vivero**

##### **2.6.1.1 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 tasas de crecimiento y la calidad de los plantines (Pérez y Barrosa, 1993).

##### **2.6.1.2 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).

#### **2.6.1.3 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 250cm<sup>3</sup> de formalina (formol) al 40%, en 15 litros de agua para 3 m<sup>2</sup> 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 rhizocol-P al 0.3%.

#### **2.6.1.4 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.

#### **2.6.1.5 Época de siembra**

En las comarcas en las que se registran fuertes heladas en invierno, tal y como ocurre en el interior de Lugo, es preferible plantar a principios de primavera. En las comarcas con sequía en verano es conveniente plantar con las primeras lluvias de otoño Sierra *et al.* (1994).

### **2.6.1.6 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.

### **2.6.1.7 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.

## **2.7 Control sanitario**

### **2.7.1 Principales plagas y enfermedades**

FAO (1964), señala que en las zonas interandinas de Bolivia se han encontrado taladros en los brotes terminales.

Sierra *et al.* (1994), Es común la incidencia del mal de los semilleros “Dumping-off”, para su control se recomienda aplicar riegos acidulando el agua con ácido fosfórico o bien reducir la densidad de siembra.

En cuanto a los hongos generadores de distintas enfermedades (Muñoz *et al.* 2003), detecta, entre otros, los siguientes:

**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*.

## 2.8 Labores culturales

### 2.8.1 Riego

FAO (1985), menciona que el día anterior a la siembra se riegan las camas a razón de cuatro litros de agua por m<sup>2</sup>. Media hora antes de la siembra se repite el riego, con la misma cantidad.

La cantidad y frecuencia de los riegos dependerá principalmente del tipo de suelo y las condiciones climatológicas del lugar, sin embargo en grandes elevaciones es recomendable un buen programa de riego para el primer año para no tener problemas de mortandad, sobre todo en zonas de aridez moderada (Magaña, 1996).

### 2.8.2 Fertilización

Zambrana (1987), indica que, para hacer un programa de fertilización es importante conocer el ciclo de nutrientes dentro de la plantación, cuyos aportes por lo general proceden de la aportación de la lluvia, la actividad de microorganismos, de la descomposición de la materia orgánica y del material geológico.

De acuerdo a Bertsch (1995) citado por Paredes (2008), existen 16 nutrimentos que se consideran esenciales para el desarrollo vegetal. Un nutrimento es esencial para una planta cuando cumple con las siguientes tres condiciones:

- Su ausencia reduce drásticamente el crecimiento.
- Su ausencia produce síntomas visuales
- Los síntomas son superables con el suministro del nutrimento.

Fonseca y Heredia (2004), indican que una aplicación de N, P, K al establecimiento puede mejorar el crecimiento permitiéndole a las plantas mayor capacidad para competir con las hierbas no deseables.

### **2.8.3 Deshierbes**

Arriaga *et al.* (1994), señalan que 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.

Un problema estrechamente relacionado con la sobrevivencia de las plantaciones es la competencia por humedad, luz y nutrientes, por lo que es necesario realizar continuamente deshierbes y escardas, que disminuyan dicha competencia (Magaña, 1996).

El control puede ser manual, con azadón o mediante el uso de herbicidas para suprimir la maleza. El uso constante de agroquímicos similares puede tener como resultado la tolerancia de la maleza a este tipo de agroquímicos y afecta al medio ambiente (Merlin, 2002).

## **2.9 Propagación**

Hartmann y Kester (1997), mencionan, que la propagación de plantas consiste en efectuar su multiplicación por medios tanto sexuales como asexuales:

### **2.9.1 Sexual o por semilla**

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.

### **2.9.2 Asexual o partes vegetativas**

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.

## **2.10 Semilla**

Aleman *et al.* (2005), indica que semilla es toda estructura botánica de origen sexual o asexual destinada a la siembra, plantación o propagación de una especie o variedad. Esto quiere decir que semillas son granos y/o frutos de los arboles pero también son estacas o plantines destinados al establecimiento de plantaciones forestales.

La semilla es el medio principal para el que las plantas se perpetúan de generación en generación. La vida de la semilla es una serie de eventos biológicos (Tarima, 2000).

### **2.10.1 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.

#### **2.10.1.1 Dormancia fisiológica**

Se la conoce también como dormancia endógena o interna. Se caracteriza por que las semillas, aunque maduras anatómicamente, no pueden germinar hasta que ocurran complejos cambios fisiológicos en el embrión, los cotiledones o el endospermo, en este caso la dormancia se asocia con la incapacidad del embrión para movilizar las reservas de alimentos contenidos en el endospermo o en los cotiledones. (Tarima, 2000)

#### **2.10.1.2 Dormancia física**

También se llama dormancia forzada o morfológica. Generalmente ocurre por una condición morfológica que impide la germinación de la semilla o algunos tipos de cubiertas pueden ser tan duros que no permiten el desarrollo del embrión impidiendo

el paso de la humedad y los gases, indispensables para el inicio de la germinación. (Tarima, 2000)

## **2.11 Propiedades externas de la semilla**

### **2.11.1 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)

### **2.11.2 Número 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 replicas 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.



### **2.11.3 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.

Según ISTA (1977), define el contenido en agua de una muestra como el peso que haya perdido al desecarla o bien la cantidad de agua obtenida al destilarla, ya que ambos métodos, secado y destilación, son los admitidos en estas reglas. La humedad se expresa en porcentaje del peso de la muestra inicial.

## **2.12 Propiedades internas de la semilla**

### **2.12.1 Viabilidad**

Lohse (1997), indica que, es la capacidad que poseen algunas semillas de permanecer vivas durante un tiempo estando en dormancia, y germinan cuando se aplican métodos de pre germinación.

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.

### **2.12.2 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.

Willan (1991), menciona a Foro y Robertson, (1977), los cuales definen que la energía germinativa como el porcentaje, en número de semillas de una muestra determinada que germinan dentro de un período determinado (que se denomina el

período de energía) por ejemplo en siete o catorce días, en óptimas o determinadas condiciones , el porcentaje en número de semillas de una muestra determinada que germinan hasta llegar el momento de germinación máxima, que generalmente significa el número máximo de germinación en 24 horas.

### **2.12.3 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).

### **2.12.4 Sanidad de la semilla**

Willan (1991), indica que la manipulación deficiente en el bosque, durante el tránsito 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.

### **2.12.5 Tamaño de la semilla**

En la propagación para obtener una mayor capacidad de germinación y un mayor crecimiento inicial de las plántulas, se debe emplear semillas medianas y grandes. En pino (*Pinus radiata*) las semillas más grandes emergen más rápido que las medianas y pequeñas. En un estudio Escobar y Peña, (1985) citado por (Arregui et al., 1999), determinaron que con un 82% de germinación de las semillas de pino mas grandes emergieron a los 22 días en cambio las semillas medianas y chicas con el mismo porcentaje de germinación emergieron a los 28 y 37 días respectivamente.

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.

## **2.13 Germinación**

Trujillo (1996) citado por Paredes (2008), recuerda que como todo ser vivo, la semilla muere. Antes de sembrarla es conveniente conocer la calidad mediante una prueba de inspección directa: se efectuara realizando un corte a la semilla, y observar que tenga su endospermo completo, sano, sin coloraciones indicadoras de muerte de los tejidos y con aspecto normal.

Tarima (2000), indica que la germinación de la semilla es el desarrollo del embrión hasta la formación de la planta. Durante la germinación ocurre una serie de cambios bioquímicos, consistentes principalmente en la solubilización de los azúcares, proteínas y grasas de reserva, que sufren variaciones para poder ser asimilados.

Arregui et al. (1999), menciona que la germinación de semilla de pino lleva a cabo la primera primavera después de la dispersión. Sin embargo, bajo condiciones favorables la semilla puede germinar durante el verano o principios del otoño. Algunas especies tienen conos que se abren lentamente durante un período de años, o de repente después de incendios o tala.

### **2.13.1 Proceso de la Germinación**

Hartmann y Kester (1997), mencionan que el proceso de germinación puede dividirse en varias etapas consecutivas separadas pero que se empalman, que a continuación se describen:

#### **2.13.1.1 Imbibición**

Imbibición de agua; 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 coloideas 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.

#### **2.13.1.2 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.

#### **2.13.1.3 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.

#### **2.13.1.4 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.

### **2.13.2 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).

### **2.13.3 Condiciones para la germinación**

#### **2.13.3.1 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.

#### **2.13.3.2 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 a cabo 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).

### **2.13.3.3 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.

### **2.13.3.4 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).

## **2.14 Tratamientos pre germinativos**

### **2.14.1 Remojo de semillas en agua a temperatura ambiente**

Consiste en colocar las semillas a tratar en un atado de tela y sumergirla en un recipiente de agua a temperatura ambiente, durante 24, 48 o 72 horas, según la exigencia de cada especie, se debe retirar el atado con la semilla, se la escurre y se la extiende bajo sombra para que seque lentamente. (Tarima, 2000)

Según la FAO (1991), se remoja la semilla en agua fría por tiempos variables. Se debe tener cuidado en cambiar el agua por lo menos una vez al día para evitar problemas de fermentación. Indudablemente, este método es el de mayor facilidad y por lo tanto de mayor aplicación.

### **2.14.2 Remojo de semilla en agua hirviendo**

Consiste en colocar la semilla en un pedazo de tela fina, atarla en un palo y sumergirla en agua hirviendo a 80 grados por el tiempo de 1 a 2 minutos o dependiendo de las características de cada especie, luego se procede al secado (Tarima,2000).

Fossatí y Olivera (1996), por su parte indican que las semillas semipermeables se las debe colocar en un recipiente donde se hecha agua hervida en cantidad aproximada a 5 veces el volumen de la semillas, dejando entibiar en la misma agua por 48 horas.

## **2.15 Sustratos**

### **2.15.1 Tierra del lugar**

Según Fossati y Olivera (1996), la tierra del lugar son sustratos propios del lugar de estudio, por debajo de los 3000 msnm, la función de la tierra del lugar es sustituir, en forma barata y sencilla. Además, le da a la planta un medio parecido al que tendrá en su sitio de plantación.

### **2.15.2 Turba**

Para Agramonte *et al.* (1998), es un material que se utiliza como enmienda orgánica o como sustrato de cultivo. Consiste en una masa esponjosa enriquecida en abono proveniente de la descomposición de masas vegetales fundamentalmente herbáceas. La descomposición de estos restos vegetales es parcial pues ocurre en zonas pantanosas bajo condiciones anaeróbicas. Por sus grandes cualidades es el material base para cualquier sustrato ya que los vegetales que le dan origen tienen la propiedad de ser muy higroscópicos aun después de muertos.

### **2.15.3 Arena**

Según Hidalgo *et al.* (1997), la arena es una de las sustancias mas utilizadas de sustratos, aunque se emplea en pequeñas cantidades. La arena mejora la estructura del sustrato, pero aporta peso al mismo, las arenas utilizadas no deben tener elementos nocivos tales como sales, arcillas o plagas.

### **2.15.4 Micorriza**

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

formando la red de Hartig o introduciendo sus hifas al interior del protoplasma celular (endomycorrizas).

El mismo indica que las micorrizas tienen hormonas que provocan el aumento de la cabellera radicular ampliando de esta manera la absorción de nutrientes, además protege de heladas y sequías, pH extremos, bloquea física y químicamente la actividad de patógenos en las raíces.

Para el buen desarrollo del pino es indispensable la presencia de hongos micorríticos: hongos que viven en una relación beneficiosa con las raíces. Los pocos viveros de la sierra que tienen buena producción de pino, son aquellos que han organizado un sistema adecuado de micorrización. (Gallowey y Borgo, 1985).



### **3 LOCALIZACIÓN**

#### **3.1 Ubicación del área de estudio**

El presente estudio de investigación se llevó a cabo en la Estación Experimental de Cota Cota, Provincia Murillo del departamento de La Paz.

IGM (1998) citado por Guzmán (2000), menciona que la zona de estudio se encuentra localizada a 15 Km del centro de la ciudad de La Paz y que los parámetros de ubicación geográfica son; 16°32'00" latitud sud y 68°00'00" longitud oeste, y una altitud que varia entre 3500 a 3600 m.s.n.m.

#### **3.2 Descripción agroecológica de la zona**

La descripción agroecológica de la zona de Cota Cota toma las siguientes características:

##### **3.2.1 Clima**

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. (SENAMHI)

##### **3.2.2 Vegetación**

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

## **4 MATERIALES Y METODOLOGÍA**

### **4.1 Materiales**

#### **4.1.1 Material Vegetal de estudio**

Para el presente trabajo de investigación se utilizó la semilla de pino (*Pinus radiata*), recolectadas en la misma Estación Experimental, de los pinos más representativos que existen en la estación experimental de Cota Cota.

#### **4.1.2 Material de Campo**

- Tierra del lugar
- Arena
- Pala, picota y rastrillos
- Regaderas
- Turba
- Micorriza

#### **4.1.3 Insumos**

- Bolsas de polietileno
- Formol al 40%
- Agua destilada

#### **4.1.4 Material de Laboratorio**

- Balanza de precisión
- pHmetro
- Microscopio
- Vernier
- Cajas petri
- Alcohol
- Pinzas

#### **4.1.5 Material de Escritorio**

- Computadora
- Cámara fotográfica
- Regla de medición
- Planillas de registro
- Calculadora
- Libreta de anotaciones

## 4.2 Metodología

### 4.2.1 Procedimiento Experimental

#### 4.2.1.1 Recolección de la Semilla

Uno de los parámetros mas importantes dentro del estudio, consistió en seleccionar cuatro arboles de pino mas representativos en los meses de marzo y abril, tomando en cuenta (árbol maduro, de buen porte y sano), para recolectar los frutos maduros y realizar el secado de los conos para la obtención de las semillas, esto en la misma estación.

#### 4.2.1.2 Secado de los frutos de *Pinus radiata*

Los frutos recolectados fueron analizados cuidadosamente y de esta manera proceder al secado en tres cajones, para evitar que con el viento las semillas salgan ya que las semillas son aladas, estas fueron expuestas al sol hasta que todos los frutos se empiecen a abrir.

**Foto 6.** Secado de los conos de *Pinus radiata*



Fuente: Espinoza, 2013

#### 4.2.1.3 Preparación de las almacigueras

Para este propósito se dispuso una de las almacigueras del área de Dasonomía y silvicultura, se cambió las mallas semisombra del vivero cubierto con malla zaranda a una altura de 1,00 m desde la superficie del suelo.

Una vez realizado el arreglo, 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). El área total de 5,00 m<sup>2</sup>, consta de tres repeticiones (cada repetición cuenta con 1,65 m<sup>2</sup>), con 18 unidades experimentales (cada unidad experimental de 0,55 m<sup>2</sup>).

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.

**Foto 7.** Preparación de la almaciguera



Fuente: Espinoza, 2013

#### **4.2.1.4 Preparación del sustrato**

La turba y la arena se las compró, mientras que la micorriza se la recolectó de una forma casera, por que se saco de al rededores de los árboles de pino que existe en la estación experimental. Todos los sustratos fueron cernidos con la ayuda de un cernidor fino para evitar que ingresaran otros materiales, luego se realizó las mezclas de acuerdo a la investigación planteada.

Luego se realizó la mezcla de los sustratos en partes, donde una parte de cualquier sustrato equivale a una pala se realizó tres niveles diferentes los cuales consistieron en:

**Sustrato 1:** 3 partes Turba, 2 Tierra del lugar, 1 arena y 1 micorriza

**Sustrato 2:** 2 partes Turba, 3 Tierra del lugar, 1 arena y 2 micorriza

**Sustrato 3:** 2 partes Turba, 2 Tierra del lugar, 1 arena y 3 micorriza

**Foto 8.** División de los tratamientos y mezcla de sustratos



Fuente: Espinoza, 2013

#### 4.2.1.5 Desinfección del sustrato

Después de haber establecido las áreas donde se prepararon los diferentes sustratos, se procedió a la desinfección de los mismos, 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 48 horas (evitando la volatilización de los gases), transcurridos ese tiempo se mantuvo también otras 48 horas descubierto para su venteado, técnica que previene enfermedades fungosas, patógenos y plagas tal como indican (Fossati y Olivera, 1996) .

**Foto 9.** Desinfección del sustrato



Fuente: Espinoza, 2013

#### 4.2.1.6 Tratamiento pre germinativo realizados a la semilla

Se realizaron dos tratamientos pre germinativos a la semilla de *Pinus radiata*, para los cuales se dispuso un lote de 1800 semillas para cada tratamiento, el primer tratamiento consistió en remojar las semillas en un recipiente con agua a temperatura ambiente por 48 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 dispuso 1800 semillas puras que fueron remojadas en agua hervida por 45 minutos en un recipiente de plástico.

#### 4.2.1.7 Método de siembra

Se procedió a la siembra en fecha 13 de mayo de 2012, almacigando 200 semillas por tratamiento, es decir 3600 semillas para todo el experimento. La siembra de las semillas se hizo en hileras que tenían una distancia de 5 cm de hilera a hilera, tomando en cuenta una profundidad de 2 veces el tamaño de la semilla, aproximadamente 2 centímetros.

Inmediatamente después de la siembra se regó, con poca cantidad de agua para asegurar un buen contacto entre las semillas y el sustrato. Se utilizó una regadera de chorro fino para evitar remover las semillas o erosionar las superficie del almacigo. Luego se procedió a tapar con nylon durante el periodo de germinación para retener la humedad, calor y para evitar el ataque de animales.

**Foto 10.** Siembra en el almacigo de la semilla de *Pinus radiata*



Fuente: Espinoza, 2013

#### **4.2.1.8 Labores Culturales**

##### **Riego**

La frecuencia de riego a las almacigueras se ajustó a las condiciones locales de la zona, es decir efectuándolo en la época seca. La siembra se produjo en el mes de mayo (inicio de época seca), se realizó el riego de manera uniforme en cada unidad experimental, el riego se realizó con la ayuda de una regadera de chorro fino día por medio en horas de la mañana.

##### **Deshierbes**

En las almacigueras el problema de competencia de las malezas es generalmente fuertemente agresiva para las plántulas, su eliminación desde el momento de la emergencia de las plántulas de pino es más aconsejable, lo cual se considera una de las actividades más importantes dentro de los cuidados en el almacigo, esta labor se realizó 1 vez por semana de forma manual y con la ayuda de un azadón para la limpieza de los pasillos y los alrededores del área experimental.

#### **4.2.1.9 Control de plagas y enfermedades**

En las primeras semanas de la emergencia de los plantines se tuvo el ataque de hormigas donde se perdió plantines en algunos tratamientos hasta el 30% de pérdida y se logró controlarlo hechando agua hervida en los hormigueros.

También se tuvo problemas de dumpin off pero muy poco y se controló reduciendo por un tiempo el riego excesivo y eliminando los plantines enfermos.

#### **4.2.2 Diseño experimental**

Debido a las condiciones de terreno y de campo, se escogió el Diseño de Bloques completos al Azar con arreglo bifactorial (Calzada, 1982), ya que todas las condiciones son homogéneas, se bloqueó la temperatura por esta razón el diseño indicado es el de bloques completos al azar.

El diseño esta formado por 6 tratamientos y 3 repeticiones, lo que conlleva a 18 unidades experimentales, las cuales están formadas por un área de 0.55 m<sup>2</sup> cada uno.

#### 4.2.3 Modelo lineal Aditivo

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

Donde:

- $Y_{ijk}$  = Una observación cualquiera
- $\mu$  = Media general
- $\gamma_k$  = Efecto del k-ésimo bloque
- $\alpha_i$  = Efecto del i-ésimo factor A
- $\beta_j$  = Efecto del j-ésimo factor B
- $\alpha\beta_{ij}$  = Efecto del i-ésimo nivel del factor A, con el j-ésimo nivel del factor B (interacción AxB)
- $\varepsilon_{ijk}$  = Error experimental

#### 4.2.4 Factores de estudio

Entre los factores de estudio que se emplearon para el estudio de investigación se designaron al remojo como el factor A (ver cuadro 1), y a los sustratos como el factor B (ver cuadro 2).

**Cuadro 1.** Tratamiento pre germinativo realizado a la semilla de *Pinus radiata*

Factor	Nivel	Tratamiento pre germinativo
<b>A</b> Remojo en agua	a <sub>1</sub> agua fría	Remojo en agua a temperatura ambiente por 48 hrs
	a <sub>2</sub> agua hervida	Remojo en agua hervida por 45 min.



**Cuadro 2.** Niveles del sustrato utilizado

Factor	Nivel	Componente del Sustrato	Partes
<b>B</b>  <b>Sustrato</b>	b <sub>1</sub>	Tierra del lugar	2
		Turba	3
		Arena	1
		micorriza	1
	b <sub>2</sub>	Tierra del lugar	3
		Turba	2
		Arena	1
	b <sub>3</sub>	Tierra del lugar	2
		Turba	2
Arena		1	
		micorriza	3

#### 4.2.5 Tratamientos

En el trabajo de investigación se obtuvieron 6 tratamientos los cuales se muestran en el cuadro 3.

**Cuadro 3.** Tratamientos por efecto de interacción de factores

Nº TRATAMIENTO	INTERACCION Fa * Fb	INTERACCION (periodo de remojo) Vs. (tipo de sustrato)
T1	a <sub>1</sub> b <sub>1</sub>	(semilla remojada en agua a temperatura ambiente por 48 horas)Vs. (3 partes turba + 2 tierra del lugar + 1 arena+1micorriza)
T2	a <sub>1</sub> b <sub>2</sub>	(semilla remojada en agua a temperatura ambiente por 48 horas) Vs. (2 partes turba + 3 tierra del lugar + 1 arena +2micorriza)
T3	a <sub>1</sub> b <sub>3</sub>	(semilla remojada en agua a temperatura ambiente por 48 horas) Vs. (2 partes turba + 2 tierra del lugar + 1 arena +3micorriza)
T4	a <sub>2</sub> b <sub>1</sub>	(semilla remojada en agua hervida por 45 min) Vs. (3 partes turba +2 tierra del lugar + 1 arena +1micorriza)
T5	a <sub>2</sub> b <sub>2</sub>	(semilla remojada en agua hervida por 45 min) Vs. (2 turba + 3 tierra del lugar + 1 arena +2micorriza)
T6	a <sub>2</sub> b <sub>3</sub>	(semilla remojada en agua hervida por 45 min) Vs. (2 turba + 2 tierra del lugar + 1 arena +3micorriza)

### **4.3 Variables de Respuesta**

Las variables de respuesta agronómicas propuestas para el análisis de datos tomadas en esta investigación fueron:

**En laboratorio:**

#### **4.3.1 Determinación del porcentaje de pureza física de la semilla**

Para la correspondiente prueba de pureza física en semillas, en términos de porcentaje se tomó en cuenta la siguiente fórmula:

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

Donde: PSP = Peso de semilla pura;

PTM = Peso total de la muestra original

Indicado según normas del ISTA (1977), para lo cual se hizo el pesaje correspondiente de las semillas, se pesó 2 gr de semilla con impurezas haciendo uso de la balanza digital electrónica de precisión, donde se separaron las semillas de las impurezas y se volvió a pesar la semilla pura, repitiendo esta operación cuatro veces. Estos datos fueron registrados para luego realizar los parámetros estadísticos (media, desviación estándar, varianza y el coeficiente de variación).

#### **4.3.2 Determinación del número de semilla 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).

#### **4.3.3 Análisis del porcentaje de germinación**

Siguiendo 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 algodón , 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 y bien dosificado, se tomo nota de las semillas germinadas. Para el cálculo del análisis de germinación se utilizó la siguiente fórmula matemática:

$$\%G = \frac{N^{\circ}SG}{N^{\circ}totalSE} * 100$$

Donde:  $N^{\circ}SG$  = Número de semillas germinadas en días

$N^{\circ}totalSE$  = Número total de semillas ensayadas

**Foto 11.** Análisis del porcentaje de germinación de semillas de *Pinus radiata*



Fuente: Espinoza, 2013

**En campo:**

#### 4.3.4 Emergencia de las plántulas en porcentaje

Para la determinación de esta variable se tuvo que realizar un conteo en número de plántulas emergidas por cada tratamiento durante 30 días de iniciada la emergencia (ver foto 12), los datos obtenidos en las diferentes unidades experimentales se los registraron en una planilla. Seguidamente para poder distinguir los diferentes efectos de los tratamientos se efectuó un análisis de varianza para los datos tomados.

**Foto 12.** Emergencia de las plantas de *Pinus radiata*



Fuente: Espinoza, 2013

#### **4.3.5 Determinación de la altura de planta**

Para la determinación de esta variable se realizó un muestreo de 20 plantines por cada tratamiento durante 90 días, iniciándose desde la emergencia del mas del 50% de plantines, tomando en cuenta un parámetro evaluativo de 15 días viendo que la emergencia de los plantines no fue tan representativa en el momento de la toma de datos, a las cuales se midieron sus alturas desde el cuello hasta la parte más alta de la planta (hoja), haciendo uso de una regla milimétrica, posteriormente se realizó un análisis de varianza para los datos tomados.

#### **4.3.6 Determinación del número de hojas**

Para la determinación de esta variable se realizó un muestreo de 20 plantines por cada tratamiento, 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.

#### **4.3.7 Determinación del diámetro en mm del cuello de raíz**

Para tener este dato se utilizó un vernier midiendo el cuello de raíz y los valores obtenidos fueron registrados en planillas (ver foto 13), el registro se lo realizo al finalizar el trabajo de investigación.

**Foto 13.** Medición del diámetro de cuello de *Pinus radiata*



Fuente: Espinoza, 2013

#### **4.3.8 Determinación de las propiedades Físicas y Químicas de los sustratos**

El muestreo de suelo para el análisis físico y químico, se realizó antes de la siembra tomando muestras de cada uno de los sustratos que en total fueron tres. El mismo análisis se efectuó en el Instituto Boliviano de Ciencia y Tecnología Nuclear (IBTEN), el resultado del análisis se muestra en el Anexo 12.

#### **4.3.9 Análisis de costos parciales**

El análisis económico se lo realizó mediante el método de análisis de presupuestos parciales, desarrollado por el Centro Internacional de Mejoramiento del Maíz y Trigo (CIMMYT). El análisis consta de tres fases básicas para llegar a recomendar los tratamientos económicamente rentables, estos son:

- **Análisis de presupuestos parciales.-** Aquí se organizan los datos experimentales con el fin de obtener los costos y beneficios de cada uno de los tratamientos alternativos (CIMMYT, 1988).
- **Análisis de dominancia.-** Se efectúa, primero, ordenando los tratamientos de menores a mayores costos totales que varían. Se dice entonces que un tratamiento es dominado cuando tiene beneficios netos menores o iguales a los de un tratamiento de costos que varían mas bajos (CIMMYT, 1988).

- **Tasa de retorno marginal.-** Aquí solo se analizan los tratamientos no dominados. Se hace una relación entre el beneficio marginal (es decir, el aumento de beneficios netos) dividido por el costo marginal (aumento en los costos que varían), expresada en un porcentaje (CIMMYT, 1988).

## 5 RESULTADOS Y DISCUSIONES

A continuación se presentan los resultados de laboratorio y los resultados de campo (variables de respuesta) evaluados en el presente trabajo de investigación, comparando la respuesta germinativa de las semillas de *Pinus radiata* sometidas bajo la aplicación de diferentes tratamientos.

Para hallar estos resultados se acudió a la utilización de los materiales y equipos de laboratorio de Dasonomía de la Facultad de Agronomía de la U.M.S.A. para el cálculo de porcentaje de pureza de semillas y para el número de semillas por kilogramo.

### 5.1 Porcentaje de pureza

Tomando en cuenta los siguientes aspectos en pesos promedios de las muestras de semillas, facilitan la obtención del porcentaje de semilla pura, la cual se observa en el cuadro 4.

**Cuadro 4.** Promedio de pesos de semilla de *Pinus radiata*

Repetición	Peso de muestra (gr)	Peso de sem. limpias (gr)	% Pureza
1	2	1,39	69,5
2	2	1,41	70,5
3	2	1,38	69,0
4	2	1,41	70,5
<b>TOTAL</b>	8	5,59	279,5
<b>PROMEDIO</b>	2	1,40	70
<b>S</b>		<b>0,015</b>	<b>0,75</b>
<b>V</b>		<b>0,00023</b>	
<b>CV</b>		<b>1,1%</b>	

gr.= gramos  
% = porcentaje  
S = Desvío Estándar

V= Varianza  
CV= Coeficiente de variación

Los resultados promedio obtenidos en el Cuadro 4 de un muestreo de cuatro repeticiones, reflejan los resultados de pureza física de las semillas alcanzando un valor de 70 %, lo que indica la poca presencia de impurezas. Lamprecht (1990),

indica que en el caso de su fruto, el pino tiene de 300 semillas, pudiendo a veces estar vacías, como también podridas y secas. Esto determina que el lote de semillas utilizadas para la realización de este ensayo es de alta pureza física de acuerdo a las normas del ISTA para este tamaño de semilla.

Al respecto se puede observar que de 2 gr de semilla se tiene un peso promedio de semilla pura de 1,40 gr y solo 0,6 gr de peso de material inerte, desviación estándar es de 0,015 gr, una varianza de 0,00023 con un coeficiente de variación de 1,1% 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.

## 5.2 Número de semillas de *Pinus radiata* en un kilogramo

Para obtener mejor respuesta sobre este indicador, se tomó en cuenta cuatro repeticiones, la cual se resume en un promedio observándose en el cuadro 5.

**Cuadro 5.** Número de semillas en un kilogramo

Repeticón	Numero de semillas en 1 gr.	Numero de semillas en un kilogramo
1	45	22.500
2	42	21.000
3	39	19.500
4	42	21.000
<b>TOTAL</b>	168	84.000
<b>PROMEDIO</b>	<b>42</b>	<b>21.000</b>
<b>S</b>		<b>1060,7</b>
<b>V</b>		<b>1125000</b>
<b>CV</b>		<b>5,05 %</b>

gr.= gramos  
S = Desvío Estándar

CV= Coeficiente de variación  
V= Varianza

En el Cuadro 5, se observa el promedio en número de semillas de *Pinus radiata* en un kg de peso, alcanzando un valor de 21.000 semillas por kilogramo, al respecto FAO (1964), indica que normalmente 1 kg contiene entre 20.000 a 35.000.



Además cabe indicar que 1060,7 (1061) semillas varían en el peso de un kilogramo, teniendo una varianza de 1125000 y un coeficiente de variación de 5% lo que indica que los datos son confiables y se tuvo un buen manejo experimental.

### 5.3 Análisis de Porcentaje de germinación

Los resultados promedios obtenidos en el análisis de las semillas de *Pinus radiata*, se resume en el cuadro 6.

**Cuadro 6.** Porcentaje de germinación de semillas de *Pinus radiata*.

Repetición	Semillas ensayadas	Semillas germinadas	% Germinación por repetición
1	100	60	60
2	100	65	65
3	100	51	51
4	100	72	72
<b>TOTAL</b>	400	248	248
<b>PROMEDIO</b>	100	62	62
<b>S</b>		<b>7,65</b>	
<b>varianza</b>		<b>58,5</b>	
<b>CV</b>		<b>12,34 %</b>	

% = porcentaje  
S = Desvío Estándar

V= Varianza  
CV= Coeficiente de variación

Los resultados obtenidos de las cuatro repeticiones muestran que el porcentaje de germinación es casi uniforme, pero se pudo observar que el tiempo de germinación fue largo ya que se observaron las primeras semillas germinadas casi en dos meses.

Además cabe indicar que 7,65 (8) semillas varían en el porcentaje de germinación de las semillas de *Pinus radiata*, con una varianza de 58,5 y un coeficiente de variación de 12,34 %.

Al respecto Pérez y Barrosa (1993), concluyen que para conocer la viabilidad de la semillas de pino, conviene hacer pruebas de germinación. Weaver (1993), Menciona que los porcentajes de germinación del *Pinus radiata* varían considerablemente con valores reportados de entre el 10 y 80%.

#### 5.4 Emergencia en porcentaje

Para la determinación de esta variable se tuvo que realizar un conteo en número de plántulas emergidas por cada tratamiento durante 30 días de iniciada la emergencia, seguidamente para poder distinguir los diferentes efectos de los tratamientos se efectuó un análisis de varianza para los datos tomados (cuadro 7 y anexo 1), las medias de los tratamientos se analizaron con la Prueba de Duncan a un nivel de significancia del 5%.

Para acercar los datos a una distribución normal se realizó la transformación de datos ya que la variable se expresa en porcentajes y esta dispersa en una escala de 0 a 100, se utilizó la formula para transformación de porcentajes  $\text{Arcsin } \sqrt{Y/100}$

**Cuadro 7.** Análisis de varianza para la emergencia de los plantines

F.V.	GL	SC	CM	Fc	F (5%)
Bloque	2	0,02431	0,01216	2,61	0,1227ns
Tratamientos Preg.	1	0,08681	0,08681	18,62	0,0015 **
Sustrato	2	0,42031	0,21016	45,08	0,0001 **
Trat- preg*sust	2	0,10564	0,05282	11,33	0,0027 **
Error	10	0,46622	0,00466		
Total	17	0,68369			

C. V. = 7,04 %

ns = No significativo

\* = Significativo al nivel de 5%

El análisis de varianza de emergencia, mostró un coeficiente de variación de 7,04%, resultado que indica que los datos son confiables, ya que se encuentra por debajo del 30% (Calzada, 1970).

Por otra parte se puede observar que no se encontró diferencias significativas en la emergencia debido a los bloques, pero sí se encontró diferencias altamente significativas en la emergencia debido a los tratamientos pre germinativos realizados a las semillas de *Pinus radiata*, también existe diferencia altamente significativa entre los diferentes niveles de sustratos utilizados en la investigación, igual que en la interacción entre los tratamientos pre germinativos y sustratos.

La germinación en general es mas rápida, cuando el contenido de agua en el suelo esta cerca de la capacidad de campo. El excesivo humedecimiento del sustrato o de

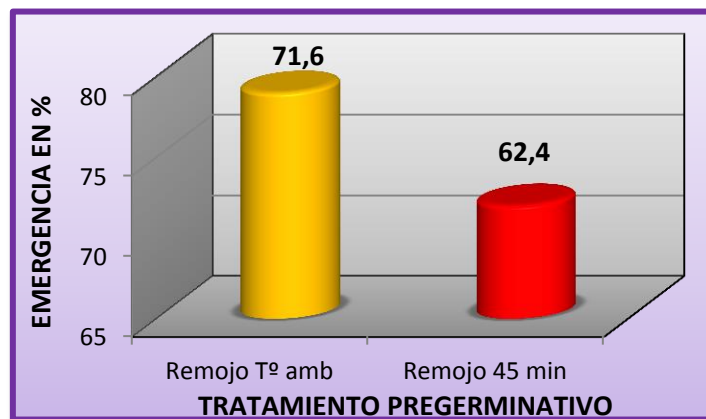
las semillas debe ser evitado por cuanto interfiere a la adecuada aireación y disponibilidad de oxígeno (Fernández y Jhonston, 1986).

- **Comparación de medias para el porcentaje de emergencia en los diferentes tratamientos pre germinativo**

**Cuadro 8.** Prueba de Duncan (5%), comparación de medias de emergencia en porcentaje de *Pinus radiata* por efecto del tipo de tratamiento pre germinativo

Remojo	Emergencia	Duncan (5%)
Agua T° ambiente 48 hrs	71,6	A
Agua hervida 45 min	62,4	B

Los promedios en porcentajes de la emergencia por el tipo de tratamientos pre germinativo utilizado, donde el tratamiento de remojo en agua a temperatura ambiente por 48 horas muestra un promedio de emergencia de 71,6 %, mientras que el tratamiento realizado en agua hervida por 45 minutos tubo un promedio de 62,4% de emergencia.



**Gráfico 1.** Promedio de emergencia de plántulas de *Pinus radiata* para los tratamientos pre germinativos

En el gráfico 1, se observa la diferencia de los promedios en los distintos tratamientos pre germinativos **a1** (remojo en agua a temperatura ambiente por 48 horas), muestra un mayor porcentaje de germinación, debido a que las semillas de

este tratamiento estuvieron un mayor tiempo en el remojo en agua, es por eso que se logro activar el proceso de germinación de la semilla.

Mientras que el tratamiento **a2** (remojo en agua hervida por 45 minutos), tuvo un menor porcentaje de germinación y tuvo un menor tiempo de remojo ya que esta se hizo en agua hervida.

**- Comparación de medias para el porcentaje de emergencia para los diferentes sustratos**

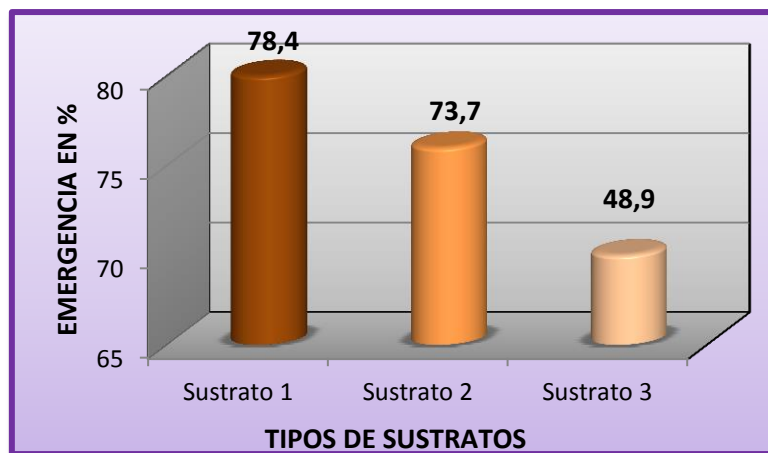
Según el análisis de varianza del cuadro 7, se determinó que la diferencia entre los tratamientos pre germinativos en efecto para la emergencia es significativa, cuyas medias se analizan en el cuadro 9 y gráfico 2 mediante la prueba de Duncan, a un nivel de significancia del 5%.

**Cuadro 9.** Prueba de Duncan (5%), comparación de medias de emergencia de plantines de *Pinus radiata* para los diferentes sustratos

	<b>Sustrato 1</b>	<b>Sustrato2</b>	<b>Sustrato 3</b>
<b>Germinación</b>	78,4	73,7	48,9
<b>Duncan (5%)</b>	A	A	B

Comparando los resultados obtenidos del cuadro 9 y figura 2, el sustrato b1 (3 partes de turba +2 tierra del lugar +1 de arena y 1 de micorriza), muestra un mayor porcentaje de emergencia de 78,4 %, seguido del sustrato 2 (2 partes de turba + 3 tierra del lugar + 1 de arena y 2 de micorriza) con 73,7 %.

Mientras tanto el sustrato 3 (2 partes de turba + 2 tierra del lugar + 1 de arena y 3 de micorriza) mostró bajos signos de emergencia de sus plántulas. La diferencia atribuible entre los promedios de emergencia para los diferentes tratamientos, se analizan en la gráfico 2.



**Gráfico 2.** Promedio de emergencia de plántulas de *Pinus radiata* para los sustratos. El sustrato 1 (3 partes de turba +2 tierra del lugar +1 de arena y 1 de micorriza), reporta el mayor promedio de emergencia alcanzando un valor de 78,4 (78%) de plantines en comparación a los demás sustratos, debido a que se puede deber al efecto de calentamiento causado por los rayos del sol dados en forma directa, como también a la suficiente humedad existente durante el tratamiento (Pastrana, 2004).

Weaver (1993), asume que las semillas propias de lugares con mayor humedad atmosférica se comportan por lo usual mejor que aquellas de regiones secas. Por contraparte al estudio llevado de las semillas originarias de bosques secos parecen germinar con mayor facilidad que aquellas originarias de áreas húmedas. Sin embargo, la alta humedad atmosférica, así como el alto contenido de humedad en las semillas, acortan la vida de almacenamiento de las semillas.

- **Análisis de efecto simple para emergencia de plántulas con respecto a la interacción**

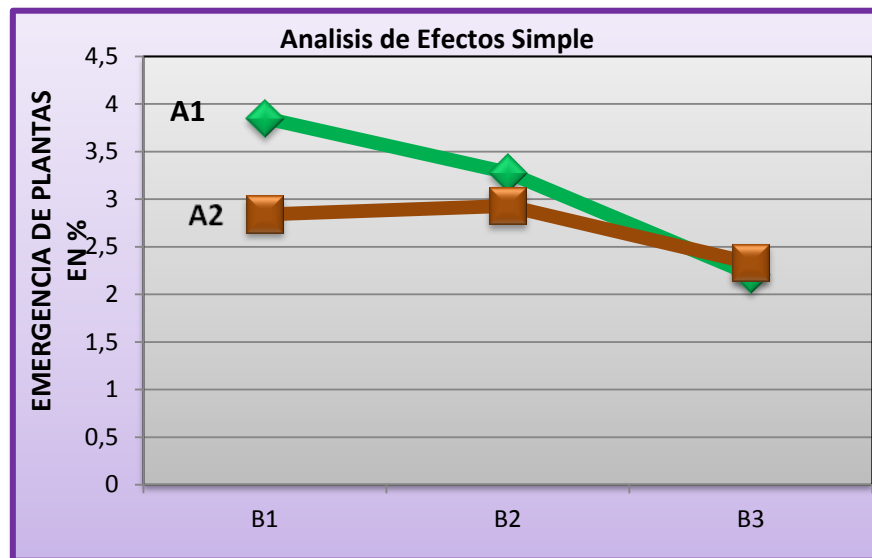
**Cuadro 10.** Análisis de Varianza para la prueba de efectos simples de emergencia de plántulas

F.V.	GL	SC	CM	Fc	F (5%)
A (b <sub>1</sub> )	1	0,17	0,17	36,48	4,96 **
A (b <sub>2</sub> )	1	0,02	0,02	4,29	4,96 ns
A (b <sub>3</sub> )	1	0,003	0,003	0,64	4,96 ns
B (a <sub>1</sub> )	2	0,274	0,14	30,04	4,10 **
B (a <sub>2</sub> )	2	0,07	0,035	7,51	4,10 **
Error	10	0,0466	0,00466		

ns = No significativo

\* = Significativo al nivel de 5%

Con el análisis de interacción se deduce que para la variable emergencia de plántulas, entre los distintos tratamientos pre germinativos en el sustrato 1 (3 partes de turba + 2 tierra del lugar + 1 de arena y 1 de micorriza), existen diferencias altamente significativas y de acuerdo al gráfico 3, sería A1 (remojo en agua a temperatura ambiente por 48 horas), la que dio el mayor porcentaje de emergencia.



**Gráfico 3.** Interacción tratamientos pre germinativos con niveles de sustrato respecto a la emergencia de plántulas

### 5.5 Altura de planta en centímetros

Para la determinación de esta variable se realizó un muestreo de 20 plantines por cada tratamiento durante 90 días, tomando en cuenta un parámetro evaluativo de 15 días viendo que la emergencia de los plantines no fue tan representativa en el momento de la toma de datos, a los cuales se midieron sus alturas desde el cuello hasta la parte más alta de la planta (hoja), haciendo uso de una regla milimétrica, luego se realizó un análisis de varianza para los datos tomados (cuadro 11), las medias de los tratamientos se analizaron con la Prueba de Duncan a un nivel de significancia del 5%.

**Cuadro 11.** Análisis de varianza para altura de planta

F.V.	GL	SC	CM	Fc	F (5%)
Bloque	2	49,16	24,58	42,26	<.0001*
Tratamientos Preg.	1	2,21	2,21	3,79	0.0801 ns
Sustrato	2	2,71	1,35	2,33	0.1477 ns
Trat- preg*sust	2	0,81	0,41	0,70	0.5211 ns
Error	10	5,82	0,58		
Total	17	60,71			

C. V. = 10,76 %

ns = No significativo

\* = Significativo al nivel de 5%

En el cuadro 11 de análisis de varianza se destacó para altura de planta un coeficiente de variación de 10,76 %, lo que nos demuestra que el manejo en campo fue bueno y es confiable.

No existen diferencias significativas en la altura de planta debido a la influencia de los diferentes sustratos utilizados, por lo que se puede afirmar que cada tipo de sustrato no generó un efecto distinto en el crecimiento vertical de cada planta. Lo mismo ocurre entre la altura de planta debido al efecto del tipo de tratamiento pre germinativo, no existe diferencias significativas en la interacción tratamiento pre germinativo y sustrato.

Los medios de crecimiento deben cumplir con diferentes atributos de manejo que permitan producir plantas que logren el mejor comportamiento posible en las plantaciones. Entre ellos se destacan un pH levemente ácido, alta capacidad de intercambio catiónico, baja fertilidad natural y estar libre de plagas y enfermedades (Landis et al., 1990).

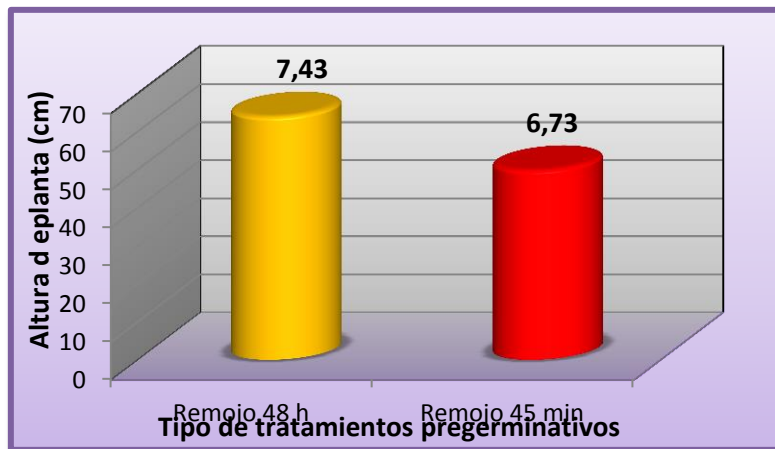
**- Comparación de medias para la altura de planta en centímetros de los diferentes tratamientos pre germinativos**

Los promedios de altura de planta por el tipo de tratamiento pre germinativo utilizado, el tratamiento de remojo en agua a temperatura ambiente por 48 horas presenta un mayor promedio de 7,43 cm., y el de remojo en agua hervida por 45 minutos tuvo un promedio de 6,73 cm.

**Cuadro 12.** Prueba de Duncan (5%), comparación de medias de altura de planta en centímetros por efecto del tipo de tratamiento pre germinativo

Remojo	Altura	Duncan (5%)
Agua T° ambiente por 48 hrs	7,43	A
Agua hervida por 45 min	6,73	A

En el cuadro 12, 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 no se encontró diferencia significativa entre ambos tratamientos.



**Gráfico 4.** Altura de planta por efecto del tipo de tratamiento pre germinativo

En el gráfico 4, se observa la diferencia entre los promedios de altura de planta por influencia de cada tratamiento pre germinativo en las plantas de *Pinus radiata*.

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

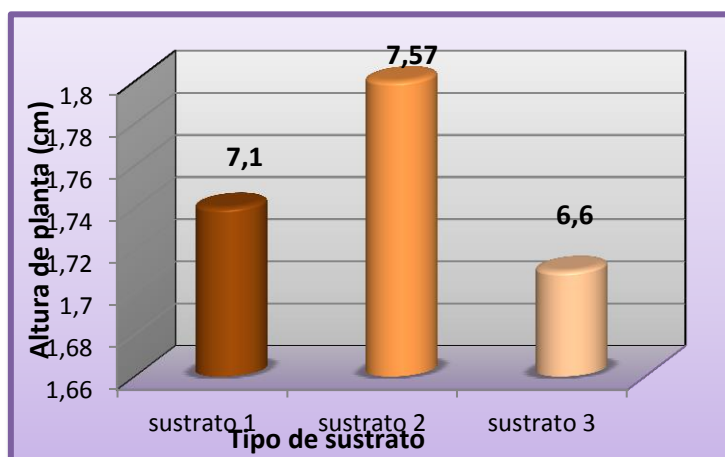
Con relación a los sustratos también se mostraron diferencias estadísticas, para lo cual las medias de los sustratos se analizaron con la prueba de Duncan a un nivel de significancia del 5%, las cuales se observan en el cuadro 13 y gráfico 5.



**Cuadro 13.** Prueba de Duncan (5%), comparación de medias de altura de planta por efecto del tipo de sustrato

	Sustrato 2	Sustrato1	Sustrato 3
Altura (cm)	7,57	7,1	6,6
Significancia	A	A	A

En la prueba de medias del cuadro 13 y gráfico 5, para el sustrato 2 (2 partes de turba + 3 tierra del lugar + 1 de arena y 2 de micorriza) muestra una mayor altura de planta, alcanzando un valor de 7,57 cm, seguido del sustrato 1 (3 partes de turba + 2 tierra del lugar + 1 de arena y 1 de micorriza) con 7,1 cm, en cambio el sustrato 3 (2 partes de turba + 2 tierra del lugar + 1 de arena y 3 de micorriza) con 6,6 cm en altura de planta.



**Gráfico 5.** Altura de planta en cm por el tipo de sustrato utilizado

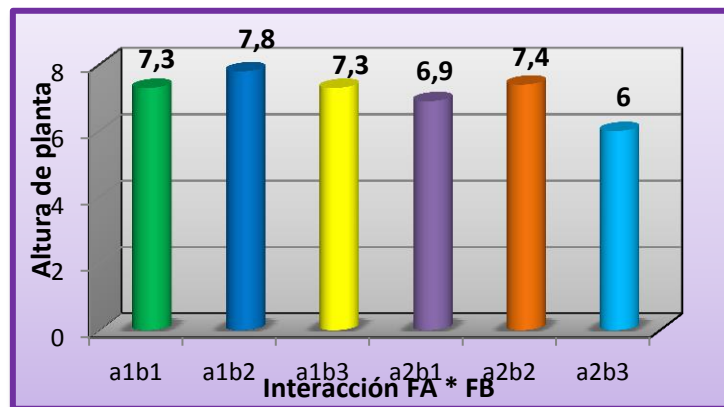
Según los datos obtenidos, la diferencia de valores en altura de planta en cm fue muy leve entre los diferentes sustratos.

En cuanto a la altura de planta, se tuvo una altura promedio producto de la sumatoria de los tres sustratos un valor de 7,09 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

delgados pero firmes y hojas densas. Al respecto la planta debe absorber luz para expresar su fototropismo, lo cual incide en su crecimiento y desarrollo (Lira, 1994).

- **Efecto de la interacción de los tratamientos pre germinativos vs Niveles de sustrato en la altura de planta**

Observando el gráfico 6, se puede observar que la interacción  $a_1b_2$  es la que obtuvo el mayor promedio de altura con 7,77 cm, mientras que la interacción  $a_2b_3$  fue el que obtuvo el menor promedio de altura de planta con 5,97 cm.



**Gráfico 6.** Interacción tratamientos pre germinativos con niveles de sustrato respecto a la variable de altura de planta

### 5.6 Número de hojas

Para la determinación de esta variable se realizó un muestreo de 20 plantines por cada tratamiento, esto durante 90 días, iniciándose desde la aparición de las primeras hojas verdaderas, usando como parámetro evaluativo 15 días, a las cuales se hizo un conteo en número de sus hojas, posteriormente se realizó un análisis de varianza para los datos tomados (cuadro 14), las medias de los tratamientos se analizaron con la Prueba de Duncan a un nivel de significancia del 5%.

Para el análisis de varianza se transformó los datos mediante la aplicación de los números dígitos con la fórmula de raíz cuadrada  $R = \sqrt{X}$

**Cuadro 14.** Análisis de varianza para número de hojas.

F.V.	GL	SC	CM	Fc	F (5%)
<b>Bloque</b>	2	12,8115	6,4058	25,66	<.0001*
<b>Tratamientos Preg.</b>	1	0,8978	0,8978	3,60	0,0871 ns
<b>Sustrato</b>	2	0,9495	0,4778	1,90	0,1996 ns
<b>Trat- preg*sust</b>	2	0,0868	0,0434	0,17	0,8429 ns
<b>Error</b>	10	2,4965	0,2496		
<b>Total</b>	17	17,242			

C. V. = 5,80 %

ns = No significativo

\* = Significativo al nivel de 5%

El cuadro 14 de análisis de varianza, destacó para número de hojas un coeficiente de variación de 5,80 %, indicando que los datos son confiables, por encontrarse debajo del 30 % siendo este el límite de confiabilidad (Calzada, 1970).

Por otra parte se encontraron diferencias significativas entre bloques, lo cual indica que las plántulas expuestas a la luz directa del sol durante su salida por las mañanas fue diferente en comportamiento funcional en comparación con aquellas que estuvieron cubiertas bajo semisombra, al respecto las diferentes intensidades de luz sobre las plantas varían de forma indirecta en el comportamiento de la actividad hormonal y fotosintética (Lira, 1994).

Esta es una variable morfológica que esta en directa relación con la superficie fotosintética de la planta y por ende de su capacidad de producir y almacenar sustancias que determinaran su capacidad de crecimiento. Se evalúa a través de dos variables: el área foliar y la superficie foliar específica, algunos viveristas utilizan el número de hojas como criterio de calidad y selección de plantas (Escobar, 2007).

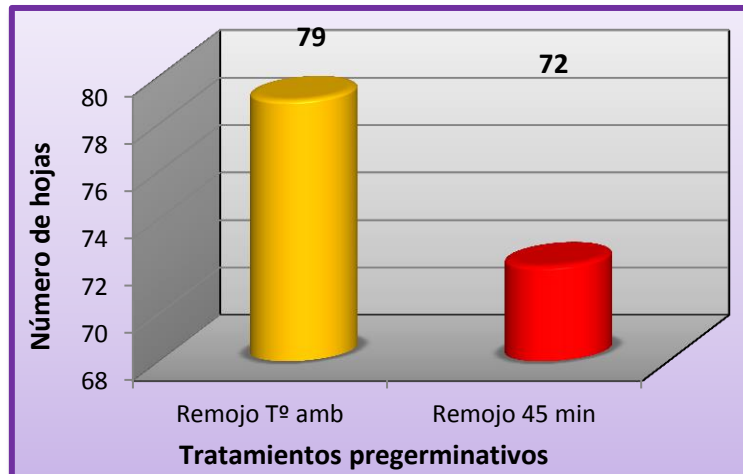
**- Comparación de medias para el número de hojas por efecto de los tratamientos pre germinativos**

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 48 horas presenta el mayor promedio con 78,6 (79) hojas y el de remojo en agua hervida por 45 minutos el menor promedio con 71,7 (72) hojas.

**Cuadro 15.** Prueba de Duncan (5%), comparación de número de hojas por efecto del tipo de tratamiento pre germinativo

Remojo	Nº de hojas	Duncan (5%)
Agua Tº ambiente por 48 hrs	79	A
Agua hervida por 45 min	72	A

En el cuadro 15, se observa los promedios de número de hojas por efecto del tipo de tratamiento pre germinativo utilizado y también la prueba de Duncan (5%), no habiendo encontrado diferencias significativas entre ambos tratamientos pre germinativos.



**Gráfico 7.** Número de hojas por tipo de tratamiento pre germinativo utilizado

En la gráfico 7, 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 radiata*.

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).

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

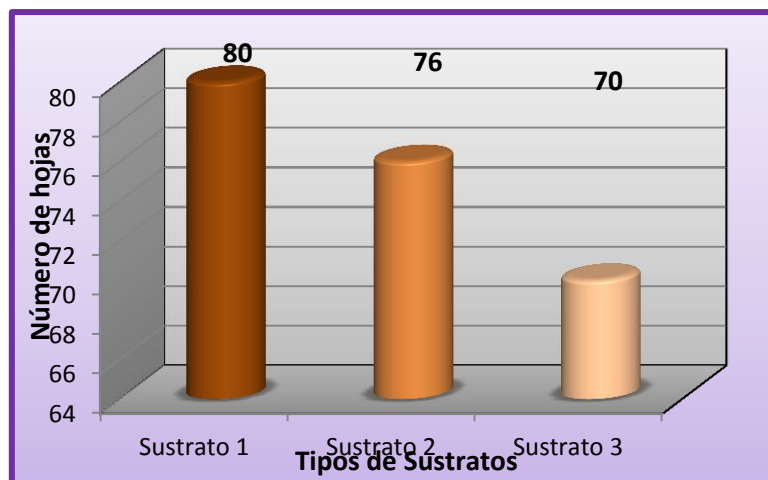
Según el análisis de varianza del cuadro 14, se obtuvo diferencias no significativas para los diferentes sustratos cuyas medias se analizan en el cuadro 16 y gráfico 8 mediante la prueba de Duncan, a un nivel de significancia del 5%.

**Cuadro 16.** Prueba de Duncan (5%), comparación de medias del número de hojas de las plántulas para los diferentes niveles de sustrato.

	<b>Sustrato 2</b>	<b>Sustrato1</b>	<b>Sustrato 3</b>
<b>Nº de hojas</b>	80	76	70
<b>Significancia</b>	A	A	A

En la prueba de medias del cuadro 16 y gráfico 8, el sustrato **b2** (3 partes de tierra del lugar+ 2 de turba+ 1 de arena y 2 de micorriza), muestra un resultado mayor de 80 hojas promedio por planta, seguido del factor **b1** (2 partes de tierra del lugar+ 3 de turba+ 1 de arena y 1 de micorriza) con un promedio de 75,3 (76) hojas, y por último con su similar en comportamiento para el sustrato **b3** (2 partes de tierra del lugar+ 2 de turba+ 1 de arena y 3 de micorriza) con 70 hojas promedio.

Las respuestas que se obtuvieron fueron debidas a que se manejaron tratamientos diferentes y distintos también fueron sus comportamientos, tal es el caso de que el sustrato 2 por presentar un valor más alto en comparación a los demás tratamientos, se tuvo que respaldar a lo que respecta Bosque (2002), que estímulos fitohormonales actúan sobre la división celular y desarrollo de los órganos de las plantas.



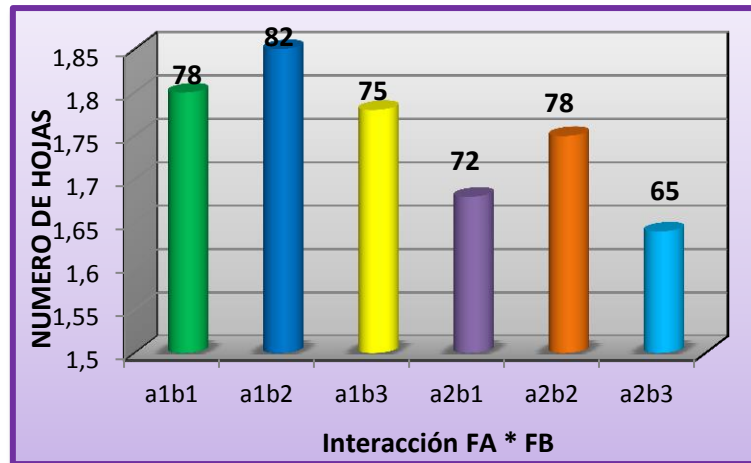
**Gráfico 8.** Número de hojas por el tipo de sustrato utilizado

Como se puede apreciar en la gráfico 8, el comportamiento no fue muy diferenciado para los tratamientos en sus resultados de número de hojas, es así que el comportamiento climático de la zona influyó en la respuesta del desarrollo de las plántulas por cada tratamiento, además que la alternancia de días lluviosos y secos favoreció a la calidad de sustrato, es decir cuanto mejor estructura y humedad de suelo se le pueda proveer al pino, mayor es la probabilidad en efecto de tener un crecimiento y desarrollo rápido de sus órganos (Pastrana, 2004).

Al respecto el estado mineral en las plantas se considera un factor elemental, es así también que el potasio interviene en la fotosíntesis de la hoja, favoreciendo la formación de hidratos de carbono y el movimiento de estos glúcidos hacia la formación de reserva (Lira, 1994).

- **Efecto de la interacción de los tratamientos pre germinativos vs Niveles de sustrato en el número de hojas**

La interacción  $a_1b_2$ , es el que obtuvo el mayor promedio de número de hojas con 82 hojas, debido a que tanto el tipo de sustrato y el tratamiento pre germinativo realizado fueron adecuados para su desarrollo, la interacción  $a_1b_1$  y  $a_2b_2$ , obtuvieron un promedio de 78 hojas y el tratamiento  $a_2b_3$  es el que obtuvo el menor promedio de número de hojas con 64,7 (65) hojas.



**Gráfico 9.** Interacción tratamientos pre germinativos con niveles de sustrato respecto a la variable de número de hojas

### 5.7 Diámetro de cuello de raíz en mm

Para el análisis de varianza de diámetro de cuello de raíz, se realizó un muestreo de 20 plántulas por cada tratamiento durante 90 días, tomándose los datos al final de la investigación. 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 cuadro 17.

**Cuadro 17.** Análisis de varianza para diámetro de raíz

F.V.	GL	SC	CM	Fc	F (5%)
<b>Bloque</b>	2	1,58	0,79	27,76	<.0001**
<b>Tratamientos Preg.</b>	1	0,07	0,07	2,32	0,1587 ns
<b>Sustrato</b>	2	0,03	0,01	0,45	0,6520 ns
<b>Trat- preg*sust</b>	2	0,002	0,001	0,04	0,9632 ns
<b>Error</b>	10	0,28	0,03		
<b>Total</b>	17	1,96			

C. V. = 9,64 %

ns = No significativo

\* = Significativo al nivel de 5%

El cuadro 17 permite apreciar el análisis de varianza correspondiente al diámetro de cuello de raíz con un coeficiente de variación de 9,64 %, indicando que los datos son confiables, por encontrarse debajo del 30% siendo este el límite de confiabilidad (Calzada, 1970).

Por otra parte se puede observar que no existen diferencias significativas en el diámetro de cuello de raíz debido a los tratamientos pre germinativo realizado a las semillas de *Pinus radiata*, no existe diferencia significativa entre los diferentes niveles de sustratos utilizados en la investigación, tampoco existe diferencia significativa en la interacción entre los tratamientos pre germinativo y sustrato.

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

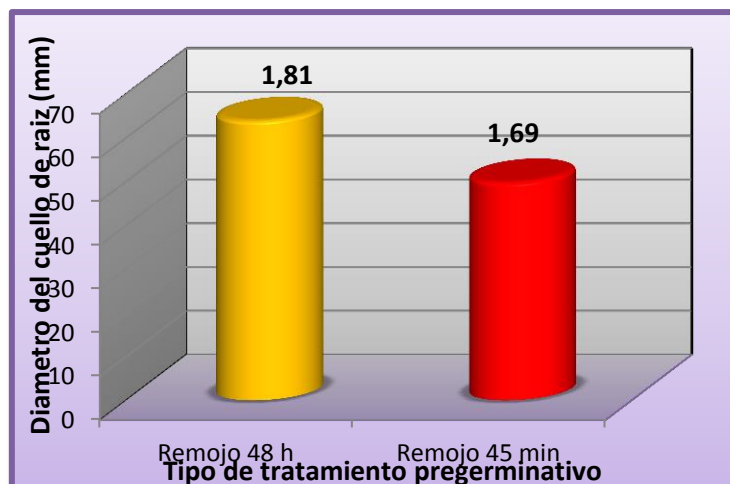
Los promedios de diámetro al cuello de raíz por el tipo de tratamiento pre germinativo utilizado, fueron los de mayor promedio el de remojo en agua a temperatura ambiente por 48 horas con 1,81 mm de diámetro y el de remojo en agua hervida por 45 minutos obtuvo un promedio de 1,69 mm, como se observa en el cuadro 18 y gráfico 10.

**Cuadro 18.** Prueba de Duncan (5%), comparación de medias de diámetro de cuello de raíz en mm por efecto del tipo de tratamiento pre germinativo

<b>Remojo</b>	<b>Altura</b>	<b>Duncan (5%)</b>
<b>Agua T° ambiente por 48 hrs</b>	7,43	A
<b>Agua hervida por 45 min</b>	6,73	A

En el cuadro 18, 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, no existiendo una diferencia significativa entre ambos tratamientos pre germinativos.





**Grafico 10.** Diámetro de cuello de raíz en mm por efecto del tipo de tratamiento pre germinativo

En el grafico 10, 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).

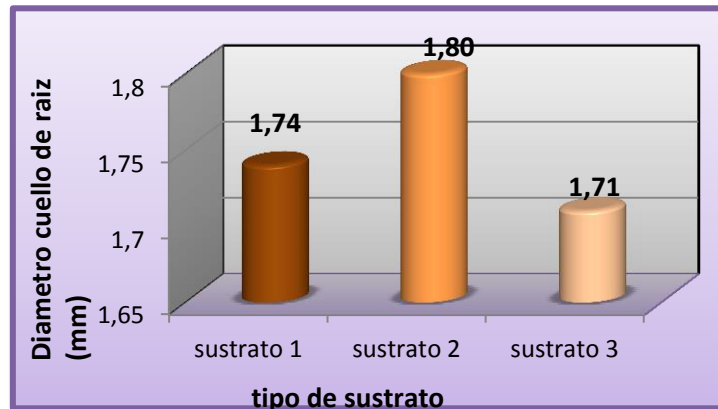
- **Comparación de medias del diámetro del cuello de raíz por efecto del tipo de sustrato**

Los promedios de diámetros al cuello de raíz por influencia del tipo de sustrato utilizado en el trabajo de investigación, donde el sustrato 2 presenta un promedio de diámetro de 1,8 mm, el sustrato 1 un promedio de 1,74 mm y el sustrato 3 un promedio de 1,71 mm.

**Cuadro 19.** Prueba de Duncan (5%), diámetro de cuello de raíz de la planta en mm por efecto del tipo de sustrato

	Sustrato 2	Sustrato1	Sustrato 3
<b>Diámetro (mm)</b>	1,80	1,74	1,71
<b>Significancia</b>	A	A	A

En el cuadro 19, se observa la prueba de Duncan (5%) realizada al diámetro al cuello de raíz por el tipo de sustrato utilizado, observándose una diferencia numérica del sustrato 2 entre el sustrato 1 y 3 y no así en la prueba de significancia.



**Gráfico 11.** Diámetro de cuello de raíz en mm por el tipo de sustrato utilizado

En el gráfico 11, se observa la diferencia estadística de los promedios de diámetro al cuello de raíz de las plantas de pino radiata respecto a la influencia de cada uno de los diferentes sustratos utilizados.

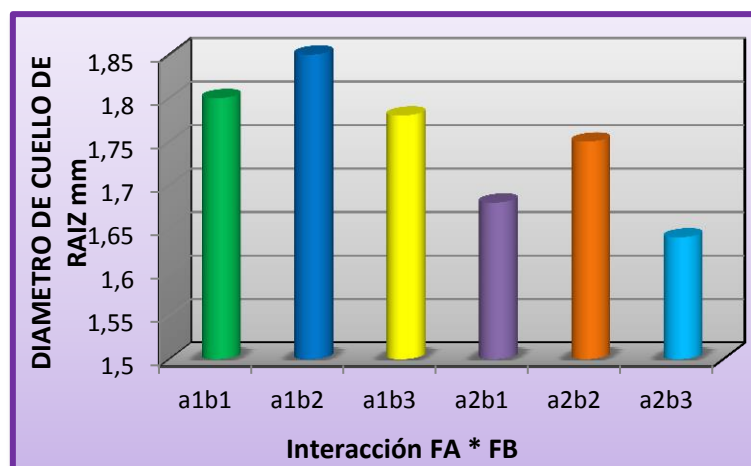
El manejo de los árboles en vivero y plantaciones también aportan variación en la tasa de crecimiento del diámetro, así tenemos que Carrillo (2004) menciona una mayor tasa de crecimiento en diámetro de las plántulas de *Pinus pallustris Mill.* Producidas en envase que sobre las producidas a raíz desnuda.

Las plantas requieren permanentemente de una gran cantidad de agua para poder crecer y realizar, eficientemente otros procesos fisiológicos tales como el enfriamiento a través del proceso de transpiración, transporte de nutrientes, etc. Es proporcionada a las plantas a través del medio de crecimiento el cual la retiene interna y externamente para cuando estas la requieran (Escobar, 2007).

- **Efecto de la interacción de los tratamientos pre germinativos vs Niveles de sustrato en el número de hojas**

La interacción  $a_1b_2$  obtuvo el mejor promedio de diámetro con 1,85 mm, debido a las proporciones del sustrato 2 y al tratamiento pre germinativo 1 (Remojo en agua a temperatura ambiente por 48 horas). La interacción  $a_2b_2$  y  $a_2b_1$  fueron los que

obtuvieron los promedios mas bajos de diámetro de cuello de raíz con 1,64 y 1,68 mm respectivamente. En el gráfico 12, se observa claramente las diferencias.



**Gráfico 12.** Interacción tratamientos pre germinativos con niveles de sustrato respecto a la variable diámetro al cuello de raíz

### 5.8 Análisis de las propiedades físicas y químicas de los sustratos

El análisis de suelo efectuado en las camas de almacigo de los tres sustratos utilizados en el experimento, indican en el caso del sustrato **b1** (2 partes de tierra del lugar+ 3 de turba+ 1 de arena y 1 de micorriza), presenta un suelo de textura franco arcilloso, con un pH fuertemente ácido de 5,52; tiene un contenido bajo de sales con una conductividad eléctrica de 1,057 mmhos/cm.

**Cuadro 20.** Análisis físico-químico de suelos del sustrato **b1** (2 partes de tierra del lugar+ 3 de turba+ 1 de arena y 1 de micorriza)

Arena	Arcilla	Limo	Clase Textural	Grava	Ph	C.E.	N Total	P Asim	K Inter
%	%	%		%	1:5	Mmhos /cm	%	ppm	Meq/100 g
58	15	27	FA	22	5,52	1,057	0,13	5,08	0,25

\*FA= suelo franco arenoso

En el caso del sustrato **b2** (3 partes de tierra del lugar+ 2 de turba+ 1 de arena y 2 de micorriza), un suelo de textura franco, con un pH moderadamente ácido de 6,38; presenta un contenido bajo de sales con una conductividad eléctrica de 0,939

mmhos/cm., que esta dentro los parámetros aconsejables para la producción agrícola; un muy alto contenido de nitrógeno de 0,7%, fósforo asimilable bajo a medio de 6,45 ppm. Y potasio intercambiable de 0,32 meq/100 g.

Por lo que podemos decir que edafológicamente el sustrato **b2** (3 partes de tierra del lugar+ 2 de turba+ 1 de arena y 2 de micorriza), es el mejor sustrato.

**Cuadro 21.** Análisis físico-químico de suelos del sustrato **b<sub>2</sub>** (2 partes de tierra del lugar+ 2 de turba+ 1 de arena y 3 de micorriza)

Arena	Arcilla	Limo	Clase Textural	Grava	Ph	C.E.	N Total	P Asim	K Inter
%	%	%		%	1:5	Mmhos /cm	%	ppm	Meq/100 g
49	16	35	F	30	6,38	0,939	0,7	6,45	0,32

\*F= suelo franco

Finalmente en el caso del sustrato **b3** (2 partes de tierra del lugar+ 2 de turba+ 1 de arena y 3 de micorriza), este presenta una textura franco arcillosa, con un pH neutro de 7,27; tiene un contenido bajo de sales con una C.E. de 0,90 mmhos/cm., con un alto contenido de nitrógeno de 0,32%, potasio asimilable bajo de 3,47 ppm.

**Cuadro 22.** Análisis físico-químico de suelos del sustrato **b<sub>3</sub>** (3 partes de tierra del lugar+ 2 de turba+ 1 de arena y 2 de micorriza)

Arena	Arcilla	Limo	Clase Textural	Grava	Ph	C.E.	N Total	P Asim	K Inter
%	%	%		%	1:5	Mmhos /cm	%	ppm	Meq/100 g
39	35	26	FY	18,5	7,27	0,90	0,32	3,47	0,20

\*FY= suelo franco arcilloso

Según los datos obtenidos en el caso de los sustratos dos y uno son los que mejores propiedades físicas y químicas tienen, de acuerdo a Sandoval, (1997), el pH ideal para el desarrollo de las pináceas debe estar entre 4,5 a 6, libre de terrones, palos etc., donde en el cuadro 21 se puede observar que el pH de el sustrato uno es de 6,38 y fue favorable por que constituye un importante punto de transición en los suelos en cuanto a la asimilidad o solubilidad de los componentes del terreno por lo que se puede decir que son los sustratos mas adecuados, ya que observando los

resultados de las variables de emergencia, altura y número de hojas es el que mejores resultados a tenido, al igual que el sustrato dos.

Según el Manual de Interpretación de los Índices Físico químicos y Morfológicos de los suelos Cubanos (1984), a pH por debajo de 5,5 entorpece el proceso de nitrificación, la alcalinidad también puede entorpecerlo. El nitrógeno es uno de los elementos más dinámicos y por lo mismo ofrece gran dificultad en su determinación. El mayor porcentaje de nitrógeno del suelo se encuentra en forma orgánica compleja, formando parte de de diversos tipos de proteínas y otros compuestos.

En cuanto al tipo de sustrato en relación a la altura de planta, se obtuvo mejores resultados con el sustrato 2, sabiendo que edafológicamente hablando es el mejor suelo respecto a los otros sustratos, no siempre la misma especie de mayor incremento en altura va a tener los mayores incrementos cuando son plantadas en diferente localidad, esto dependerá de la calidad del sitio y de las condiciones ambientales.

Respecto al diámetro de cuello de raíz se observo que tubo una mayor diámetro el sustrato que compone de (3 partes de tierra del lugar+ 2 de turba+ 1 de arena y 2 de micorriza), respecto al sustrato 1 y 3 que obtuvieron menores resultados; similares resultados encontró Carrillo (2004) en un estudio sobre *Pinus engelmannii Carr.* donde el mejor crecimiento se asoció a la mezcla que tuvo el mayor contenido de micorriza.

### **5.9 Costos parciales**

Se realizó el análisis económico mediante el método de análisis de presupuestos parciales desarrollado por el CIMMYT (1988), en el cual se elaboraron todas las fases para determinar cual de los tratamientos es mas rentables económicamente. El análisis consta de las siguientes fases:

- **Análisis de presupuestos parciales.-** se obtuvo que el tratamiento con mayor beneficio neto fue el tratamiento 1 con 287.80 Bs (cuadro 23).

**Cuadro 23.** Presupuesto parcial sobre la aplicación de técnicas pre germinativas en semillas de pino (*Pinus radiata* D.Don) para la producción de plantines en Bs.

Tratamiento	Rendimiento Medio planta/trat	Rendimiento Ajustado Planta/trat	Beneficio Bruto (Bs/trat)	Total Costos variables (Bs/trat)	Beneficio Neto (Bs/trat)
1	182	155	775	487,20	287,80
2	157	133	665	507,95	157,05
3	90	77	385	448,95	-63,95
4	132	112	560	491,45	68,55
5	137	116	580	488,70	91,30
6	105	89	445	466,95	-21,95

En la segunda columna se observa el rendimiento medio de plantines producidos para cada tratamiento donde se puede indicar que, existe un mayor rendimiento medio del tratamiento (T1) con un rendimiento de 182 plantines, seguido por los demás rendimientos medios de los otros tratamientos: T2 con 157 plantines, T5 con 137 plantines, T4 con 132 plantines, T6 con 105 plantines y por último el T3 que produjo 90 plantines.

En la tercera columna se observa el rendimiento ajustado donde se realiza un ajuste del rendimiento medio para todos los tratamientos, es así que se ajusto el rendimiento obtenido con un 15% de decremento al rendimiento observado con el fin de eliminar la sobre estimación del ensayo y reflejar la diferencia entre el rendimiento experimental y del agricultor, los cuales siempre van a ser superiores a los de este, de acuerdo a las recomendaciones de (CIMMYT, 1988).

La cuarta columna, presenta los beneficios brutos de campo que se obtuvo de los rendimientos ajustados por el precio de venta de los plantines, una vez descontados los gastos de producción, es así que, obtuvo un mayor beneficio bruto el tratamiento que presentó mayor rendimiento (T1), siendo el precio de venta del producto para todos los tratamientos de 5 Bs/plantín.

En la quinta columna se observa el total de los costos variables para cada tratamiento, se puede observar (grafico 13) que, el máximo beneficio neto alcanzado fue para el tratamiento T1, que logró un beneficio de 287.80 Bs.

- **Análisis de Dominancia.-** luego de este análisis, observamos los resultados a continuación:

**Cuadro 24.** Análisis de dominancia para los diferentes tratamientos

<i>Tratamiento</i>	<i>Rendimiento ajustado 15%</i>	<i>Total costos variables (bs/trat)</i>	<i>Beneficio neto (bs/trat)</i>	<i>Dominancia</i>
T1	155	487,20	287,80	No Dominado
T2	133	507,95	157,05	Dominado
T5	77	4487,95	-63,95	Dominado
T4	112	491,45	68,55	Dominado
T6	116	488,70	91,30	Dominado
T3	89	466,95	-21,95	Dominado

De acuerdo al cuadro 23, se pudo permitir seleccionar los tratamientos de acuerdo al criterio propuesto por el CIMMYT (1988), la misma señala que, se considera tratamiento dominado cuando se tiene beneficios netos menores o iguales a los de un costo variable más bajo. En el análisis de presupuestos parciales se comparan las alternativas de producción de plantines de pino radiata tomando en cuenta los diferentes tratamientos pre germinativos, la cual si al optar por cualquiera de ellos económicamente son viable para su producción.

- **Tasa de Retorno Marginal.-** aquí se analizan solo los tratamientos no dominados, y debido a que todos los tratamientos son dominados, solo se lo realizó los cálculos con el tratamiento T2 ya que es el que le sigue al T1.

**Cuadro 25.** Cálculo de la tasa de retorno marginal

<i>Descripción</i>	<i>T2</i>	<i>T1</i>
<b>Beneficio neto</b>	157,05	287,80
<b>Costos variables</b>	507,95	487,20
<b>Cambio en el beneficio neto</b>	130,75	
<b>Cambio en los costos variables</b>	-20,75	
<b>Tasa de retorno marginal %</b>	-6.27	

La tasa de retorno marginal indica lo que el productor puede esperar ganar, en promedio con su inversión cuando decide cambiar una práctica (o conjunto de prácticas) por otra.

En el cuadro 20 se puede observar que, la tasa de retorno marginal de cambiar el tratamiento 2 (semilla remojada en agua a temperatura ambiente por 48 horas en 2 partes turba + 3 tierra del lugar + 1 arena+ 2micorriza) por el tratamiento 1 (semilla remojada en agua a temperatura ambiente por 48 horas en 3 partes turba + 2 tierra del lugar + 1 arena+1micorriza) es de -6.27 % esto significa que por cada Boliviano invertido de pasar del tratamiento 1 al tratamiento 2 el productor puede perder el boliviano invertido mas 0.063 bolivianos adicionales.

Por consiguiente el T2 no es una alternativa que vale la pena para el productor, respecto a ello (CIMMYT, 1988) indica que, el análisis marginal consiste en comparar los incrementos en costos por las agresiones que se hacen en los ensayos de campo, su propósito es revelar la manera en que los beneficios netos de una inversión aumentan conforme la cantidad invertida crece.



## 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 6.1 Conclusiones

De acuerdo a los objetivos específicos en la presente investigación y con las conclusiones obtenidas en el trabajo de investigación; considerando las evaluaciones de las variables de respuesta se tienen las siguientes conclusiones:

- El efecto causado por la aplicación de los tratamientos y niveles de sustratos sobre las semillas concluye que: el porcentaje de emergencia fue influenciado por los diferentes tratamientos pre germinativos y sustratos, encontrándose el mejor porcentaje para el tratamiento (T1: semilla remojada en agua a temperatura ambiente por 48 horas en 3 partes turba + 2 tierra del lugar + 1 arena+1micorriza) con un valor de 91 % en emergencia, seguido del tratamiento T2 (semilla remojada en agua a temperatura ambiente por 48 horas en 2 partes turba + 3 tierra del lugar + 1 arena+ 2micorriza), con un 78,7% ; T5 con 68,7 % de emergencia, T4 y T6 con un promedio de 65,8 % y 52, 7% respectivamente, obteniendo el menor promedio el tratamiento T3 (semilla remojada en agua a temperatura ambiente por 48 horas en 2 partes turba + 2 tierra del lugar + 1 arena+ 3 micorriza), con 45,2%.
- El mejor tratamiento pre germinativo de los plantines fue el de remojo de semilla de *Pinus radiata* por 48 horas y también fue influenciado por los niveles de sustrato compuesto por 2 partes de turba+ 3 partes de tierra del lugar + 1 de arena y 2 de micorriza, hallándose los mejores resultados para el tratamiento (T2: semilla remojada en agua a temperatura ambiente por 48 horas en 2 partes turba + 3 tierra del lugar + 1 arena+ 2micorriza), ya que este tratamiento fue el que mejores resultados obtuvo en cuanto a variables de altura de planta, número de hojas, diámetro de cuello de raíz.
- La interacción de factores tratamiento pre germinativo a1 (semilla remojada en agua a temperatura ambiente por 48 horas), y sustrato b1 (3 partes turba + 2 tierra del lugar + 1 arena+ 1micorriza), fue el que presentó los promedios

mas altos en cuanto a la emergencia de las semillas de *Pinus radiata* con un promedio de 91%, seguido de los tratamientos T2 con un porcentaje de emergencia de 78.67% seguido de T5 con 68.67%.

- En la calidad de la semilla se concluye que: se tuvo un promedio de porcentaje de pureza de la semilla de *Pinus radiata* que se analizó en laboratorio del 70 %, se obtuvo un promedio de número de 21.000 semillas de *Pinus radiata* por kilogramo, lo cual esta dentro de un rango aceptable y presenta un porcentaje de germinación en promedio de 62 semillas germinadas.
- En el análisis de los sustratos se pudo observar que edafológicamente el mejor sustrato que se obtuvo fue el sustrato 2 (2 partes turba + 3 tierra del lugar + 1 arena+ 2micorriza), donde presenta una textura franco, con un pH moderadamente acido de 6,38; presenta un contenido bajo de sales con una conductividad eléctrica de 0,939 mmhos/cm, un muy alto contenido de nitrógeno de 0,7%, fósforo asimilable bajo a medio de 6,45 ppm y potasio intercambiable de 0,32 meq/100 g.
- El análisis de costos parciales indican que el tratamiento (T1: semilla remojada en agua a temperatura ambiente por 48 horas en 3 partes turba + 2 tierra del lugar + 1 arena+1micorriza), obtuvo el valor más alto en beneficio neto de 287.80 Bs. en comparación con los tratamientos T2, T3, T4, T5 y T6.
- 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.

## 6.2 Recomendaciones

Por los resultados obtenidos en el trabajo de investigación sobre la aplicación de tratamientos pre germinativo más los distintos niveles de sustratos en semillas de *Pinus radiata* se recomiendan lo siguiente:

- Hacer uso del tratamiento (T2: semilla remojada en agua a temperatura ambiente por 48 horas en 2 partes turba + 3 tierra del lugar + 1 arena+ 2 micorriza), razón por el cual se obtuvo los resultados significativos en altura, numero de hojas a comparación de los demás tratamientos.
- Según los resultados de las características físicas, se recomienda tomar en cuenta la longevidad, origen, manejo, cuidado y almacén de semillas de *Pinus radiata*.
- Realizar algunos estudios acerca de los efectos positivos y negativos que esta planta pueda tener en el suelo y la alelopatía que provoca la planta de *Pinus radiata*.
- Por representar económicamente un valor favorable a comparación de los demás tratamientos, se recomienda hacer uso del tratamiento (T1: remojo en agua a temperatura ambiente por 48 horas en 3 partes de turba + 2 de tierra del lugar+ 1 arena y 1 de micorriza), siendo fácil de aplicar, de menor tiempo de inversión.
- Finalmente se recomienda realizar reforestaciones con arboles de pino, ya que esta especie después de los cinco años de edad suele tener un desarrollo mucho mas rápido que otras especies, esto para permitir mejorar el medio ambiente y mejorar suelos degradados.

## 8. REVISION BIBLIOGRAFICA

AGRAMONTE, P. JIMENEZ, F. y DITA, M.; 1998. Aclimatación. En J.N. Ponce; preparación y mejora genética de plantas por biotecnología. Edita Instituto de biotecnología de las plantas. La Habana- Cuba pp.:193 – 206

AIZPURU, I., P. CATALÁN & F. GARÍN 1996. Guía de los árboles y arbustos de Euskal Herria. 477 pp. Vitoria-Gasteiz. Servicio de Publicaciones del Gobierno Vasco.

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

ARREGUI A., ESPINEL S., ARAGONÉS A., SIERRA R., 1999. Estimación de parámetros genéticos en un ensayo de progenie de Pinus radiata D. Don en el País Vasco. Invest. Agr.: Sist. Rec. For. 8 (1), 119-128.

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.

BOSQUE, H. 2002. Apuntes de Fisiología Vegetal. Universidad Mayor de San Andrés-Facultad de Agronomía, Carrera de Ingeniera Agronómica. La Paz-Bolivia. 130 p.

CALZADA J. 1982. Métodos estadísticos para la investigación. Ed. Milagros S. A. 5ta edición. 638 p.

CALZADA, B. J. 1970. Métodos Estadísticos para la investigación. 5º ed. Lima, Perú S.A. 644 p.

CARRILLO, T.L.; M.A. MUSALEM; M. M. ACOSTA, 2004. Efecto de la mezcla de sustrato en la supervivencia y desarrollo de *Pinus engelmannii* Carr. en el vivero Netzahulcoyotl, Mexico. Plantaciones forestales. Universidad Autonoma Chapingo. División de Ciencias Forestale. Mexico.

CERVANTES, V., M. LÓPEZ, N. SALAS y G. HERNÁNDEZ. (1994). En Prensa. Técnicas para Propagar Especies Nativas de la Selva Baja Caducifolia y Criterios para Establecer Áreas de Reforestación. Facultad de Ciencias, UNAM – PRONARE SEMARNAP. México, D. F.

CIMMYT, 1988. Manual metodológico de evaluación económica. Formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos. México D.F. 79 p.

COOPMAN, R. 2005. Growth, root growth potential, plant water relationships and freezing resistance of clones in response to different drought hardening regimes in nursery. Tesis de grado, Magister en Ciencias forestales. Universidad de concepción. Facultad de ciencias forestales. Concepción, Chile.

DANS, F.V., Fernández, F.A., ROMERO, A.G., 1999. Manual de selvicultura del pino radiata en Galicia. Proyecto Columella. Área Forestal, Serie Manuales Técnicos. Universidad de Santiago de Compostela, Santiago.

ESCOBAR, R. 1995. Memoria “Curso Actualización en viveros y plantaciones”, 21-08 al 01-09-95, Potosí – Bolivia. Pag.52

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.

FAO. 1991. 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. 1985. Ensayos de especies forestales exóticas y guía para su zonificación en la Sierra peruana. Infor. Lima – Perú. 55 – 57 p.

FAO. 1964, “Métodos de planificación Forestal en zonas áridas”, FAO cuaderno de fomento forestal N° 16.

FARJON, A. 2010. A Handbook of the World's Conifers (Volume II). 1112 pp. Leiden-Boston. Brill Academic Publishers.

FERNANDEZ, G.; JOHNSTON. 1986. Fisiología vegetal experimental. Servicio Editorial IICA. San Jose. Costa Rica. 428 p.

FERNÁNDEZ-GOLFÍN SECO, J. I.: "Manual de usuario *Pinus radiata* del País Vasco". Centro Técnico de la Madera ZTB. 1996.

FONSECA, W. y HEREDIA. 2004. Manual Para Productores de Teca (*Tectona grandis* L. f) en Costa Rica, 209 p.

FOSSATI, J.; OLIVERA, T., 1996a. Sustratos en Viveros forestales. Programa de repoblamiento forestal. Segundo numero, COTESU. Prefectura del departamento de Cochabamba, Bolivia. 12 p.

FOSSATI, J.; OLIVERA, T., 1996b. Tratamientos pregerminativos. Programa de re poblamiento forestal. Tercer numero, COTESU. Prefectura del departamento de Cochabamba, Bolivia. 25 p.

GALLOWAY, G., y BORGIO, G., 1985. Manual de viveros forestales en la Sierra peruana. INFOR. Lima – Perú. 25 – 45 pag.

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. Mexico. 760 p.

HIDALGO,O.; PALOMINO L. 1997. Producción de semillas prebasicas y básica usando métodos de multiplicación acelerada. Manual de capacitación, centro internacional de la papa. Lima, Peru . p 21-25.

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 N° 20/2. 502 P.

KILLEEN, T., GARCIA, E., y BECK, S., 1993. Guía de arboles de Bolivia. Quipus, La Paz- Bolivia. 636 p.

LAMPRECHT, H. 1990. Silvicultura en los Trópicos. Cooperación Técnica, Republica Federal de Alemania. Traducido por Antonio Carrillo. GTZ. Eschborn. 335 p.

LANDIS, T.; TINUS, R. ; MCDONALD, S.; BARNETT, J. 1990. Container and growing media , Vol. 2, the container tree nursery manual, agric. Handbk. 674. Washington, DC: U.S. department of agricultura, forest service.

LAVERY, P. B. & D. J. MEAD 1998. *Pinus radiata*: a narrow endemic from North America takes the world. En D. M. Richardson (Ed.) Ecology and Biogeography of *Pinus*: 452-449. Cambridge. Cambridge University Press.

LIRA, R. 1994. Fisiología Vegetal. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. 1º Ed. Editorial Trillas, S. A. de C. V. 237p.

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.

LÓPEZ, A. & J. M. SÁNCHEZ DE LORENZO 2004. Árboles en España. Manual de Identificación. 654 pp. Madrid. Mundiprensa.

MC DONALD, P. M. & R. J. LAACKE 1995. *Pinus radiata* D. Don. Monterrey Pine. Disponible en: <http://www.discoverlife.org/mp/20q?search=Pinus+radiata> (verificado 10 Julio 2013). United States Department of Agriculture. Natural Resources Conservation Service.

MCDONALD P.M., LAACKE R.J., 1990. *Pinus radiata* D. Don. En: Silvics of North America: 1 Conifers. BURNS R. M., HONKALA B. H., U.S.D.A. Forest Service Agriculture Handbook 654 (Vol. 1), 433-441.



MDSMA.1995. Ministerio de desarrollo sostenible y medio ambiente 1995. Mapa forestal de Bolivia. Memoria explicativa. La Paz, Bolivia.43 p.

MAGAÑA G., E. 1996. Evolución del mercado de Arboles de Navidad. Tesis de Ingeniero Forestal. Universidad Autónoma de Chapingo. Chapingo, Texcoco, Mexico. 85 p.

MANUAL DE INTERPRETACIÓN DE LOS ÍNDICES FÍSICO QUÍMICOS Y MORFOLÓGICOS DE LOS SUELOS CUBANOS (1984). Editorial Científico- Técnica. Ciudad de La Habana, Cuba. Ministerio de Agricultura.

MERLIN B.E.; J. A. PRIETO R. 2002. Produccion de árboles de navidad en regions semiaridas del Norte de Mexico. INIFAP. Folleto Tecnico Num. 17. Durango, Mexico.88 p.

MICHEL, M. 2004. El pino radiata (*Pinus radiata D. Don*) en la historia de la Comunidad Autónoma de Euskadi. Análisis de un proceso de forestalismo intensivo. 395 pp. Tesis doctoral nº 53. Vitoria-Gasteiz. Gobierno Vasco.

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.

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.

PAREDES, I. M. 2008. Efecto de tres niveles de fertilización orgánica em bokashi y dos tratamientos pre germinativos en ciprés (*cupressus sempervirens l.*) en vivero. Tesis de grado para obtener el grado de licenciatura. UMSA. Facultad de Agronomía. La Paz, Bolivia.120 p.

PASTRANA A., 2004. Sistemas Agroforestales y Silvopastoriles. Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Agronomía. La Paz, Bolivia. 104 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.

RODRIGUEZ, G. y RODRIGUEZ, R., S/f. Las especies de pinaceae cultivadas en Chile

RODRIGUEZ, J. 2000. Plantas herbáceas, semileñosas y leñosas -usos y beneficios. 1ra. Edición. Virgo. La Paz- Bolivia. 43-44. Pag

ROJAS, F. 2001. Catálogo de plantas. Facultad de Agronomía UMSA. La Paz – Bolivia.

ROJAS, F. 2004. Aplicación del Programa “The SAS System” en la Investigación Agropecuaria. Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Agronomía. La Paz, Bolivia. 107p.

SANDOVAL, E. 1997. Silvicultura y manejo de plantaciones forestales. Universidad Autónoma Gabriel René Moreno. Facultad de Ciencias Agrícolas. Carrera de Ingeniería Forestal. Santa Cruz – Bolivia. 113 p.

SCOTT, C. W. 1961. Pino Insigne (*Pinus radiata* D. Don) UN/FAO: Estudios sobre Silvicultura y productos forestales, N° 14. Roma. 340 p.

SHINTANI, M. 2000. Experiencias y tecnologías en el uso de desechos sólidos para la agricultura. Consultado 21 marzo 2013. Limón. CR. EARTH.

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). Módulos de capacitación en sistemas agroforestales. Módulo 4, 2ª edición, Santa Cruz – Bolivia.

UDAPE, 2010 (unidad de análisis de políticas sociales y económicas). Sexto informe de progreso de los objetivos de desarrollo del milenio en Bolivia. Impreso en Bolivia. La Paz – Bolivia. 150 p.

VASQUEZ, A. 2001. Silvicultura de plantaciones forestales en Colombia. Universidad de Tolima. Facultad de Ingeniería Forestal. Ibagué – Tolima.

WEAVER, P. L. 1993. *Tectona grandis* L. f. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station. New Orleans, U. S. A. 540 p.

WILLAN, R. L. 1991. Guía para la manipulación de semillas forestales, estudio con especial referencia a los trópicos. DANIDA - FAO Montes 20/2. 502 p.

[www.botanical.online.bo](http://www.botanical.online.bo) org/mp/20q?search=Pinus+radiata, *Pinus radiata* D. Don. Monterrey Pine. (verificado 10 Julio 2013).

ZAMBRANA, H. 1987. Fertilización forestal. *In*: Curso Centroamericano de Silvicultura de Plantaciones de Especies de Árboles de Uso Múltiple. Ed. Miguel Angel Musálem. Tomo I. Siguatepeque, HN. 109 p.

ZAS, R., SAMPEDRO, L., MOREIRA, X., MARTÍNS, P., 2008. Effect of fertilization and genetic variation on susceptibility of *Pinus radiata* seedlings to *Hylobius abietis* damage. Canadian Journal of Forest Research 38, 63–72.

ZAMUDIO a. 1992. Obtención de semillas y material vegetativo de árboles y arbustos. Proyecto escuela, Ecología y Comunidad campesina. Lima –Peru. Pp 11-43.

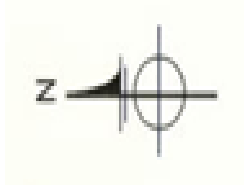
ZEBALLOS, M.M.2000, Estudio de los cambios en la composición florística, cobertura vegetal y fenológica a lo largo de un ciclo anual en el área permanente de cota cota – La Paz. Tesis de grado para obtener el grado de licenciatura. UMSA. Facultad de Agronomía. La Paz, Bolivia.110 p.

*Anexos*

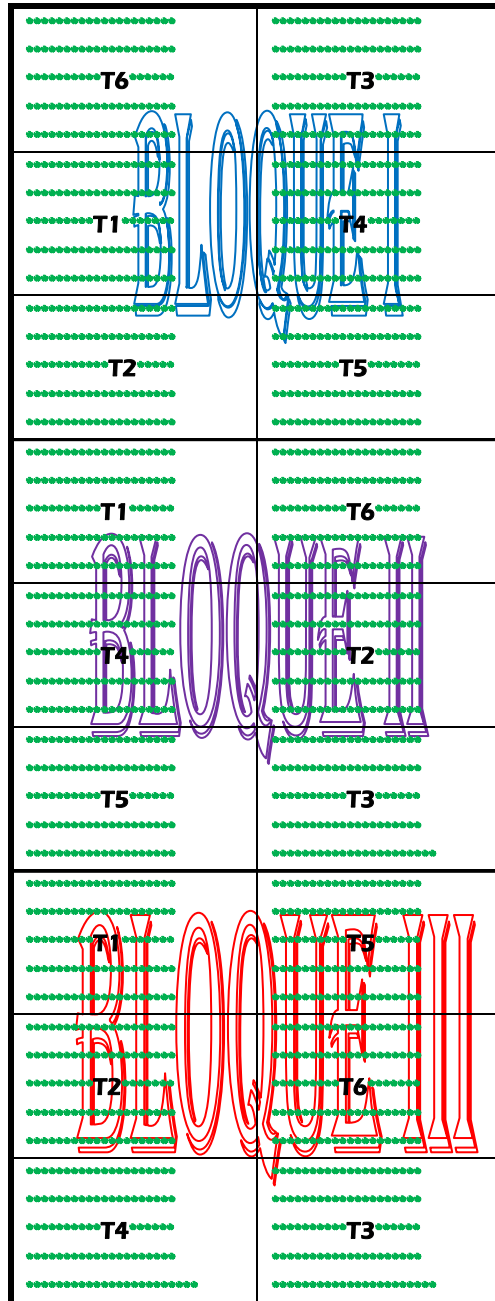
The image features the word "Anexos" written in a vibrant green, cursive script. The letters are thick and have a fluid, handwritten quality. Below the main text, there is a faint, light gray shadow of the same word, creating a subtle 3D effect. The background is plain white.

# ANEXO 1.

## Croquis experimental del lugar de estudio



**5 m**



**1 m**

## ANEXO 2.

### Análisis de Varianza para la emergencia de plantas de *Pinus radiata*

The SAS System  
General Linear Models Procedure  
Class Level Information

Class	Levels	Values
BLOQUE	3	1 2 3
TRAT	2	A1 A2
SUST	3	B1 B2 B3

Number of observations in data set = 18

General Linear Models Procedure

Dependent Variable: EMERG

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	7	4406.9166667	629.55952381	23.75	0.0001
Error	10	265.08333333	26.50833333		
Corrected Total	17	4672.0000000			

R-Square	C.V.	Root MSE	EMERG Mean
0.943261	7.684514	5.14862441	67.0000000

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
BLOQUE	2	211.7500000	105.8750000	3.99	0.0531
TRAT	1	382.7222222	382.7222222	14.44	0.0035
SUST	2	3010.7500000	1505.3750000	56.79	0.0001
TRAT*SUST	2	801.6944444	400.8472222	15.12	0.0009

General Linear Models Procedure

Level of		-----EMERG-----		
TRAT	N	Mean	SD	
A1	9	71.6111111	21.7137309	
A2	9	62.3888889	8.0419905	

Level of		-----EMERG-----		
SUST	N	Mean	SD	
B1	6	78.4166667	14.6847426	
B2	6	73.6666667	6.5625198	
B3	6	48.9166667	8.5756438	

Level of	Level of	-----EMERG-----		
TRAT	SUST	N	Mean	SD
A1	B1	3	91.0000000	7.9372539
A1	B2	3	78.6666667	5.5075705
A1	B3	3	45.1666667	10.2510162
A2	B1	3	65.8333333	1.0408330
A2	B2	3	68.6666667	1.5275252
A2	B3	3	52.6666667	6.0484158

Duncan's Multiple Range Test for variable: EMERG  
NOTE: This test controls the type I comparisonwise error rate, not the  
experimentwise error rate

Alpha= 0.05 df= 10 MSE= 26.50833

Number of Means 2 3  
Critical Range 6.623 6.921

Means with the same letter are not significantly different.

Duncan Grouping	Mean	N	SUST
A	78.417	6	B1
A			
A	73.667	6	B2
B	48.917	6	B3



### ANEXO 3.

#### Análisis de Varianza para la altura de plantas de *Pinus radiata*

The SAS System

The GLM Procedure

Class Level Information

Class	Levels	Values
Bloque	3	1 2 3
Trat	2	A1 A2
Sust	3	B1 B2 B3

Number of observations 18

The SAS System

The GLM Procedure

Dependent Variable: altura

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	7	54.88833333	7.84119048	13.48	0.0002
Error	10	5.81666667	0.58166667		
Corrected Total	17	60.70500000			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	altura Mean
0.904181	10.76712	0.762671	7.083333

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Bloque	2	49.16333333	24.58166667	42.26	<.0001
Trat	1	2.20500000	2.20500000	3.79	0.0801
Sust	2	2.71000000	1.35500000	2.33	0.1477
Trat*Sust	2	0.81000000	0.40500000	0.70	0.5211

The SAS System

The GLM Procedure

Level of Trat	N	Mean	Std Dev
A1	9	7.43333333	1.84729532
A2	9	6.73333333	1.97484177

Level of Sust	N	Mean	Std Dev
B1	6	7.06666667	1.94593594
B2	6	7.56666667	2.21148517
B3	6	6.61666667	1.70928835

Level of Trat	Level of Sust	N	Mean	Std Dev
---------------	---------------	---	------	---------

A1	B1	3	7.2666667	2.29419557
A1	B2	3	7.7666667	2.44199372
A1	B3	3	7.2666667	1.47422296
A2	B1	3	6.8666667	2.02072594
A2	B2	3	7.3666667	2.47857486
A2	B3	3	5.9666667	1.96553640

The SAS System

The GLM Procedure

Duncan's Multiple Range Test for altura

NOTE: This test controls the Type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate.

Alpha	0.05
Error Degrees of Freedom	10
Error Mean Square	0.581667

Number of Means	2	3
Critical Range	0.981	1.025

Means with the same letter are not significantly different.

Duncan Grouping	Mean	N	Sust
A	7.5667	6	B2
A			
A	7.0667	6	B1
A			
A	6.6167	6	B3

## ANEXO 4.

### Análisis de Varianza el número de hojas de plantas de *Pinus radiata*

The SAS System

The GLM Procedure

ClassLevelInformation

ClassLevelsValues

Bloque	3	1 2 3
Trat	2	A1 A2
Sust	3	B1 B2 B3

Number of ObservationsRead	18
Number of ObservationsUsed	18

The SAS System      12:26 Thursday, June 28, 2013    2

The GLM Procedure  
Dependent Variable: diametro

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	7	4237.555556	605.365079	9.17	0.0012
Error	10	660.222222	66.022222		
Corrected Total	17	4897.777778			

R-Square	0.865200	Coeff Var	10.81785	Root MSE	8.125406	diametro Mean	75.11111
----------	----------	-----------	----------	----------	----------	---------------	----------

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Bloque	2	3688.444444	1844.222222	27.93	<.0001
Trat	1	213.555556	213.555556	3.23	0.1023
Sust	2	300.444444	150.222222	2.28	0.1533
Trat*Sust	2	35.111111	17.555556	0.27	0.7718

The SAS System

The GLM Procedure

Level of	N	Mean	StdDev
-----diametro-----			
Trat			
A1	9	78.5555556	12.9142471
A2	9	71.6666667	20.4633819

Level of	N	Mean	StdDev
-----diametro-----			
Sust			
B1	6	75.3333333	15.4099535
B2	6	80.0000000	20.2089089
B3	6	70.0000000	16.5408585

Level of Trat	Level of Sust	N	-----diametro----- Mean	StdDev
A1	B1	3	78.3333333	12.0554275
A1	B2	3	82.0000000	13.1148770
A1	B3	3	75.3333333	17.7857621
A2	B1	3	72.3333333	20.5264058
A2	B2	3	78.0000000	28.9309523
A2	B3	3	64.6666667	16.8027775

The SAS System

The GLM Procedure

Duncan's Multiple Range Test for diametro

NOTE: This test controls the Type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate.

Alpha	0.05
Error Degrees of Freedom	10
Error Mean Square	66.02222

Number of Means	2	3
Critical Range	10.45	10.92

Means with the same letter are not significantly different.

Duncan Grouping	Mean	N	Sust
A	80.000	6	B2
A			
A	75.333	6	B1
A			
A	70.000	6	B3

## ANEXO 5.

### ANVA del diámetro de cuello de raíz de plantas de *Pinus radiata*

The SAS System

The GLM Procedure

Class Level Information

Class	Levels	Values
Bloque	3	1 2 3
Trat	2	A1 A2
Sust	3	B1 B2 B3

Number of observations 18

The SAS System

The GLM Procedure

Dependent Variable: diametro

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	7	1.67337222	0.23905317	8.40	0.0017
Error	10	0.28452222	0.02845222		
Corrected Total	17	1.95789444			

R-Square	0.854679
Coeff Var	9.641796
Root MSE	0.168678
diametro Mean	1.749444

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Bloque	2	1.57981111	0.78990556	27.76	<.0001
Trat	1	0.06600556	0.06600556	2.32	0.1587
Sust	2	0.02541111	0.01270556	0.45	0.6520
Trat*Sust	2	0.00214444	0.00107222	0.04	0.9632

The SAS System

The GLM Procedure

Source	Type III Expected Mean Square
Bloque	Var(Error) + 6 Var(Bloque)
Trat	Var(Error) + Q(Trat,Trat*Sust)
Sust	Var(Error) + Q(Sust,Trat*Sust)
Trat*Sust	Var(Error) + Q(Trat*Sust)

The SAS System

The GLM Procedure

Level of Trat	N	-----diametro----- Mean	Std Dev
A1	9	1.81000000	0.35163902
A2	9	1.68888889	0.33591087

Level of Sust	N	-----diametro----- Mean	Std Dev
B1	6	1.73833333	0.34289454
B2	6	1.80000000	0.42511175
B3	6	1.71000000	0.29698485

Level of Trat	Level of Sust	N	-----diametro----- Mean	Std Dev
A1	B1	3	1.80000000	0.39686270
A1	B2	3	1.84666667	0.45346812
A1	B3	3	1.78333333	0.35809682
A2	B1	3	1.67666667	0.35360053
A2	B2	3	1.75333333	0.48952358
A2	B3	3	1.63666667	0.27592269

The SAS System

The GLM Procedure

Duncan's Multiple Range Test for diametro

NOTE: This test controls the Type I comparisonwise error rate, not the experimentwise error rate.

Alpha	0.05
Error Degrees of Freedom	10
Error Mean Square	0.028452

Number of Means	2	3
Critical Range	.2170	.2268

Means with the same letter are not significantly different.

Duncan Grouping	Mean	N	Sust
A	1.80000	6	B2
A			
A	1.73833	6	B1
A			
A	1.71000	6	B3

## ANEXO 6.

### ANALISIS ECONOMICO

**Costos de producción para el tratamiento T<sub>1</sub> (a<sub>1</sub>b<sub>1</sub>), cultivo de *Pinus radiata* D.  
Don. En la Estación Experimental de Cota-Cota**

DETALLE	UNIDAD	CANTIDAD	P/Unit.	COSTO TOTAL
<b>Materiales y Herramientas</b>				
Regadera	pieza	1	20	20
Cernidor	pieza	1	50	50
Pala	pieza	1	50	50
Picota	pieza	1	50	50
Nylon	Metro	0.5	2.50	1.25
Bolsas	Unidad	155	0.25	38.75
<b>Sustratos para Almaciguera</b>				
Semilla	onza	0.5	40	20
S <sup>o</sup> del lugar	Jornal	1	10	10
Turba	Sacos	0.5	15	7.50
Arena	pala	1	2	2
Micorriza	Jornal	0.5	10	5
formol	Litro	0.06	45	2.7
<b>Costos mano de obra</b>				
Preparación del almacigo	Jornal	1	10	10
Preparación del Sustrato	Jornal	1	10	10
Llenado de almacigo	Jornal	1	10	10
Siembra	Jornal	1	10	10
<b>Labores culturales</b>				
Deshierbe	Jornal	0	0	0
Riego	Jornal	15	10	150
Repique	Jornal	1	40	40
<b>SUMATORIA TOTAL (Bs)</b>				<b>487.20</b>

## ANEXO 7.

### ANALISIS ECONOMICO

**Costos de producción para el tratamiento T<sub>2</sub> (a<sub>1</sub>b<sub>2</sub>) cultivo de *Pinus radiata* D.  
Don. En la Estación Experimental de Cota-Cota**

DETALLE	UNIDAD	CANTIDAD	P/Unit.	COSTO TOTAL
<b>Materiales y Herramientas</b>				
Regadera	pieza	1	20	20
Cernidor	pieza	1	50	50
Pala	pieza	1	50	50
Picota	pieza	1	50	50
Nylon	Metro	0.5	2.50	1.25
Bolsas	Unidad	133	0.25	33.25
<b>Sustratos para Almaciguera</b>				
Semilla	onza	0.5	40	20
S <sup>o</sup> del lugar	Jornal	1	20	20
Turba	Sacos	0.25	15	3.75
Arena	pala	1	2	2
Micorriza	Jornal	1	10	10
formol	Litro	0.06	45	2.7
<b>Costos mano de obra</b>				
Preparación del almacigo	Jornal	0.5	20	10
Preparación del Sustrato	Jornal	0.5	20	10
Llenado de almacigo	Jornal	0.5	20	10
Siembra	Jornal	0.5	20	10
<b>Labores culturales</b>				
Deshierbe	Jornal	0.5	30	15
Riego	Jornal	15	10	150
Repique	Jornal	1	40	40
<b>SUMATORIA TOTAL (Bs)</b>				<b>507.95</b>



## ANEXO 8.

### ANALISIS ECONOMICO

Costos de producción para el tratamiento T<sub>3</sub> (a<sub>1</sub>b<sub>3</sub>) cultivo de *Pinus radiata* D.  
Don. En la Estación Experimental de Cota-Cota

DETALLE	UNIDAD	CANTIDAD	P/Unit.	COSTO TOTAL
<b>Materiales y Herramientas</b>				
Regadera	pieza	1	20	20
Cernidor	pieza	1	50	50
Pala	pieza	1	50	50
Picota	pieza	1	50	50
Nylon	Metro	0.5	2.50	1.25
Bolsas	Unidad	77	0.25	19.25
<b>Sustratos para Almaciguera</b>				
Semilla	onza	0.5	40	20
Sº del lugar	Jornal	1	10	10
Turba	Sacos	0.25	15	3.75
Arena	pala	1	2	2
Micorriza	Jornal	1	10	10
formol	Litro	0.06	45	2.7
<b>Costos mano de obra</b>				
Preparación del almacigo	Jornal	0.5	20	10
Preparación del Sustrato	Jornal	0.5	20	10
Llenado de almacigo	Jornal	0.5	20	10
Siembra	Jornal	0.5	20	10
<b>Labores culturales</b>				
Deshierbe	Jornal	0	30	0
Riego	Jornal	15	10	150
Repique	Jornal	0.5	40	20
<b>SUMATORIA TOTAL (Bs)</b>				<b>448.95</b>

## ANEXO 9.

### ANALISIS ECONOMICO

**Costos de producción para el tratamiento T<sub>4</sub> (a<sub>2</sub>b<sub>1</sub>) cultivo de *Pinus radiata* D.  
Don. En la Estación Experimental de Cota-Cota**

DETALLE	UNIDAD	CANTIDAD	P/Unit.	COSTO TOTAL
<b>Materiales y Herramientas</b>				
Regadera	pieza	1	20	20
Cernidor	pieza	1	50	50
Pala	pieza	1	50	50
Picota	pieza	1	50	50
Nylon	Metro	0.5	2.50	1.25
Bolsas	Unidad	112	0.25	28
<b>Sustratos para Almaciguera</b>				
Semilla	onza	0.5	40	20
S <sup>o</sup> del lugar	Jornal	1	10	10
Turba	Sacos	0.5	15	7.50
Arena	carretilla	1	2	2
Micorriza	Jornal	0.5	10	5
formol	Litro	0.06	45	2.7
<b>Costos mano de obra</b>				
Preparación del almacigo	Jornal	1	10	10
Preparación del Sustrato	Jornal	1	10	10
Llenado de almacigo	Jornal	1	10	10
Siembra	Jornal	1	10	10
<b>Labores culturales</b>				
Deshierbe	Jornal	0.5	30	15
Riego	Jornal	15	10	150
Repique	Jornal	1	40	40
<b>SUMATORIA TOTAL (Bs)</b>				<b>491.45</b>

## ANEXO 10.

### ANALISIS ECONOMICO

**Costos de producción para el tratamiento T<sub>5</sub> (a<sub>2</sub>b<sub>2</sub>) cultivo de *Pinus radiata* D.  
Don. En la Estación Experimental de Cota-Cota**

DETALLE	UNIDAD	CANTIDAD	P/Unit.	COSTO TOTAL
<b>Materiales y Herramientas</b>				
Regadera	pieza	1	20	20
Cernidor	pieza	1	50	50
Pala	pieza	1	50	50
Picota	pieza	1	50	50
Nylon	Metro	0.5	2.50	1.25
Bolsas	Unidad	116	0.25	29
<b>Sustratos para Almaciguera</b>				
Semilla	onza	0.5	40	20
S <sup>o</sup> del lugar	Jornal	1	20	20
Turba	Sacos	0.25	15	3.75
Arena	carretilla	1	2	2
Micorriza	Jornal	1	10	10
formol	Litro	0.06	45	2.7
<b>Costos mano de obra</b>				
Preparación del almacigo	Jornal	0.5	20	10
Preparación del Sustrato	Jornal	0.5	20	10
Llenado de almacigo	Jornal	0.5	20	10
Siembra	Jornal	0.5	20	10
<b>Labores culturales</b>				
Deshierbe	Jornal	0	30	0
Riego	Jornal	15	10	150
Repique	Jornal	1	40	40
<b>SUMATORIA TOTAL (Bs)</b>				<b>488.70</b>

## ANEXO 11.

### ANALISIS ECONOMICO

**Costos de producción para el tratamiento T<sub>6</sub> (a<sub>2</sub>b<sub>3</sub>) cultivo de *Pinus radiata* D.  
Don. En la Estación Experimental de Cota-Cota**

DETALLE	UNIDAD	CANTIDAD	P/Unit.	COSTO TOTAL
<b>Materiales y Herramientas</b>				
Regadera	pieza	1	20	20
Cernidor	pieza	1	50	50
Pala	pieza	1	50	50
Picota	pieza	1	50	50
Nylon	Metro	0.5	2.50	1.25
Bolsas	Unidad	89	0.25	22.25
<b>Sustratos para Almaciguera</b>				
Semilla	onza	0.5	40	20
S <sup>o</sup> del lugar	Jornal	1	10	10
Turba	Sacos	0.25	15	3.75
Arena	carretilla	1	2	2
Micorriza	Jornal	1	10	10
formol	Litro	0.06	45	2.7
<b>Costos mano de obra</b>				
Preparación del almacigo	Jornal	0.5	20	10
Preparación del Sustrato	Jornal	0.5	20	10
Llenado de almacigo	Jornal	0.5	20	10
Siembra	Jornal	0.5	20	10
<b>Labores culturales</b>				
Deshierbe	Jornal	0.5	30	15
Riego	Jornal	15	10	150
Repique	Jornal	0.5	40	20
<b>TOTAL COSTOS (Bs)</b>				<b>466.95</b>



IBTEN :

## ANALISIS FISICO QUIMICO DE SUELOS

INTERESADO: **ROXANA EMILSE ESPINOZA A.**

N° SOLICITUD: 138 / 2012

PROCEDENCIA: **Dpto. LA PAZ, Provincia MURILLO**

FECHA DE RECERCIÓN: **12 / Octubre / 2012**

FACULTAD DE AGRONOMIA - U.M.S.A.

FECHA DE ENTREGA: **28 / Octubre / 2012**

N° Lab.	CODIGO	ARENA %	ARCILLA %	LIMO %	CLASE TEXTURAL	GRAVA %	pH en agua 1:5	C.E. M(mhos)/cm	Nitrogeno total %	Potasio Intercambiable Meq/100g	Fosforo Asimilable ppm
010/2012	Muestra suelo 1	58	15	27	FA	22	5,52	1,057	0,13	0,25	5,08
011/2012	Muestra suelo 2	49	16	35	F	30	6,38	0,939	0,7	0,32	6,45
012/2012	Muestra suelo 3	39	35	26	FY	18,5	7,27	0,90	0,32	0,20	3,47

**OBSERVACIONES,-**

\*\* Cationes de Cambio extraídos con acetato de amonio 1N.  
 Fosforo Asimilable (P Asimil), analizado con el método de Bray Kurtz.  
 C.E. Conductividad eléctrica en m(mhos) por centímetro.

**CLASE TEXTURAL**

F: Franco  
 L: Limoso  
 A: Arenoso  
 Y : Arcilloso  
 YA: Arcilloso arenoso  
 FYA: Franco Arcilloso Arenoso  
 FA: Franco Arenoso  
 AF: Arenoso Franco  
 FY: Franco Arcilloso  
 YL: Arcilloso limoso  
 FYL: Franco Arcilloso Limoso  
 EL: Franco Limoso



*[Handwritten signature]*

RESPONSABLE DE LABORATORIO  
 JOSE CHUNGUJ.C.

## ANEXO 13.

### FOTOS COMPLEMENTARIAS A LA INVESTIGACION

Vista del área de Dasonomía, lugar donde se realizó el estudio



Mezcla de los sustratos utilizados en la investigación





## Emergencia de los plantines de *Pinus radiata*



## Marbeteado de identificación a las plantas muestra de los tratamientos





Crecimiento de los plantines de Pinus radiata en los distintos bloques



Crecimiento de los plantines a la conclusión de la investigación

