



UNIVERSIDAD TECNICA ESTATAL DE QUEVEDO
UNIDAD DE ESTUDIOS A DISTANCIA
MODALIDAD SEMIPRESENCIAL
CARRERA INGENIERIA AGROPECUARIA

TESIS DE GRADO

**PROPAGACION DE PLANTULAS DE *Pinus radiata* (D. Don, EN CAMAS
ELEVADAS Y DIFERENTES FRECUENCIAS DE FERTILIZACION.)**

Previo a la obtención del título de Ingeniero Agropecuario

AUTOR

EDGAR STALIN VIERA SINCHIGUANO

DIRECTOR

ING. MSc. LAUDEN RIZZO ZAMORA

Quevedo - Ecuador

2013

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

Yo, **Edgar Stalin Viera Sinchiguano** declaro que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Universidad Técnica Estatal de Quevedo, puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

EDGAR STALIN VIERA SINCHIGUANO

CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR DE TESIS

Ing. MSc. LAUDEN RIZZO ZAMORA, director de tesis, certifica que el Sr. Egresado. **EDGAR STALIN VIERA SINCHIGUANO**, realizó la tesis de grado previo a la obtención del título de Ingeniero Agropecuario de grado titulada **“PROPAGACIÓN DE PLÁNTULAS DE *Pinus radiata* (De Don, EN CAMAS ELEVADAS Y DIFERENTES FRECUENCIAS DE FERTILIZACION.)”**, bajo mi dirección, habiendo cumplido con las disposiciones reglamentarias establecidas para el efecto.

.

Ing. MSc. Lauden Rizzo Zamora
DIRECTOR DE TESIS



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO
UNIDAD DE ESTUDIOS A DISTANCIA
CARRERA INGENIERÍA AGROPECUARIA

**PROPAGACIÓN DE PLÁNTULAS DE *Pinus radiata* (D. Don, EN CAMAS
ELEVADAS Y DIFERENTES FRECUENCIAS DE FERTILIZACION.)**

TESIS DE GRADO

Presentado al Comité Técnico Académico como requisito previo a la
obtención del título de **INGENIERO AGROPECUARIO**

Aprobado:

Ing. Alfonso Velasco Martínez, MSc.
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

Ing. Karina Plua Panta, MSc.
MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE TESIS

Ing. Caril Arteaga, MSc.
DIRECTOR DE TESIS

QUEVEDO - LOS RÍOS - ECUADOR

AÑO 2013

AGRADECIMIENTO

El autor deja constancia de su agradecimiento:

A la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, digna institución de enseñanza e investigación, a través de la Unidad de Estudios a Distancia, por recibirme como estudiante.

Dr. Manuel Haz Álvarez (+), ex –Rector de la UTEQ por su invaluable aporte a la comunidad quevedeña y haber dirigido tan digna institución como la Universidad Técnica Estatal de Quevedo.

Al Ing. Roque Vivas Moreira, MSc., Rector de la UTEQ, por su gestión académica que acertadamente dirige.

A la Ingeniera: Guadalupe Murillo de Luna, ex – Directora de la UED por su dedicación y constancia y su ardua dedicación a la formación de los profesionales para el servicio del sector agropecuario.

Al Ing. M.Sc. Lauden Rizzo Zamora Director de Tesis por su apoyo incondicional en concluir este trabajo investigativo y su abnegada causa en la formación de profesionales con alto criterio de valores éticos; por su desinteresada y muy valiosa ayuda en la realización de este trabajo.

Un perdurable reconocimiento a los señores: Ing. Francisco Espinosa, MSc, Ing. Geovanny Suarez Fernández, MSc.

También dejo constancia a todo el grupo administrativo, docente y de servicio de la UNIDAD DE ESTUDIOS A DISTANCIA DE LA UNIVERSIDAD TECNICA ESTATAL DE QUEVEDO.

DEDICATORIA

Dedico esta tesis de grado

A Dios por darme fuerza y valor.

A mi Madre y Hermanos por su apoyo Incondicional.

A mi esposa Kerly por su comprensión y apoyo

A mis Hijos Yandry y Kerlita que han sido el soporte moral para alcanzar mis metas.

STALIN VIERA

INDICE

PORTADA.....	i
DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS	ii
CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR DE TESIS	iii
APROBACIÓN DE TRIBUNAL	iv
AGRADECIMIENTO	v
DEDICATORIA	vi
ÍNDICE DE CUADROS.....	xi
ÍNDICE DE GRÁFICOS	xii
RESUMEN EJECUTIVO.....	xiii
ABSTRAC	xv
CAPÍTULO I.....	1
MARCO CONTEXTUAL DE LA INVESTIGACIÓN	1
1.1. Introducción	2
1.2. Objetivos.....	3
1.2.1. General	3
1.2.2. Específicos.....	3
1.3. Hipótesis	3
CAPÍTULO II.....	4
MARCO TEÓRICO	4
2.1. Fundamentación Teórica	5
2.1.1. Área de Distribución de Pinus radiata.....	5
2.1.2. Origen	5
2.1.3. Condiciones Ambientales.....	5
2.1.4. Germinación de semilla.....	6
2.2. Identificación Taxonómica.....	6
2.3. Fisonomía del Pino	6
2.4. Requisitos ecológicos	7
2.4.1. Características botánicas.....	7
2.5. Que es un Vivero Forestal	8
2.5.1. Producción de plántulas en vivero	9

2.5.1.1. Métodos de siembra.....	9
2.5.2 Características del sustrato.....	10
2.5.3. Sustrato.....	10
2.5.3.1. Tipos de Sustratos	10
2.5.3.1.1. Según sus propiedades	10
2.5.3.1.2. Según el origen de materiales.	11
2.5.3.1.3. Materiales inorgánicos o minerales.....	11
2.5.3.2. Turbas.....	11
2.5.3.3. Arenas.....	12
2.5.3.4. Corteza de Pino.	12
2.5.3.5. Resto de Coníferas	12
2.5.4. Nutrición en Vivero.....	12
2.5.4.1. Fertiriego.....	13
2.5.4.2. La Fertilización forestal	13
2.5.4.3. Nutrientes esenciales para los árboles	15
2.5.5. Función de los Macronutrientes	15
2.5.5.1. Carbono (C)	15
2.5.5.2. Oxígeno (O)	15
2.5.5.3. Hidrógeno (H)	16
2.5.5.4. Nitrógeno (N)	16
2.5.5.5. Fósforo (P)	16
2.5.5.6. Potasio (K)	17
2.5.6. Función de los Micronutrientes	17
2.5.6.1. Cloro (Cl).....	17
2.5.6.2. Hierro (Fe).....	17
2.5.6.3. Boro (B).....	18
2.5.6.4. Manganeseo (M)	18
2.5.6.5. Molibdeno (Mo)	18
 CAPÍTULO III.....	 19
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	19
3.1. Materiales y Métodos.....	20
3.1.1. Localización y duración de la investigación	20

3.1.2. Condiciones meteorológicas	20
3.1.3. Materiales y equipos	21
3.1.4. Tratamientos y Diseño Experimental	22
3.1.5. Mediciones experimentales.....	23
3.1.5.1 Número de plantas germinadas.	23
3.1.5.2 Altura de plántula.	24
3.1.5.3 Diámetro a la Altura de Cuello de la planta. (DAC).....	24
3.1.5.4 Duración del ciclo de producción de la plántula.	24
3.1.5.5 Análisis Económico de los tratamientos	24
3.1.6 Manejo del experimento.....	24
3.1.6.1. Preparación del sustrato	24
3.1.6.2. Siembra.....	25
3.1.6.3. Fertirrigación (Fertilización Líquida)	25
3.1.6.4. Fertilización edáfica	25
3.1.6.5. Control de malezas	26
3.1.6.6. Poda de raíces.....	26
3.1.6.7. Control sanitario.....	26
 CAPÍTULO IV	 27
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	27
4.1. Resultados	28
4.1.1. Germinación de plantas	28
4.1.2. Altura de planta.....	30
4.1.3. Diámetro a la altura de cuello de planta (DAC).....	33
4.1.4. Análisis económico	36
4.1.5. Duración ciclo de producción	37
4.2. DISCUSION	39
 CAPÍTULO V	 42
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	42
5.1. Conclusiones	43
5.2. Recomendaciones	46

CAPÍTULO VI	47
BIBLIOGRAFÍA	47
6.1. Literatura Citada	47
CAPÍTULO VII	51
ANEXOS.....	51
7.1. Anexos.....	512
Anexo 1.Germinación de plantas de 13 a 28 días	52
Anexo 2. Diámetro a la altura de cuello en milímetros (mm)	53
Anexo 3. Altura de planta en centímetros (cm)	55
Anexo 4. Preparación de la semilla <i>Pinus Radiata</i> D. Don.	57
Anexo 5. Preparación del sustrato y siembra.	58
Anexo 6.Mediciones.....	59
Anexo 7.Resultado final.	60

ÍNDICE DE CUADROS

	PAG.
Cuadro 1	Condiciones meteorológicas de la zona en estudio. Saquisilí 20
Cuadro 2	Materiales y equipos utilizados en propagación de plántulas de <i>Pinus radiata</i> (D. Don), en camas elevadas y diferentes frecuencias de fertilización. 21
Cuadro 3	Esquema del experimento 23
Cuadro 4	Esquema de Análisis de varianza del ensayo 24
Cuadro 5	Número de plantas germinadas por día. En en propagación de plántulas de <i>Pinus radiata</i> (D. Don), en camas elevadas y diferentes frecuencias de fertilización. 28
Cuadro 6	Adeva para Altura de Planta a las 4, 8, 12, y 15 semanas de edad. En propagación de plántulas de <i>Pinus radiata</i> (D. Don), en camas elevadas y diferentes frecuencias de fertilización. 30
Cuadro 7	Prueba de Tukey 5%. Para Altura de Planta a las 4, 8, 12 y 15 semanas. En propagación de plántulas de <i>Pinus radiata</i> (D. Don), en camas elevadas y diferentes frecuencias de fertilización. 31
Cuadro 8	Adeva para Diámetro a Altura del Cuello (DAC) de Planta a las 4, 8, 12 y 15 semanas de edad. En propagación de plántulas de <i>Pinus radiata</i> (D. Don), en camas elevadas y diferentes frecuencias de fertilización. 33
Cuadro 9	Prueba de Tukey 5%. Para Diámetro a la Altura de Cuello (DAC) de Planta a las 4, 8, 12 y 15 semanas. En propagación de plántulas de <i>Pinus radiata</i> (D. Don), en camas elevadas y diferentes frecuencias de fertilización. 34
Cuadro 10	Costos de producción en propagación de plántulas de <i>Pinus radiata</i> (D. Don), en camas elevadas y diferentes frecuencias de fertilización. 36
Cuadro 11	Duración del ciclo de producción (Días) en propagación de plántulas de <i>Pinus radiata</i> (D. Don), en camas elevadas y diferentes frecuencias de fertilización. 37

ÍNDICE DE GRÁFICOS

	PAG.
Grafico 1 Número de plantas germinadas por día. En propagación de plántulas de <i>Pinus radiata</i> (D. Don), en camas elevadas y diferentes frecuencias de fertilización.	29
Grafico 2 Altura de Planta a las 4, 8, 12 y 15 semanas. En propagación de plántulas de <i>Pinus radiata</i> (D. Don), en camas elevadas y diferentes frecuencias de fertilización.	32
Grafico 3 Diámetro a la Altura de Cuello (DAC) de Planta a las 4, 8, 12 y 15 semanas. En propagación de plántulas de <i>Pinus radiata</i> (D. Don), en camas elevadas y diferentes frecuencias de fertilización.	35

RESUMEN EJECUTIVO

La investigación se realizó en la propiedad del señor Stalin Viera, localizada en el Barrio Manizales, Parroquia La Matriz, Cantón Saquisilí, Provincia de Cotopaxi; cuya ubicación geográfica es de 78°37'19" Latitud Este y 00°59'47" Longitud Norte, altitud de 2900 m.s.n.m. el ensayo duro 112 días y tuvo como objetivo principal la propagación de plántulas de pino radiata en camas elevadas y diferentes frecuencias de fertilización.

Se evaluó 4 tratamientos T1: Cama elevada (40 cm de altura), T2: Fertilización fosforada (1,2kg de Súper fosfato triple/m³ de sustrato), T3: Aumento frecuencia fertirriego (3 veces por semana), T4: Aumento de frecuencia fertilización edáfica (3 veces/ciclo producción) y un testigo.

Se usó un diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA), con cinco tratamientos y cuatro repeticiones. Para determinar las diferencias estadísticas, entre medias se usó la prueba de rangos múltiples de Tukey (≤ 00.5). La parcela experimental estaba constituida por 1 bandeja plástica de 40 plantas, la parcela neta consta de 18 plantas por bandeja.

Se evaluó; Numero de plantas germinadas desde el día 13 al 28 después de la siembra; altura de plántula a las 4,8,12,15, semanas, diámetro a la altura del cuello a las 4,8,12,15, semanas, duración del ciclo de producción de plántula hasta que tengan 20cm de altura y 3mm de DAC y análisis económico de los tratamientos.

Los tratamientos T2 (fertilización fosforada) tuvo el mejor desempeño en la germinación de plántulas, concentrando el 91% de plantas germinadas en cinco días del día 20 al 25

El mejor tratamiento en altura y diámetro de planta correspondió a T4 (aumento frecuencia fertilización edáfica) que presento 28.3 cm de altura promedio y 3.7 mm de diámetro

El menor ciclo de producción fue para T4 (Aumento de frecuencia de fertilización edáfica) con 84 días y el mayor ciclo correspondió a T1 (cama elevada) con 120 días.

El análisis económico determinó que T4 (aumento de frecuencia fertilización edáfica) presentó la mejor Tasa Beneficio Costo (B/C) con 1,6 es decir que por cada dólar invertido recupera el dólar y 60 centavos más.

ABSTRAC

The research was conducted on the property of Mr. Stalin Viera , located in Cotopaxi Province in , Saquisilí County, in Manizales neighborhood. Whose geographical location is 78 ° 37 ' 19 " Lat East and 00 ° 59' 47 " North Longitude , with an altitude of 2900 meters above sea level. The trial had a 112 day duration and the main objective is the spread of radiata pine seedlings on raised beds and different frequency of fertilization.

Raised bed (40 cm) , T2 : : phosphorus fertilization (1.2 kg Super phosphate substrate triple/m³) , T3 : Increase fertirrigation frequency (3 times per week), T4 : Increased frequency was evaluated 4 treatments T1 soil fertilization (3 times / production cycle) and a witness.

A design Randomized Complete Block (RCBD) with five treatments and four replications was used. To determine the statistical differences between average test Tukey multiple range (≤ 0.05) was used. Experimental plots consisted of 1 plastic tray of 40 plants and the net plot has 18 plants per tray.

The evaluation was done measuring the number of plants that germinated from day 12 to 28 after sowing. Also measured the seedling height and diameter at 4,8,12,15 weeks after germination. The evaluation also measure length of seedling production cycle until they are 20 cm in height and 3mm DAC and economic analysis of treatments.

The treatments T2 (phosphate fertilizer) had the best performance in the germination of the seedlings, accounting for 91 % of plants germinated in from day 20 to 25.

The best treatment in plant height and diameter corresponded to T4 (frequency increase soil fertilization) it presented average height of 28.3 cm and 3.7 mm in diameter

The production cycle was lower for T4 (Increased frequency of soil fertilization) 84 days and the major cycle corresponded to T1 (raised bed) with 120 days.

The economic analysis determined that T4 (soil fertilization rate increase) presented the best rate Benefit / Cost (B / C) with 1.6 meaning that for every dollar spent gets one dollar and 60 cents

.

CAPÍTULO I

MARCO CONTEXTUAL DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Introducción

La forestación a gran escala o con fines industriales, demanda cada vez más el uso de plántulas sanas y vigorosas, que se adapten a las nuevas tecnologías. El técnico viverista tiene ante sí un reto cada vez mayor, y producir plantas en el menor tiempo a bajo costo y parámetros de calidad muy exigentes.

La evolución en la producción de plántulas, exige aplicar tecnologías innovadoras que permitan aprovechar de mejor manera los recursos, la fertilización en viveros forestales, en el Ecuador existen muy pocos viveros que entre sus prácticas culturales aplican fertilizantes o abonos.

La fertilización es una herramienta que bien manejada permite obtener plantas sanas y vigorosas, el apareamiento de nuevas formas de riego han permitido juntar las dos labores que son riego y fertilización, con el apareamiento de fertilizantes solubles y de baja salinidad permiten desarrollar programas de fertirriego que se ajustan a cada especie.

Un vivero dependerá en gran medida del manejo acertado en la nutrición y sanidad de las plantas, y de esta manera poder realizar proyectos de forestación y reforestación que coadyuven a mantener un stock permanente de materia prima en las diferentes industrias. Las cuales se encuentran empeñadas en investigar nuevas técnicas de producción de plantas en vivero, con el fin de proveer de material genético de calidad y en menor tiempo, para fomentar áreas boscosas.

La presente investigación se propone examinar técnicas de producción de plántulas, que permitan acortar el ciclo de producción y mejorar los parámetros de tamaño, de esta manera se espera contribuir al sector productivo, de mi provincia y sectores aledaños; los resultados científicos obtenidos servirán de referencia en futuras investigaciones.

1.2. Objetivos

1.2.1. General

Evaluar la propagación de plántulas de *Pinus radiata* (D. Don), en camas elevadas y diferentes frecuencias de fertilización.

1.2.2. Específicos

- Determinar el comportamiento agronómico de las plántulas de *Pinus radiata* (D. Don), en camas elevadas con diferente frecuencia de fertirriego.
- Establecer la mejor frecuencia de fertirriego en plántulas de *Pinus radiata* (D. Don), a través de camas elevadas.
- Analizar los costos por tratamiento en estudio.

1.3. Hipótesis

Al menos un tratamiento mejorara el crecimiento de las plántulas de *Pinus radiata*

Al menos un tratamiento reducirá los costos de producción de las plántulas de *Pinus radiata*

CAPÍTULO II
MARCO TEÓRICO

2.1. Fundamentación Teórica

2.1.1. Área de Distribución de *Pinus radiata*

El área de distribución se encuentra en la costa de California, hasta una altitud de 350 m, y en la isla Guadalupe frente a México. El *pino radiata* ha sido difundido por casi todo el mundo, esta especie exótica se caracteriza por su rápido crecimiento. Existen grandes superficies plantadas en Nueva Zelandia, Chile, Australia, Sudáfrica; y en menor escala Argentina, Ecuador, entre otros. **Ipinza, R; Gutiérrez y Emhart (2003).**

2.1.2. Origen

El *Pinus radiata* D. Don es originario de la Costa Californiana (Estados Unidos), esta especie se encuentra en las localidades de Swanton, Monterrey, Cambria entre las más importantes. **Ipinza, R; Gutiérrez y Emhart (2003).**

El pino radiata fue introducido al Ecuador, al comienzo del siglo XX, primero como planta de jardín u ornamental, debido a su buena adaptación se fue posicionando como una de las especies pioneras de las plantaciones de coníferas en el país. **Añazco (2003)**

2.1.3. Condiciones Ambientales

Para tener un buen crecimiento de *Pinus radiata* se requiere una precipitación anual de 600 a 1500 mm y temperaturas promedio anuales de 11 a 18 °C tolerando heladas suaves. En el Ecuador correspondería a la Zona de Vida Bosque seco Montano Bajo, es decir al clima Sub húmedo Templado. **Becerra (2004).**

2.1.4. Germinación de semilla

Esta especie presenta un poder germinativo muy alto más de 70%, la germinación es del tipo hipogea (cotiledones sobre el suelo), por tal razón, no se debe enterrar demasiado a la semilla, siempre y cuando existan condiciones favorables para el crecimiento de la semilla. El poder germinativo es uno de los aspectos más importantes, ya que una germinación satisfactoria es un índice de un elevado número de plantas vigorosas. **Galiussi (2006).**

2.2. Identificación Taxonómica

Según **Ipinza, r; Gutierrez y Emhart (2003)**, es la siguiente:

Reino: Vegetal
Clase: Coníferas
Familia: Pinaceae
Tribu: Pinoideas
Género: Pinus
Especie: Pinus radiata

Nombre Común: Pino de Monterrey (Español); Insignispine (Ingles) Pin de Monterrey (Francés),

2.3. Fisonomía del Pino

Esta especie posee una acícula (tres agujas por fascículo) de 8 a 18 cm de longitud, alcanza alturas de entre 30 y 50 m, el Diámetro Altura de Pecho (DAP) llega hasta 150 cm. La copa tiene forma piramidal, amplia y compacta. El color de la corteza es gris verdosa y delgada de juvenil, en su juventud la corteza se vuelve marrón rojiza y gruesa además de presentar grietas profundas. **Becerra (2004).**

2.4. Requisitos ecológicos

Los límites del rango de *P. radiata* están definidos por tres factores:

- El suelo debe tener una disponibilidad de humedad todo el año.
- El suelo tiene que ser ácido.
- El tercer factor está relacionado con la temperatura máxima que en el mes más caliente no tiene que sobrepasar los 29°C en promedio. (Wornald, 1975). Citado por **(Hofstede R, Lips J, Jongsma W, Sevink Y, 2001)**.

El *P. Radiata* prefiere temperaturas promedios anuales de 12 - 18°C con una mínima absoluta de -10°C. La precipitación tiene que estar dentro de 1.000 – 2000 mm anual. En el sur del Ecuador en las provincias Loja, Azuay y Cañar el establecimiento de *P. radiata* ha sido más generalizado. Aquí las plantaciones están establecidas en suelos superficiales y pedregosos, que generalmente son sitios de baja calidad. Citado por **(Hofstede R, Lips J, Jongsma W, Sevink Y, 2001)**.

En lo que se refiere a su preferencia por suelos, esta especie soporta texturas diversas. Su área de dispersión altitudinal (no sobre los 3300 m.s.n.m.) es la marca prácticamente sus límites de adaptabilidad **(Spier/Biederbick, 2003)**.

2.4.1. Características botánicas

Esta especie posee hojas de color verde, con tono amarillento limbo formado por 5 agujas o folíolos aciculares, de 25 a 30 centímetros de largo, su formación es triangular, borde dentado (sólo se puede apreciar al tacto), cara superior suave, parte inferior se presenta áspera, nervadura no es disponible distinguirla a simple vista. Inserción en las ramas, esparcidas.

Flores se presentan formadas por escamas con apéndice laminar agrupadas en forma de cono, de 5 a 7 centímetros de longitud. El color de las escamas se aprecia de un verde blanquecino, mientras que los apéndices es café claro.

Fruto y semillas Se presenta en forma similar al “pino de Monterrey”. Las semillas son aladas y están contenidas dentro de un cono seco que tiene aproximadamente 10 centímetros de largo. **Spier/Biederbick (2003).**

2.5. Que es un Vivero Forestal

Un vivero forestal es una superficie dedicada a la crianza de plantas de especies forestales destinadas a ser utilizadas en la repoblación forestal.

Estas plantas deberán poseer unas condiciones morfológicas muy estrictas y se producen en una cantidad importante-alrededor de un millón como mínimo por instalación-, por lo que se aplican técnicas de cultivo específicas. Por el contrario, las plantas forestales se instalan en un medio difícil, sin cuidados especiales incluso en los primeros años, por lo que su capacidad de arraigo y supervivencia estará relacionada con una morfología en la que exista un gran equilibrio entre la parte aérea y el sistema radical.

Este equilibrio morfológico tiende a ser asegurado utilizando plantas de poca edad pues en esta situación, el desarrollo ordinario de las plantas proporciona una mayor extensión relativa del sistema radical. Por tanto existe una estrecha relación entre edad, morfología, posibilidad de arraigo y calidad en las plantas forestales. Más adelante, al tratar el concepto de calidad de planta forestal, se comprobará que un frecuente motivo de pérdida de calidad es el excesivo desarrollo, especialmente de la parte aérea, de la planta forestal. Este exceso de tamaño implicará la inutilidad del lote de planta para la repoblación, lo que conduce ordinariamente a la necesidad de destrucción de la planta cultivada.

El viverista forestal produce bienes perecederos, lo que requiere un importante esfuerzo de planificación y coordinación entre la producción de planta y su empleo en el monte.

De lo anterior se deduce que lo que caracteriza a un vivero forestal son los dos atributos que definen a la planta forestal: relativamente corta edad y tamaño; y ser producida en grandes cantidades. Todo ello condiciona los procedimientos de cultivo.

En todo el proceso de cultivo deberá predominar el objetivo de calidad de planta, equivalente a posibilidad de arraigo posterior, frente al coste de producción, aunque, lógicamente, garantizado el primer objetivo, el costo deberá ser minimizado. **Arnold, F.E. (2002).**

2.5.1. Producción de plántulas en vivero

2.5.1.1. Métodos de siembra.

La siembra puede realizarse directamente en envases individuales, o por almácigo. Cuando la siembra es directa se sugiere sembrar 2 semillas por envase. Cuando el cultivo parte de almácigos el repique a los envases se realiza cuando las plántulas alcancen 3 a 4 cm de altura y tengan lo que se conoce como “cabeza de cerillo”, antes de que aparezcan las hojas o acículas primarias. Si no se tiene cuidado, el transplante del semillero al envase puede producir daños severos a la planta, especialmente deformaciones a la raíz.

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. **J.R. Ruano Martínez (2011)**

2.5.2 Características del sustrato

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 corteza de pino, es adecuada para lograr buenas condiciones de drenaje. **Carlson. P y Anazco. M, (2004).**

2.5.3. Sustrato

Un sustrato es todo material sólido distinto del suelo, natural, de síntesis o residual, mineral u orgánico, que colocado en un contenedor, en forma pura o en mezcla, permite el anclaje del sistema radicular de la planta, desempeñando, por tanto, un papel de soporte para la planta. El sustrato puede intervenir o no en el complejo proceso de la nutrición mineral de la planta. **Carlson. P y Anazco. M, (2004).**

2.5.3.1. Tipos de Sustratos

Se clasifica a los sustratos según sus propiedades y origen de materiales.

2.5.3.1.1. Según sus propiedades

- **Sustratos químicamente inertes.** Arena granítica o silíceas, grava, roca volcánica, perlita, arcilla expandida, lana de roca, etc.
- **Sustratos químicamente activos.** Turbas rubias y negras, corteza de árboles (pino, laurel, etc.), vermiculita, materiales ligno-celulósicos, etc.

2.5.3.1.2. Según el origen de materiales.

Materiales orgánicos.

- De origen natural. Se caracterizan por estar sujetos a descomposición biológica (turbas).
- De síntesis. Son polímeros orgánicos no biodegradables, que se obtienen mediante síntesis química (espuma de poliuretano, polietileno expandido, etc.).
- Subproductos y residuos de diferentes actividades agrícolas, industriales y urbanas. La mayoría de los materiales de este grupo deben experimentar un proceso de compostaje, para su adecuación como sustratos (cascarillas de arroz, pajas de cereales, fibra de coco, cortezas de árboles, aserrín y virutas de la madera, etc.). **García (2007).**

2.5.3.1.3. Materiales inorgánicos o minerales.

- De origen natural. Se obtienen a partir de rocas o minerales de origen diverso, modificándose muchas veces de modo ligero, mediante tratamientos físicos sencillos. No son biodegradables (arena, grava, tierra volcánica, etc.).
- Transformados o tratados. A partir de rocas o minerales, mediante tratamientos físicos, más o menos complejos, que modifican notablemente las características de los materiales de partida (perlita, lana de roca, vermiculita, arcilla expandida, etc.). **García (2007).**

2.5.3.2. Turbas.

La turba triturada y vermiculita tornan a la mezcla más liviana y facilitan el manejo de recipientes, estas se utilizan en relación 3:2 y 3:1, algunos viveros utilizan con éxito la turba sin vermiculita o perlita. **Padilla (2003).**

2.5.3.3. Arenas.

Las arenas proporcionan los mejores resultados son las arenas de río. Su granulometría más adecuada oscila entre 0,5 y 2 mm de diámetro.

Su densidad aparente es similar al de la grava. Su capacidad de retención del agua es media (20 % del peso y más del 35 % del volumen); su capacidad de aireación disminuye con el tiempo a causa de la compactación; su capacidad de intercambio catiónico es nula. **Harmann (2002).**

2.5.3.4. Corteza de Pino.

Se pueden emplear cortezas de diversas especies vegetales, aunque la más empleada es la de pino, que procede básicamente de la industria maderera. Las cortezas se emplean en estado fresco (material crudo) o compostadas (en proceso de descomposición), las cortezas crudas pueden provocar problemas de deficiencia de nitrógeno y fitotoxicidad. **Vásquez (2001).**

2.5.3.5. Resto de Coníferas

Los restos vegetales de diversas especies maderables son ampliamente usadas, sobresaliendo las cortezas y agujas de Pinusspp. Las cortezas y agujas tienen una densidad real muy elevada, del orden 2.0 y 1.9 respectivamente, que asegura una buena retención de agua y aire. **Vásquez (2001).**

2.5.4. Nutrición en Vivero

Trece son los elementos en vivero identificados como esenciales para el crecimiento de las plantas. Por conveniencia, seis de estos trece han sido clasificados como macronutrientes, los cuales son requeridos por las plantas en cantidades relativamente grandes, mientras que los restantes son requeridos en cantidades pequeñas. **Rojas (2003).**

2.5.4.1. Fertiriego

Se define al fertiriego como “la aplicación de los fertilizantes y más concretamente, la de los elementos nutritivos que precisan los cultivos, junto con el agua de riego”.

La fertirrigación consiste en suministrar al cultivo agua y fertilizantes en la cantidad y frecuencia requeridas, de forma que se optimice el aprovechamiento de los mismos y evitando las situaciones de estrés que afectan negativamente la producción. **Rojas (2003).**

Por otra parte, se basan en la aplicación de soluciones nutritivas completas, cuya composición varía según el cultivo, estado de desarrollo, ciclo de cultivo e incluso condiciones ambientales.

El pH de la solución debe fijarse en el nivel óptimo que permita la asimilación de los nutrientes por el cultivo. Esta función debe realizarse en forma continua y precisa.

Los beneficios que se derivan de la aplicación de esta técnica son la mejora de calidad, incremento de la producción, ahorro de agua y fertilizantes, incremento de la rentabilidad y respeto al medio.

2.5.4.2. La Fertilización forestal

La fertilización es la aportación de sustancias minerales u orgánicas al suelo de cultivo con el objeto de mejorar su capacidad nutritiva. Este método de fertilización consiste en alimentar a las plantas directamente mediante su abastecimiento con sustancias nutritivas químico sintéticas solubles en agua por medio de la osmosis forzada. **Suquilanda (2000).**

La fertilización forestal forma parte del manejo silvícola en muchos países; en el Ecuador, las plantaciones forestales en general se las establece en zonas con terrenos de poca fertilidad, de ahí la importancia que se debe dar a experiencias relacionadas con fertilización en plantaciones en proceso o en rodales ya establecidos.

Los fertilizantes contienen nutrientes para plantas y pueden incorporarse al suelo para aumentar su fertilidad natural, su modo de acción es directo. Cuando se aplican los fertilizantes adecuados suele presentarse una considerable mejora tanto en calidad como en la cantidad de los productos obtenidos, (Canon 2002) citado por **Meneses (2000)**.

Fertilizando *P. radiata* al utilizar diferentes dosis de NPK y bórax por año, la aplicación de 75 g de NPK aumentó la altura en un 27% y las tasas de 20 y 50 g aumentaron en un 12% y 15% respectivamente. La combinación de 75 g de NPK más 50 g de bórax provocaron un aumento del 48% en altura en relación al testigo. La aplicación de 100 g de bórax por planta resultó tóxico (reducción de crecimiento en un 12% y aumento del 14% en la mortalidad) **Cannon (2002)**.

En cualquier caso las decisiones relativas del manejo de la nutrición deben basarse en las respuestas de la productividad y el estado vigente del suelo, con frecuencia, los bosques responden muy bien a la fertilización. **(Binkley, 2001)**.

Según los resultados de una investigación realizada con productos similares en Maula Chico provincia de Chimborazo en la misma especie investigada (*P. radiata*), los mejores resultados en crecimiento de altura los consiguió con 2 y 1 pastilla de fertilizante, es decir 30 y 15 gramos de fertilizante de liberación lenta. Según la investigación realizada por Herrera en la Provincia del Cotopaxi los mejores resultados en diámetro y altura lo consiguió con 30 y 20 gramos de pelets. **(Herrera, 2003)**.

2.5.4.3. Nutrientes esenciales para los árboles

Las plantas necesitan de 16 elementos conocidos como esenciales para el crecimiento de árboles forestales. De estos, 4 se originan en la atmósfera, y 12 en el suelo.

En la actualidad se conocen 16 elementos que son esenciales para el crecimiento de los árboles. Estos se pueden dividir en dos grupos los cuales se denominan macronutrientes y micronutrientes. Esta división se basa a la necesidad relativa de estos nutrientes que tienen los árboles.

De los cuales nueve macronutrientes que se necesitan en el follaje de los árboles a niveles generalmente de 1000 partes por millón (ppm) o más y 7 micronutrientes que se requieren generalmente 100 ppm o menos Citado por. **(Cannon, 2002)**

2.5.5. Función de los Macronutrientes

2.5.5.1. Carbono (C)

El carbono forma los esqueletos de todas las moléculas orgánicas del árbol incluyendo la celulosa. Entra al árbol como CO_2 a través de los estomas de las hojas o acículas y durante la fotosíntesis se reduce el C. Esto quiere decir que obtiene mucho hidrógeno del agua. **(Davey, 2005)**

2.5.5.2. Oxígeno (O)

Hay dos fuentes mayores y una fuente menor de oxígeno para el árbol. Primero, una buena parte del oxígeno entra a la planta como parte del CO_2 utilizado en la fotosíntesis. Segundo el O se saca directamente de la atmósfera durante la respiración como O_2 . Tercero, una pequeña cantidad de O se adquiere del agua a través de reacciones de hidrólisis. **(Davey, 2005)**

2.5.5.3. Hidrógeno (H)

El hidrógeno es el tercer elemento en cuanto a porcentaje de composición del árbol y representa aproximadamente el 6% del peso total del árbol. La fuente de H es el Agua que se utiliza en la fotosíntesis y por lo tanto cualquier deficiencia de hidrógeno es el resultado de la sequía ya que impide ambos el estado del agua en los árboles y causa que los estomas se cierren, impidiendo así a la formación de CO_2 y evitando que ocurra la fotosíntesis. **(Davey, 2005)**

2.5.5.4. Nitrógeno (N)

Hay 2 formas principales de N en el suelo que pueden ser utilizados por los árboles. Son estas, el amonio (NH_4^+) y el nitrato (NO_3^-). La mayor parte de las especies de árboles parecen aprovechar más eficientemente el NH_4^+ que el NO_3^- . Esto es verdad en el caso de todos los pinos y la mayor parte de las especies latifoliadas que se han estudiado. La última fuente de N es el N_2 de la atmósfera. Puede fijarse en las formas orgánicas solamente gracias a su pequeño grupo de microorganismos que incluyen bacterias especializadas, actinomicetes, y las algas azul verdosas.

En el árbol, el N es una parte esencial de todos los aminoácidos, proteínas, enzimas y coenzimas, moléculas de clorofila, nucleótidos, ácidos nucleicos y muchos otros componentes vegetales. Por tanto, es un elemento extremadamente importante. **(Davey, 2005)**

2.5.5.5. Fósforo (P)

El árbol toma el fósforo en una de dos formas inorgánicas. Estas son: H_2PO_4^- y HPO_4^{2-} . La buena parte del fósforo en el suelo está presente en los componentes de materia orgánica pero éstos deben ser mineralizados por microorganismos para convertirlos en forma inorgánica para que el árbol los use. El fósforo es el

segundo elemento más comúnmente deficiente después del nitrógeno en los suelos forestales. **(Davey, 2005)**

2.5.5.6. Potasio (K)

El único macronutriente que no tiene un papel estructural en el árbol es K, sin embargo se necesita en cantidades relativamente grandes para cumplir con sus diversas funciones reguladoras. En ambos el suelo y el árbol, el potasio se encuentra como K^+ ion. Consecuentemente es altamente móvil en el árbol y puede ser lixiviado de las hojas por la lluvia. **Davey (2005).**

2.5.6. Función de los Micronutrientes

2.5.6.1. Cloro (Cl)

Aunque este micronutriente es obviamente esencial para el crecimiento del árbol, solamente se ha confirmado una función del cloro. Aumenta la tasa de transferencia de electrones del agua a la clorofila durante la fotosíntesis. La formación de raicillas partidas en las puntas en las plantulas deficientes en cloro sugiere que aún falta por descubrir otras funciones de este micronutriente. El Cl^- ion es absorbido del suelo y a pesar del hecho de que es uno de los micronutrientes más abundantes en el árbol, la necesidad del mismo en el árbol es muy pequeña. No ha habido informes concretos sobre deficiencias de Cl en los bosques. **(Davey, 2005)**

2.5.6.2. Hierro (Fe)

Los árboles que presentan deficiencias de hierro son bastantes comunes pero la deficiencia está más fuertemente relacionada con especies de árboles o con la edad, que con la falta de este elemento en el suelo.

Afortunadamente a excepción de aquellas especies que están genéticamente predispuestas a la deficiencia de hierro, se ha sabido de muy poca deficiencia de hierro en árboles forestales que vaya más allá de la etapa de la plántula, excepto en lugares donde se han plantado mal o en suelos calcáreos con altos valores de pH. **(Davey, 2005)**

2.5.6.3. Boro (B)

De los elementos menores el boro es el que más comúnmente está en deficiencia en los suelos forestales. Es especialmente probable que haya deficiencia de boro en los suelos derivados de ceniza volcánica. **(Davey, 2005)**

Uno de los primeros resultados de deficiencia de boro es la cesación de crecimiento de las puntas de las raíces. A esto se sigue el daño y a menudo la muerte de los meristemas. **(Davey, 2005)**

2.5.6.4. Manganese (M)

La mayor parte de los árboles toleran amplios rangos en el nivel de manganeso en sus tejidos. Sin embargo, se ha sabido de deficiencias y de toxicidad por manganeso en los árboles. La tasa de acumulación de manganeso depende fuertemente de la especie de árbol. **(Davey, 2005).**

2.5.6.5. Molibdeno (Mo)

De los nutrientes que el árbol necesita, el molibdeno es el que se requiere en menores cantidades. Su única función conocida es la de reducción del nitrato. Los microbios que fijan N requieren de cantidades ligeramente mayores dentro y sobre el suelo y en los nódulos. **(Davey, 2005).**

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Materiales y Métodos

3.1.1. Localización y duración de la investigación

La presente investigación se desarrolló en el terreno del Sr Stalin Viera, localizado en el Barrio Manizales Parroquia La Matriz, Cantón Saquisilí, Provincia de Cotopaxi; cuya ubicación geográfica es de 78°37'19" Latitud Este (*) y 00°59'47" Longitud Norte(*) a una altitud de 2900 m.s.n.m (*).

La presente investigación tuvo una duración de 112 días.

3.1.2. Condiciones meteorológicas

Las condiciones meteorológicas del lugar se detallan en el cuadro 1

CUADRO 1. Condiciones meteorológicas de la zona en estudio. Saquisilí Cotopaxi 2013.

Parámetros	Promedio anual
Temperatura Promedio anual (°C)	12
Precipitación Promedio anual (mm)	440
Humedad Promedio anual (%)	72

Fuente:Ilustre Gobierno del Cantón Saquisilí, 2012.

3.1.3. Materiales y equipos

CUADRO 2. Materiales y equipos utilizados en propagación de plántulas de *Pinus radiata* (D. Don), en camas elevadas y diferentes frecuencias de fertilización.

Descripción	Cantidad
Materiales	
Bandejas plásticas	20
Camas elevadas	1
Bomba para fumigar	1
Baldes	3
Machete	1
Materiales de oficina	
Insumos	
Sustrato corteza de pino (m3)	1
Semilla de <i>Pinus radiata</i> nacional (g)	200
Fertilizantes (kg)	10
Pesticidas (Kg)	2
Equipos	
Computadora	1
Cámara fotográfica	1
Balanza en gramos	1
Regla graduada en cm y mm	1
Calibrador pie de rey	1

3.1.4. Tratamientos y Diseño Experimental

Los tratamientos bajo estudio fueron:

Tratamientos

T0: Testigo

T1: Cama elevada **(40 cm de altura)**

T2: Fertilización fosforada **(1,2kg de Súper fosfato triple/m³ de sustrato)**

T3: Aumento frecuencia fertirriego **(3 veces por semana)**

T4: Aumento de frecuencia fertilización edáfica **(3 veces/ciclo producción)**

Se utilizó un diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA), con cinco tratamientos y cuatro repeticiones por tratamiento. Para determinar las diferencias estadísticas, entre medias se aplicó la prueba de rangos múltiples de Tukey (≤ 0.05). Para la presente investigación la parcela experimental estaba constituida por 1 bandeja plástica de 40 plantas, la parcela neta consta de 18 plantas por bandeja. En los cuadros 2 y 3, se detalla el esquema del experimento y el esquema del análisis de varianza (ADEVA).

CUADRO 3. Esquema del experimento.

CONDICIÓN: Esquema del experimento:					
Tratamientos	Unidades		Nº plantas	Repeticiones	Total
	Experimentales			Unidad	
plantas					
Tratamiento	0	4	40	4	160
Tratamiento	1	4	40	4	160
Tratamiento	2	4	40	4	160
Tratamiento	3	4	40	4	160
Tratamiento	4	4	40	4	160
Total					800

CUADRO 4. Esquema de Análisis de varianza del ensayo.

Fuentes de variación	Grados de libertad	
Tratamientos	t-1	4
Repeticiones	r-1	3
Error Experimental	(t-1)(r-1)	12
Total	t.r-1	19

3.1.5. Mediciones experimentales

3.1.5.1 Número de plantas germinadas.

Se contó en cada bandeja el número de plantas germinadas desde el día 13 hasta el día 28 después de la siembra.

3.1.5.2 Altura de plántula.

Se midió en (cm) hasta el largo de la última acícula con la ayuda de una regla graduada en cm, se lo realizó a las 4, 8, 12 y 15, semanas después de la siembra.

3.1.5.3 Diámetro a la Altura de Cuello de la planta. (DAC).

Se midió en (mm) con la ayuda de un calibrador en la base del cuello de la planta y se lo realizó a las 4, 8, 12 y 15, semanas después de la siembra.

3.1.5.4 Duración del ciclo de producción de la plántula.

Se contaron los días que transcurrieron desde la siembra de las semillas hasta que las plántulas tengan 20cm de altura, 3mm de DAC (Diámetro a la Altura de la planta) y estén listas para ser plantadas.

3.1.5.5 Análisis Económico de los tratamientos

Se calculara el costo de producción de cada tratamiento, desglosándose en costos fijos y variables.

3.1.6 Manejo del experimento.

Se realizó siguiendo el siguiente protocolo de producción:

3.1.6.1. Preparación del sustrato

El sustrato que se utilizó estaba construido por una relación 9 (corteza de pino compostada):1 (turba), estos dos componentes se mezclaron uniformemente,

luego se procedió al llenado de las bandejas con el sustrato. En el tratamiento 1 se añadió 1,2 Kg. de superfosfato triple por metro cúbico de sustrato.

3.1.6.2. Siembra

La siembra se realizó con semilla de *Pinus radiata* D. Don de procedencia nacional hidratada por 48 horas. Para realizar esta actividad se llenaron todos los alvéolos de las unidades experimentales con sustrato ya preparado, seguidamente se hizo un hoyo en la parte central del alveolo y se depositaron dos semillas, se usó 80 semillas por tratamiento o bandeja, 400 semillas por bloque o repetición y 1600 semillas para todo el ensayo, posteriormente se procedió al tapado de las semillas con el mismo sustrato y se las llevó hasta el lugar del ensayo y se le proporcionó la humedad adecuada.

3.1.6.3. Fertirrigación (Fertilización Líquida)

La aplicación de fertirrigación comenzó a partir de la cuarta semana, se aplicó dos veces por semana hasta la semana 15, la lámina de riego fue de 5 mm (500 ml solución fertilizante por bandeja de 40 plantas) se aplicó uniformemente con la ayuda de una regadera. En el tratamiento T3 se aplicó fertirrigación 3 veces por semana, la fórmula se presenta en Anexo 1.

3.1.6.4. Fertilización edáfica

Se utilizó el fertilizante Nitrofoskaperfeck (30N-5P-20K-2Mg-20S-2Ca + micronutrientes) se aplicó uniformemente al voleo, se empleó dos veces en el ciclo de producción, a las 8 y 15 semanas. En el Tratamiento T4 se aplicó el fertilizante a las 7, 12 y 15 semanas de edad, la cantidad fue de 3 g por bandeja de 40 plantas.

3.1.6.5. Control de malezas

El control de malezas en las parcelas (bandejas) se realizó manualmente cuando era necesario.

3.1.6.6. Poda de raíces

Debido a que la separación de la cama elevada con el suelo no era tan alta no se producía la oxidación de las raíces por lo tanto se tuvo que realizar una poda radicular con machete cada 6 semanas, lo que permitía que no se produzca un anclaje al suelo.

3.1.6.7. Control sanitario.

Se realizó controles sanitarios para enfermedades y plagas, dependiendo de la severidad del ataque, se usaron productos protectantes y sistémicos.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados

4.1.1. Germinación de plantas

CUADRO 5. Número de plantas germinadas por día. En propagación de plántulas de *Pinus radiata* (D. Don), en camas elevadas y diferentes frecuencias de fertilización. Saquisilí-Cotopaxi.2013.

TRATAMIENTOS	días después de la siembra								
	13	16	20	21	22	25	26	27	28
T0 Testigo	0	0	10	20	45	57	20	5	3
T1 Cama elevada	0	0	4	3	5	53	42	20	33
T2 Fertilización fosforada sustrato	0	0	15	20	47	66	6	4	2
T3 Aumento frecuencia fertiriego	0	0	0	6	14	95	26	13	6
T4 Aumento de frecuencia fertilización edáfica	0	0	20	24	52	53	8	2	1

Analizando el Cuadro 5 y Grafico 1 podemos decir lo siguiente. El testigo T0, presenta el mayor número plantas emergidas a partir del día 21 hasta el día 26.

El tratamiento T1 (Cama elevada) tuvo la mayor germinación a partir del día 25 hasta el día 28. En el tratamiento T2 (Fertilización fosforada al sustrato) tuvo el mayor número de plantas emergidas entre los días 21,22 y 25. El tratamiento T3 (Aumento de frecuencia de fertiriego) mostró la mayor germinación de plantas entre los días 22,25 y 26.

El tratamiento T4 (Aumento de frecuencia de fertilización edáfica) presento el mayor número de plantas entre los días 21,22 y 25.

Se observa que el tratamiento que están en cama elevada (T1), inicio tardíamente la germinación de sus plántulas, posiblemente debido a la menor temperatura del sustrato, esto se comprobó al realizar mediciones de campo que indicaron una temperatura de menos dos grados con respecto a la temperatura del sustrato en tratamientos a ras de suelo (T0, T2, T3 y T4).

En los tratamientos a ras de suelo (T0, T2, T3 y T4) iniciaron la germinación a partir del día 21, en cambio el tratamiento en cama elevada (T1) comenzó la emergencia a partir del día 25.

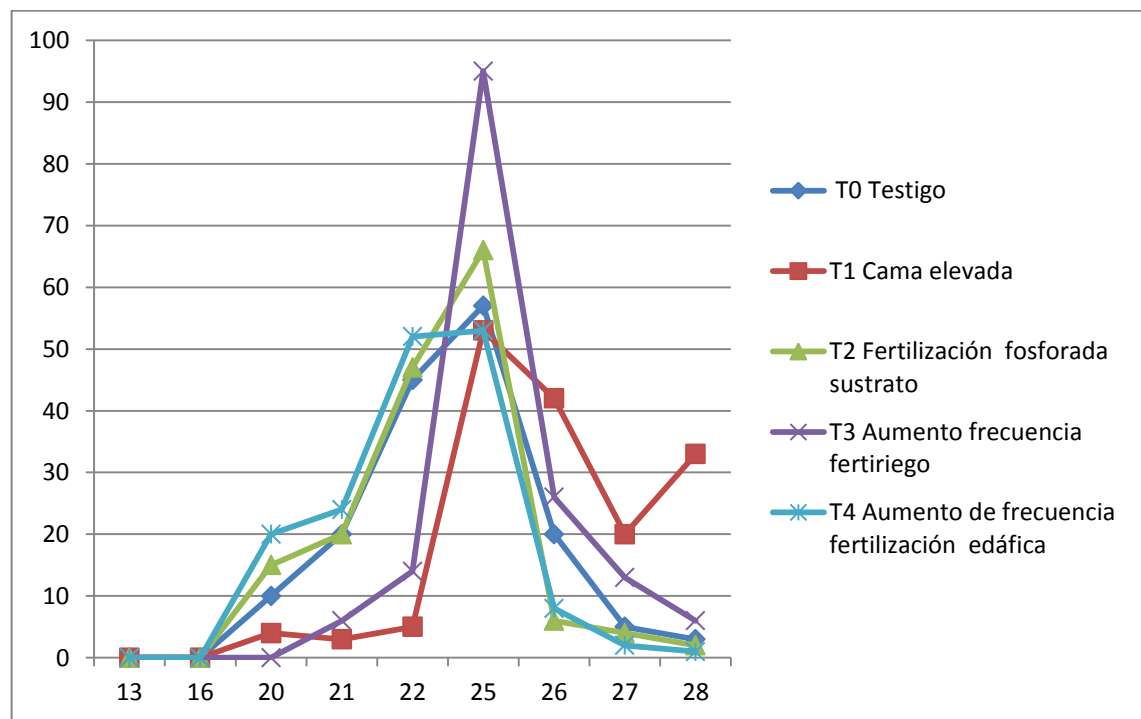


GRÁFICO 1. Número de plantas germinadas por día. En propagación de plántulas de *Pinus radiata* (D. Don), en camas elevadas y diferentes frecuencias de fertilización. Saquisilí-Cotopaxi.2013

4.1.2. Altura de planta

Analizando el Adeva para la variable altura de planta (Cuadro 6), se observa que existe alta significación estadística para tratamientos en las cuatro evaluaciones realizadas. Para repeticiones no existe diferencias lo que da credibilidad a los resultados obtenidos. El coeficiente de variación (CV) se ubica entre 6.0 % y 9.6 % lo que permite tener resultados confiables.

Al realizar la prueba de Tukey 5% Cuadro 7 y Grafico 2 para altura de planta a las 4 semanas edad, se observa tres rangos de significación, ubicándose en el primer rango el testigo T0 con 11.2 cm de promedio y en tercer rango se ubicó T1 (tratamientos en cama elevada) y T4, con 8.3 cm y 12.2 cm respectivamente. Esta respuesta observada se asemeja a los resultados de número plantas germinadas, lo que indicaría una relación entre ambas variables, es decir si tenemos un rápido inicio de germinación tendremos un crecimiento de altura inicial muy bueno de las plántulas.

CUADRO 6 Adeva para Altura de Planta a las 4, 8, 12, y 15 semanas de edad. En propagación de plántulas de *Pinus radiata* (D. Don), en camas elevadas y diferentes frecuencias de fertilización. Saquisilí-Cotopaxi.2013

Fuentes de Variación	G.L	4 semanas	8 semanas	12 Semanas	15 Semanas
Tratamientos	4	9.7 **	32.0 **	30.5 **	31.3 **
Repeticiones	3	1.80	0.46	3.20	5.40
Error- Exper	12	0.40	1.41	2.50	5.70
TOTAL	19				
C. V (%)		6.0	8.0	7.4	9.6
Promedio (cm)		10.4	14.8	21.4	24.8

Al realizar la prueba de Tukey 5% Cuadro 7 y Grafico 2 para altura de planta a las 8 semanas, se obtienen tres rangos obteniendo el mejor promedio T4 (Aumento de frecuencia de fertilización edáfica) con 18.4 cm y el peor promedio correspondió a T1 (cama elevada) con 11.7 cm . Esta respuesta observada se asemeja a los resultados de número plantas germinadas, lo que indicaría una relación entre ambas variables, es decir si tenemos un rápido inicio de germinación tendremos un crecimiento de altura inicial muy bueno de las plántulas

CUADRO 7. Prueba de Tukey 5%. Para Altura de Planta a las 4, 8, 12 y 15 semanas. En propagación de plántulas de *Pinus radiata* (D. Don), en camas elevadas y diferentes frecuencias de fertilización. Saquisilí-Cotopaxi.2013

Tratamientos	Periodos en semanas			
	4	8	12	15
T0	11,20 b	16,40 c	23,00 c	26,60 b
T1	8,30 a	11,70 a	18,60 a	21,50 a
T2	11,30 b	16,40 c	23,30 c	27,00 b
T3	10,30 b	14,00 b	20,40 b	24,20 b
T4	12,20 c	18,40 d	25,20 d	28,30 c
CV%	6.00	8.00	21.40	24.80

***Letras iguales no presentan diferencia estadísticas según Tukey al 95 % de probabilidad.**

Al realizar la prueba de Tukey 5% para altura de planta a las 12 semanas, se obtienen cuatro rangos obteniendo el mejor promedio T4 (Aumento de frecuencia de fertilización edáfica) con 25.2 cm y el peor promedio correspondió a T1 (cama elevada) con 18.6 cm. Se sigue manteniendo la tendencia de la evaluación realizada a las 4 y 8 semanas.

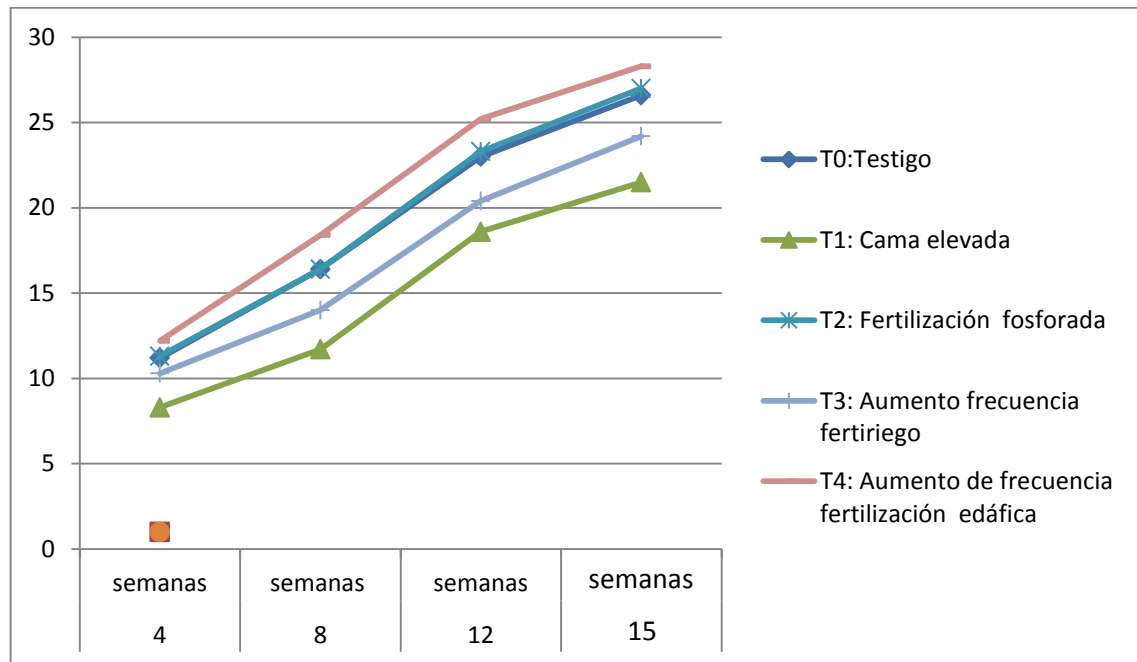


GRÁFICO 2. Altura de Planta a las 4, 8, 12 y 15 semanas. En propagación de plántulas de *Pinus radiata* (D. Don), en camas elevadas y diferentes frecuencias de fertilización. Saquisilí-Cotopaxi. 2013

Al realizar la prueba de Tukey 5% para altura de planta a las 15 semanas, se obtienen tres rangos obteniendo el mejor promedio T4 (Aumento de frecuencia de fertilización edáfica) con 28.3 cm y el peor promedio correspondió a T1 (cama elevada) con 21.5 cm. Se sigue manteniendo la tendencia de las evaluaciones realizadas a las 4, 8 y 12 semanas.

El tratamiento en cama elevada (T1) presentó una germinación tardía de plantas lo que pudo haber influido en la altura de planta, en cambio en los tratamientos T0, T2, T3 y T4 (ras de suelo incluido el testigo) presentaron una rápida emergencia lo que permitió tener un buen crecimiento en altura.

El menor crecimiento en altura del tratamiento en cama elevada se puede deber a la menor temperatura del sustrato, además el viento tiene un efecto desecante mucho mayor en el sustrato de las camas elevadas, estos dos factores

combinados (menor temperatura y mayor deshidratación del sustrato) no permitieron tener a las plantas un crecimiento semejante o mayor que los otros tratamientos.

El mejor tratamiento que es T4 (Aumento de frecuencia de fertilización edáfica) presenta un 35% de mayor crecimiento en altura respecto al peor tratamiento que T1.

4.1.3. Diámetro a la altura de cuello de planta (DAC)

Analizando el Adeva para la variable Diámetro a Altura de Cuello de planta (Cuadro 4), se observa que existe alta significación estadística para tratamientos en tres de las cuatro evaluaciones realizadas. Para repeticiones no existe diferencias lo que da credibilidad a los resultados obtenidos. El coeficiente de variación (CV) se ubica entre 2.7 % y 6.6 % lo que permite tener resultados confiables.

CUADRO 8. Adeva para Diámetro a Altura del Cuello (DAC) de Planta a las 4, 8,12 y 15 semanas de edad. En propagación de plántulas de *Pinus radiata* (D. Don), en camas elevadas y diferentes frecuencias de fertilización. Saquisilí-Cotopaxi.2013

Fuentes de Variación	G.L	4 semanas	8 semanas	12 semanas	15 semanas
Tratamientos	4	0.01	0.23 **	0.28 **	0.27 **
Repeticiones	3	0.01	0.04	0.01	0.01
Error. Exper	12	0.01	0.02	0.03	0.01
TOTAL	19				
C. V (%)		4.8	6.6	4.9	2.7
Promedio (m m)		1.5	2.3	3.2	3.6

Al realizar la prueba de Tukey 5% Cuadro 9 y Grafico 3 para Diámetro a Altura de Cuello de planta (DAC) a las 4 semanas edad, no se encuentran diferencias entre tratamientos. Lo que indicaría que esta variable se ve poco afectada por la altura de planta, a pesar de existir diferencias en esta variable a las 4 semanas.

En la evaluación realizada a las 8 semanas se observa tres rangos, el mayor promedio corresponde a T2 (Fertilización fosforada del sustrato) con 2.6 mm de promedio y el peor promedio corresponde a los tratamientos T1 (Cama elevada) con 2.2 mm de diámetro promedio.

Capitulando lo anteriormente discutido, el tratamiento T1 presento una germinación tardía de plántulas que repercutió en una altura menor y también se confirma que presentan el menor DAC, lo que indicaría que las tres variables están correlacionadas.

CUADRO 9. Prueba de Tukey 5%. Para Diámetro a la Altura de Cuello (DAC) de Planta a las 4, 8, 12 y 15 semanas. En propagación de plántulas de *Pinus radiata* (D. Don), en camas elevadas y diferentes frecuencias de fertilización. Saquisilí-Cotopaxi.2013

Tratamientos	Periodos en semanas			
	4	8	12	15
T0	1,6	2,4 c	3,2 b	3,5 b
T1	1,5	2,2 b	2,7 a	3,0 a
T2	1,5	2,6 c	3,5 b	3,8 c
T3	1,6	2,5 c	3,2 b	3,5 b
T4	1,5	2,4 c	3,3 b	3,7 bc
CV%	4.80	6.60	4.90	2.70

*Letras iguales no presentan diferencia estadísticas según Tukey al 95 % de probabilidad.

A las 12 semanas se observa dos rangos, el mayor promedio corresponde a T2 (Fertilización fosforada del sustrato) con 3.5 mm de promedio y el peor promedio corresponde al tratamiento T1 (Cama elevada) con 2.7 mm de diámetro promedio, se mantiene la tendencia observada en la evaluación de las 8 semanas

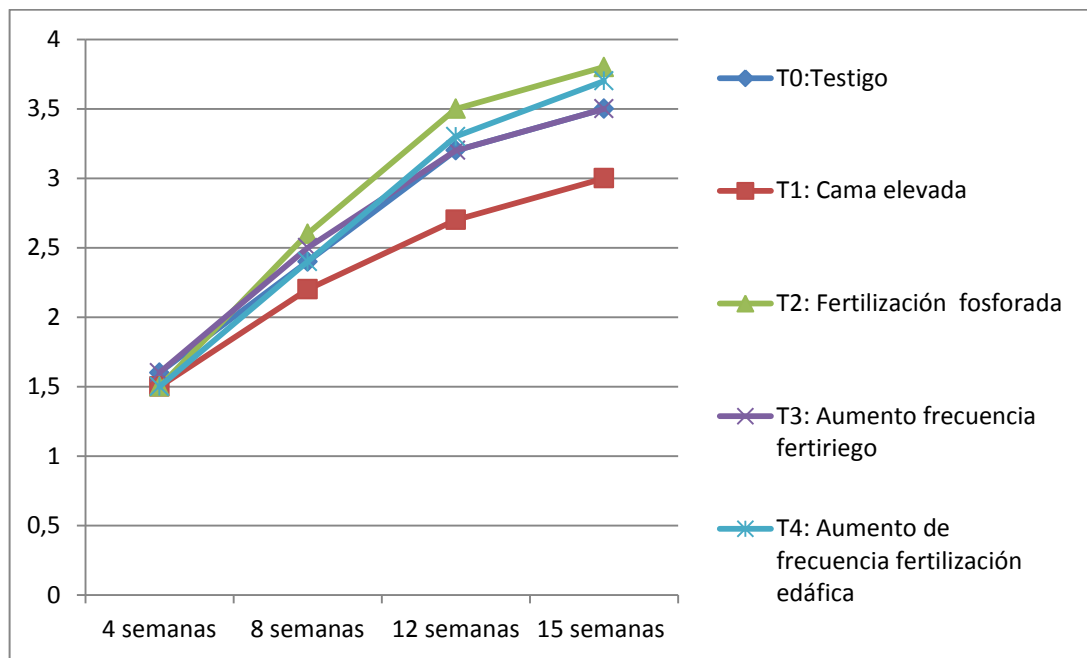


GRÁFICO 3. Diámetro a la Altura de Cuello (DAC) de Planta a las 4, 8, 12 y 15 semanas. En propagación de plántulas de *Pinus radiata* (D. Don), en camas elevadas y diferentes frecuencias de fertilización. Saquisilicotopaxi.2013

En la evaluación final a las 15 semanas se encuentra tres rangos, el mayor promedio corresponde a T2 (Fertilización fosforada del sustrato) con 3.8 mm de promedio y el peor promedio corresponde al tratamiento T1 (Cama elevada) con 3.0 mm de diámetro promedio, es decir que el tratamiento T2 tiene un 27% de mayor grosor que el tratamiento T1. Además se mantiene la tendencia observada en la evaluación de las 8 y 12 semanas.

Analizando las variables Altura y Diámetro de planta se observan que los tratamientos (T2 , T3 , T4, y el Testigo T0) que están sobre el suelo presentan un crecimiento similar en las dos variables evaluadas y mantienen una diferencia marcada con el tratamiento (T1) que está en cama elevada, por lo que se podría decir que la temperatura y humedad del sustrato son determinantes para el crecimiento de las plantas. La fertilización adecuada ayuda al crecimiento pero siempre y cuando las condiciones de temperatura y humedad sean las adecuadas.

4.1.4. Análisis económico

La metodología usada fue dividir los costos en fijos y variables, además los ingresos obtenidos de cada tratamiento están en función de la calidad de planta; así planta de 25 cm altura tiene un precio de 0,12 dólares y plantas de 27 a 30 cm se vende en 0,15 dólares cada planta, además se calculó la Tasa Beneficio Costo (B/C) que es un indicador muy confiable.

CUADRO 10. Costos de producción en la Evaluación. En propagación de plántulas de *Pinus radiata* (D. Don), en camas elevadas y diferentes frecuencias de fertilización. Saquisilí-Cotopaxi.2013

Tratamientos	Costo de producción 10000 plantas (USD)	Costos Fijos (USD)	Costos Variables (USD)	Ingreso Bruto (USD)	Tasa Beneficio/ Costo (B/C)
T0:	900	900	0	1200	1,3
T1:	1050	900	150	1200	1,1
T2:	930	900	30	1200	1,3
T3:	1050	900	150	1200	1,1
T4:	950	900	50	1500	1,6

Planta de 20 a 25 cm; 0,12 USD; Planta de 27 a 30 cm; 0,15 USD

El tratamiento T4 (aumento de frecuencia fertilización edáfica) presento la mejor Tasa Beneficio Costo (B/C) con 1,6 es decir que por cada dólar invertido recupera el dólar y 60 centavos más. A diferencia con el Tratamiento T1 (cama elevada) que presenta una Tasa (B/C) de 1,1 lo que indica que recupera el dólar y apenas 10 centavos más, casi no presenta ganancia, solo se recuperaría la inversión.

4.1.5. Duración ciclo de producción

Para esta variable, se estimó que una planta que tiene 20 cm de altura, es la adecuada para que sea plantada en el campo, este parámetro se expresó en días y se muestran en el cuadro siguiente:

CUADRO 11. Duración del ciclo de producción (Días). En propagación de plántulas de *Pinus radiata* (D. Don), en camas elevadas y diferentes frecuencias de fertilización. Saquisilí-Cotopaxi.2013

Tratamientos	Días (*)
T0:Testigo	95
T1: Cama elevada	120
T2: Fertilización fosforada sustrato	96
T3: Aumento frecuencia fertiriego	108
T4: Aumento de frecuencia fertilización edáfica	84

(*) Una planta 25 cm de altura esta lista para ser plantada

Analizando el cuadro 11, se observa que el menor ciclo de producción corresponde al tratamiento T4 (Aumento de frecuencia de fertilización edáfica) con 84 días y el mayor ciclo correspondió a T1 (cama elevada) con 120 días.

Se observa que el tratamiento T4 presenta una diferencia 36 días con respecto a T1, con estas diferencias, con la tecnología del tratamiento T4 se podría realizar cuatro ciclos de producción al año, en cambio con T1 solo se alcanzarían tres ciclos.

4.2. DISCUSION

En lo referente a la germinación de plántulas, se concentró entre los 20 y 27 días para la mayoría de tratamientos, excepto el Tratamiento T1 (Cama elevada) que inicio en el día 25. Este comportamiento se puede explicar por la menor temperatura registrada en el sustrato de las plantas del tratamiento T1, y lo corrobora **Galiussi (2006)**, que manifiesta que cuando existan las condiciones favorables de temperatura y humedad para el crecimiento de la semilla, el poder germinativo es alto, lo que implica una germinación satisfactoria que provoca un índice elevado de número de plantas vigorosas.

La diferencia de temperatura entre el sustrato de las plantas que están en cama elevada y la del sustrato de las plantas de los tratamientos a nivel del piso es de aproximadamente de 2 °C.

Se aprecia que el tratamiento T4 (aumento frecuencia de fertilización edáfica) presenta el mayor promedio de altura en las cuatro evaluaciones realizadas, estos resultados obtenidos también son observados en la variable germinación de plantas, este comportamiento se podría deber a las condiciones adecuadas de temperatura del sustrato que permite una mejor absorción de nutrientes que produce un mayor crecimiento en altura, esta reflexión es compartido por **Padilla (2003)** y **Galiussi (2006)**,

El fertilizante edáfico utilizado es Nitrofoskaperfeck (15N-5P-20K-2Mg-20S-2Ca + micronutrientes), que según **Edifarm (2005)** es un abono con una formula muy balanceada que permite una mejor absorción de nutrientes, además tiene dos formas de liberación , una rápida en forma nitrato que es fácilmente asimilable por la planta y otra de forma lenta en estado amoniacal.

Capitulando lo anterior, la temperatura y humedad adecuada del sustrato, permite una mejor absorción de los nutrientes, el fertilizante por tener una formula balanceada y tener una rápida absorción permite un crecimiento inicial vigoroso y se mantiene este crecimiento debido a la liberación lenta que también posee, mostrando un excelente crecimiento en altura.

En la variable germinación de plantas y altura de planta, se destaca el tratamiento T4 (aumento frecuencia de fertilización edáfica), como ya discutimos la mayor temperatura del sustrato permite una mejor absorción de los nutrientes, que repercute en un mayor crecimiento en altura, al parecer existe una relación entre el aumento en altura y diámetro.

El incremento en grosor de tallo, está muy influenciado inicialmente por una rápida germinación de la semilla, al ser plantas muy vigorosas, su sistema radicular funciona rápidamente y favorecido por la temperatura y humedad adecuadas del sustrato, permiten una muy buena asimilación del fertilizante, que produce un incremento en el crecimiento tanto en altura y diámetro.

La menor duración del ciclo de producción correspondió a T4 (aumento frecuencia de fertilización edáfica) con 84 días y el mayor ciclo correspondió a T1 (cama elevada) con 120 días, como se aprecia la diferencia es de 36 días, lo que permitiría realizar un ciclo más de producción durante un año si aplicáramos la tecnología del tratamiento T4.

Esta variable es dependiente del crecimiento en altura y diámetro (DAC), precisamente estos parámetros van a determinar la calidad de la planta, por lo que si mejoramos el crecimiento de las plantas va reducirse la duración del ciclo de producción.

Se observa que el tratamiento T4 (aumento frecuencia de fertilización edáfica) presenta mejor Tasa Beneficio/Costo (B/C) con 1,6 que significa que recupera la inversión y tiene una ganancia de un 60%, lo que no ocurre con el tratamiento T1 (cama elevada) que tiene una tasa de 1,1 que significa que se recupera la inversión pero solo si tiene un 10% de ganancia.

En resumen podemos indicar, que todas las variables están relacionadas directamente y no podríamos analizarlas aisladamente. El buen crecimiento de las plantas permite acortar el ciclo de producción y permite recuperar la inversión más rápidamente.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- El pico más alto de la germinación de plantas ocurre entre 22 y 25 días de sembradas las semillas.
- Los tratamientos T1 (cama elevada) presenta la menor germinación de plantas.
- Los tratamientos T2 (fertilización fosforada) tuvo el mejor desempeño en la germinación de plántulas, concentrando el 91% de plantas germinadas en cinco días del día 20 al 25.
- El mejor crecimiento en altura lo tuvo T4 (Aumento de la frecuencia de fertilización edáfica) con 28.3 cm de promedio, es decir crece 0.94 cm. por semana.
- El testigo T0 (producción tradicional) obtuvo una altura promedio de 26.6 cm, creciendo 0.89 cm, por semana
- El mejor crecimiento en Diámetro a altura de Cuello de planta lo tuvo T2 (fertilización fosforada sustrato) 3.8 mm de promedio, es decir crece 0.12 mm por semana.
- El testigo T0 (producción tradicional) obtuvo un Diámetro a Altura de Cuello de planta promedio de 3.5 mm, creciendo 0.11 mm, por semana.
- El menor crecimiento de Diámetro a altura de Cuello de planta presento T1 (cama elevada) con 3.0 mm, lo que equivale a 0.10mm por semana.

- El mejor tratamiento en altura y diámetro de planta correspondió a T4 (aumento frecuencia fertilización edáfica) que presento 28.3 cm de altura promedio y 3.7 mm de diámetro.
- El tratamiento T1 (cama elevada) (presentaron la menor germinación de plantas y también el menor crecimiento en altura y diámetro de planta.
- Los tratamientos; T0 (testigo), T2 (fertilización fosforada sustrato), T3 (aumento frecuencia fertiriego), T4 (aumento frecuencia fertilización edáfica) que están sobre el suelo presentan crecimientos similares en altura y diámetro de planta, así como también comportamientos parecidos en la variable germinación de plantas.
- La diferencia de temperatura del sustrato de los tratamientos que están en cama elevada (T1) con respecto a los tratamientos que están sobre el suelo (T0, T2, T3, y T4) es de alrededor de dos grados centígrados.
- Una rápida y abundante germinación de plántulas permite tener un buen crecimiento inicial en altura y diámetro de planta.
- La menor temperatura y mayor deshidratación que experimenta el sustrato del tratamiento T1 (cama elevada) influye para tener el menor crecimiento en altura y diámetro.
- La menor temperatura y mayor deshidratación del tratamiento que están en cama elevada (T1) con respecto a los demás tratamientos que están sobre el suelo, influye para que el fertilizante no actúe favorablemente en las plantas, es decir que el fertilizante debe tener una humedad y temperatura adecuadas para obtener buenos resultados.

- Se puede obtener plantas de *Pinus radiata* listas para plantación en 15 semanas con parámetros de 28 cm de altura y 3.7 mm de diámetro a la altura de cuello y con un 75 % de lignificación de la planta.

5.2. Recomendaciones

- Utilizar el método T4 para la producción de plantas por tener un adecuado crecimiento en altura 28.3 cm un 3.7 mm de diámetro y 75 % de lignificación en 15 semanas
- Utilizar aislantes térmicos en camas elevadas para mejorar el crecimiento de las plántulas.
- Complementar la investigación mejorando el sistema de riego y el modelo de cama elevada.
- Buscar otra pauta de fertirrigación para aumentar el crecimiento de las plantas

CAPÍTULO VI

BIBLIOGRAFÍA

6.1. Literatura Citada

- AÑAZCO, (2003). Agroforesteria, Producción de Plantas. Sistema de Capacitación para el Manejo de Recursos Naturales Renovables, Red Agroforestal Ecuatoriana. RAFE, Quito, Ecuador, 119 p.
- ARNOLD, F.E. (2002). Manual de vivero forestal: Elaborado para algunas especies forestales nativas de la zona templada del Sur de Chile. Documento Técnico CONAF-DED. 123p.
- BECERRA, G. (2004). Crecimiento de *Pinus radiata* D. Don. Bajo distintos tratamientos de aplicación de agua y súper absorbente en el secano interior de la VIII región. Memoria de Título. Universidad de Concepción. Fac. De Cs Forestales, Dpto. Silvicultura. Concepción, Chile.
- BINKLEY, D. (2001) Nutrición Forestal Prácticas de Manejo. Primera edición. México 68p.
- CANNON, P (2002) .Breve historia de la Fertilización Forestal en el Mundo y en Colombia. Investigación Forestal. Octavo Informe Anual. Cartón Colombia. S.A. Cali Colombia Diciembre 14p.
- CARLSON. P y ANAZCO. M, (2004). Establecimiento y Manejo de Practicas. Agroforestales, Red Agroforestal Ecuatoriana. RAFE, Quito, Ecuador, p (4, 8,10).
- DAVEY, C.B. (2005) Crecimiento de los Árboles y los Elementos Nutrientes Esenciales. Universidad de Carolina del Norte. Estados Unidos Investigación Forestal. Octavo Informe Anual. Cartón Colombia S.A. Cali, Colombia. P (13).
- EDIFARM, (2005).VademecumAgricola, Quito, p (350).

- GALIUSI, E. (2006). Los tipos producciones de un vivero forestal. Boletín de Divulgación Técnica N° Septiembre 2006. Área Dendrologia, Fac. de Cs Agrarias y Forestales, UNLP. Argentina. P (6).
- GARCÍA, M.A. (2007). Importancia de la calidad de planta forestal. XXII Jornadas Forestales de Entre Ríos. Concordia, octubre de 2007. II-1 a II-10.
- HARMANN. T, (2002). Propagación de Plantas, Traducido del Inglés por Antonio Mariño, Compañía Editorial Continental. S.A. México, p (227-228).
- HERRERA, B. (2003)Efecto de la fertilización en las Plantaciones de Pino *Pinus radiata* (D. Don) En Lasso – Cotopaxi. Tesis de grado presentada para obtener el título de Ingeniero Forestal. Universidad Técnica del Norte. Ibarra, Ecuador p (99).
- J. R. Ruano Martínez (2011) Viveros Forestales Manual de Cultivos y Proyectos. (Segunda edición actualizada y ampliada segunda impresión.)
- HOFSTEDE, R. LIPS, J. JONGSMA, W. SEVIK, Y.(2001) Geografía, Ecología y Forestación de la Sierra Alta del Ecuador. Programa FACE de forestación (PROFAFOR) DEL Ecuador S.A. Quito Ecuador. P (242).
- IPINZA, R.; B. Gutiérrez y v. Emhart. (2003) Áreas Productoras de Semilla (II parte): Estrategia probada y rápida. Artículo Técnico. Chile Forestal.
- MENESES, V. (2000) Ensayo de Fertilización y Crecimiento Inicial en el Manejo de rebrotes de Eucaliptos glóbulos labill. Utilizando tres niveles de fertilización. Tesis de grado presentada para obtener el título de Ingeniero Forestal. Universidad Técnica del Norte. Ibarra, Ecuador p (115).

- PADILLA, W. (2003), Pautas de fertilización, Universidad Central del Ecuador, Quito, p (59).
- ROJAS. F, (2003). Viveros Forestales. Instituto Tecnológico de Costa Rica, San José, Costa Rica, p (50).
- SUQUILANDA, M. Fertilización Orgánica. Manual Técnico. Fundación Para el Desarrollo Agropecuario. Quito Ecuador, 2000.
- SPIER/BIEDERBICK. Árboles y Leñosas para Reforestar las Tierras Altas de la Región Interandina del Ecuador. Primera Edición. Quito-Ecuador 2003. P (192).
- VASQUEZ, A, (2001). Silvicultura de Plantaciones Forestales en Colombia. Universidad del Tolima. Facultad de Ingeniero Forestal. Ibagué Tolima. Capítulo 1. Semillas. P (5-50).

CAPÍTULO VII

ANEXOS

7.1. Anexos

Anexo 1. Germinación de plantas de 13 a 28 días

	DIAS DESPUES DE LA SIEMBRA								
Tratamientos	13	16	20	21	22	25	26	27	28
T0 Testigo	0	0	10	20	45	57	20	5	3
T1 Cama elevada	0	0	4	3	5	53	42	20	33
T2 Fertilización fosforada sustrato	0	0	15	20	47	66	6	4	2
T3 Aumento frecuencia fertiriego	0	0	0	6	14	95	26	13	6
T4 Aumento de frecuencia fertilización edáfica	0	0	20	24	52	53	8	2	1

Anexo 2. Diámetro a la altura de cuello en milímetros (mm)

DAC 4 Semanas

Tratamientos	I	II	III	IV	Promedio
Testigo	1,4	1,6	1,6	1,6	1,6
T1	1,6	1,5	1,5	1,5	1,5
T2	1,5	1,6	1,5	1,6	1,5
T3	1,5	1,5	1,7	1,6	1,6
T4	1,5	1,6	1,6	1,5	1,5

DAC 8 Semanas

Tratamientos	I	II	III	IV	Promedio
Testigo	2,4	2,5	2,3	2,2	2,4
T1	2,4	2	2,1	2,3	2,2
T2	2,7	2,7	2,6	2,5	2,6
T3	2,6	2,4	2,4	2,6	2,5
T4	2,6	2,5	2,3	2,3	2,4

DAC 12 semanas

Tratamientos	I	II	III	IV	Promedio
Testigo	3,3	3,2	3,3	3	3,2
T1	2,9	2,6	2,4	2,9	2,7
T2	3,4	3,5	3,7	3,5	3,5
T3	3,3	3,2	3,3	3,1	3,2
T4	3,4	3,2	3,3	3,2	3,3

DAC 15 semanas

Tratamientos	I	II	III	IV	Promedio
Testigo	3,4	3,5	3,6	3,6	3,5
T1	3,1	3,0	3,0	3,1	3,0
T2	3,8	3,8	3,9	3,9	3,8
T3	3,6	3,6	3,4	3,5	3,5
T4	3,9	3,7	3,5	3,6	3,7

Anexo 3. Altura de planta en centímetros (cm)

Altura 4 semanas

Tratamientos	I	II	III	IV	Promedio
Testigo	9,8	11,8	12,2	11,2	11,2
T1	8,4	7,8	8,3	8,8	8,3
T2	10,4	11,5	11,5	11,7	11,3
T3	10,6	9,7	10	10,9	10,3
T4	10,7	12,8	12,9	12,2	12,2

Altura 8 semanas

Tratamientos	I	II	III	IV	Promedio
Testigo	17,3	17,5	16,9	13,7	16,4
T1	12,0	10,9	11,4	12,6	11,7
T2	16,0	16,1	16,9	16,8	16,4
T3	14,0	13,5	13,8	14,6	14,0
T4	19,9	19,1	18,6	15,9	18,4

Altura 12 semanas

Tratamientos	I	II	III	IV	Promedio
Testigo	22,5	23,8	25,0	20,8	23,0
T1	19,8	17,6	16,3	20,5	18,6
T2	21,9	22,5	24,2	24,8	23,3
T3	19,3	20,1	20,3	22,1	20,4
T4	25,4	25,5	25,9	23,8	25,2

**Altura 15
semanas**

Tratamientos	I	II	III	IV	Promedio
Testigo	21,3	26,5	29,4	29,1	26,6
T1	22,7	20,7	21,4	21,3	21,5
T2	23,8	28,8	29,2	26,1	27,0
T3	24	26,4	24,6	22,1	24,2
T4	29,9	29,1	27,8	26,4	28,3

Anexo 4. Preparación de la semilla *Pinus Radiata* D. Don.



Anexo 5. Preparación del sustrato y siembra.



Anexo 6.Mediciones



Anexo 7.Resultado final.

