



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES

CARRERA DE INGENIERÍA FORESTAL

**Trabajo de titulación presentado como requisito previo a la obtención del título de
Ingeniero Forestal.**

**ENSAYO DE GERMINACIÓN DE SEIS PROCEDENCIAS DE *Pinus patula* Schl et
Cham, SECTOR GRANJA EXPERIMENTAL YUYUCOCHA, CANTÓN IBARRA,
PROVINCIA DE IMBABURA.**

AUTOR

John Klever Chicaiza Toapanta

DIRECTOR

Ing. Hugo Orlando Paredes Rodríguez. MSc.

IBARRA – ECUADOR

2019

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS
AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES
CARRERA DE INGENIERÍA FORESTAL

ENSAYO DE GERMINACIÓN DE SEIS PROCEDENCIAS DE *Pinus patula* Schl et Cham, SECTOR GRANJA EXPERIMENTAL YUYUCOCHA, CANTÓN IBARRA, PROVINCIA DE IMBABURA

Trabajo de titulación revisado por el Comité Asesor, por lo cual se autoriza la presentación como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO FORESTAL

APROBADO

Ing. Hugo Orlando Paredes Rodríguez. MsC.
Directora de trabajo de titulación



Ing. María Isabel Vizcaíno Pantoja, Esp.
Tribunal de trabajo de titulación



Ing. José Gabriel Carvajal Benavides, Mgs.
Tribunal de trabajo de titulación



Ing. José Raúl Guzmán Paz. Mgs.
Tribunal de trabajo de titulación

Ibarra - Ecuador

2019

ii

REGISTRO BIBLIOGRÁFICO

Guía: FICAYA - UTN

Fecha: 12 de junio de 2019

John Klever Chicaiza Toapanta: ENSAYO DE GERMINACIÓN DE SEIS PROCEDENCIAS DE *Pinus patula* Schl et Cham, SECTOR GRANJA EXPERIMENTAL YUYUCOCHA, CANTÓN IBARRA, PROVINCIA DE IMBABURA/Trabajo de titulación. Ingeniero Forestal. Universidad Técnica del Norte. Carrera de Ingeniería Forestal. Ibarra, 12 de junio de 2019. 95 páginas.

DIRECTOR: Ing. Hugo Orlando Paredes Rodríguez. MsC.

El objetivo principal de la presente investigación fue:

- Determinar la mejor procedencia de *Pinus patula* Schl et Cham para la obtención de plántulas de calidad en vivero.

Entre los objetivos específicos se encuentran:

- Analizar la calidad de semillas de seis procedencias de pino a través de pruebas de germinación.
- Seleccionar la o las procedencias con mejor calidad de plántulas en vivero.
- Registrar costos de producción de plántulas de *Pinus patula* Schl et Cham, en diferentes procedencias.

Fecha: 12 de junio de 2019



Ing. Hugo Orlando Paredes Rodríguez. MsC

Director de trabajo de titulación



John Klever Chicaiza Toapanta

Autor



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA
UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	100477436-8		
APELLIDOS Y NOMBRES:	Chicaiza Toapanta John Klever		
DIRECCIÓN:	Otavalo, km 4,5 vía a las de Mojanda.		
EMAIL:	Johann.jc39@gmail.com		
TELÉFONO FIJO:		TELÉFONO MÓVIL:	0988764625

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	ENSAYO DE GERMINACIÓN DE SEIS PROCEDENCIAS DE <i>Pinus patula</i> Schl et Cham, SECTOR GRANJA EXPERIMENTAL YUYUCOCHA, CANTÓN IBARRA, PROVINCIA DE IMBABURA
AUTOR (ES):	Chicaiza Toapanta John Klever
FECHA: DD/MM/AAAA	12/06/2019
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniero Forestal
ASESOR /DIRECTOR:	Ing. Paredes Rodríguez Hugo Orlando. MSc.

2. CONSTANCIAS

El autor (es) manifiesta (n) que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto la obra es original y que es (son) el (los) titular (es) de los derechos patrimoniales, por lo que asume (n) la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá (n) en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 12 días del mes de junio de 2019

EL AUTOR:

(Firma).....

Nombre: John Klever Chicaiza Toapanta

DEDICATORIA

El presente trabajo va dedicado a Dios, quien guía mi camino y llena de fuerza, voluntad y fortaleza mi vida, y por haberme permitido culminar con este proyecto de gran importancia en mi vida.

A mis padres por inculcarme valores de superación y educación; por su amor, cariño, comprensión, y paciencia; quienes con sacrificio y dedicación han hecho todo lo posible para que cumpla con mis más grandes aspiraciones.

A mi familia por brindarme su apoyo incondicional, cariño, ayuda y confianza; por sus palabras de aliento y fortaleza.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por su infinito amor, y fortaleza para continuar mi camino a pesar de las dificultades.

A mis padres Segundo Aníbal Chicaiza Cañarejo y Delia Lupe Toapanta Pinanjota por brindarme su apoyo incondicional, quienes, con cariño, dedicación, paciencia, y voluntad me han inculcado grandes valores los cuales me han permitido ser una persona de bien.

A mi familia por brindarme su apoyo y confianza absoluta.

Agradecimientos al Ing. Hugo Orlando Paredes, director de la investigación, a la Ing. María Isabel Vizcaíno, Ing. José Gabriel Carvajal, e Ing. José Raúl Guzmán, quienes conforman el comité asesor, por su aporte a la formación de profesionales de calidad.

A todos y cada una de las personas que de una u otra forma contribuyeron e hicieron posible el trabajo de investigación.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

PORTADA.....	i
AUTORIZACION COMITÉ ASEOSEOR.....	ii
AUTORIZACION DE USO Y PUBLICACION.....	iii
REGISTRO BIBIOGRÁFICO	iv
DEDICATORIA.....	v
AGRADECIMIENTO	vi
ÍNDICE DE CONTENIDOS	vii
ÍNDICE DE TABLAS	ix
ÍNDICE DE FIGURAS	x
RESUMEN.....	xii
ABSTRACT.....	xiii
CAPÍTULO I.....	1
1.1. Introducción	1
1.2. Objetivos.....	2
1.3.1. General	2
1.3.2. Específicos.....	2
1.3. Hipótesis	2
CAPÍTULO II	3
MARCO TEÓRICO.	3
2.1. Fundamentación legal.....	3
2.2. Fundamentación teórica.....	3
2.2.1. Conceptos básicos.....	4
2.2.2. Ensayos de germinación.....	6
2.2.2.1. Importancia de las procedencias.....	6
2.2.2.2. Importancia de las pruebas de germinación	6
2.2.3. <i>Pinus patula Schl et Cham</i>	7
2.2.3.1. Descripción taxonómica.....	7
2.2.3.2. Ecología y distribución	7
2.2.3.3. Descripción botánica	8
2.2.3.4. Fenología.....	8

2.2.3.5. Descripción silvicultural	9
2.2.3.6. Usos de la madera.....	12
2.2.4. Vivero.....	13
2.2.4.1. Características	13
2.2.4.2. Germinación de semillas.....	13
2.2.4.3. Siembra de semillas	13
2.2.4.4. Sustrato	13
2.2.4.5. Calidad de plántulas en vivero	15
2.2.4.6. Labores culturales.....	16
2.2.5. Mejoramiento genético forestal.....	16
2.2.5.1. Genética forestal.....	16
2.2.5.2. Objetivos del mejoramiento genético forestal.....	17
2.2.5.3. Importancia del mejoramiento genético forestal	17
2.2.5.4. Material de reproducción	18
2.2.6. Investigaciones relacionadas.	18
2.2.6.1. Ensayos de germinación	18
2.2.6.2. Evaluación de variables dasométricas	18
2.2.6.3. Costos de producción de plántulas de <i>Pinus patula</i>	19
CAPÍTULO III	20
MATERIALES Y MÉTODOS	20
3.1. Ubicación del sitio.....	20
3.1.1. Política.....	20
3.1.2. Geográfica	20
3.2. Materiales, equipos e insumos	22
3.2.1. Materiales	22
3.2.2. Equipos.....	22
3.2.3. Insumos	22
3.3. Metodología	22
3.3.1. Calidad de semillas	22
3.3.1.1. Recolección de semillas.....	23
3.3.1.2. Análisis físico de semillas.....	24
3.3.1.3. Fase de vivero.....	25
3.3.2. Selección de procedencia con mejor calidad de plántula.....	35

3.1.1.1. Análisis de varianza DIA.....	35
3.1.1.2. Análisis estadístico	35
3.3.3. Análisis de costos.....	36
CAPÍTULO IV	37
Resultados y discusión.....	37
4.1. Resultados.....	37
4.1.1. Calidad de semillas	37
4.1.1.1. Caracterización biofísica.....	37
4.1.1.2. Análisis de suelos	40
4.1.1.3. Análisis de semillas	40
4.1.1.4. Ensayos de germinación	44
4.1.2. Selección de procedencias con mejor calidad de plántulas.....	51
4.1.2.1. Primera medición.....	51
4.1.2.2. Segunda medición	54
4.1.2.3. Tercera medición	57
4.1.2.4. Calidad de plántula	60
4.1.2.5. Análisis de correlación.....	64
4.1.3. Análisis de costos.....	65
CAPITULO V	66
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	66
5.1. Conclusiones	66
5.2. Recomendaciones.....	66
BIBLIOGRAFÍA.....	68
ANEXOS	72

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Intervalos de calidad para atributos morfológicos y fisiológicos	16
Tabla 2 Características de la investigación	27
Tabla 3 Codificación de tratamientos.....	28
Tabla 4 Clasificación estado fitosanitario de plántulas	33
Tabla 5 Clasificación de la forma del tallo	33

Tabla 6 Análisis de varianza DIA.	35
Tabla 7 Caracterización biofísica de procedencias	38
Tabla 8 Cantidad de semillas por unidad de peso	41
Tabla 9 Caracterización de semillas	43
Tabla 10 Análisis de la varianza porcentaje de germinación en laboratorio	46
Tabla 11 Prueba Duncan porcentaje de germinación en laboratorio.....	47
Tabla 12 Análisis de varianza porcentaje de germinación en campo.....	50
Tabla 13 Prueba Duncan porcentaje de germinación en campo	51
Tabla 14 Análisis de varianza longitud de raíz	52
Tabla 15 Altura inicial de plántula	53
Tabla 16 Análisis de varianza del Diámetro basal mes dos.....	54
Tabla 17 Análisis de varianza altura mes dos	55
Tabla 18 Análisis de varianza sobrevivencia	56
Tabla 19 Análisis de varianza diámetro basal mes cuatro	58
Tabla 20 Análisis de varianza altura mes cuatro	59
Tabla 21 Análisis de biomasa	61
Tabla 22 Análisis de varianza forma del tallo.....	61
Tabla 23 Porcentaje de forma del tallo	62
Tabla 24 Análisis índice de robustez.....	63
Tabla 25 Análisis índice de Dickson	64
Tabla 26 Análisis de correlación.....	64
Tabla 27 Costos de producción	65

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1</i> Mapa de ubicación del sitio de investigación.....	21
<i>Figura 2</i> Prueba de pureza.....	40
<i>Figura 3</i> Prueba de humedad	42
<i>Figura 4</i> Prueba de viabilidad.....	42
<i>Figura 5</i> Germinación en laboratorio	44
<i>Figura 6</i> Germinación en laboratorio	45
<i>Figura 7</i> Análisis matemático porcentaje de germinación en laboratorio.....	46
<i>Figura 8</i> Análisis matemático inoculación de hongos	47
<i>Figura 9</i> Germinación en campo.....	48

<i>Figura 10</i> Germinación en campo.....	49
<i>Figura 11</i> Análisis matemático porcentaje de germinación en campo	50
<i>Figura 12</i> Análisis matemático para longitud de raíz	52
<i>Figura 13</i> Análisis matemático de la altura inicial	53
<i>Figura 14</i> Análisis matemático diámetro basal mes dos	54
<i>Figura 15</i> Análisis matemático altura mes dos.....	56
<i>Figura 16</i> Análisis matemático sobrevivencia.....	57
<i>Figura 17</i> Análisis matemático diámetro basal mes cuatro.....	58
<i>Figura 18</i> Análisis matemático altura mes cuatro.....	59
<i>Figura 19</i> Análisis matemático del estado fitosanitario	60
<i>Figura 20</i> Análisis matemático forma del tallo	62

TÍTULO: ENSAYO DE GERMINACIÓN DE SEIS PROCEDENCIAS DE *Pinus patula* Schl et Cham, SECTOR GRANJA EXPERIMENTAL YUYUCOCHA, CANTÓN IBARRA, PROVINCIA DE IMBABURA.

Autor: John Klever Chicaiza Toapanta

Director de trabajo de titulación: Ing. Hugo Orlando Paredes Rodríguez.

Año: 2019

RESUMEN

En el Ecuador se ha introducido la especie *Pinus patula* Schl et Cham originaria de México como una alternativa de producción forestal; es decir, por presentar características favorables de adaptabilidad a las condiciones climáticas y ambientales de la región interandina, rápido crecimiento, importancia en la industria de pallets, contrachapado, madera aserrada, pulpa papel, entre otras propias de la especie, para ello es necesario evaluar el estado de adaptación de la especie a las condiciones ambientales y topográfica de la provincia de Imbabura a través de ensayos de germinación. Los objetivos fueron: i) Analizar la calidad de semillas de seis procedencias de pino a través de pruebas de germinación, ii) Seleccionar la o las procedencias con mejor calidad de plántulas en vivero, y iii) Registrar costos de producción de plántulas de *Pinus patula* Schl et Cham, en diferentes procedencias. Se aplicó un diseño irrestricto al azar (DIA) empleando la prueba de DUNCAN al 95% de probabilidad estadística. Se registraron 14 días para el inicio del proceso de germinación con el 74% para la procedencia de Cotopaxi, y una sobrevivencia del 96% para la procedencia de Topo, los análisis estadísticos para las variables dasométricas diámetro basal y altura total no presentan diferencias estadísticas,

respecto al análisis de costos de producción se determinó un valor de 0,44 dólares americanos por plántula.

Palabras clave: procedencia, germinación, *Pinus patula*, mejoramiento genético.

TITLE: GERMINATION ASSAY OF SIX PROVENANCES OF *Pinus patula* Schl et Cham, IN YUYUCOCHA EXPERIMENTAL FARM, IBARRA CANTON, IMBABURA PROVINCE.

Author: John Klever Chicaiza Toapanta

Degree Work Director: Ing. Hugo Orlando Paredes Rodríguez.

Year: 2019

ABSTRACT

In Ecuador, the *Pinus patula* Schl et Cham species originally from Mexico has been introduced as an alternative to forest production; that is, by presenting favorable characteristics of adaptability to the climatic and environmental conditions of the inter-Andean region, rapid growth, importance for the pallet industry, plywood, sawn wood, paper pulp, among others of the species. It is necessary to evaluate the adaptation status of the species to the environmental and topographic conditions of Imbabura province through germination assays. The objectives were: i) to analyze the quality of seeds from six pine provenances through germination assays, ii) to select the provenance(s) with the best seedling quality in the seedbed, and iii) to record seedling production costs of *Pinus patula* Schl et Cham, in different provenances. An unrestricted random sampling (URS) was applied using the DUNCAN test at 95% statistical probability. 14 days were recorded for the beginning of the germination process with 74% for the Cotopaxi provenance, and survival of 96% for the Topo provenance, the statistical analyses for the dasometric variables: basal diameter and total height do not present statistical

differences, when analyzing the production cost it was determined a value of US \$ 0.44 per seedling.

Keywords: provenance, germination, *Pinus patula*, genetic improvement.

CAPÍTULO I

1.1. Introducción

En el Ecuador existe escasa oferta de semillas de calidad con historial genético, por lo que, se ha tenido que abastecer por medio de la importación para al establecimiento de plantaciones comerciales; por cuanto se genera la necesidad de contar con semillas de procedencias adaptadas a las condiciones ambientales de la provincia, y reducir la importación de semillas de calidad de la especie.

Si bien es cierto, el pino fue introducido en el Ecuador hace varias décadas atrás, en las que se probaron con algunas procedencias, esta especie se ha ido adaptando a las condiciones ambientales de cada zona; por ello, el sector privado continúa con investigaciones referente a la mejor procedencia dependiendo de las condiciones climáticas, pues la provincia de Imbabura posee un gran potencial para el establecimiento de plantaciones comerciales, mismas que han sido establecidas por las comunidades y los propietarios privados.

El ensayo de procedencias de *Pinus patula* Schl et Cham en la Granja Experimental Yuyucocha, cantón Ibarra, provincia de Imbabura, tiene como finalidad contribuir al mejoramiento genético forestal en una fase inicial, proceso mediante el cual se pretende a futuro obtener semillas de calidad, y mejorar la producción de plántulas en vivero.

Por otra parte, se analizó la calidad de las semillas, mediante ensayos de germinación en laboratorio y en almácigo, caracterización de semillas y la evaluación de calidad de plántulas en vivero, mediante el estudio de las variables dasométricas altura total y diámetro basal, así como también; coloración, forma del tallo, relación parte aérea y radicular, índice de robustez, y el índice de calidad de Dickson.

1.2. Objetivos

1.3.1. General

Determinar la mejor procedencia de *Pinus patula* Schl et Cham para la obtención de plántulas de calidad en vivero.

1.3.2. Específicos

- Analizar la calidad de semillas de seis procedencias de pino a través de pruebas de germinación.
- Seleccionar la o las procedencias con mejor calidad de plántulas en vivero.
- Registrar costos de producción de plántulas de *Pinus patula* Schl et Cham, en diferentes procedencias.

1.3. Hipótesis

H₀= La calidad de las plántulas producidas es similar en las seis procedencias en estudio.

H_a= Al menos una de las procedencias presenta diferencias en la calidad de plántulas producidas.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO.

2.1. Fundamentación legal

El presente estudio está enmarcado en la línea de investigación que rige a la carrera: “Producción y protección de los recursos forestales”, misma que se ve sustentada en el Plan Nacional de Desarrollo (PND).

La Secretaria Nacional de Planificación y Desarrollo (SENPLADES 2017-2021) menciona:

Objetivo 3: Garantizar los derechos de la naturaleza para las actuales y futuras generaciones; **Política 3.1.** Conservar, recuperar y regular el aprovechamiento del patrimonio natural y social, rural y urbano, continental y marino-costero, que asegure y precautele los derechos de las presentes y futuras generaciones; **Política 3.3.** Promover buenas prácticas ambientales que aporten a la reducción de la contaminación, a la conservación, a la mitigación y a la adaptación a los efectos del cambio climático, e impulsar las mismas en el ámbito global; **Política 3.5.** Impulsar la generación de bioconocimiento como alternativa a la producción primario-exportadora, así como el desarrollo de un sistema de bioseguridad que precautele las condiciones ambientales que pudieran afectar a las personas y otros seres vivos; **Política 3.8.** Incidir en la agenda ambiental internacional, liderando una diplomacia verde y una voz propositiva por la justicia ambiental, en defensa de los derechos de la naturaleza.

2.2. Fundamentación teórica

Los recursos forestales cumplen diversas funciones para la sociedad y consecuentemente debería ser condición que el manejo se realice sobre bases científicas, lo que constituye un

difícil reto. La investigación científica y la divulgación del conocimiento son claves para fundamentar programas de desarrollo (González, González d. S., & Márquez, 2007)

2.2.1. Conceptos básicos

Procedencia: Hace referencia al lugar determinado donde se encuentra una población de árboles autóctonos o no autóctonos (Ruano, 2008).

Raza geográfica: Se denomina raza geográfica cuando la semilla es cosechada en plantaciones forestales.

Semilla: Es el conjunto formado por el embrión en estado latente, acompañado por sustancias de reserva y protegido por un tegumento. Al tiempo que una semilla es capaz de permanecer en latencia sin perder capacidad germinativa se le denomina longevidad (Seguí, 2011).

Vigor germinativo: El vigor de la semilla no es una sola propiedad medible, sino que es un concepto que describe diversas características que determinan su nivel de actividad y el comportamiento en un amplio rango de ambientes (Instituto Nacional de Semillas [INASE], 2004).

Bifurcado: Órgano de la planta que se divide en dos o más partes.

Biomasa: Materia orgánica originada en un proceso biológico, espontáneo o provocado, utilizable como fuente de energía.

Capacidad germinativa: Es la cantidad total de semillas que germinan, bajo condiciones adecuadas de temperatura, humedad y de disponibilidad de oxígeno, en un ensayo de germinación. Es una variable que se expresa en porcentaje.

Ecoclina: Es la distribución de las especies a lo largo de una gradiente altitudinal.

Ecotipo: Son aquellas especies situadas en plantaciones localmente adaptadas.

Especie: Es la unidad básica de clasificación o categorización de los organismos vivos, tienen la capacidad de reproducirse y generar descendencia para su sobrevivencia.

Especie exótica: Especie presente en un área externa a la zona en que históricamente se conoce su presencia debido a la dispersión intencionada o accidental por actividades humanas.

Especie invasora: Especie no nativa en un ecosistema en particular cuya introducción y dispersión causa o puede causar daños socioculturales, económicos, medioambientales o daños a la salud humana.

Especie nativa: Especies autóctonas que se originaron en forma natural, sin la ayuda del hombre, en zonas de distribución determinadas.

Especies leñosas: Se trata de árboles, arbustos y palmas. De manera privilegiada árboles que den madera y tengan un valor comercial.

Germinación: Según lo establecido por la International Seed Testing Association (ISTA) asegura que, en ensayos de semillas, es la reanudación del crecimiento activo en un embrión que surge de la semilla y adquiere las estructuras esenciales para el desarrollo normal de la planta.

Origen: El lugar determinado donde se encuentra una población de árboles autóctonos o el lugar de donde provino primitivamente una población introducida. (Ruano, 2008).

Platabanda: Lugar donde se siembran las semillas y se mantienen las plantas en su período inicial.

Poda de raíces: Es el corte de las raíces de un árbol, con el uso de las herramientas adecuadas. Su principal objetivo es controlar ramificación o extensión de las raíces, para

mejorar evitar la competencia con árboles o cultivos aledaños y el control de la propagación vegetativa.

Semilla mejorada: Son semillas que han pasado una serie de estudios y evaluaciones de calidad, poder germinativo, viabilidad, entre otras características.

Sustrato: Medio natural o artificial que sirve para la germinación de semillas y base para el desarrollo de plántulas.

Textura: Concentración porcentual de las partículas de arena, limo y arcilla en el suelo.

Variables dasométricas: Variables forestales ya sea de árboles individuales o masas forestales, empleadas en el estudio del crecimiento y cálculo volumétrico de los árboles.

2.2.2. Ensayos de germinación

2.2.2.1.Importancia de las procedencias

La investigación de procedencias define los componentes genético y ambiental de la variación fenotípica asociada con el origen geográfico. La información sobre procedencias es importante para asegurar orígenes de semillas que den árboles bien adaptados o productivos y para dirigir la formación de híbridos interraciales e interespecíficos que se adapten a sitios particulares (CALLAHAM, 1964).

2.2.2.2.Importancia de las pruebas de germinación

La prueba de germinación sirve para evaluar la capacidad de las semillas de producir plantas normales y vigorosas, bajo condiciones favorables. Los resultados de la prueba de germinación indican el porcentaje de semillas que generan plantas normales, dentro un tiempo establecido para cada cultivo [Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria (INTA, 2013)]

2.2.3. *Pinus patula* Schl et Cham

2.2.3.1. Descripción taxonómica.

De acuerdo con lo mencionado por el Centro de Agricultura y Biociencias Internacional (CABI, 2017) la especie *Pinus patula* Schl et Cham presenta las siguientes características taxonómicas:

Nombre científico preferido: *Pinus patula* Schl et Cham Schiede ex Schltdl. Y Cham.

Nombre común preferido: Pino llorón mexicano

Variación: *Pinus patula* Schl et Cham var. *longipedunculata* Loock ex Martínez; y *Pinus patula* Schl et Cham var. *Patula*

Nombres comunes internacionales: inglés: pino patula; pino de hojas abiertas; español: ocote; pino chino; pino patula; y francés: pin argente.

Nombres comunes locales: Brasil: pinheiro; Alemania: Kiefer, Ausgebretete; Kiefer, Mexikanische; y México: ocote.

2.2.3.2. Ecología y distribución

De acuerdo con lo mencionado por el Centro Nacional de Investigaciones de Café (CENICAFE, 2011) la especie *Pinus patula* es nativa de regiones subtropicales de México, parte superior de la Sierra Madre Oriental, desde el norte del estado de Hidalgo hasta Cofre de Perote, en latitudes entre 16°N a 24°N, en altitudes entre 1500 a 3100 msnm, precipitaciones anuales de 600 a 2500 mm, puede crecer en masas puras o asociado con otras especies como *Pinus teocote*.

La especie *Pinus patula* ha tenido mucho éxito en plantaciones industriales a través de los trópicos y subtrópicos, destacándose por su buena forma, crecimiento acelerado y gran tamaño. Se adapta en la formación bosque húmedo y muy húmedo montano bajo (Vinueza, 2013).

En Colombia, la especie ha sido introducida desde Sudáfrica y México. Es la conífera más ampliamente utilizada en los trópicos y subtrópicos. Actualmente se encuentra en Centro y Sur América: Argentina, Brasil, Venezuela, Colombia y Ecuador, se ha distribuido a Sudáfrica, África del Este, África del Oeste, Nueva Zelanda y Australia (CENICAFE, 2011).

2.2.3.3.Descripción botánica

Árbol perenne de 15 a 30 m de altura, copa abierta, redondeada a piramidal. Corteza delgada, con placas irregulares caedizas, de color rojizo. Acículas de 17 a 24 cm de largo x 1 mm de ancho, 3 por hacecillo, péndulas, ápice agudo, curvado. Conos de 8 a 10 cm de largo x 5 a 6 cm de ancho, zigomorfos, agrupados de 2 a 8 sobre las ramas, sésiles o cortamente pedicelados, ovoides. Semillas de 5 mm de largo x 3 mm de ancho, alas tres veces más grandes que la semilla. (InBUy, 2011).

Por otra parte, la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR, 2010) describe a la especie como: Árbol de 30 a 35 m de altura y de 50 a 90 cm de diámetro normal. Su copa es abierta y redondeada, tronco recto y libre de ramas hasta una altura de 20 m, con una raíz profunda y poco extendida. Es de rápido crecimiento, 20 m³/ha/año. El crecimiento se detiene sensiblemente entre los 30 y 35 años.

2.2.3.4.Fenología

Esta especie florece tempranamente; es común que las flores femeninas aparezcan al tercer año, las masculinas a partir del cuarto y las semillas viables a partir del quinto año. Los conos

se desarrollan en un período de 22 a 30 meses, los frutos maduran durante los meses de invierno (noviembre - enero) (CENICAFE, 2011).

2.2.3.5.Descripción silvicultural

2.2.3.5.1. Tratamientos de la semilla.

a) Recolección y tratamiento de la semilla.

De acuerdo a lo mencionado por Ruano (2008). Normalmente tienen que marcarse unas dimensiones mínimas de los conos o estróbilos para cada especie, aunque hay años que por la vejería de la propia especie o por condiciones meteorológicas desfavorables, los tamaños son menores de lo que se pueda considerar como óptimo.

El pesaje, etiquetado de fecha y lugar de recolección, envasado en sacos de malla bien ventilados, debe hacerse diariamente, guardándolos hasta su extracción en lugares frescos a cubierto, y con la menor humedad posible (Ruano, 2008).

La extracción se puede hacer con calor solar, extendiendo los frutos al sol, protegidos con redes para evitar los pájaros y el control de roedores y hormigas. Puede ayudarse con aire y calor o cubriéndolas con plástico, evitando temperaturas superiores a los 45°-50° C para que no se afecte el embrión, principalmente cuando su contenido de humedad es aún alto. Las semillas deben retirarse con cierta frecuencia, para que no estén expuestas a la luz solar fuerte y directa.

El desalado y limpieza de las impurezas más gruesas puede hacerse, en un primer paso, en el propio sequero, mojando ligeramente el piñón y venteándolo sobre tamices o también empleando máquinas específicas.

De acuerdo con lo mencionado por Trujillo (1995) los aspectos más importantes a considerar en la recolección de semillas de las especies forestales es la seguridad del personal, la metodología de colección de los frutos y la reducción de posibles daños o alteraciones a la futura producción/cosecha.

Un año de abundante fructificación no necesariamente significa un año de producción de semillas de buena calidad lo que es especialmente preocupante cuando la periodicidad es mayor a tres años. (Centro de Investigación y Extensión Forestal Andino Patagónico [CIEFAP], 2012).

b) Almacenamiento.

CENICAFE (2011) menciona que; Los factores más críticos para el almacenamiento de la semilla son el manejo de la humedad y la temperatura de almacenamiento. El contenido de humedad se debe reducir hasta un 5% o 6% antes del almacenamiento, para ello una vez extraídas las semillas de los conos, deben ubicarse sobre zarandas o mallas finas, en un lugar ventilado y sin exposición directa al sol, para que con la ayuda de ventiladores se elimine el exceso de humedad de la semilla. Para un secado homogéneo, las semillas se deben agitar y mezclar constantemente.

Cuando el tiempo de almacenamiento es superior a un año, las semillas se deben empacar en contenedores plásticos, herméticos, con un contenido de humedad por debajo del 10%, a una temperatura de 2 a 6°C, la cual se logra en una nevera o un enfriador.

c) Tratamiento pregerminativo.

La semilla se sumerge en agua ligeramente caliente a 30°C, durante 24 horas. Este proceso acelera la capacidad de germinación, con porcentajes de germinación del 64% al 80%, a los 14

días. Además, este tratamiento permite separar la semilla vana o vacía, debido a que esta flota y puede retirarse manualmente. (CENICAFE, 2011).

2.2.3.5.2. *Fuentes de semilla.*

Ruano (2008) considera que, si es posible, recolectar los frutos o semillas de rodales ya marcados y señalados, con materiales de base lo mejor y más adecuados posible a las necesidades. De todas formas, debe cuidarse lo siguiente:

- Recolectar sólo en árboles sanos, vigorosos y maduros, de buen porte, que estén creciendo conforme al promedio o superior.
- Eliminar árboles padres extracortables o sobre maduros.
- Evitar árboles aislados, que, aunque presenten un buen porte, pueden estar auto polinizados, con pocas semillas y con escasa viabilidad.
- Evitar recolectar semillas en años de mala fructificación, pues suele haber mucha parasitación.

2.2.3.5.3. *Propagación.*

Se pueden sembrar en macetas o en semilleros y requieren por lo general de 6 a 12 meses en el vivero antes de alcanzar un tamaño de 15 a 20 cm para el trasplante al campo. Como requerimiento especial para el desarrollo de la plántula se necesita la micorriza (Vinuela, 2013).

2.2.3.5.4. *Producción en vivero.*

a) Siembra de semillas y germinación.

La propagación es por semillas, la cantidad de semillas por kilogramo oscila entre 100000 – 140000 o 69000 plantas por kg. La semilla germina entre 15 y 16 días. No necesita

tratamiento pregerminativo, sin embargo, se puede utilizar 24 horas en remojo (CENICAFE, 2011).

b) Tratamientos pregerminativos

De acuerdo a lo mencionado por CENICAFE (2011) los tratamientos pregerminativos son: inmersión en agua, inmersión en peróxido de hidrógeno, y la estratificación para acelerar la capacidad germinativa.

c) Sustrato.

Para garantizar un buen drenaje de los germinadores y facilitar la germinación, se recomienda emplear un sustrato compuesto por tres partes de arena y una de suelo, con material previamente cernido, sin fragmentos de roca, para que quede suelto y homogéneo. La arena de mejor calidad para este fin es arena fina, conocida como arena para revoque (Oirsa, 2005).

d) Desinfección del sustrato.

CENICAFE (2011) recomienda la aplicación de fungicida de amplio espectro como tiabendazol o captan, a razón de 3 a 5 cm³/l/m² de germinador, uno o dos días antes de sembrar las semillas. La aplicación del hongo *Trichoderma* spp., en dosis de 4 a 5 gr/l/m² de germinador, dos días antes de sembrar las semillas.

2.2.3.6. Usos de la madera

Se utiliza en contrachapados (triples), chapas, baja lenguas, palillos; en forma de madera laminada y densificada, se puede usar en mangos para herramientas, objetos torneados y vigas, en madera aserrada; tablas, tablones, vigas, entre otros (Vinueza, 2013).

2.2.4. Vivero

2.2.4.1. Características

De acuerdo a las consideraciones de Ruano (2008), un vivero forestal se define como una superficie de terreno dedicada a la producción de plantas de especies forestales, destinadas a las repoblaciones forestales. Considerando que los costos de producción sean los más bajos posibles, y de la mejor calidad de plántula, en sistema radicular, vigorosidad, coloración de las hojas, etc.

Un vivero forestal debe encontrarse ubicado estratégicamente, considerando la disponibilidad de: agua para riego, condiciones climáticas y ambientales requeridas por la especie a propagar, disponibilidad de materiales e insumos necesarios, tipo de propagación, topografía, entre otros.

2.2.4.2. Germinación de semillas

CIEFAP (2012) alude; el proceso de germinación está regulado principalmente por tres factores ambientales: disponibilidad de agua, de oxígeno y temperatura del sustrato.

2.2.4.3. Siembra de semillas

De acuerdo con lo mencionado por Jiménez (1993); los métodos de siembra con semilla son: a voleo, en hileras o surcos, y a golpeo postura, dependiendo del tamaño de las semillas: pequeñas, medianas y grandes respectivamente.

2.2.4.4. Sustrato

Es la mezcla de suelo (Tierra Negra), arena y materia orgánica (Estiércol de ganado vacuno, carnero, gallinaza, humus, compost, etc.) que se usa para llenar las bolsas en el vivero. (ITTO,

2014). Por otra parte, Pastor (2000) menciona que; el término “sustrato”, que se aplica en la producción en vivero, se refiere a todo material sólido diferente del suelo que puede ser natural o sintético, mineral u orgánico y que, colocado en contenedor, de forma pura o mezclado, permite el anclaje de las plantas a través de su sistema radicular.

2.2.4.4.1. Características del sustrato

De acuerdo con lo mencionado por ITTO (2014), el sustrato ideal para la producción de plántulas de calidad debe presentar las siguientes características:

- Debe ser liviano.
- Permitir que el agua drene fácilmente; el agua no se estanca en su superficie.
- Rico en nutrientes, que les dan a las hojas de los plantones un color verde oscuro.
- Debe estar libre de patógenos o correctamente desinfectado.

Las características antes mencionadas se encuentran sujetas a variación, dependiendo de la especie, ubicación del vivero, condiciones climáticas, componentes usados para la elaboración del sustrato entre otras variables.

2.2.4.4.2. Funciones del sustrato

Según Oirsa (2005) menciona que; hay cuatro funciones con las que debe cumplir un medio de cultivo o sustrato para mantener un buen crecimiento de las plantas.

- Proporcionar un anclaje y soporte para la planta.
- Retener humedad de modo que esté disponible para la planta.
- Permitir el intercambio de gases entre las raíces y la atmósfera.
- Servir como depósito para los nutrientes de la planta.

2.2.4.4.3. *Propiedades.*

Oblaré (2013) manifiesta que; las principales propiedades del sustrato son:

a) Propiedades físicas.

- Textura fina para retener los nutrientes.
- Bajo peso debido a su baja densidad.
- Mayor porosidad y aireación.
- Mayor capacidad de retención de agua.
- Permeabilidad.
- Estabilidad estructural.

b) Propiedades fisicoquímicas.

- pH ligeramente ácido (5,5-6,5).
- Salinidad reducida.
- Aporte de nutrientes.
- Materiales estériles y no inertes.

2.2.4.4.4. *Componentes más usados.*

Generalmente se suelen usar en la composición de los sustratos dos o tres componentes, aunque hay viveristas que mezclan hasta seis materias en diferentes proporciones; así tenemos: turba, aserrín, arena, fibra de coco, cascarilla de arroz, residuos de frutas, tierra negra, materia orgánica, vermiculita y perlita (Ruano, 2008).

2.2.4.5. *Calidad de plántulas en vivero*

La calidad de plántula en vivero es un parámetro que determina la supervivencia y rendimiento de las plantaciones forestales comerciales, para ello se evalúan parámetros morfológicos y fisiológicos (Bernaola, Zamora, Vargas, Cetina, Rodríguez, & Salcedo, 2015).

La calidad de planta se clasifica como alta, media, y baja en base a la relación parte aérea y radicular, estado fitosanitario, forma del tallo, índice de robustez, y el índice de calidad de Dickson (Rueda, Benavides, Sáenz, Muñoz, Prieto, & Orozco, 2014).

Tabla 1

Intervalos de calidad para atributos morfológicos y fisiológicos

Variable	Tipo de planta	Calidad		
		Baja	Media	Alta
Altura(cm)	Conífera	<10,0	10,0-11,9	≥12,0
	Latifoliada	<12,0	12,0-14,9	≥15
Diámetro (mm)	Conífera	<2,5	2,5-3,9	≥4,0
	Latifoliada	<2,5	2,5-4,9	≥5
Índice de robustez	Conífera	≥ 8	7,9-6,0	<6
	Latifoliada	≥ 8	7,9-6,0	<6
Relación BSA/BSR	Todas	≥ 2,5	2,4-2,0	<2
Índice de Dickson	Todas	<0,2	0,2-0,4	≥ 0,5

Fuente: Modificado de Sáenz et al. (2010), con aportaciones de Santiago et al. (20007) y Conafor (2009) citado por Rueda et al. (2014)

2.2.4.6.Labores culturales

Según menciona ITTO (2014) las principales labores culturales empleadas en los viveros forestales para la producción de plántulas de calidad son: riego, deshierbe, remoción, manejo y tiempo en vivero, agoste y selección.

2.2.5. Mejoramiento genético forestal

2.2.5.1.Genética forestal

Está definida como el proceso de manejo del germoplasma para la obtención de plantaciones forestales de calidad, considerando la ecología y la conservación de las especies en peligro de extinción y bajo amenaza (Mallén, 2014).

El uso de estrategias convencionales de mejoramiento permite estimar el componente genético asociado a una característica y utilizarlo con fines de selección (Zapata, & Hasbun, 2011); sin embargo, en la actualidad existen nuevas y mejoradas técnicas de mejoramiento genético forestal; tal es el caso del mejoramiento genómico, el cual se basa en marcadores ubicados en el genoma.

2.2.5.2.Objetivos del mejoramiento genético forestal

De acuerdo con lo mencionando por Mallén (2014) los objetivos del mejoramiento genético forestal estan enfocados a:

- Obtener árboles más resistentes a plagas, enfermedades y medios externos.
- Elevar el rendimiento de las plantaciones forestales con fines comerciales.
- Mejorar la adaptabilidad y aptitud de los árboles, es decir; árboles que se desarrollen adecuadamente en condiciones desfavorables o adversas.
- Mejorar la calidad de los árboles, generando productos de valor agregado y alta calidad.
- Obtener razas de árboles de rápido crecimiento, para acortar el turno de corta y edad óptima de aprovechamiento.

2.2.5.3.Importancia del mejoramiento genético forestal

De acuerdo con lo mencionado por Agüero (2009) e Ipinza (2014) la importancia del mejoramiento genético se basa en:

- Crecimiento demográfico y la alta demanda de productos forestales.
- Incrementar la resistencia al ataque de plagas y enfermedades en especies forestales de valor comercial.

- Reducir los costos de producción y manejo de las plantaciones forestales.

2.2.5.4. Material de reproducción

La propagación vegetativa es la producción de plantas con características genéticas idénticas a la planta madre, ésta se logra principalmente a través de técnicas de injertado, enraizamiento de estacas y cultivo in vitro (Rentería, Juárez, & Sánchez, 2014). Las semillas son utilizadas en programas de mejoramiento genético forestal cuando se desea obtener plántulas con variabilidad genético.

2.2.6. Investigaciones relacionadas.

2.2.6.1. Ensayos de germinación

Trejo (2012) registró 29 días para el inicio del brote de plántulas, así también, determinó 105200 semillas/kg, con el 91,80% de germinación con semillas obtenidas a los 12 años de edad. Vizcaíno y Pupiales (2008) registraron un valor del 61,69% de germinación de semillas; mientras que Valenzuela (2010) obtuvo el 93,83%; probablemente varía en el tipo de sustrato, manejo de las semillas, madurez fisiológica de los progenitores, y la época de cosecha de las semillas.

2.2.6.2. Evaluación de variables dasométricas

Valenzuela (2010) y Yépez (2012) registraron un análisis estadístico no significativo a los 3, 5 y 8 meses de edad respectivamente. Además, Romero, Damián, Hernández, Parraguirre, Márquez, & Huerta (2013) establecieron que; a los siete meses y medio de desarrollo inicial de plántulas de *Pinus patula*, no se existen diferencias significativas entre tratamientos para las variables diámetro basal, altura total, relación parte aérea y radicular, índice de calidad de Dickson e índice de esbeltez.

2.2.6.3. Costos de producción de plántulas de *Pinus patula*

CONAFOR (2011) obtuvo el valor de \$0,063 por planta, y 2500\$ por kilogramo de semilla, en viveros forestales que abastecen los proyectos de plantaciones forestales comerciales; mientras que; Romero Arenas, et. al, (2013) determinó un precio de venta de \$0,094 por plántula, con una capacidad de producción del vivero forestal de 1,036 m², con un rendimiento de 300000 plántulas de *Pinus patula* en un período de siete meses.

Por otra parte, Peralta (2007) obtuvo un costo de \$0,75 en contenedores de 112 cavidades, y un valor de %0,80 en bolsas de polietileno, en viveros con capacidad de producción de 500000 plántulas.

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación del sitio

La presente investigación se realizó en la Granja Experimental Yuyucocha, para lo cual se detallan las siguientes características:

3.1.1. Política

La presente investigación se desarrolló en la Granja Experimental Yuyucocha, ubicada en el cantón Ibarra.

3.1.2. Geográfica

La Granja Experimental Yuyucocha se encuentra ubicada en la provincia de Imbabura, cantón Ibarra, parroquia Caranqui. De acuerdo al Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI, 2017) se encuentra a 2256 msnm., con una Latitud: 00°19'47,04''N., y Longitud: 78°07'56,75''O. La temperatura promedio anual es de 18,4°C, una precipitación media anual de 750 mm, y una humedad relativa de 65%.



Figura 1 Mapa de ubicación del sitio de investigación

3.2. Materiales, equipos e insumos

3.2.1. Materiales

- Calibrador o pie de rey.
- Etiquetas.
- Fundas para la recolección de los frutos de pino.
- Herramientas agrícolas.
- Hoja de campo.
- Sarán para la protección de camas de germinación.
- Útiles de escritorio.

3.2.2. Equipos

- Cámara fotográfica
- Computador
- Software estadístico Infostat (VE).

3.2.3. Insumos

- Semillas de *Pinus patula* Schl et Cham.
- Fungicidas y agroquímicos.

3.3. Metodología

3.3.1. Calidad de semillas

Para el análisis de calidad de las semillas se consideró el siguiente proceso:

3.3.1.1.Recolección de semillas

La recolección de frutos y extracción de semillas se efectuó empleando la siguiente metodología:

a) Caracterización de procedencias.

La caracterización biofísica se realizó de acuerdo con los parámetros de: altitud, clima, ubicación geográfica, y edad de plantación.

b) Muestreo en campo.

Se recolectó semillas de plantaciones, y árboles relictos, de acuerdo con lo mencionado por CONAFOR (2014), misma que recomienda la selección por el método de comparación de árboles con las mejores características fenotípicas y estado fitosanitario; para plantaciones forestales se emplea la intensidad de 1 árbol/ha.

Para la recolección de semillas por procedencias se seleccionó un árbol con las mejores características, el cual fue comparado con los 5 mejores individuos de su alrededor, en un radio aproximado de 20 m, seleccionando de 10 árboles por procedencia separados a un distanciamiento de tal forma que permita incorporar el mayor rango posible de genes.

c) Recolección de semillas.

Se recolectó de acuerdo con las condiciones de los árboles seleccionados, características fenotípicas, tamaño y coloración de frutos (café grisáceo). En árboles en pie se colectó empleando tijeras de poda aérea y de manera manual.

d) Extracción de semillas

Luego de la colección de frutos se procede al secado de estas, se consideró el secado bajo luz solar, protegiéndola del sol intenso y directo para reducir la deshidratación de las semillas.

Inmediatamente se procedió al desalado y limpieza de las semillas mediante un tamizado, el desalado se lo realizó de manera manual.

3.3.1.2. Análisis físico de semillas

El análisis se determinó de acuerdo con los parámetros de las Normas Internacionales para los Ensayos de Semillas (normas ISTA) las cuales por medio de procedimientos técnicos cumplen con el objetivo de determinar la viabilidad de las semillas, muestreo, y cantidad de germinación.

a) Muestreo

De acuerdo con lo mencionado por Alemán & Herrera (2016). Para la evaluación de la germinación se seleccionó 100 semillas de cada unidad experimental, en función de su apariencia externa y que estuvieran libres de daños por insectos y hongos.

b) Prueba de pureza

En forma general, el análisis de pureza física consiste en examinar una muestra de trabajo especificado en reglas de análisis, y separarla en tres componentes: semilla pura, semillas de otras especies y materia inerte (Antonio, 2012).

Para determinar el grado de pureza de la semilla se pesó 100 gr de semilla recolectada en campo, luego se separó las impurezas, semillas completamente limpias, y libres del ataque de plagas y enfermedades. Luego se aplicó la siguiente formula:

$$\text{Pureza \%} = \frac{\text{Peso de semillas puras}}{\text{Peso total de la muestra}} * 100$$

Fuente: Antonio (2012).

c) Porcentaje de semillas vanas

Se tomaron tres repeticiones de 100 semillas que se consideren puras, y se sometió en agua por 24 horas, quedando las semillas vanas en la parte superior del recipiente. Éstas se contaron y se hizo una relación para reportar el resultado en porcentaje.

d) Humedad

Para determinar la pérdida de humedad se contabilizó 100 semillas consideradas puras, y se pesó antes y posterior al secado, el secado fue de 24 horas a una temperatura de 100°C, posteriormente se realizó una diferencia de peso y se determinó la pérdida de humedad de las semillas.

e) Caracterización de semillas

Se determinó el color, forma y tamaño de las semillas de cada una de las procedencias, para lo cual se tomó como muestra 15 semillas con tres repeticiones; luego se observaron en el estéreo microscopio y se midieron en papel milimetrado, además se comparó la coloración de las semillas en seco y en húmedo con la tabla de Munsell, para ello se las somete en agua por 24h.

3.3.1.3.Fase de vivero

En la fase de vivero se consideró algunas variables que incrementan la efectividad de las acciones a emplearse, las cuales se detallan a continuación:

3.3.1.3.1. *Instalación de vivero*

a) Área de vivero

Se utilizó un área aproximada de 50 m², en la cual se realizó una limpieza de malezas, y se distribuyó el área para: almácigo o cama de germinación, preparación de sustrato y crecimiento de plántulas (platabandas).

b) Sustrato

Se empleó sustrato de vivero en proporción 3:1; es decir, tres partes de tierra negra, y una parte de arena de río. Previamente se realizó un análisis de suelo y medios de cultivo de las áreas de almácigo y crecimiento, para ello se envió una muestra del sustrato para su respectivo análisis en el laboratorio LABONORT, laboratorio de análisis de suelos, ubicado en la ciudad de Ibarra, provincia Imbabura.

El análisis de suelo se lo realizó para conocer los contenidos de materia orgánica y el pH, factores esenciales para la elaboración del sustrato adecuado. Además, de considerar que la especie requiere condiciones específicas para su propagación en vivero.

c) Desinfección

La desinfección del sustrato en vivero se lo realizó mediante aplicación de Vitavax dos días antes de la siembra de las semillas. Previamente se realizó una desinfección con agua hervida para reducir el crecimiento de malezas, y la eliminación de hongos y plagas en el sustrato.

d) Enfundado

Para el enfundado se colocó 0,09 m³ de sustrato en fundas de polietileno color negro de 4x6 cm, mismas que proporcionan condiciones adecuadas para el desarrollo de las plántulas de pino en vivero.

3.3.1.3.2. *Diseño experimental*

Se utilizó el diseño irrestricto al azar (DIA), con igual número de observaciones, por su facilidad de manejo de abundantes datos, y su empleo en investigaciones en condiciones homogéneas.

- Modelo estadístico

Para la investigación se empleó el modelo estadístico detallado a continuación:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij}$$

Dónde: Y_{ij} = Observación individual

μ = Media

τ_i = Efecto de tratamiento

ε_{ij} = Error experimental

- Características de la investigación

La presente investigación describió las siguientes características:

Tabla 2

Características de la investigación

Variable	Cantidad
Número de unidades experimentales	18
Número de plantas por unidad experimental	100
Número de repeticiones	3
Número de tratamientos	6
Número de plantas por tratamiento	300
Número de plantas total	1800
Área de almácigo	2m ²
Área de repique	21,6m ²
Área experimental (m ²)	36m ²

- Tratamientos en estudio

Se estudiaron seis tratamientos o procedencias de *Pinus patula*, mismo que se detallan en la siguiente tabla con su respectiva codificación.

Tabla 3

Codificación de tratamientos

Tratamiento/ procedencia	Código	Descripción
1	PZu	Zuleta
2	PCu	Cubilche
3	PTo	Topo
4	PPa	Paniquindra
5	PCo	Cotopaxi
6	PSu	Sudáfrica

3.3.1.3.3. Germinación de semillas

Para el proceso de germinación de semillas se empleó el siguiente proceso:

- Siembra de semillas

Luego del análisis físico de semillas, se realizó la siembra de 100 de las mismas, realizando pequeños surcos en el sustrato, cubriendo de dos a tres veces el tamaño de estas.

- Análisis sanitario

Para el análisis sanitario de semillas se colocó 100 semillas en cajas petri, mismas que recibieron las condiciones adecuadas para el desarrollo de hongos, las muestras se revisaron una vez por día, manteniendo la humedad adecuada y visualización de la presencia y crecimiento de hongos.

c) Análisis fisiológico

- Tiempo de germinación

Para determinar el tiempo de germinación se realizó conteos diarios de las semillas germinadas desde la siembra hasta los primeros brotes. Se consideró el brote de la plúmula de 3 mm o totalmente expuesta, o fuera del sustrato. Además, el tiempo máximo de germinación fue estimado cuando ya no se contabilizaron brotes nuevos, es decir cuando las semillas culminaron su fase de germinación.

Finalmente se realizó curvas de germinación para las procedencias en análisis, considerando el tiempo de germinación y el número total de semillas germinadas.

- Vigor germinativo

Para determinar el vigor germinativo se realizó el conteo diario del número de semillas germinadas por unidad experimental, los conteos se realizaron en las mañanas, continuamente se realizó un análisis comparativo entre las unidades experimentales, considerando la cantidad de semillas germinadas, calidad de plántula y la uniformidad en altura al finalizar la etapa de germinación.

- Porcentaje de germinación

Se anotó la cantidad de semillas germinadas durante el lapso de 30 días en cada unidad experimental; proceso que permitió la obtención del porcentaje real de germinación, para lo cual, se realizó conteos por la mañana.

3.3.1.3.4. *Labores culturales*

- Repique

Con la ayuda de un repicador se realizó el hoyado en el centro de la funda y se procedió a la colocación de la plántula, posteriormente se rellenó el hoyo con sustrato presionando ligeramente con los dedos para eliminar los espacios vacíos que puedan quedar.

- Micorrización

Se utilizó una solución con el hongo *Trichoderma* spp., de acuerdo con lo mencionado por (CENICAFE, 2011), el cual mencionó resultados favorables en la propagación de pino. Por otra parte, Vinuesa (2013) menciona que la especie requiere de micorrización, para lo cual se realiza la inoculación del sustrato con el hongo *Boletus logus*, una vez que la semilla haya germinado y la planta se encuentre en su estado inicial. La solución empleada fue de 50 ml en 20 litros de agua.

- Riego

Se realizó con una bomba de mochila una vez por día en la mañana durante la fase de almácigo. Posteriormente se realizó el riego con una regadera manual, una vez cada dos días.

- Deshierbe

Se realizó dos deshierbes, a los dos y cuatro meses en vivero; además, cuando se evidenció la presencia de maleza, con el fin de evitar la competencia por nutrientes y agua en la fase de almácigo.

- Fertilización

Se aplicó 54,5 gramos de fertilizante NPK(10-30-10) disuelto en 12 litros de agua, elementos cuya presencia son de suma importancia para el desarrollo radicular y parte aérea de las plántulas en vivero. Dicha labor se la realizó cada dos meses en el transcurso de la investigación.

3.3.1.3.5. Variables para evaluar

Las variables consideradas para el análisis de germinación de semillas son las siguientes:

- a) Altura de la planta al repique

Se midió la altura total de todos los individuos de cada una de las unidades experimentales, antes de realizar el repique. Las mediciones se realizaron con un calibrador.

- b) Longitud de raíz al repique

Se midió la longitud total de la raíz de todos los individuos de cada una de las unidades experimentales, antes de realizar el repique. Las mediciones se realizaron con un calibrador.

- c) Calidad de plántula en vivero

De acuerdo con lo mencionado por el Fideicomiso para la Administración del Programa de Desarrollo Forestal del Estado Jalisco (FIPRODEFO, 2004). La clasificación de la planta debe establecerse a partir del segundo mes en la fase de vivero; el método de clasificación para evaluar la calidad de una planta se realiza de forma manual, y las características son:

- Supervivencia después del repique.

En cada unidad experimental se realizó el censo de plántulas vivas por tratamiento, valor que se divide entre el número de observaciones que conforman la unidad experimental y se expresa en porcentaje.

$$\text{Sobrevivencia (\%)} = \frac{\text{Número de individuos finales}}{\text{Número de individuos iniciales}} * 100$$

Fuente: Escuela Nacional de Ciencias Forestales (ESNACIFOR, 2000).

- Altura de plántula.

Se midió la altura total (cm) de cada uno de los individuos de cada una de las unidades experimentales, al transcurrir la etapa de vivero (cuatro meses). Las mediciones se las realizó con calibrador.

- Diámetro basal (final).

Se mide con Vernier o calibrador y se promedia los valores para efectos de procesamiento. Esta medición, se realiza en los ensayos y procedencias. La medición se hace al ras del suelo o a unos 10 cm sobre el cuello de la raíz; el registro se puede hacer en mm o cm (ESNACIFOR, 2000). Motivo por el cual se midió el diámetro basal (mm) de todos los individuos de cada una de las unidades experimentales, al transcurrir la etapa de vivero (dos y cuatro meses). Las mediciones se las realizó con un calibrador.

- Calificación de sanidad o estado fitosanitario de la plántula

Se realizó de manera visual, observando detenidamente las características fitosanitarias; presencia de plagas y enfermedades de cada unidad experimental. La valoración fue de acuerdo con la siguiente estimación:

Tabla 4

Clasificación estado fitosanitario de plántulas

Clase	Descripción
2	Plántula sana
1	Plántula con plagas/enfermedades.

- Forma de tallo.

La forma de tallo de las plántulas en vivero se evaluó de acuerdo con características cualitativas, mismas que se detallan a continuación:

Tabla 5

Clasificación de la forma del tallo

Clasificación mórfica	Puntaje
Tallo recto	3
Tallo torcido	2
Tallo bifurcado	1

- Coloración del follaje.

Se evaluó la coloración verde oscuro (coloración depende de la especie), color que evidencia no tener síntomas de deficiencia, marchitez o clorosis (FIPRODEFO, 2004).

- Relación entre parte aérea y radicular de la planta

Se midió la altura y longitud total de tres individuos de cada una de las unidades experimentales. Las mediciones se las realizó con un calibrador. Posteriormente se realizó un análisis comparativo y de relación entre la altura total y la longitud de raíz.

La relación óptima en parte aérea y sistema radicular para el desarrollo de las plántulas en el terreno definitivo es 1,5-2:1, por lo que una buena relación debe fluctuar entre 1,5 y 2,5 ya que valores mayores indican desproporción y la existencia de un sistema radical insuficiente para proveer de energía a la parte aérea de la planta (Morales, 2013).

$$R_{BSA/BSR} = \frac{\text{Biomasa seca aérea (g)}}{\text{Biomasa seca raíz (g)}}$$

Fuente: Morales (2013).

- Índice de robustez (IR).

El índice de robustez también conocido como índice de esbeltez de la plántula en vivero es la relación que presenta la altura total de la plántula con el diámetro del cuello de la raíz o diámetro basal. El valor del índice de robustez o esbeltez debe ser menor a seis; ya que, es un indicador de la resistencia de la planta a la desecación por el viento, de la supervivencia y del crecimiento potencial en sitios secos.

Valores entre 5 y 10 indican una mejor calidad de planta, valores sobre 10, indican una planta muy alta respecto al diámetro basal, plántulas que disponen de potencial a daños por viento, sequía y helada. Por su parte valores menores a cinco, indican una planta de poca altura respecto al diámetro basal, por lo que describe plántulas más bajas y gruesas, aptas para sitios con limitación de humedad (Rodríguez, 2008).

$$IR = \frac{\text{Altural brinzal (cm)}}{\text{Diametro cuello de la raiz (mm)}}$$

Fuente: Rodríguez (2008).

- Índice de calidad Dickson (ICD)

Es considerado como el mejor parámetro de evaluación de calidad de plántula en vivero, ya que correlaciona parámetros morfológicos.

$$CD = \frac{\text{Peso seco total (gr)}}{\frac{\text{Altura (cm)}}{\text{Diámetro (mm)}} + \frac{\text{Peso seco aéreo (gr)}}{\text{Peso seco radical (gr)}}}$$

Fuente: Thompson (1985) citado por Ruano (2008).

3.3.2. Selección de procedencia con mejor calidad de plántula

Para seleccionar la procedencia con mejor calidad de plántula en vivero, y establecer diferencias entre las procedencias en estudio se consideró lo siguiente:

3.1.1.1. Análisis de varianza DIA.

Tabla 6

Análisis de varianza DIA.

FV	Sc	G.L.	CM	Fc
Tratamientos	$\sum Y^2/n - Fc$	5	Sc_i/GL	CM_i/CM_E
Error	$\sum \sum Y_{ij}^2 - \sum Y_i^2/n$	12	Sc_E/GL	
Total	$\sum \sum Y_{ij}^2 - Fc$	17		

Fuente: (Aguirre y Vizcaíno 2010).

3.1.1.2. Análisis estadístico

Se realizó un análisis de la varianza, y la prueba de Duncan al 95% y 99% de probabilidad estadística, para las variables porcentaje de germinación, sobrevivencia de plántulas en vivero, diámetro basal, y altura total.

Así también se realizó el análisis de correlación entre las variables altura total y el diámetro basal para determinar la calidad de plántula.

3.3.3. Análisis de costos

Se realizó un análisis de costo por plántula juntamente con la investigación, considerando el sueldo básico vigente, costos fijos y variables en la producción de plántulas en vivero.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1.Resultados

Los datos recolectados en campo desean dar respuesta a los objetivos planteados en la presente investigación, por lo cual, se analizaron, tabularon, e interpretaron.

4.1.1. Calidad de semillas

4.1.1.1.Caracterización biofísica

La procedencia de Sudáfrica se encuentra bajo el rango altitudinal óptimo para el desarrollo de la especie *Pinus patula*, mientras que Zuleta, y Paniquindra se encuentran en rangos aceptables para la variable altitud; por otra parte, Cubilche, Topo, y Cotopaxi se encuentran en un rango superior al adecuado para el desarrollo de la especie.

La variable temperatura se encuentra en rangos aceptables en las procedencias de Zuleta, Paniquindra, Cotopaxi, y Sudáfrica; mientras que Cubilche, y Topo registran temperaturas menores en determinadas épocas del año, sin embargo, cumplen con los requerimientos climáticos para el desarrollo de la especie.

La variable precipitación es óptima en las procedencias de Zuleta, Cubilche, y Paniquindra; mientras que, Topo, Cotopaxi, y Sudáfrica registraron precipitaciones menores a los rangos óptimos requeridos, sin embargo, la especie se desarrolla apropiadamente.

Tabla 7

Caracterización biofísica de procedencias

Variable		PROCEDENCIA					
		Zuleta	Cubilche	Paniquindra	Topo	Cotopaxi	Sudáfrica
Datos informativos	Político	Parroquia de Angochagua, al suroriente de la provincia de Imbabura y al sur del Cantón Ibarra	Parroquia de Angochagua, al suroriente de la provincia de Imbabura.	Parroquia de La Esperanza, al suroriente de la provincia de Imbabura	Parroquia de San Pablo del Lago, cantón Otavalo, en la provincia de Imbabura a 40 km de la capital provincial	Carretera Panamericana Sur, en los cantones de Latacunga y Sigchos en la provincia de Cotopaxi	Provincia de Kwa Zulu Natal, ciudad de Durban.
	Geofísica	Latitud: 17N823965 Longitud:10022411	Latitud: 17N820109 Longitud:10024903	Latitud: 17N819435 Longitud:10027022	Latitud: 17N817095 Longitud:10025975	Latitud:17S9896748,6 Longitud:765248,1	Latitud:36N305179 Longitud: 3209634
Datos técnicos	Especie	<i>Pinus patula</i>	<i>Pinus patula</i>	<i>Pinus patula</i>	<i>Pinus patula</i>	<i>Pinus patula</i>	<i>Pinus patula</i>
	Densidad	3*3m	3*3m	3*3m	2,5*2,5m marco real	2,5*2,5m	3*3m
	Edad	10 años	10 años	10 años	9 años	12 años	12 años
	VARIABLES DAsométricas (promedio)	Dap: 29,70cm H total: 16,37m H comercial:11,97m Vol. total: 0,69m ³ Vol. comercial: 0,50 m ³	Dap: 27,53cm H total: 14,57m H comercial: 9,90m Vol. total: 0,54 m ³ Vol. comercial: 0,37 m ³	Dap: 21,42cm H total: 12,40m H comercial: 8,33m Vol. total: 0,28 m ³ Vol. comercial: 0,19 m ³	Dap: 25,97cm H total: 14,07m H comercial: 8,85m Vol. total: 0,51 m ³ Vol. comercial: 0,34 m ³	Ficha técnica de procedencias, Aglomerados Cotopaxi	Ficha técnica de procedencias, Sudáfrica.
	Características técnicas	Fuste recto, sin bifurcación, distribución de ramas simétricas, con Dap menor a 5cm, estado fitosanitario bueno.	Fuste recto, sin bifurcación, distribución de ramas simétricas, con Dap menor a 5cm, estado fitosanitario bueno.	Fuste recto, sin bifurcación, distribución de ramas simétricas, con Dap menor a 5cm, estado fitosanitario bueno.	Fuste recto, sin bifurcación, distribución de ramas simétricas, con Dap menor a 5cm, estado fitosanitario bueno.	Fuste recto, sin bifurcación, distribución de ramas simétricas, con Dap menor a 5cm, estado fitosanitario bueno.	Fuste recto, sin bifurcación, distribución de ramas simétricas, con Dap menor a 5cm, estado fitosanitario bueno.
Condiciones ambientales	Temperatura media anual	12,4°C	10°C y 16°C.	Varía entre 8°C y 18 °C	12°C y 19°C	14,1°C	Varía entre 17°C y 26°C.
	Precipitación media anual	980 mm	700 mm y 1500 mm	500 a 1000 mm	750 mm a 1000 mm	664,5 mm	478 mm
	Altitud	2897 msnm	3574 msnm	3284 msnm	2828 msnm	3700 msnm	1310 msnm

Continua...

Continuación...

Suelos	Textura	Limo arenoso, o areno-limosos.	Limo arenoso, areno limoso, sin presencia de cangagua.	Fina de color negra, Limo arenoso, o areno limosos.	Franca, arenosa o arcillosa.	Moderadamente gruesas y fina.	Arenosas, finas.
	Características	De origen volcánico, y formaciones de cangagua, ricos en materia orgánica, de consistencia blanda, y de textura fina, coloración negra, pardos amarillentos, y marrón con alta capacidad de retención de humedad.	De origen volcánico, y formaciones de cangagua, ricos en materia orgánica	De origen volcánico, ricos en materia orgánica, presencia de carbono, calcio, potasio, y formaciones de cangagua.	De formaciones volcánicas pioneras, y algunas columnas de cangagua, tienen un horizonte superficial oscuro rico en humus y sílice amorfo; formado principalmente sobre depósitos de ceniza volcánica.	Influencia volcánica y su alto contenido de materia orgánica; y con presencia de piedras o por una capa de pumice (“cascajo”)	De origen volcánico, con presencia de una fina lamina de arena.
Topografía		Irregular, desde amplias planicies hasta pendientes que van de 30 a 50 %.	Irregular, con presencia de planicies y pendientes superiores al 30%	Irregular con pendientes que van desde el 5% hasta superiores a 70 %.	Pendientes escarpadas que superan el 70%	Abarcan locaciones desde planas hasta accidentadas, con pendientes que llegan a superar el 50%	Conjunto de mesetas rodeadas por elevaciones montañosas, y divididas por numerosos valles fluviales.
Tipo de manejo		Sin manejo	Sin manejo	Podas	Podas	Podas y raleos	Podas y raleos

4.1.1.2. Análisis de suelos

El sustrato preparado para el establecimiento del ensayo, fue enviado al laboratorio de suelos para su respectivo análisis, mismo que determinó que el nutriente que se encuentran en mayor proporción es el Calcio (Ca) con 6,23 meq/100 ml; mientras que el Azufre (S) con 23,40 ppm, y Magnesio (Mg) con 0,98 meq/100 ml se encuentran en un estado medio; por otra parte, en estado bajo se encuentran el Potasio (K) con 0,18 meq/100 ml, Fósforo (P) con 8,81 ppm, y Nitrógeno (N) con 12,94 ppm. El pH fue de 6,12 considerado ligeramente ácido. La cantidad de materia orgánica presente está valorada en 4,69 %, estimado como estado medio.

4.1.1.3. Análisis de semillas

a) Pureza

De acuerdo con el grado de pureza, se determinó que en 100 gr de semillas de *Pinus patula* en la procedencia de Sudáfrica es mayor con un valor de 94,32% e impureza de 5,68%; mientras que la procedencia con menor grado de pureza es Topo con un valor de 49,55% e impureza de 50,45%.

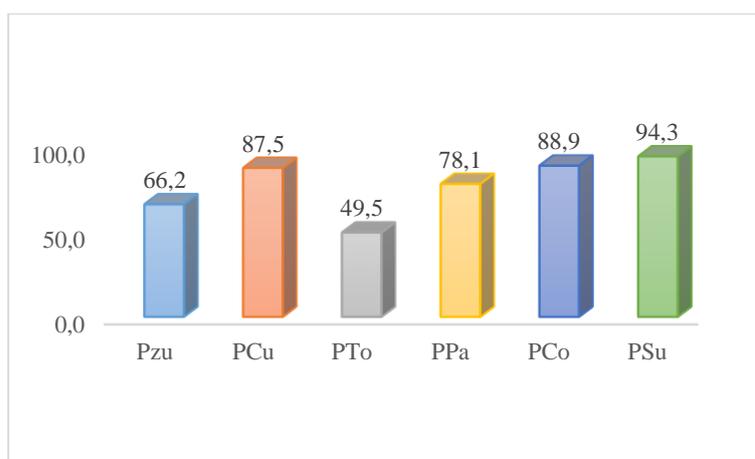


Figura 2 Prueba de pureza

b) Cantidad de semillas por unidad de peso

En 94,32 gr de semilla pura se contabilizó un total de 9401 semillas, por lo tanto, en un kilogramo existirá aproximadamente 99668 semillas; mientras que, en 49,55 gr se contabilizó un total de 7011 semillas.

Tabla 8

Cantidad de semillas por unidad de peso

Procedencia	Peso inicial (gr)	# de semillas	# total de semillas/kg
Zuleta	66,16	6183	93458
Cubilche	87,55	12273	140187
Topo	49,55	7011	141509
Paniquindra	78,13	12337	157895
Cotopaxi	88,85	10836	121951
Sudáfrica	94,32	9401	99668

Se obtuvo un promedio de 126286 semillas/kg, mientras que Trejo (2012) determinó 105200 semillas/kg valores ligeramente diferentes, posiblemente varía en las condiciones de manejo de las semillas.

c) Humedad

La procedencia con mayor pérdida de humedad es Cubilche la cual alcanzó el 10,65%; mientras que Sudáfrica presenta un valor menor con el 8,30%.

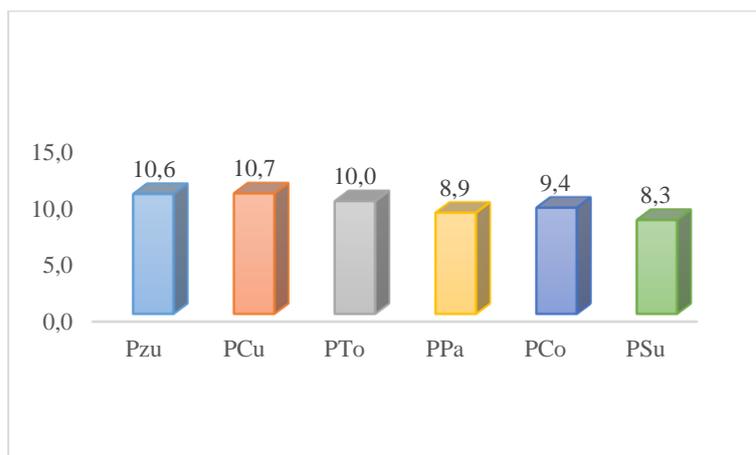


Figura 3 Prueba de humedad

d) Viabilidad

De acuerdo con la viabilidad, se estableció que en 100 semillas de *Pinus patula* en la procedencia de Sudáfrica es mayor con un valor de 94,7%; y 5,3% de semillas vanas; mientras que la procedencia con menor viabilidad es Paniquindra con 48,3% y 51,7% de semillas vanas.

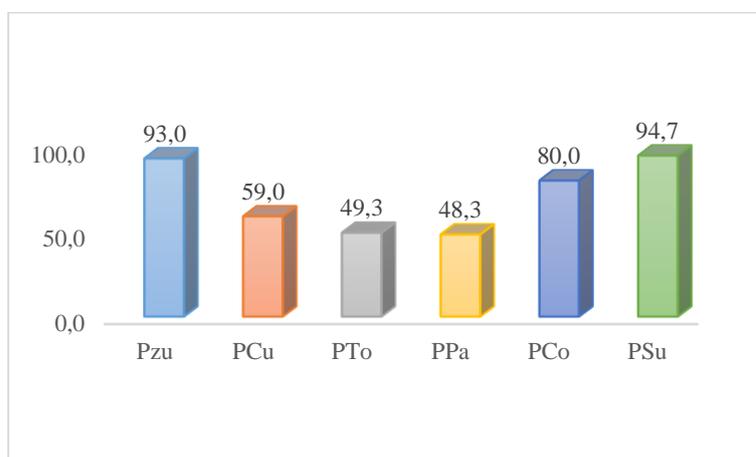


Figura 4 Prueba de viabilidad

e) Caracterización de semillas

El tamaño de las semillas en la procedencia de Cubilche es mayor con un valor de 5,65 mm de longitud y 2,83 mm de ancho; mientras que la procedencia de Zuleta alcanzó una longitud de 5,09 mm y 3,09 mm de ancho.

De acuerdo con la tabla de Munsell, las semillas presentan coloración negra con manchas marrón y gris aceituna; negro con machas gris aceituna, negro con manchas marrón, y marrón muy oscuro (ver tabla 9).

La forma de las semillas se determinó por el método de observación directa, Zuleta presenta la forma redondeada, Cubilche oblonga, Topo varían entre oblonga y redondeada, Paniquindra semi redondeada, Cotopaxi ligeramente alargada, y Sudáfrica varía entre oblonga y ligeramente alargada.

Tabla 9

Caracterización de semillas

Procedencia	Tamaño final (mm)		Código	Interpretación de color	Forma
	Longitud	Ancho			
Zuleta	5,09	3,09	7,5YR2,5/1; 7,5YR4/2 y 5Y4/2	Negro con manchas marrón y gris aceituna	Redondeada
Cubilche	5,65	2,83	7,5YR2 y 5Y4/0	Negro con machas gris aceituna	Oblonga
Topo	5,60	2,87	7,5YR2 y 5Y4/1	Negro con machas gris aceituna	Oblonga a redondeada
Paniquindra	5,28	2,79	7,5YR2 y 5Y4/2	Negro con machas gris aceituna	Semiredondeada
Cotopaxi	5,38	2,71	0YR3/2 y 5Y4/2	Negro y marrón muy oscuro con manchas gris aceituna	Ligeramente alargada
Sudáfrica	5,65	2,61	7,5YR2,5/1; 10YR3/2 y 7,5YR5/5	Negro con manchas marrón, y marrón muy oscuro.	Ligeramente alargada

4.1.1.4. Ensayos de germinación

4.1.1.4.1. En laboratorio

a) Tiempo de germinación

El tiempo de germinación se determinó al observar los primeros brotes de la radícula a los cinco días, considerando la longitud de 3 mm; la fase de germinación finalizó a los 18 días de instalado el ensayo.

Al observar los datos del ensayo, se evidenció que el proceso de germinación inicia entre los días cuatro, y cinco, siendo las procedencias de Zuleta, Cubilche, Paniquindra, y Sudáfrica las cuales inician a los cuatro días de haber instalado el ensayo, mientras que, Topo, y Cotopaxi, inician a los cinco días.

Con el objetivo de visualizar de mejor manera el comportamiento de germinación de cada una de las procedencias se ha colocado la información en dos Figuras.

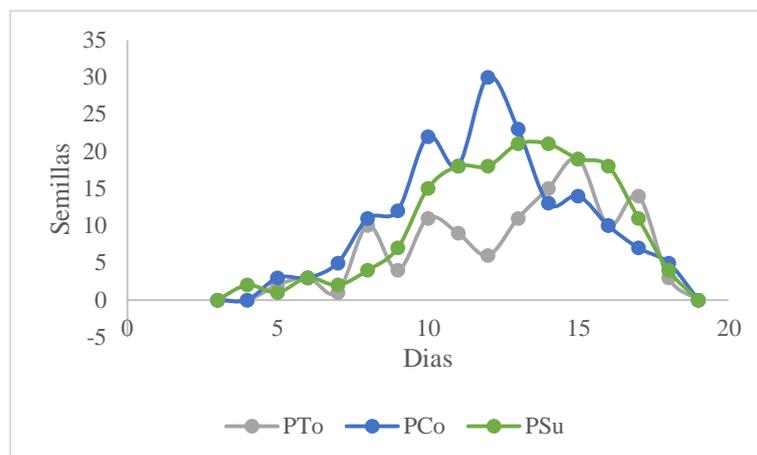


Figura 5 Germinación en laboratorio

El proceso de germinación culminó a los 17 días para las procedencias de: Zuleta, Cubilche, Topo, Cotopaxi, y Sudáfrica; mientras que, para Paniquindra finalizó a los 18 días de haber

instalado el ensayo. Además, se evidenció que el mayor número de semillas germinadas fue entre los días siete y doce.

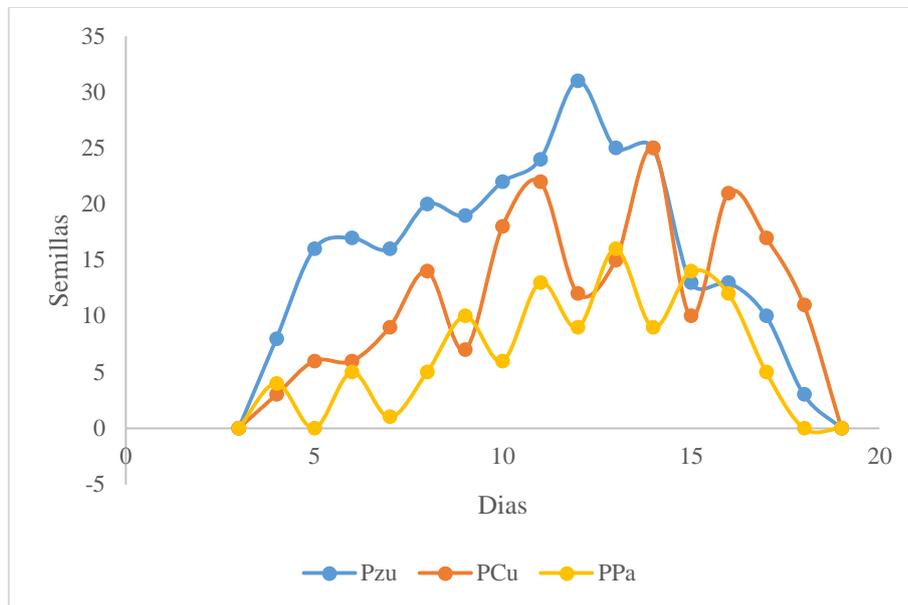


Figura 6 Germinación en laboratorio

Se evidenció que las procedencias con el menor tiempo de germinación son: Topo, y Cotopaxi con 17 días en el proceso.

b) Porcentaje de germinación

Al realizar el análisis de la varianza se determinó un Fisher calculado de 11,7 valor altamente significativo en relación con sus correspondientes tabulares al 95% y 99% de probabilidad estadística, por lo cual, fue oportuno realizar una prueba Duncan, puesto que los tratamientos son estadísticamente muy diferentes; cabe mencionar que el coeficiente de variación para el porcentaje de germinación al momento del repique fue de 16,97% lo que expresa que el ensayo presenta homogeneidad.

Tabla 10

Análisis de la varianza porcentaje de germinación en laboratorio

FV	SC	GL	CM	Fc	F$\alpha_{0,05}$	F$\alpha_{0,01}$
PROCEDENCIA	5210,94	5	1042,19	11,17	**	3,11
Error	1120,00	12	93,33			5,06
Total	6330,94	17				

CV= 16,97

El mayor porcentaje de germinación fue para la procedencia de Zuleta con un valor de 87,33%; mientras que el menor porcentaje la obtuvo la procedencia de Paniquindra, misma que alcanzó el 36,33%.

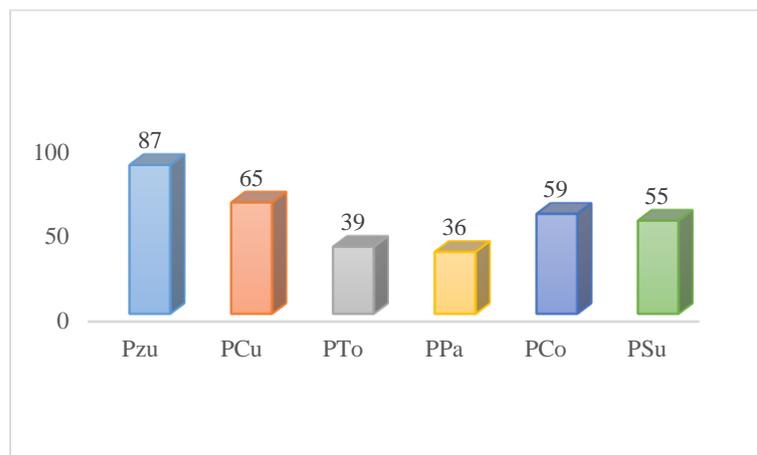


Figura 7 Análisis matemático porcentaje de germinación en laboratorio

c) Prueba Duncan

De acuerdo con la prueba Duncan se obtuvo cuatro rangos diferentes, donde los tratamientos: 1 Procedencia de Zuleta con el 87,33% obtuvo el mejor porcentaje de germinación ubicándose en el rango A; mientras que, 4 Procedencia de Paniquindra con 36,33% presentó la menor germinación, ubicándose en el rango D.

Tabla 11

Prueba Duncan porcentaje de germinación en laboratorio

Procedencia	Medias	Rango al 95%			
Zuleta	87,33	A			
Cubilche	65,33	B			
Cotopaxi	58,67	B			
Sudáfrica	54,67	B	C		
Topo	39,33	C		D	
Paniquindra	36,33	D			

d) Inoculación de hongos

Se determinó que la procedencia de Zuleta presenta mayor presencia de hongos con el 3.67%; mientras que las procedencias de Cubilche y Cotopaxi presentan el menor porcentaje de hongos con un valor el 1%.

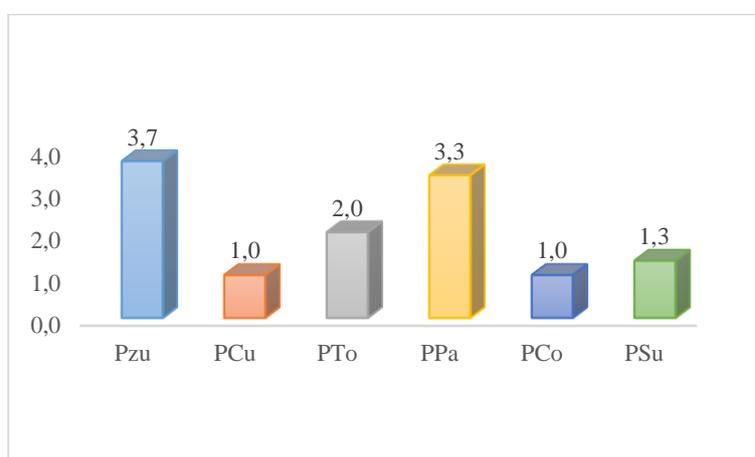


Figura 8 Análisis matemático inoculación de hongos

4.1.1.4.2. En campo

a) Tiempo de germinación

Al analizar los datos del ensayo, se evidenció que el proceso de germinación inicia entre los días catorce y quince, siendo las procedencias de Zuleta, Topo, y Cotopaxi las cuales inician a los 14 días de haber instalado el ensayo, mientras que, Cubilche, Paniquindra, y Sudáfrica, inician a los 15 días.

Con el objetivo de visualizar de mejor manera el comportamiento de germinación de cada una de las procedencias se ha colocado la información en dos Figuras.

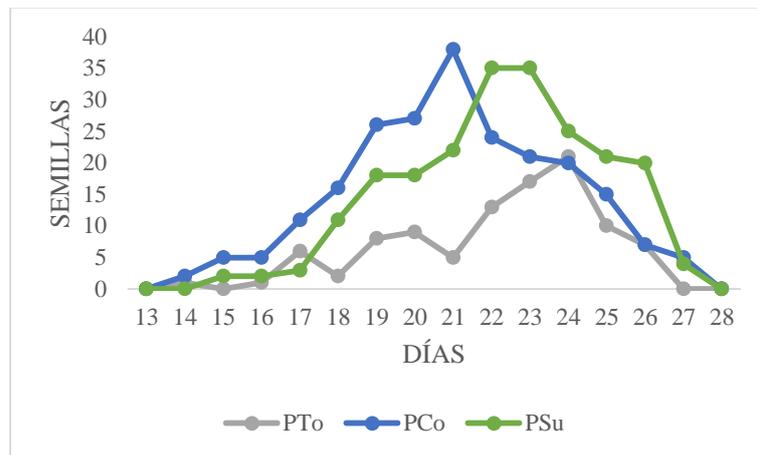


Figura 9 Germinación en campo

El proceso de germinación culminó a los veinte y seis días para las procedencias de Topo y Paniquindra; mientras que, para Zuleta, Cubilche, Cotopaxi, y Sudáfrica finalizó a los 27 días de haber instalado el ensayo.

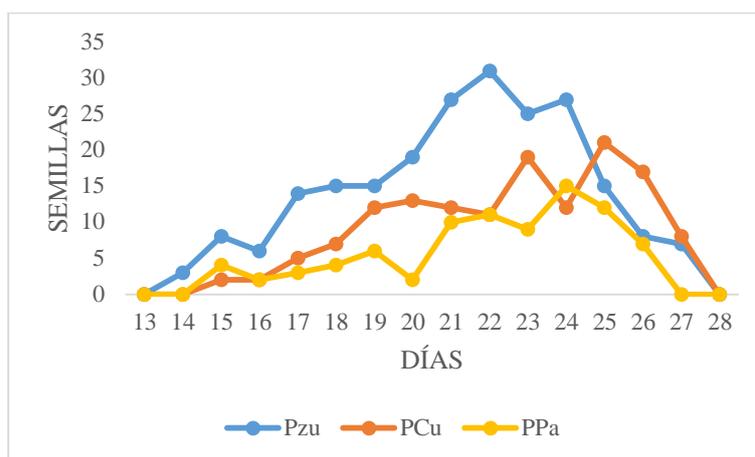


Figura 10 Germinación en campo

La procedencia con el menor tiempo de germinación es la procedencia de Paniquindra. Además, se evidenció que entre el día veinte, y veinte y cuatro, se da el mayor proceso de germinación de las semillas.

El proceso de germinación registrado en la presente investigación fue de 15 días, tiempo similar al registrado por Yépez (2012) de 17 días; mientras que Trejo (2012) registró 29 días para el inicio del brote de plántulas, probablemente por efecto de las condiciones climáticas, y el tipo de sustrato empleado.

b) Porcentaje de germinación

Al efectuar el análisis de la varianza se determinó un Fisher calculado de 34,90 valor altamente significativo en relación con sus correspondientes tabulares al 95% y 99% de probabilidad estadística, por lo cual, fue oportuno realizar una prueba Duncan, puesto que los tratamientos son estadísticamente diferentes; cabe mencionar que el coeficiente de variación fue de 11,33% lo que expresa que el ensayo presenta homogeneidad.

Tabla 12

Análisis de varianza porcentaje de germinación en campo

FV	SC	GL	CM	Fc	F$\alpha_{0,05}$	F$\alpha_{0,01}$
PROCEDENCIA	6690	5	1338,00	34,90	**	3,11
Error	460	12	38,33			
Total	7150	17				

CV= 11,33

El mayor porcentaje de germinación en almácigo fue para la procedencia de Cotopaxi con un valor de 74%; mientras que, el menor porcentaje la obtuvo Paniquindra, misma que alcanzó el 28%.

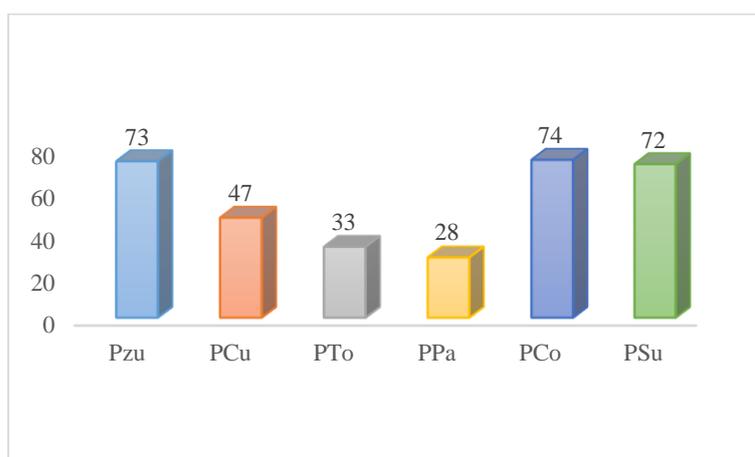


Figura 11 Análisis matemático porcentaje de germinación en campo

El porcentaje de germinación es del 55%, valor similar al recuperado por Vizcaíno y Pupiales (2008) del 61,69%; mientras que Valenzuela (2010) obtuvo el 93,83%; probablemente varía en el tipo de sustrato, manejo de las semillas, madurez fisiológica de los progenitores, y la época de cosecha de las semillas.

c) Prueba Duncan

De acuerdo con la prueba Duncan se obtuvo cuatro rangos diferentes, donde los tratamientos: 5 Procedencia de Cotopaxi con el 74% obtuvo el mejor porcentaje de germinación ubicándose en el rango A; mientras que, 4 Procedencia de Paniquindra con 28,3% presentó la menor germinación, ubicándose en el rango C.

Tabla 13

Prueba Duncan porcentaje de germinación en campo

Procedencia	Medias	Rango 95%
Cotopaxi	74,0	A
Zuleta	73,3	A
Sudáfrica	72,0	A
Cubilche	47,0	B
Topo	33,3	C
Paniquindra	28,3	C

4.1.2. Selección de procedencias con mejor calidad de plántulas

4.1.2.1. Primera medición

4.1.2.1.1. Longitud de raíz al repique

Al realizar el análisis de la varianza se determinó un Fisher calculado de 0,96 valor no significativo en relación con sus correspondientes tabulares al 95% y 99% de probabilidad estadística, por lo cual, no fue oportuno realizar una prueba de medias, puesto que los tratamientos son estadísticamente similares; cabe mencionar que el coeficiente de variación en la altura de la plántula al momento del repique fue de 6,53% lo que expresa que el ensayo presenta homogeneidad, motivo por el cual se acepta la hipótesis nula.

Tabla 14

Análisis de varianza longitud de raíz

FV	SC	GL	CM	Fc		F$\alpha_{0,05}$	F$\alpha_{0,01}$
PROCEDENCIA	0,65	5	0,13	0,96	NS	3,11	5,06
Error	1,62	12	0,14				
Total	2,26	17					
CV= 6,53							

De acuerdo con el análisis matemático de los datos de campo la procedencia de Zuleta es la que presenta mayor longitud de raíz en el proceso de repique con 5,91cm; mientras que, Cubilche muestra la menor extensión de raíz referente al estudio realizado con una valoración de 5,36 cm.

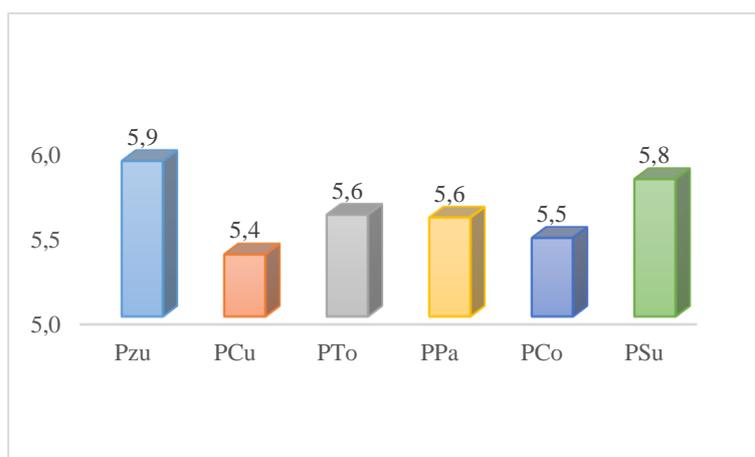


Figura 12 Análisis matemático para longitud de raíz

4.1.2.1.2. Altura de plántula al repique

Al realizar el análisis de la varianza se determinó un Fisher calculado de 2,35 valor no significativo en relación con sus correspondientes tabulares al 95% y 99% de probabilidad estadística, por lo cual, no fue oportuno realizar una prueba de medias, puesto que los tratamientos son estadísticamente similares; cabe mencionar que el coeficiente de variación en

la altura de la plántula al momento del repique fue de 6,29% lo que expresa que el ensayo presenta homogeneidad, por lo que se rechaza la hipótesis alterna.

Tabla 15

Altura inicial de plántula

FV	SC	GL	CM	Fc	F$\alpha_{0,05}$	F$\alpha_{0,01}$	
PROCEDENCIA	0,46	5	0,09	2,35	NS	3,11	5,06
Error	0,47	12	0,04				
Total	0,94	17					

CV= 6,29

Al analizar los datos tomados en campo del ensayo de germinación de procedencias de *Pinus patula* se determinó que la procedencia de Sudáfrica presenta mayor altura con 3,45 cm, mientras que la procedencia de Cotopaxi presenta la menor altura en el momento del repique con un valor de 2,91 cm.

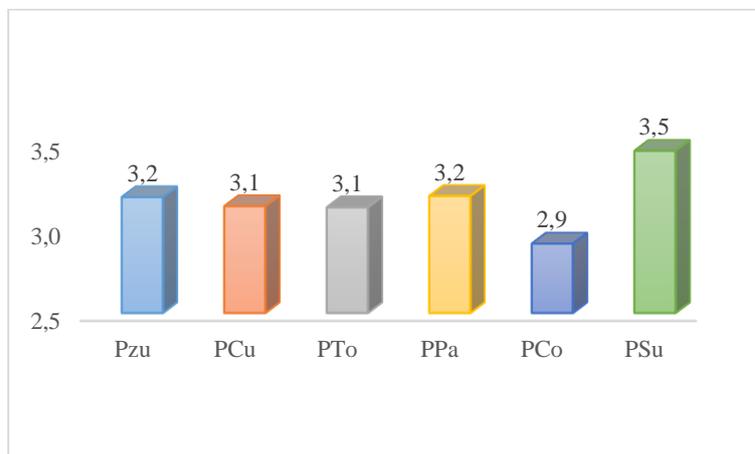


Figura 13 Análisis matemático de la altura inicial

4.1.2.2. Segunda medición

4.1.2.2.1. Diámetro basal

Al realizar el análisis de la varianza se determinó un Fisher calculado de 1,60 valor no significativo con relación a sus correspondientes tabulares al 95% y 99% de probabilidad estadística, por lo cual, no fue oportuno realizar una prueba de medias, puesto que los tratamientos son estadísticamente similares; cabe mencionar que el coeficiente de variación en la altura de la plántula al momento del repique fue de 5,99% lo que expresa que el ensayo presenta homogeneidad, por lo que se rechaza la hipótesis alterna.

Tabla 16

Análisis de varianza del Diámetro basal mes dos

FV	SC	GL	CM	Fc	F $\alpha_{0,05}$	F $\alpha_{0,01}$	
PROCEDENCIA	0,02	5	0,004	1,60	NS	3,11	5,06
Error	0,03	12	0,003				
Total	0,05	17					

CV= 5,99

De acuerdo con el análisis matemático se determinó que la procedencia con mayor diámetro basal al mes dos fue Zuleta con 0,88 mm, mientras que la de menor valor es Cotopaxi con 0,80 mm.

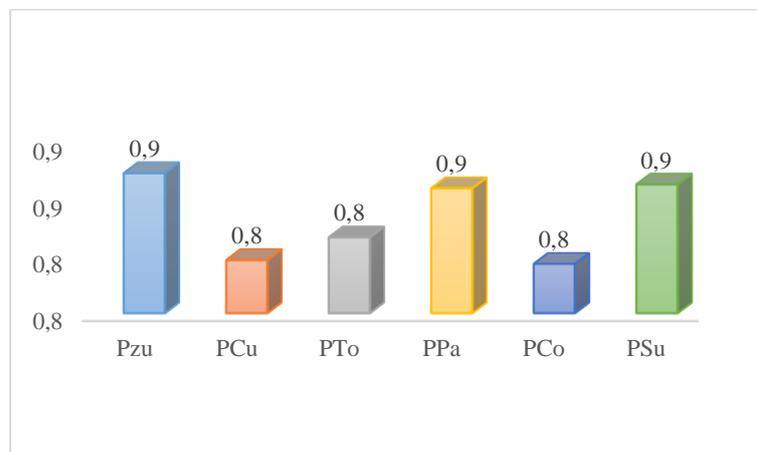


Figura 14 Análisis matemático diámetro basal mes dos

4.1.2.2.2. *Altura*

Al realizar el análisis de la varianza se determinó un Fisher calculado de 1,54 valor no significativo en relación con sus correspondientes tabulares al 95% y 99% de probabilidad estadística, por lo cual, no fue oportuno realizar una prueba de medias, puesto que los tratamientos son estadísticamente similares; cabe mencionar que el coeficiente de variación en la altura de la plántula al momento del repique fue de 9,75% lo que expresa que el ensayo presenta homogeneidad, por lo que se acepta la hipótesis nula.

Tabla 17

Análisis de varianza altura mes dos

FV	SC	GL	CM	Fc		F$\alpha_{0,05}$	F$\alpha_{0,01}$
PROCEDENCIA	2,13	5	0,43	1,54	NS	3,11	5,06
Error	3,31	12	0,28				
Total	5,44	17					
				CV=	9,75		

Al comparar los datos tomado en campo del ensayo de germinación de procedencias de *Pinus patula* se determinó que la procedencia de Sudáfrica presenta mayor altura con 7,5 cm, mientras que, la procedencia de Topo presenta la menor altura en el momento del repique con un valor de 6,2 cm.

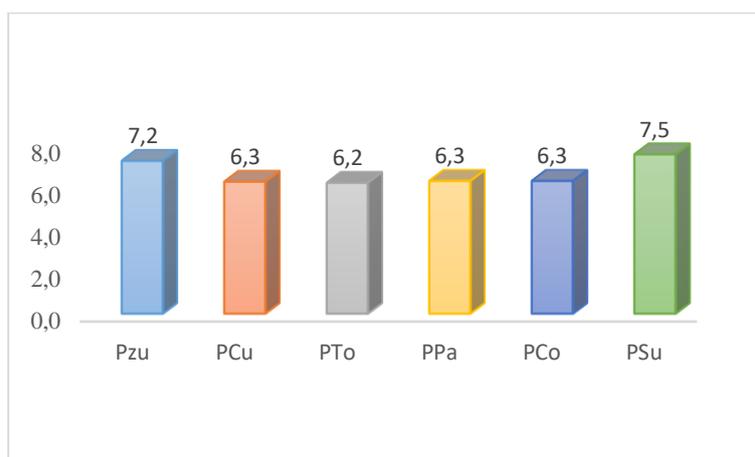


Figura 15 Análisis matemático altura mes dos

4.1.2.2.3. *Sobrevivencia*

Al realizar el análisis de la varianza se determinó un Fisher calculado de 1,75 valor no significativo en relación con sus correspondientes tabulares al 95% y 99% de probabilidad estadística, por lo cual, no fue oportuno realizar una prueba de medias, puesto que los tratamientos son estadísticamente similares; cabe mencionar que el coeficiente de variación en la altura de la plántula al momento del repique fue de 28,81% lo que expresa que el ensayo presenta ligera heterogeneidad, por cuanto se acepta la hipótesis alterna.

Tabla 18

Análisis de varianza sobrevivencia

FV	SC	GL	CM	Fc	F $\alpha_{0,05}$	F $\alpha_{0,01}$	
PROCEDENCIA	2086,00	5	417,20	1,57	NS	3,11	5,06
Error	3184,00	12	265,33				
Total	5270,00	17					
CV= 28,81							

En el ensayo se repico 985 plántulas, al transcurrir dos meses de haber realizado el repique, se obtiene el 96 % de sobrevivencia para la procedencia de Topo, mientras que para Sudáfrica un valor menor con el 64%.

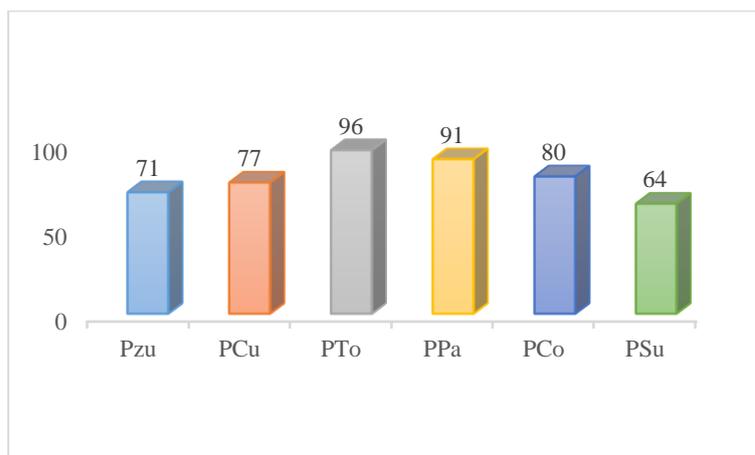


Figura 16 Análisis matemático sobrevivencia

La presente investigación presenta una sobrevivencia del 80% a los 4 meses de edad; mientras que Yépez (2012) registró el 94,7% en el lapso de ocho meses posiblemente por el tipo de manejo empleado, el sustrato, calidad de semillas y madurez fisiológica de progenitores, y el efecto de las condiciones climáticas.

4.1.2.3. Tercera medición

4.1.2.3.1. Diámetro basal

Al realizar el análisis de la varianza se determinó un Fisher calculado de 1,71 valor no significativo en relación a sus correspondientes tabulares al 95% y 99% de probabilidad estadística, por lo cual, no fue oportuno realizar una prueba de medias, puesto que los tratamientos son estadísticamente similares; cabe mencionar que el coeficiente de variación en la altura de la plántula al momento del repique fue de 8,23% lo que expresa que el ensayo presenta homogeneidad, por lo cual se acepta la hipótesis nula.

Tabla 19

Análisis de varianza diámetro basal mes cuatro

FV	SC	GL	CM	Fc		F$\alpha_{0,05}$	F$\alpha_{0,01}$
PROCEDENCIA	0,05	5	0,01	1,71	NS	3,11	5,06
Error	0,07	12	0,01				
Total	0,12	17					
CV= 8,23							

De acuerdo con el análisis matemático se determinó un mayor crecimiento en diámetro basal para las procedencias de Zuleta, Paniquindra, y Sudáfrica con 1 mm, mientras que el menor incremento lo presentaron las procedencias de Cubilche, Topo, y Cotopaxi con 0,9 mm.

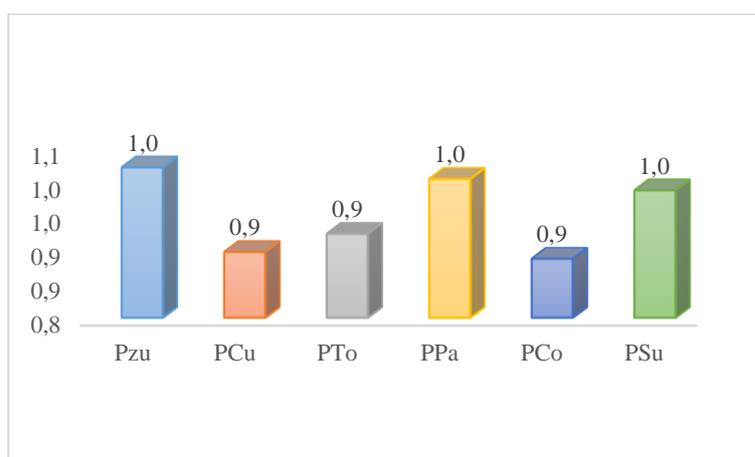


Figura 17 Análisis matemático diámetro basal mes cuatro

4.1.2.3.2. Altura

Al realizar el análisis de la varianza se determinó un Fisher calculado de 1,24 valor no significativo en relación con sus correspondientes tabulares al 95% y 99% de probabilidad estadística, por lo cual, no fue oportuno realizar una prueba de medias, puesto que los tratamientos son estadísticamente similares; cabe mencionar que el coeficiente de variación en la altura de la plántula a los cuatro meses en vivero fue de 13,95% lo que expresa que el ensayo presenta homogeneidad, por lo que se rechaza la hipótesis alterna.

Tabla 20

Análisis de varianza altura mes cuatro

FV	SC	GL	CM	Fc	F$\alpha_{0,05}$	F$\alpha_{0,01}$
PROCEDENCIA	5,31	5	1,06	1,24	NS	3,11
Error	10,28	12	0,86			
Total	15,59	17				

CV= 13,95

Al comparar los datos tomados en campo del ensayo de germinación de procedencias de *Pinus patula* se determinó que la procedencia de Sudáfrica presenta mayor altura con 7,54 cm, mientras que, la procedencia de Topo presenta la menor altura en el momento del repique con un valor de 6,2 cm.

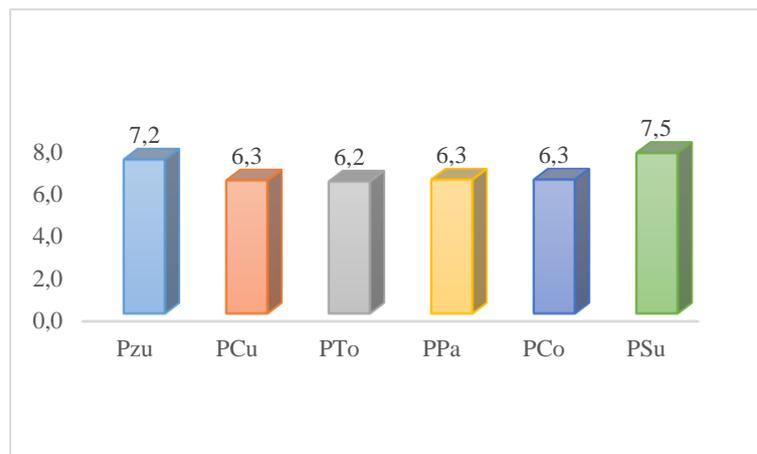


Figura 18 Análisis matemático altura mes cuatro

El análisis de la varianza para las variables dasométricas diámetro basal y altura total es no significativo de acuerdo con sus correspondientes tabulares, estudio similar al mencionado por Valenzuela (2010) y Yépez (2012) quienes registraron una varianza no significativa a los 3, 5 y 8 meses de edad respectivamente.

4.1.2.4. Calidad de plántula

Para evaluar la calidad de las plantas en vivero se consideró los siguientes parámetros:

a) Estado fitosanitario de la plántula

Del análisis de sanidad se obtuvo que el 100% de las procedencias presentan en su totalidad plántulas en buen estado fitosanitario; cabe resaltar que a pesar de encontrar plantas con presencia de acículas muertas no se evidenció la presencia o ataque de plagas y enfermedades.

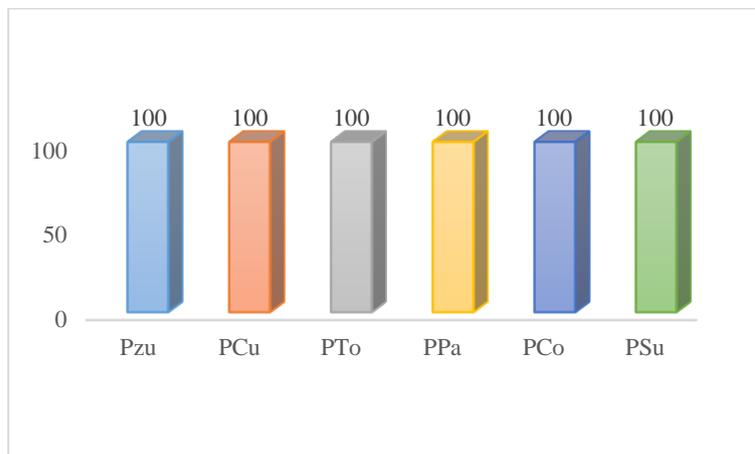


Figura 19 Análisis matemático del estado fitosanitario

b) Relación entre parte aérea y radicular de la planta

Al realizar los cálculos pertinentes se determinó que la procedencia de Sudáfrica presenta la mayor cantidad de biomasa con 2,91 gr; mientras que, Paniquindra presenta un valor menor con 1,31 gr.

Tabla 21

Análisis de biomasa

Procedencia	Raíz (gr)	Aéreo (gr)	Biomasa (BSA/BSR)	Calificación
Zuleta	0,14	0,19	1,46	A
Cubilche	0,08	0,12	1,74	A
Topo	0,07	0,10	1,52	A
Paniquindra	0,09	0,12	1,31	A
Cotopaxi	0,09	0,16	1,76	A
Sudáfrica	0,06	0,16	2,91	B

A: Calidad alta; M: Calidad media, y B: Calidad baja.

c) Forma de tallo.

Al realizar el análisis de la varianza se determinó un Fisher calculado de 0,62 valor no significativo en relación con sus correspondientes tabulares al 95% y 99% de probabilidad estadística, por lo cual, no fue oportuno realizar una prueba de medias, puesto que los tratamientos son estadísticamente similares; cabe mencionar que el coeficiente de variación en la altura de la plántula al momento del repique fue de 5,52% lo que expresa que el ensayo presenta homogeneidad, por lo que se acepta la hipótesis nula.

Tabla 22

Análisis de varianza forma del tallo

FV	SC	GL	CM	Fc	F$\alpha_{0,05}$	F$\alpha_{0,01}$	
PROCEDENCIA	0,07	5	0,01	0,62	NS	3,11	
Error	0,27	12	0,02				
Total	0,33	17					
				CV=	5,52		

En el análisis matemático para la variable forma del tallo se determinó que la procedencia de Zuleta presenta el mayor valor con 2,8; mientras que la procedencia de Paniquindra es la de menor cantidad con un valor de 2,6.

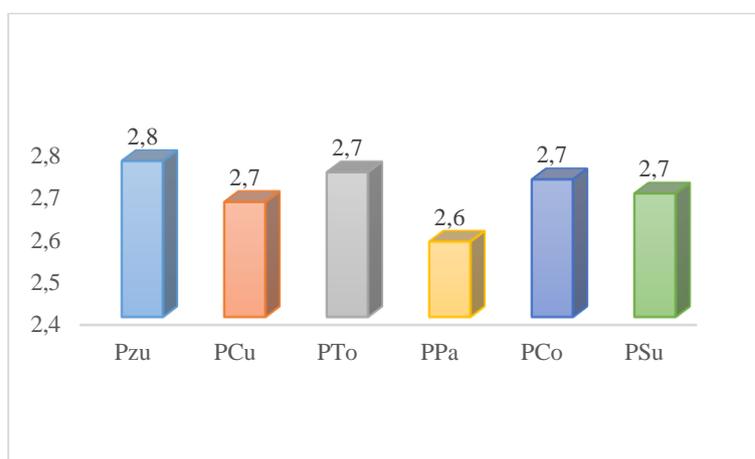


Figura 20 Análisis matemático forma del tallo

Cabe mencionar que se evidenció la escasa presencia de plantas con bifurcaciones para las procedencias de Zuleta, Cubilche, y Paniquindra; pero, en su mayor parte se encuentra en la valoración de 3 tallo recto.

Tabla 23

Porcentaje de forma del tallo

Forma de tallo	Zuleta	Cubilche	Topo	Paniquindra	Cotopaxi	Sudáfrica
Bifurcado	1,76	4,04	0,00	1,41	0,00	0,00
Torcido	21,18	25,25	28,95	43,66	29,05	31,62
Recto	77,06	70,71	71,05	54,93	70,95	68,38

d) Coloración del follaje.

Se evidenció la coloración verde de manera uniforme, cabe mencionar que se observó la presencia de acículas muertas en la base de las plántulas evaluadas.

e) Índice de robustez (IR).

Al analizar la variable robustez de las plántulas a los cuatro meses en vivero se determinaron valores entre cinco y diez para las procedencias de Zuleta, Cubilche, Topo, Cotopaxi, y Sudáfrica, lo cual, describe una calidad de plántula media, ya que se evidencia ligera desproporción de las variables dasométricas diámetro basal y altura total; mientras que la procedencia de Paniquindra presenta una calidad de plántula alta.

Tabla 24

Análisis índice de robustez

Procedencia	Robustez	Calificación
Zuleta	6,67	M
Cubilche	6,66	M
Topo	6,06	M
Paniquindra	5,57	A
Cotopaxi	6,36	M
Sudáfrica	7,02	M

A: Calidad alta; M: Calidad media, y B: Calidad baja

f) Índice de calidad Dickson (ICD)

De acuerdo con el análisis del índice de calidad de Dickson a los cuatro meses en vivero se determinó una calidad baja, es decir, las plantas son delgadas y presentan desproporción en el desarrollo de la parte aérea y radicular.

Las acciones recomendadas a realizarse para corregir los índices bajos de calidad es la aplicación de bio estimulantes y fertilizantes.

Tabla 25

Análisis índice de Dickson

Procedencia	Calidad Dickson	Calificación
Zuleta	0,15	B
Cubilche	0,09	B
Topo	0,07	B
Paniquindra	0,11	B
Cotopaxi	0,12	B
Sudáfrica	0,08	B

A: Calidad alta; M: Calidad media, y B: Calidad baja

4.1.2.5. Análisis de correlación

Al realizar los análisis respectivos se determinó que los coeficientes de correlación son altamente significativos de acuerdo con sus correspondientes tabulares al 95% y 99% de probabilidad estadística, por lo cual, muestra una alta asociación entre las variables altura total y diámetro basal.

Tabla 26

Análisis de correlación

Procedencia	Correlación	Significancia estadística
Zuleta	0,64	**
Cubilche	0,65	**
Topo	0,64	**
Paniquindra	0,63	**
Cotopaxi	0,62	**
Sudáfrica	0,58	**

(ns): no significativo; (*): significativo, y (**): altamente significativo.

El coeficiente de correlación promedio fue de 0,63 valor altamente significativo; mientras que Yépez (2012) registro que no existe relación significativa entre las variables dasométricas diámetro basal y altura total a los 8 meses de edad.

4.1.3. Análisis de costos

Al considerar los costos de producción de plántulas en vivero para el ensayo de germinación de seis procedencias de *Pinus patula* en la Granja Experimental Yuyucocha, se estableció que el precio por plántula es de 0,44 dólares americanos, en sustrato de proporción 3:1 (tres partes de tierra negra, y una de porción de arena de río) ver anexo 3.

Tabla 27

Costos de producción

Costos de producción USD	
Costos fijos	397,24
Costos variables	41,07
Total	438,30
Costo/plántula	0,44

La presente investigación determinó el costo de plántula/procedencia de 0,440 dólares americanos, por tanto, CONAFOR (2011) obtuvo el valor de \$0,063 por planta; mientras que; Romero Arenas, et. al, (2013) determinó un precio de venta de \$0,094. Por otra parte, Peralta (2007) obtuvo un costo de \$0,750; probablemente por el tipo de sustrato, calidad de semillas, capacidad de producción y manejo en vivero.

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1.Conclusiones

El tiempo de germinación de las semillas fue de trece días, donde se evidenció el mayor porcentaje de germinación para las procedencias de Cotopaxi, Zuleta, y Sudáfrica con un valor superior al 70%. Cabe mencionar que la prueba de viabilidad la encabezó la procedencia de Sudáfrica registrando el 94%.

Al evaluar los parámetros de calidad de plántula en vivero se determinó una aptitud media; no se registraron diferencias significativas en los análisis estadísticos, sin embargo, el análisis matemático de las variables dasométricas diámetro basal y altura total determinó que las mejores procedencias para las condiciones ambientales del sitio de investigación son: Zuleta, Paniquindra, y Sudáfrica.

El análisis de costos de producción de plántulas no registra variación significativa entre las procedencias, registrando un valor de 0,44 dólares americanos por plántula/procedencia en sustrato de proporción 3:1 (tierra negra, y arena de río).

5.2.Recomendaciones

Para futuras investigaciones realizar una evaluación de las condiciones climáticas y edáficas de las procedencias.

Aplicar tratamientos pregerminativos para evaluar el tiempo de germinación, así mismo considerar emplear otro sustrato o una proporción diferente a la empleada en la presente investigación.

Establecer plantaciones con las plántulas de las tres mejores procedencias obtenidas en los ensayos de germinación a fin de evaluar su comportamiento y de esta forma afianzar y confirmar los resultados obtenidos en la presente investigación.

BIBLIOGRAFÍA

- Agüero T., T. (2009). *La importancia de los recursos genéticos vegetales y animales en el desafío de convertir a Chile en una potencia alimentaria y forestal*. Obtenido de: <https://www.odepa.gob.cl/wp-content/uploads/2009/01/recursosGeneticos.pdf>.
- Aguirre C., I., & Vizcaíno P., I. (2010). *Aplicación de estimadores estadísticos y diseños experimentales en investigaciones forestales*. Ibarra: Universitaria.
- Alemán Cruz, B. J., & Herrera Miranda., B. A. (2016). *Efecto del tamaño de la semilla de Moringa stenopetala sobre el comportamiento de plántulas en vivero*. Recuperado de: <http://repositorio.una.edu.ni/3413/1/tnf03a367.pdf>.
- Antonio B., A. (2012). *Manual de ensayos de semillas forestales*. Recuperado de: http://www.sema.gob.mx/descargas/manuales/manual_BG.pdf.
- Bernaola P., R. M., Zamora N., J. F., Vargas R., J., Cetina A., V. M., Rodríguez M., R., & Salcedo P., E. (2015). *Calidad de planta en etapa de vivero de dos especies de pino en sistema Doble-Trasplante*. Revista Mexicana de Ciencias Forestales, Vol. 7. pag. 33.
- CABI. (2017). *Pinus patula (pino llorón mexicano)*. Recuperado de: <https://www.cabi.org/isc/datasheet/41682>.
- Calderón S., F., & Cevallos, F. (18 de mayo de 2001). *Los sustratos*. Recuperado de: http://www.drcalderonlabs.com/Publicaciones/Los_Sustratos.htm.
- CALLAHAM, R. Z. (1964). *Investigación de procedencias: estudio diversidad genética asociada a la geografía*. Unasyuva - No. 73-74 - Reunión FAO/IUFRO sobre genética forestal, Vol. 18 (2-3).
- CATIE. (2011). *Caracterización, diagnóstico, línea base y zonificación territorial de la cuenca del Río Jesús María*. Recuperado de: http://www.fonafifo.go.cr/documentacion/biblioteca/consultorias_investigaciones/ce_psa_005.pdf.
- CENICAFE. (2011). *Guía silvicultural para el manejo de especies forestales con miras a la producción de madera en la zona andina colombiana*. Recuperado de: <http://www.cenicafe.org/es/publications/pinus.pdf>.
- CIEFAP. (2012). *Producción de plantas en viveros forestales*. Recuperado de: http://ciefap.org.ar/documentos/pub/Produc_plantas_viv.pdf.

- CONAFOR. (2010). *Pinus patula Schl. et Cham.* Recuperado de: <http://www.conafor.gob.mx:8080/documentos/ver.aspx?articulo=975&grupo=13>.
- CONAFOR. (2011). *Evaluación de costos de producción de planta en viveros forestales que abastecen proyectos de plantaciones forestales comerciales.* Montecillo, Edo. de México.
- CONAFOR. (2014). *Manual técnico para el establecimiento de ensayos de procedencias y/o progenies.* Recuperado de: <http://www.conafor.gob.mx:8080/documentos/docs/19/6689Manual%20T%C3%A9cnico%20para%20el%20Establecimiento%20de%20Ensayos.pdf>.
- ESNACIFOR. (2000). *Establecimiento y manejo de fuentes semilleras, ensayos de especies y procedencias forestales.* Recuperado de: [http://www.itto.int/files/user/pdf/publications/pd8%2092/pd%208-92-7%20rev%202%20\(f\)%20.pdf](http://www.itto.int/files/user/pdf/publications/pd8%2092/pd%208-92-7%20rev%202%20(f)%20.pdf).
- FIPRODEFO. (2004). *Protocolo de producción de planta en viveros del FIPRODEFO.* Guadalajara, Jalisco, México.
- González E., M., González E., M. d. S., & Márquez L., M. A. (2007). *Vegetación y ecorregiones en Durango.* México, D.F., MEXICO: Plaza y Valdés, S.A. de C.V.
- INAMHI. (2017). *Meteorología.* Recuperado de Dirección gestión meteorológica estudios e investigaciones meteorológicas: recuperado de: <http://www.serviciometeorologico.gob.ec/red-de-estaciones-meteorológicas>.
- INASE. (2004). *Análisis del vigor germinativo.* Recuperado de: https://www.planagropecuario.org.uy/publicaciones/revista/R111/R111_56.pdf.
- InBUy. (2011). *Pinus patula Schiede ex Schltdl. & Cham.* Recuperado de: [http://i-buy.fcien.edu.uy/fichas de especies/DATAonline/DBASEonline/Pinus patula w.pdf](http://i-buy.fcien.edu.uy/fichas%20de%20especies/DATAonline/DBASEonline/Pinus%20patula%20w.pdf).
- INTA. (diciembre de 2013). *Evaluación de calidad de semillas.* Recuperado de: *Prueba de germinación de semillas de granos básicos.* Recuperado de: http://www.inta.gob.ni/biblioteca/imagespdf/manuales_catalogos/EVALUACION%20CALIDAD%20DE%20SEMILLAS.pdf
- Ipinza C., R. (2014). *Importancia del Mejoramiento genético a nivel mundial.* Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/255949078_Importancia_del_Mejoramiento_genetico_a_nivel_mundial.
- ITTO. (2014). *Manual vivero forestal para producción de plantones de especies forestales nativa.* Recuperado de: http://www.itto.int/files/itto_project_db_input/2993/Technical/2%20Manual%20produccion%20vivero%20forestal.pdf.

- Jiménez P., F. J. (1993). *Viveros forestales para producción de planta a pie de repoblación*. Recuperado de: http://www.mapama.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd_1993_06.pdf
- Mallén R., C. (2014). *Recursos Genéticos Forestales*. Revista mexicana de ciencias forestales, 5(22), 04-09.
- Morales P., E. (2013). *Indicadores de calidad de planta en cuatro viveros forestales del estado de Tamaulipas*. Recuperado de: http://arborizaciones.com/pluginfile.php/212/mod_folder/content/0/Morales.2003.Indicadores.calidad.vivero.pdf?forcedownload=1.
- Oblaré T., J. L. (2013). *Operaciones básicas en viveros y centros de jardinería* (MF0520_1). Madrid, UNKNOWN: IC Editorial.
- Oirsa. (2005). *Manual producción de sustratos para viveros*. Quito, el Salvador: Oirsa.
- Pastor S., J. N. (2000). *Utilización de sustratos en viveros*. Recuperado de: <https://chapingo.mx/terra/contenido/17/3/art231-235.pdf>
- Peralta Cruz, A. (2007). *Efecto del tipo de envase en la calidad y costos de producción de Pinus patula Schiede ex Schechtendal & Chamisso var. patula en vivero*. Recuperado de: <http://repository.uaeh.edu.mx/bitstream/bitstream/handle/123456789/10935/Efecto%20del%20tipo%20de%20envase%20calidad%20y%20costo%20pinus%20patula.pdf?sequence=1>
- Rentería, A. A., Juárez C., S. F., & Sánchez V., L. R. (2014). *Propagation by rooting of cuttings and conservation of extinct plus trees of Pinus patula from the north of Veracruz, Mexico*. Recuperado de: <http://www.scielo.org.mx/pdf/mb/v20n1/v20n1a8.pdf>
- Rodríguez-Trejo, D. A. (2008). *Indicadores de calidad de planta forestal* / D.A. Rodríguez Trejo. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/49110935_Indicadores_de_calidad_de_planta_forestal_DA_Rodriguez_Trejo
- Romero A., O., Damián, M. A., Hernández, I., Parraguirre, C., Márquez, M., & Huerta, M. (mayo de 2013). *Evaluación económica de cáscara de nuez como sustrato para producción de plántulas de Pinus patula Schl. et Cham. en vivero*. Recuperado de: <http://www.ucol.mx/revaia/portal/pdf/2013/mayo/2.pdf>
- Ruano M., J. R. (2008). *Viveros forestales: manual de cultivo y proyectos* (2a. ed.). Madrid, SPAIN: Mundi-Prensa.
- Rueda S., A., Benavides S., J., Sáenz R., J., T., Muñoz F., Hipólito J., Prieto R., J. Á., & Orozco G., G., (2014). *Calidad de planta producida en los viveros forestales de Nayarit*. Revista mexicana de ciencias forestales, 5(22), 58-73.

- Seguí S., J. M. (2011). *Biología y biotecnología reproductiva de las plantas*. Valencia, SPAIN: Editorial de la Universidad Politécnica de Valencia.
- SEMPLADES. (2017). *Plan Nacional para el Buen Vivir 2017 - 2021*. Recuperado de: <http://www.planificacion.gob.ec/>
- Trejo Cuasquer, J. F. (26 de enero de 2012). *Análisis de fenología del ensayo de procedencias de Pinus patula Schlect. et Cham en la provincia de Imbabura, sitio Iltaquí en el Periodo 2010-2011*. recuperado de: <http://repositorio.utn.edu.ec>
- Trujillo, E. (1995). *Manejo de semillas forestales*. En E. Trujillo, *Manejo de semillas forestales: guía técnica para el extensionista forestal* (pág. 19). Turrialba, Costa Rica: CATIE.
- Valenzuela E., D. A. (2010). *Evaluación del comportamiento de procedencias de Pinus patula Schlect. et Cham en la Provincia de Imbabura en el periodo 2008-2009*. Recuperado de: <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/104?locale=es>
- Vinueza, M. (2013). *Ficha Técnica No. 14 pino (Pinus Patula)*. Recuperado de: <http://ecuadorforestal.org/fichas-tecnicas-de-especies-forestales/ficha-tecnica-no-14-pino-pinus-patula/>
- Vizcaíno Pantoja, M. I., & Pupiales Alvarado, J. C. (2008). Evaluación del comportamiento de procedencias de Pinus patula Schlect. et Cham en dos sitios en las provincias de Imbabura y Pichincha. recuperado de: <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/807>
- Yacelga Cabascango, L. G. (2011). *Evaluación De Crecimiento Inicial De 25 Procedencias De Pinus Patula Schlect. Et. Cham En La Granja Experimental La "Pradera" Provincia De Imbabura (2009-2010)*. recuperado de: <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/797>
- Yépez Sandoval, G. A. (2012). *Análisis de 25 procedencias de Pinus patula Schlect. et Cham para su categorización como fuente semillera en la provincia de Imbabura*. Recuperado de: <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/2338>
- Zapata V., J., & Hasbun Z., R. (2011). *Mejoramiento genético forestal acelerado mediante selección genómica*. Recuperado de: Bosque (Valdivia): http://mingaonline.uach.cl/scielo.php?pid=S071792002011000300001&script=sci_ar.ttext.

ANEXOS

Anexo 1: Análisis de suelo



LABONORT

LABORATORIOS NORTE
Av. Cristobal de Troya y Jaime Roldos Ibarra - Ecuador cel. 0999591050

REPORTE DE ANALISIS DE SUELOS																														
DATOS DE PROPIETARIO Nombre: JHON CHICAIZA Ciudad: Otavalo Teléfono: 0939281937 Fax:		DATOS DE LA PROPIEDAD Provincia: Imbabura Cantón: Otavalo Parroquia: San Luis Sitio: Mojandita Curubi																												
DATOS DEL LOTE Sitio: Mojandita Superficie: Número de Campo: Sustato de Vivero Cultivo Actual: (Germinación) A Cultivar:		DATOS DE LABORATORIO Nro Reporte.: 8555 Tipo de Análisis: Completo Muestra: Sustato de Vivero Fecha de Ingreso: 2018-07-23 Fecha de Reporte: 2018-07-26																												
Nutriente	Valor	Unidad	INTERPRETACION																											
N	12.94	ppm																												
P	8.81	ppm																												
S	23.40	ppm																												
K	0.18	meq/100 ml																												
Ca	6.23	meq/100 ml																												
Mg	0.98	meq/100 ml																												
Zn	1.31	ppm																												
Cu	2.92	ppm																												
Fe	115.95	ppm																												
Mn	10.12	ppm																												
B	0.20	ppm																												
pH	6.12																													
Acidez Int. (Al+H)	meq/100 ml																													
Al	meq/100 ml																													
Na	meq/100 ml																													
Ce	0.170	mS/cm																												
MO	4.69	%																												
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Ca</th> <th>Mg</th> <th>Ca+Mg</th> <th>(meq/100ml)</th> <th>%</th> <th>ppm</th> <th>(%)</th> <th colspan="2">Clase Textural</th> </tr> <tr> <th>Mg</th> <th>K</th> <th>K</th> <th>Sum Bases</th> <th>NTot</th> <th>Cl</th> <th>Arena</th> <th>Limo</th> <th>Arcilla</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>6.36</td> <td>5.44</td> <td>40.06</td> <td>7.39</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>				Ca	Mg	Ca+Mg	(meq/100ml)	%	ppm	(%)	Clase Textural		Mg	K	K	Sum Bases	NTot	Cl	Arena	Limo	Arcilla	6.36	5.44	40.06	7.39					
Ca	Mg	Ca+Mg	(meq/100ml)	%	ppm	(%)	Clase Textural																							
Mg	K	K	Sum Bases	NTot	Cl	Arena	Limo	Arcilla																						
6.36	5.44	40.06	7.39																											
Dr. Quim. Edison M. Miño M. Responsable Laboratorio 																														



Anexo 2: Hojas de campo para la recolección de frutos



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS
Y AMBIENTALES



CARRERA DE INGENIERÍA FORESTAL

UNIVERSIDAD ACREDITADA RESOLUCION DDZ-CONEA-2DID-12B-DC

Colector: Johan Chicaiza Sitio: Zuleta
 Fecha de colección: 21/03/2018
 Provincia: Imbabura Altitud: 2897 m.s.n.m.
 Cantón: Ihara

Evaluación fenotípica de los árboles semilleros

#	Dap (cm)	H total (m)	H comercial (m)	Ø copa			Estado fitosanitario			Forma		
				1	2	3	Sano	Parcialmente sano	Enfermo	Recto	Bifurcado	Torcido
L	91	10.50	14	6.20	4.70		/			/		
L	92	16	11.30	5.00	5.20		/			/		
3	107	16	12.50	6.90	4.30		/			/		
4	115	17	11.90	6.50	5.80		/			/		
5	87	15.50	11.00	3.90	4.60		/			/		
6	92	16.50	11.30	6.70	6.90		/			/		
7	87	15	10.50	7.30	6.90		/			/		
8	86	17	12.60	6.30	6.00		/			/		
9	81	17.50	13.20	4.50	4.70		/			/		
10	100	14.70	11.50	6.80	6.30		/			/		

Observaciones:
Calcular dap (cm) y el volumen comercial y total, calcular el dap de copa.
Método de selección de árboles por comparación entre los mejores individuos.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS
Y AMBIENTALES



CARRERA DE INGENIERÍA FORESTAL

UNIVERSIDAD ACREDITADA RESOLUCION DDZ-CONEA-2DID-12B-DC

Colector: Chicarro John Sitio: Cabilche
 Fecha de colección: 23/03/2019
 Provincia: Lambayeque Altitud: 3574
 Cantón: Ibarra

Evaluación fenotípica de los arboles semilleros

#	Dap (cm)	H total (m)	H comercial (m)	Ø copa			Estado fitosanitario			Forma		
				1	2	3	Sano	Parcialm ente sano	Enfermo	Recto	Bifurcad o	Torcido
1	67	12	6.50	6.80	5.20		/			/		
2	100	16	11.30	6.50	6.20		/			/		
3	93	18.50	11.20	4.80	5.80		/			/		
4	87	16	10	5.80	6.30		/			/		
5	94	13	9.50	5.30	5.50		/			/		
6	68	13.20	8.30	4.50	5.20		/			/		
7	78	15	10.20	3.80	5.20		/			/		
8	94	16	12.20	7.20	6.50		/			/		
9	87	14	9.50	4.20	5.50		/			/		
10	97	15	10	4.50	6.90		/			/		

Observaciones:
Calcular volumen comercial y total de arboles seleccionados.
Calcular diametro de fuste y copa.
Método de comparación para la selección de árboles.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS
Y AMBIENTALES



CARRERA DE INGENIERÍA FORESTAL

UNIVERSIDAD ACREDITADA RESOLUCION DDZ-CONEA-2DID-12B-DC

Colector: Chicaiza John..... Sitio: Panipandito.....
 Fecha de colección: 23/03/2018.....
 Provincia: Imbabura..... Altitud: 2984 msnm.....
 Cantón: Ilava.....

Evaluación fenotípica de los arboles semilleros

#	Dap (cm) <i>Granelario</i>	H total (m)	H comercial (m)	Ø copa			Estado fitosanitario			Forma		
				1	2	3	Sano	Parcialm ente sano	Enfermo	Recto	Bifurcad o	Torcido
1	67	11	5	6.20	5.70		/			/		
2	71	10	6.50	6.50	6.20		/			/		
3	62	10	7.20	5.50	4.70		/			/		
4	63	12	6.80	7.50	6.70		/			/		
5	65	11	6	6.20	5.70		/			/		
6	88	10	6.50	6.50	6.30		/			/		
7	67	11	7	5.80	5.20		/			/		
8	77	15	11.20	7.50	6.30		/			/		
9	75	17	14.30	7.20	6.80		/			/		
10	68	17	12.80	6.50	6.30		/			/		

Observaciones:
 Calcular diámetro diámetro de copa volumen comercial y total.
 Método de comparación entre arboles de mejores condiciones fenotípicas.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS
Y AMBIENTALES



CARRERA DE INGENIERÍA FORESTAL

UNIVERSIDAD ACREDITADA RESOLUCION DDZ-CONEA-2DID-12B-DC

Colector: John Chicarro Sitio: Topo
 Fecha de colección: 20/03/2018
 Provincia: Imbabura Altitud: 1098
 Cantón: Atacama

Evaluación fenotípica de los árboles semilleros

#	Dap (cm)	H total (m)	H comercial (m)	Ø copa			Estado fitosanitario			Forma		
				1	2	3	Sano	Parcialmente sano	Enfermo	Recto	Bifurcado	Torcido
1	63	11,80	6,30	5,20	5,50		/			/		
2	79	10	5,50	6,20	7,80		/			/		
3	63	13,50	7,60	4,50	5		/			/		
4	87	15,20	6,00	5,30	6,10		/			/		
5	75	12,70	5,00	4,60	5,20		/			/		
6	64	11	6,80	3,80	4,90		/			/		
7	88	14,50	11,20	6,50	5,80		/			/		
8	68	18	14,30	7,50	6,30		/			/		
9	92	16	11,50	5,80	5,20		/			/		
10	137	18	14,30	8,20	7,50		/			/		

Observaciones:
 Calcular diámetro y volumen de los árboles seleccionados.
 Calcular diámetro de copa.
 Método de recolección por comparación 2m distanciamente.

Anexo 3: Análisis de costos de producción de plántulas en vivero.

COSTOS FIJOS								
Descripción	Fuerza de trabajo				Insumos físicos			Total \$
	Cantidad	Mano de obra (días/hombre)	Valor unitario USD\$	Subtotal USD\$	Nombre	Cantidad	Subtotal USD\$	
Extracción de tierra negra	1	0,0313	19,38	0,61			0	0,61
Extracción de arena de río	0,5	0,0833	19,38	0,81			0	0,81
Transporte de tierra al vivero	1	0,0625	10	0,63			0	0,63
Transporte de arena al vivero	0,5	0,1250	10	0,63			0	0,63
Tamizado tierra	0,6	0,0347	19,38	0,40			0	0,40
Tamizado arena	0,3	0,0694	19,38	0,40			0	0,40
Mezcla de tierra y arena	0,9	0,0231	19,38	0,40			0	0,40
Desinfección del Sustrato	0,9	0,0463	19,38	0,81	Agua hervida (Litros)	50	0,25	1,06
	0,9	0,0231	19,38	0,40	Vitavax (ml)	3,33	0,11	0,51
Análisis de suelo					Análisis	1	40	40,00
Limpieza de platabanda	1,98	0,0210	19,38	0,81			0	0,81
Delinear, marcar y colocar sustrato	1,98	0,0210	19,38	0,81	Estacas	6	0,84	1,65
Germinación en Vivero	1,98	0,0526	19,38	2,02			0	2,02
Preparación cama de repique	21,6	0,0019	19,38	0,81	Estacas	18	5,4	6,21
Llenado de fundas	1800	0,0010	19,38	36,34	Fundas (paqx100)	18	9	45,34
Acomodado de fundas en cama de repique	1800	0,0001	19,38	4,85			0	4,85
Identificación y recolección de semillas	60	0,0417	19,38	48,45	Cuerda (m)	12	14,4	63,85
					Fundas	4	1	
Secado y extracción de semillas	660	0,0002	19,38	2,42			0	2,42
Preparación de semillero	1,98	0,0210	19,38	0,81			0	0,81
Almacigado	1,98	0,0316	19,38	1,21			0	1,21
Sombreado	21,6	0,0010	19,38	0,40	Sarán (m ²)	21,6	69,12	69,52
Riego durante la germinación	10	0,0104	19,38	2,02			0	2,02
Repique	985	0,0038	19,38	72,68			0	72,68
Micorrización	985	0,0000	19,38	0,61	Hongo boletus (ml)	25	0,5	1,11

Continua...

Continuación...

Riego después de la germinación	30	0,0007	19,38	0,40			0	0,40
Deshierbe	21,6	0,0087	19,38	3,63			0	3,63
Remoción y clasificación de plántulas	985	0,0038	19,38	72,68			0	72,68
Fertilización	985	0,0000	19,38	0,61			0	0,61
COSTOS VARIABLES								
Infraestructura	6	0,27		1,62			0	1,62
Depreciación de herramientas	1	1,48		8,90			0	8,90
Arriendo de la tierra	21,6	0,02		2,59			0	2,59
Administración	6	4,66		27,96			0	27,96
SUBTOTAL				297,69			140,62	438,30
TOTAL								438,30
Costo/plántula= US\$								0,44

Anexo 4: Caracterización de la semilla

	
Foto 1 Determinación del color de las semillas	Foto 2 Determinación de forma y tamaño de semillas

Anexo 5: Manejo en vivero

Preparación cama de germinación

		
Foto 3 Preparación cama de germinación	Foto 4 Colocación de sustrato en cama de germinación	Foto 5 Elaboración de surcos en cama de germinación

Recolección de semillas

	
Foto 6 Selección de frutos	Foto 7 Recolección de frutos

Secado y extracción de semillas

	
Foto 8 Secado de frutos	Foto 9 Extracción de semillas

Análisis de semillas

		
Foto 10 Prueba de pureza	Foto 11 Prueba de humedad	Foto 12 Prueba de viabilidad

Inoculación de hongos

	
Foto 13 Inoculación de hongos	Foto 14 Observación de hongos al microscopio

Germinación


Foto 15 Germinación en almácigo

Repique

	
Foto 16 Plántulas en hormonas de crecimiento	Foto 17 Repique

Riego y deshierbe

	
Foto 18 Riego en vivero	Foto 19 Deshierbe en vivero

Estado fitosanitario

	
Foto 20 Plántulas libre de enfermedades	Foto 21 Plántulas libre de plagas

Forma del tallo

		
<p>Foto 22 Tallo recto</p>	<p>Foto 23 Tallo torcido</p>	<p>Foto 24 Tallo bifurcado</p>

Sobrevivencia

	
<p>Foto 25 Plántulas de dos meses de edad</p>	<p>Foto 26 Plántulas cuatro meses de edad</p>

Biomasa

		
<p>Foto 27 Separación de parte aérea y radicular</p>	<p>Foto 28 Peso en verde parte aérea</p>	<p>Foto 29 Peso en seco parte radicular</p>