



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**

**COMPORTAMIENTO DE CUATRO PROCEDENCIAS DE *Pinus patula*
Schl. et Cham, EN LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL “LA FAVORITA”,
PARROQUIA RURAL ALLURIQUÍN, PROVINCIA SANTO DOMINGO
DE LOS TSÁCHILAS.**

AUTOR

Edison Javier Villota González

DIRECTOR

Ing. Hugo Vinicio Vallejos Álvarez, Mgs.

IBARRA – ECUADOR

2021

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS

AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES

CARRERA DE INGENIERÍA FORESTAL

COMPORTAMIENTO DE CUATRO PROCEDENCIAS DE *Pinus patula* Schl. et Cham. EN LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL "LA FAVORITA", PARROQUIA RURAL ALLURIQUÍN, PROVINCIA SANTO DOMINGO DE LOS TSÁCHILAS.

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 Vinicio Vallejos Álvarez, Mgs.

Director de trabajo de titulación



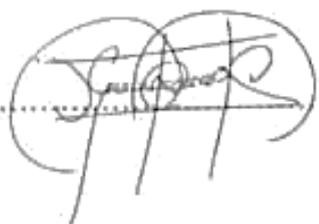
Ing. Hugo Orlando Paredes Rodríguez, Mgs.

Tribunal de trabajo de titulación



Ing. Jorge Luis Ramírez López, M.Sc.

Tribunal de trabajo de titulación



Ibarra — Ecuador

2021



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:	0401993670	
APELLIDOS Y NOMBRES:	Villota González Edison Javier	
DIRECCIÓN:	Carchi – Montufar – San Gabriel	
EMAIL:	ejvillotag@utn.edu.ec	
TELÉFONO FIJO:	TELÉFONO MÓVIL:	0986720837

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	COMPORTAMIENTO DE CUATRO PROCEDENCIAS DE <i>Pinus patula</i> Schl. et Cham, EN LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL “LA FAVORITA”, PARROQUIA RURAL ALLURIQUÍN, PROVINCIA SANTO DOMINGO DE LOS TSÁCHILAS.
AUTOR:	Villota González Edison Javier
FECHA: (dd/mm/aaaa)	16 de agosto del 2021
SOLO PARA TRABAJOS DE TITULACIÓN	
PROGRAMA:	Pregrado
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniero Forestal
DIRECTOR:	Ing. Hugo Vinicio Vallejos Álvarez, Mgs.

2. CONSTANCIA

El autor manifiesta 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 es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asumen la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrán en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, 16 de agosto del 2021

EL AUTOR:

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Edison Villota', is written over a horizontal dotted line.

Edison Javier Villota González

REGISTRO BIBLIOGRÁFICO

Guía: FICAYA - UTN

Fecha: 16 de agosto del 2021

Edison Javier Villota González: "COMPORTAMIENTO DE CUATRO PROCEDENCIAS DE *Pinus patula* Schl. et Cham, EN LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL "LA FAVORITA", PARROQUIA RURAL ALLURIQUÍN, PROVINCIA SANTO DOMINGO DE LOS TSÁCHILAS" Trabajo de titulación. Ingeniero Forestal. Universidad Técnica del Norte. Carrera de Ingeniería Forestal. Ibarra, 2021. 62 páginas.

DIRECTOR: Ing. Hugo Vinicio Vallejos Álvarez, Mgs.

El objetivo general de la presente investigación fue: evaluar el comportamiento de cuatro procedencias de *Pinus Patula* Schl. et Cham, en la estación experimental "La Favorita". Entre los objetivos específicos se encuentra: determinar la procedencia que mejor se adapte a las condiciones ambientales del área de estudio y calcular los costos para el establecimiento y manejo del primer año de plantación.

Fecha: 16 de agosto del 2021



Ing. Hugo Vinicio Vallejos Álvarez, Mgs.

Director de trabajo de titulación



Edison Javier Villota González

Autor

DEDICATORIA

El trabajo está dedicado a Dios, quién supo guiarme por el buen camino y permitirme estar en este día tan especial; por darme fuerzas para seguir adelante y no desmayar en los problemas que se presentaban.

A mis padres por su apoyo, consejos, comprensión, amor y ayudarme con los recursos necesarios para estudiar. Porque gracias a ellos he logrado llegar hasta estas instancias de mis estudios.

A mi hermano, que con sus consejos me ha ayudado a afrontar los retos, que se me han presentado a lo largo de mi vida.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a la Universidad Técnica del Norte, especialmente a la Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales, Carrera de Ingeniería Forestal, quien me dio la oportunidad de cumplir con esta meta tan anhelada.

Al Ing. Hugo Vallejos, Mgs., por brindarme sus conocimientos, su tiempo y esfuerzo, que fueron esenciales para el desarrollo de esta investigación, y culminar con éxito esta etapa de mi vida académica.

Al Ing. Hugo Paredes, Mgs., Ing. Jorge Luis Ramírez, M.Sc., por su paciencia, dedicación y apoyo en la realización de todo el proceso de investigación con su valioso aporte técnico y científico.

A mi familia y cada una de las personas, que de una u otra manera creyeron en mí y me colaboraron durante todo este proceso.

¡A todos ustedes, gracias!

ABREVIATURAS

AAIC	Asociación de Agrónomos Indígenas de Cañar.
BCA	Bloques Completos al Azar.
CATIE	Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza.
CIPF	Convención Internacional de Protección Fitosanitaria.
FAO	La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.
IMA	Incremento Medio Anual.
INAIA	Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias.
INIAP	Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias.
MAE	Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica de Ecuador.
MAG	Ministerio de Agricultura y Ganadería.
PFNM	Productos Forestales No Maderables.
PROFAFOR	Programa Face de Forestación del Ecuador.
RGF	Recursos Genéticos Forestales.
SENPLADES	Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

PORTADA.....	i
PÁGINAS PRELIMINARES.....	ii
AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE	iii
REGISTRO BIBLIOGRÁFICO	v
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTO	vii
ABREVIATURAS.....	viii
ÍNDICE DE CONTENIDOS	ix
ÍNDICE DE TABLAS	xii
ÍNDICE DE FIGURAS	xiii
ÍNDICE DE ANEXOS	xiii
RESUMEN	xiv
SUMMARY.....	xv
CAPÍTULO I.....	16
1. INTRODUCCIÓN	16
1.2. OBJETIVOS	18
1.2.1. General.....	18
1.2.2. Específicos	18
1.3. HIPÓTESIS.....	18
CAPÍTULO II.....	19
MARCO TEÓRICO	19
2.1. FUNDAMENTACIÓN LEGAL.....	19
2.1.1. Constitución de la República del Ecuador.	19
2.1.2. Código Orgánico del Ambiente	19
2.1.3. Plan Nacional de Desarrollo 2017- 2021 Toda una Vida.....	19
2.1.4. Código de ética Universitaria.....	20
2.2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	20
2.2.1. Mejoramiento genético.....	20

2.2.1.1. Relación entre el mejoramiento y los recursos genéticos forestales	20
2.2.1.2. Beneficios del mejoramiento genético forestal.....	21
2.2.1.3. Duración en mejoramiento genético	21
2.2.1.4. Importancia del mejoramiento genético.....	21
2.2.2. Clasificación de fuentes semilleras.	22
2.2.2.1. Huerto Semillero Genéticamente Comprobado.....	22
2.2.2.2. Huerto Semillero No Comprobado.....	22
2.2.2.3. Rodales Semilleros.	22
2.2.2.4. Fuentes Seleccionadas.....	23
2.2.2.5. Fuentes Identificadas.....	23
2.2.3. Fuentes semilleras Ecuador.	23
2.2.4. Metodología de un programa de mejoramiento genético forestal.....	24
2.2.5. Ensayo o pruebas de procedencias.	24
2.2.5.1. Definición.	24
2.2.5.2. Objetivos de los ensayos.....	24
2.2.5.3. Diseño experimental.....	24
2.2.6. <i>Pinus patula</i> Schl. et. Cham.	25
2.2.6.1. Descripción.	25
2.2.6.2. Distribución.....	25
2.2.6.3. Crecimiento y Rendimiento	25
2.2.6.4. Factores limitantes del crecimiento.....	26
2.2.6.5. Usos.....	26
2.2.7. Costos	26
2.2.7.1. Definición.	26
2.2.7.2. Clasificación de costos.	26
2.2.7.3. Características de los costos.	27
2.2.8. Variables de estudio.	27
2.2.8.1. Diámetro basal.....	27
2.2.8.2. Altura.....	28
2.2.8.3. Supervivencia.	28
2.2.8.4. Estado fitosanitario.	28
2.2.9. Investigaciones realizadas.	28
2.2.9.1. Evaluación de familias comunes de <i>Pinus patula</i> Schl. et Cham establecidas en dos ensayos de progenie.....	28
2.2.9.2. Comparación del crecimiento de <i>Pinus chiapensis</i> (Martínez) Andresen, <i>Pinus greggii</i> Engelm. ex Parl. y <i>Pinus patula</i> Schl. et Cham. en plantaciones comerciales	

	<i>establecidas en hueyapan, puebla</i>	29
	2.2.9.3. <i>Comportamiento inicial de especies forestales</i>	29
	2.2.9.4. <i>Resistencia de los pinos a plagas y enfermedades: nuevas oportunidades de control fitosanitario.</i>	29
	2.2.9.5. <i>Análisis financiero de una plantación de Pinus patula Schl. et Cham de pequeña escala</i>	30
	2.2.9.6. <i>Evaluación del crecimiento inicial de 25 procedencias de Pinus patula Schl. et Cham en la Granja Experimental “La Pradera” Provincia de Imbabura (2009 –2010).</i>	30
	2.2.9.7... <i>Manejo forestal y diversidad genética de Pinus patula Schl. et Cham., en Sierra Juárez, Oaxaca</i>	30
	CAPITULO III.....	31
3.	MATERIALES Y MÉTODOS	31
3.1.	DESCRIPCIÓN DEL SITIO.....	31
3.2.	MATERIALES E INSUMOS	32
3.2.1.	Materiales.....	32
3.2.2.	Insumos	32
3.2.3.	Equipos y maquinaria.....	32
3.2.5.	Material vegetativo.....	32
3.3.	METODOLOGÍA	33
3.3.1.	Factores de estudio y tratamientos.	33
3.3.2.	Implementación y manejo del ensayo.	33
	3.3.2.1. <i>Delimitación del área</i>	33
	3.3.2.2. <i>Preparación del terreno.</i>	34
	3.3.2.3. <i>Diseño de la plantación.</i>	34
	3.3.2.4. <i>Establecimiento de la plantación.</i>	35
	3.3.1.1. <i>Manejo de la plantación.</i>	36
3.3.2.	Toma de datos.	36
	3.3.2.1. <i>Diámetro basal</i>	36
	3.3.2.2. <i>Altura.</i>	37

3.3.2.3. <i>Sobrevivencia</i>	37
3.3.2.4. <i>Estado fitosanitario</i>	38
3.3.3. <i>Diseño experimental</i>	38
3.3.4. <i>Análisis de la información</i>	39
3.3.5. <i>Determinación de costos</i>	39
CAPITULO IV	41
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	41
4.1. Comportamiento de las procedencias de <i>Pinus patula</i> Schl. et Cham al primer año	41
4.1.1. <i>Sobrevivencia</i>	41
4.1.2. <i>Diámetro basal</i>	43
4.1.3. <i>Altura</i>	44
4.1.4. <i>Estado Fitosanitario</i>	45
CAPITULO V	48
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	48
5.1. <i>Conclusiones</i>	48
5.2. <i>Recomendaciones</i>	48
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	49
ANEXOS	55

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Identificación de factores	33
Tabla 2 Características del ensayo	34
Tabla 3 Resumen de las dosis utilizadas para la fertilización de los	36
Tabla 4 Categoría para la evaluación de la sobrevivencia de las plantas.....	37
Tabla 5 Clasificación estado fitosanitario de plántulas.....	38
Tabla 6. Resultados obtenidos en el ensayo de Rebolledo, Mendizábal y Alba.....	42
Tabla 7. Tabla resumen del análisis de la varianza (ADEVA) del Diámetro	43
Tabla 8. Tabla resumen del análisis de la varianza (ADEVA) de la altura	44
Tabla 9. Prueba de Friedman	45
Tabla 10 Resumen de tabla de costos del ensayo.	47

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de ubicación.....	31
Figura 2. Distribución en campo.....	35
Figura 3. Porcentaje de sobrevivencia de plántulas de <i>Pinus patula Schl.</i> et Cham de cuatro diferentes procedencias.	41
Figura 4. Grafica de precipitación mensual de la provincia Santo Domingo de los Tsáchilas....	42
Figura 5. Mapa de crecimiento en altura de <i>Pinus patula Schl.</i> et Cham con influencia de la sombra enfocadas en las tres primeras y últimas horas de luminosidad diaria.....	45

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Solicitud de la implementación del proyecto de investigación enviada	55
Anexo 2. Características edafoclimáticas de las procedencias.	56
Anexo 3. Características de los sitios.	57
Anexo 4. Tabla resumen del análisis de costos detallados del ensayo, (Hd* = Herramienta o equipo depreciable).....	59
Anexo 5: Fotografías de la investigación.....	61

TÍTULO: COMPORTAMIENTO DE CUATRO PROCEDENCIAS DE *Pinus patula* Schl. et Cham, EN LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL “LA FAVORITA”, PARROQUIA RURAL ALLURIQUÍN, PROVINCIA SANTO DOMINGO DE LOS TSÁCHILAS.

Autor: Edison Javier Villota González

Director de trabajo de titulación: Ing. Hugo Vinicio Vallejos Álvarez, Mgs.

Año: 2021

RESUMEN

El mejoramiento genético de *Pinus patula* Schl. et Cham es poco estudiado en Ecuador. Es necesario realizar investigaciones con fin de seleccionar procedencias y progenies adecuadas. El objetivo de la investigación fue evaluar el comportamiento de cuatro procedencias de *Pinus patula* Schl. et Cham, mediante el establecimiento de una plantación en la estación experimental “La Favorita”. Las variables evaluadas fueron: sobrevivencia, diámetro basal, altura y estado fitosanitario. El diseño fue en bloques completos al azar, donde el factor de bloqueo fueron los sitios, los tratamientos las procedencias: Sudáfrica, Topo, Cotopaxi y Zuleta. Se realizaron 12 mediciones mensuales, el análisis de las variables cuantitativas se realizó mediante el ADEVA con un $\alpha = 0.05$, y Friedman para el Estado Fitosanitario. Como resultado ningún tratamiento tiene diferencias estadísticas significativas en las variables analizadas, sin embargo, Sudáfrica presenta mejores resultados matemáticos ($h=63,5$ cm y $d=0,90$ cm), los costos fueron de 2950.53 \$/ha. En conclusión, Sudáfrica tuvo mejores medias, considerado potencial para plantaciones y programas de mejoramiento.

Palabras clave

Mejoramiento Genético, plantaciones, Ensayos de progenie/procedencia, *Pinus patula* Schl. et Cham.

TITLE: BEHAVIOR OF FOUR PROVENANCES OF *Pinus patula* Schl. et Cham, IN “LA FAVORITA” EXPERIMENTAL STATION, ALLURIQUÍN RURAL PARISH, SANTO DOMINGO DE LOS TSÁCHILAS PROVINCE.

Author: Edison Javier Villota Gonzalez

Director of degree work: Ing. Hugo Vinicio Vallejos Álvarez, Mgs.

Year: 2021

SUMMARY

The genetic improvement of *Pinus patula* Schl. et Cham is little studied in Ecuador. Research is required to select suitable provenances and progeny. The objective of the research was to evaluate the behavior of four provenances of *Pinus patula* Schl. et Cham, by establishing a plantation at the “La Favorita” experimental station. The variables evaluated were: survival, basal diameter, height and phytosanitary status. The design was in randomized complete blocks, where the blocking factor was the sites, the treatments the provenances: South Africa, Topo, Cotopaxi and Zuleta. Twelve monthly measurements were carried out, the analysis of the quantitative variables was carried out by means of the ADEVA with $\alpha = 0.05$, and Friedman for the Phytosanitary State. As a result, no treatment has statistically significant differences in the variables analyzed, however, South Africa presents better mathematical results ($h = 63.5$ cm and $d = 0.90$ cm), the costs were 2950.53 \$ / ha. In conclusion, South Africa had better averages, considered potential for plantations and improvement programs.

Keywords

Genetic Improvement, Plantations, Progeny / provenance trials, *Pinus patula* Schl. et Cham.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

El Ecuador continental cuenta con 12 631 198 hectáreas de bosque nativo (Ministerio del Ambiente y Agua del Ecuador, [MAE], 2017) y 123 720 hectáreas de plantaciones (MAE, 2018). Pese a ello, el país posee una tasa de deforestación bruta de 94 353 ha/año (MAE, 2017), considerada una de las tasas más altas de Latinoamérica en comparación a su tamaño, según Bonilla (2019). Cada año se extraen 24 221 933 m³ de madera que provienen de plantaciones y bosques, que influyen significativamente en la pérdida de cobertura boscosa (MAE, 2018).

En la cuenta forestal maderable se habla de tres tipos de recurso forestal: plantaciones forestales, bosque nativo potencial disponible de extracción y bosque nativo bajo categoría de conservación o manejo, propuestos por Estadísticas del Patrimonio Natural del Ecuador Continental (MAE, 2018). La existencia del recurso forestal maderable es de 3 074 000 000 m³, de los cuales el 1% proviene de plantaciones (MAE, 2018). Esto demuestra la deficiente actividad de reforestación en el país.

Las plantaciones con especies exóticas son aún tema de discusión porque traen complicaciones a condiciones ambientales disminuyendo la disponibilidad de agua y la degradación de los suelos (Pacheco, Díaz, Coronel, Asanza y Jadán, 2017). Sin embargo, no son discutibles los beneficios económicos a la industria maderera por su rápido crecimiento y rendimiento (Quinchuela, 2015).

La productividad maderera se puede aumentar con mejoramientos genéticos de las especies de interés. Estas especies pueden alcanzar características económicamente importantes y lograr una reducción del turno. En este sentido, es posible obtener mayor cantidad de madera de mejor calidad en áreas de menor tamaño en comparación con grandes extensiones de individuos sin mejoramiento genético (Siqueiros et al., 2017).

La especie *Pinus patula* Schl. et Cham es promisoría para establecimiento de plantaciones con fines industriales para elaboración de tableros. Incluso la madera es fácil de aserrar, cepillar y pulir, tanto con herramientas manuales como mecánicas (Ecuador Forestal, 2013).

Sin embargo, la demanda actual de esta especie debido al crecimiento industrial genera la necesidad de realizar ensayos de mejoramiento genético. La finalidad es obtener un rápido crecimiento para reducir los costos durante la fase de establecimiento, y el mejoramiento de la

calidad del producto para reducir los costos operacionales (León y Tantas,2017).

El conocimiento de los recursos genéticos forestales en Ecuador es limitado. Esto se debe a los escasos estudios que existen sobre propagación de especies forestales con mejoramiento genético. A pesar de que empresas privadas como la Fundación Forestal Juan Manuel Durini, Expoforestal, Acosa, Plantabal, Reybanpac y Profafor trabajan en esta área científica, pero la información generada no está disponible o es de difícil acceso (Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias [INAIA], 2012).

Uno de los principales problemas es no contar con un banco nacional de semillas establecido oficialmente y en pleno funcionamiento. La comercialización certificada de germoplasma seleccionado principalmente lo realizan empresas privadas, como es el caso de PROFAFOR que en su mayoría provienen del CATIE y de la Red Colombiana de Semilleros de Investigación (Redcolsi); las especies que se ofertan son: Pino (*Pinus radiata* y *Pinus patula*), Eucalipto (*Eucalyptus globulus* y *Eucalyptus saligna*), Teca (*Tectona grandis*), Melina (*Gmelina arborea*), Caoba (*Swietenia macrophylla*), Acacia japonesa (*Acacia melanoxylum*), Acacia mangium (*Acacia mangium*), Pachaco (*Schizolobium parahybum*), Balsa (*Ochroma pyramidale*) que se almacenan bajo refrigeración (PROFAFOR, 2011).

La investigación se desarrolló como un seguimiento continuo al “Ensayo de germinación de seis procedencias de *Pinus patula* Schl et Cham, sector granja experimental Yuyucocha, cantón Ibarra, provincia de Imbabura” realizado por Chicaiza (2019). Las plántulas que se obtuvieron en el ensayo de germinación se utilizaron como material genético para estudiar el comportamiento de *Pinus patula* Schl. et Cham en condiciones edafoclimáticas distintas a las de su origen. De este modo se identificaron las mejores características en una primera etapa de su crecimiento.

Debido a la demanda de semillas de calidad en el mundo para establecer plantaciones con mejores resultados en productividad y calidad de madera, se necesita trabajar en mejoramiento genético de especies de interés que permitan obtener individuos con mejores características fenotípicas y genotípicas (Martínez, Valverde, Gamboa, y Badilla, 2016). Además, existe la necesidad de generar información en esta área científica debido a la escasa información disponible. En este sentido, se desarrolla la presente investigación.

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. General.

Evaluar el comportamiento de cuatro procedencias de *Pinus Patula* Schl. et Cham, en la estación experimental “La Favorita”.

1.2.2. Específicos.

- Determinar la procedencia que mejor se adapte a las condiciones ambientales del área de estudio.
- Calcular los costos para el establecimiento y manejo del primer año de plantación.

1.3. HIPÓTESIS

- **Ho:** No existe efecto significativo entre las cuatro procedencias de *Pinus patula* Schl. et Cham, en la estación experimental “La Favorita”
- **Ha:** Existe efecto significativo entre las cuatro procedencias de *Pinus patula* Schl. et Cham, en la estación experimental “La Favorita”.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. FUNDAMENTACIÓN LEGAL

2.1.1. Constitución de la República del Ecuador.

Art. 57. Literal 12. Mantener, proteger y desarrollar los conocimientos colectivos; así como plantas, animales, minerales y ecosistemas dentro de sus territorios; y el conocimiento de los recursos y propiedades de la fauna y la flora.

2.1.2. Código Orgánico del Ambiente.

Art. 30: Objetivos del estado. Los objetivos del estado relativos a la biodiversidad son:

Literal 6. Regular e incentivar la participación de personas, comunas, comunidades, pueblos y nacionalidades en la conservación y el uso sostenible de la biodiversidad, así como en la distribución justa y equitativa de los beneficios que se deriven de la utilización de los recursos genéticos;

Literal 8. Promover la investigación científica, desarrollo y transferencia de tecnologías, la educación e innovación, intercambio de información y fortalecimiento de las capacidades relacionadas con la biodiversidad y diferentes productos que impulsen la generación del bioconocimiento.

Art. 65.- Especies objeto de conservación ex situ

Literal 3. Las que sean aptas para la crianza, cultivo o mejoramiento genético de sus parientes.

2.1.3. Plan Nacional de Desarrollo 2017- 2021 Toda una Vida.

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 3.8. 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.

2.1.4. Código de ética Universitaria.

La Universidad se basa en códigos de ética, uno de ellos indica la participación voluntaria de la sociedad. La investigación que se realice en predios fuera de la Universidad deberá tener los permisos firmados por los involucrados, tanto de la institución como de la comunidad o sector en el que se realiza la investigación, si se trata de predios dentro de la universidad se debe enviar una solicitud para ocupar territorio de esta, emitido hacia las autoridades, ver Anexo 1.

Por parte del investigador el código ético asegura la calidad de la información, gracias al compromiso de no alterar datos, inventar o influir en los mismos para obtener resultados.

2.2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.2.1. Mejoramiento genético.

El mejoramiento convencional sigue los principios básicos de selección y cruzamiento entre individuos con características deseables. Dado que los programas de mejoramiento genético dependen de que exista variación genética elevada, es importante asegurar dichas fuentes de variación en forma de colecciones llamadas bancos de germoplasma (Quiroz, García y Quiroz, 2012).

2.2.1.1. Relación entre el mejoramiento y los recursos genéticos forestales.

Los recursos genéticos forestales (RGF) son material genético que se encuentran en árboles y arbustos de valor económico, ambiental, científico o social real y potencial. Dado que la mayoría de las especies de árboles son genéticamente muy diversas, los programas de mejoramiento genético ofrecen un gran potencial para aumentar los rendimientos de productos forestales maderables y no maderables (FAO, 2020).

Los recursos genéticos forestales (bosques naturales, plantaciones de especies nativas, bancos de germoplasmas In Situ, Ex Situ, In Vitro, Colecciones de campo, etc.) constituyen la materia prima para cualquier programa de mejoramiento genético forestal. Por ello todo programa de

mejoramiento genético debe contar, aumentar, regenerar, caracterizar, evaluar y conservar su banco de germoplasma (Murillo, Espitia y Castillo, 2017).

2.2.1.2. Beneficios del mejoramiento genético forestal.

Se estima que las mejoras de primera generación aumentarán la cantidad en un 20%. Esto significa que el número de plantas de alta calidad por hectárea aumentará en aproximadamente un 25% y disminuirá en aproximadamente 1-2 años antes de alcanzar el rendimiento deseado. Además, se mejoran las propiedades y características de la madera con respecto a la densidad (hasta aproximadamente un 10%), la fibra recta, el duramen y la formación prematura de madera madura, lo que repercute positivamente en el proceso de elaboración (Murillo, Espitia y Castillo, 2017).

2.2.1.3. Duración en mejoramiento genético.

Maurillo y Badilla (2005) indica que la disciplina y el trabajo sistemático son puntos importantes que se deben aplicar durante varios años para conseguir resultados. La estrategia que se utilice se puede tener material seleccionado con un mayor rendimiento en menor tiempo, esto supera al material tradicional que se utiliza en plantaciones.

Las estrategias pueden ser (Maurillo y Badilla, 2005):

- La estrategia clonal dura aproximadamente 1 a 2 años, se utiliza material de alto rendimiento para plantaciones clonales comerciales.
- La estrategia con semilla dura aproximadamente de 4 a 6 años, una opción es la de establecer rodales semilleros de un nivel bajo de mejoramiento (<10%) para el primer año.

El avance del mejoramiento genético ha logrado transformar la producción de plantas en sistemas clonales, donde la calidad se controla con estándares más altos. También deben contar con certificación genética, la cual garantice la superioridad en crecimiento, calidad de fuste y madera. Las nuevas técnicas permiten seleccionar material con tiempo de cosecha menor y aumento de productividad (Maurillo, Espitia, y Castillo, 2017).

2.2.1.4. Importancia del mejoramiento genético.

Recursos genéticos forestales son los componentes estratégicos de la biodiversidad ya que su diversidad genética es la base fundamental en la evolución de las especies vegetales y su

resiliencia, el mantener estos recursos es de suma importancia por su contribución al mantener los sistemas socioeconómicos y en el desarrollo sostenible (Estrella, 2005).

El mejoramiento genético constituye la estrategia más eficiente, eficaz y sostenible para solucionar los limitantes bióticos y abióticos, incrementar los rendimientos, la calidad y productividad de los cultivos, incluido el cultivo de la madera (Maurillo, Espitia, y Castillo, 2017).

2.2.2. Clasificación de fuentes semilleras.

No se puede garantizar un buen comportamiento de los árboles cuando el material vegetal o semilla proviene de fuentes con condiciones edafoclimáticas diferentes a su lugar definitivo. La excepción es que la fuente semillera tenga estudios que respalden el comportamiento con pruebas genéticas realizadas en el sitio definitivo. Bajo estos principios, se sugiere la siguiente clasificación (Salazar, 2010):

- Huerto Semillero Genéticamente Comprobado
- Huerto Semillero No Comprobado
- Rodales Semilleros
- Fuentes Seleccionadas
- Fuentes Identificadas

2.2.2.1. Huerto Semillero Genéticamente Comprobado.

El Huerto Semillero Genéticamente Comprobado es aquel que tiene el respaldo de pruebas de progenies establecidas y evaluadas en los sitios potenciales de plantación, y que ha sido sometido a los aclareos genéticos necesarios para dejar únicamente los clones o individuos que han demostrado su superioridad (Cornelius y Ugarte, 2010).

2.2.2.2. Huerto Semillero No Comprobado.

Este es un huerto similar al anterior, pero que no ha sido sometido a aclareos genéticos, ya sea por la ausencia de ensayos genéticos o por la corta edad de los ensayos. Un Huerto Semillero No Comprobado puede pasar a la categoría anterior si se llevan a cabo los aclareos genéticos respectivos (Cornelius y Ugarte, 2010).

2.2.2.3. Rodales Semilleros.

Los rodales semilleros son poblaciones naturales o plantaciones en los que no se ha hecho

ningún tratamiento previo para mejorar la calidad de la semilla, pero que presenta alto porcentaje de individuos con características deseables (Gutiérrez y Flores, 2017).

Prieto y López (2006) los definen como rodales naturales que sobresalen fenotípicamente en relación al resto de los rodales de una región y que se destinan a la producción temporal de semilla. Este tipo de rodales permiten que se obtenga una ganancia genética del 3 al 5% en volumen.

2.2.2.4. Fuentes Seleccionadas.

Son rodales que no cumplen con uno o varios de los requisitos establecidos para rodales semilleros, principalmente porque no presentan un aislamiento adecuado, menos de 75 árboles aceptables por hectárea o porque aún no han sido sometidos a aclareos de depuración (Cardoso, 2014).

2.2.2.5. Fuentes Identificadas.

Según PROSEFOR (1994), las Fuentes Identificadas son grupos de árboles que, por su baja densidad, por ocupar poca área y/o porque no contienen el número suficiente de árboles aceptables por hectárea, no clasifican dentro de la categoría anterior, pero deben utilizarse temporalmente ante la ausencia de otras fuentes más avanzadas.

En este grupo se encuentran típicamente:

- parcelas experimentales representadas por un número limitado de individuos,
- pequeños bloques de plantación,
- ensayos genéticos o silviculturales de poca extensión,
- especies del bosque natural que por su naturaleza o debido a la eliminación de bosques, ocurren a bajas densidades o no alcanzan el número mínimo de árboles aceptables por hectárea.

2.2.3. Fuentes semilleras Ecuador.

EcoPar selecciona un total de 20 fuentes semilleras en Bosques de la Sierra Ecuatoriana, la Asociación de Agrónomos Indígenas de Cañar (AAIC) cuenta con 13 fuentes semilleras de especies nativas de la provincia del Cañar y La Fundación Ecológica Arco Iris tiene 14 fuentes semilleras de especies nativas en Loja (Herrera, 2016).

Además, Solidaridad Internacional cuenta con 33 fuentes semilleras de 18 especies forestales

en la Amazonia ecuatoriana y en el Municipio de Quito se ha identificado 28 fuentes semilleras y se ha desarrollado 20 protocolos usadas para recolección, tratamiento, análisis y almacenamiento de semillas, aparte del Programa de Forestería del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) que ayude en la búsqueda de fuentes semilleras para variar especies en los Andes, Litoral y Amazonia (Herrera, 2016).

2.2.4. Metodología de un programa de mejoramiento genético forestal.

El método de mejoramiento genético vía selección y cruzamiento ha probado ser el más efectivo y económico en todo el mundo. Existen varios tipos de selección los cuales se emplean de acuerdo con el nivel de ganancia genética deseado por el programa de mejoramiento, se utiliza desde una selección fenotípica cuando se encuentra con la masa forestal por sí sola, hasta una selección genotípica cuando se tiene información, tanto de los árboles de la progenie como de los progenitores (Ramírez, 2018).

2.2.5. Ensayo o pruebas de procedencias.

2.2.5.1. Definición.

Los ensayos de procedencia se definen como el área geográfica y ambiental donde crecen árboles progenitores dentro del cual se ha desarrollado una constitución genética. Se considera también una plantación de varias procedencias establecidas de tal manera que permite una comparación estadística válida entre ellas en cuanto a la productividad y otras características (Pascua, 2014).

2.2.5.2. Objetivos de los ensayos.

El objetivo es evaluar la calidad genética de las procedencias y las familias, la información que se tenga será la base sobre la cual se tomarán las decisiones para seleccionar las fuentes de semillas más adecuadas y las estrategias que se deban adoptar para el mejoramiento de árboles, para esto se considera determinar la extensión y patrones de variación en tantos caracteres como sea posible abarcando el rango de distribución de la especie y determinar el efecto de estos caracteres en diferentes condiciones climáticas y evaluar la importancia de la interacción genotipo-ambiente (Ramírez, 2018).

2.2.5.3. Diseño experimental.

Para evitar confusión entre diferencias genéticas y ambientales dentro del sitio, es adecuado el uso de bloques, que controla la variación ambiental de manera satisfactoria. Típicamente, los

sitios experimentales disponibles para investigación forestal son altamente variables, entre los diseños de bloques, el diseño de bloques completos al azar (BCA) es el más utilizado en pruebas de procedencias (Burley y Wood, 1979)

2.2.6. *Pinus patula* Schl. et Cham.

2.2.6.1. Descripción.

La especie *Pinus patula* Schl. et Cham, es un árbol que puede alcanzar de 20 a 40 m de altura y 40 a 150 cm de diámetro, posee una copa cónica, corteza papirácea, escamosa y de color rojizo en la parte superior del tallo y en las ramas, sus hojas en grupos de tres y a veces cuatro, raramente cinco en algunos fascículos, aciculares, delgadas, verticalmente caídas, color verde claro brillante, sus flores en inflorescencias, femeninas muy vistosas de color amarillo cremoso o anaranjado, el fruto en conos, de siete a nueve centímetros y a veces hasta 12 cm, sésiles, algo encorvados, oblicuos, puntiagudos, por lo general agrupados de tres a seis y semillas aladas (Ecuador Forestal, 2013).

2.2.6.2. Distribución.

El área de distribución natural de la especie es comparativamente restringida y discontinua, y comprende las zonas de media y alta montaña de las regiones centro-oriental y sur de México. Se ha introducido con éxito en América del Sur, Sudáfrica, Zimbabwe, Uganda, Kenya, El Congo, Nueva Zelandia, y Australia (Vallejo, 2018).

Los requerimientos climáticos son en altitud: 1400 – 3200; Precipitación: 700 -1200 mm, y una temperatura: 12 – 18 ° C. En los requerimientos edáficos prefiere suelos profundos, húmedos, fértiles, bien drenados, pH neutro o ácido, texturas franco-arenosas a franco-arcillosas (Ecuador Forestal, 2013).

Según Ospina, Hernández, Rincón, Sánchez, Urrego, Rodas, Ramírez y Riaño (2011). En Ecuador se han reportado ensayos a altitudes de 2500 a 4000 m, en donde encontraron que el mejor crecimiento se registraba entre los 2500 a 3000 m. De manera general, a mayores altitudes los crecimientos son menores.

2.2.6.3. Crecimiento y Rendimiento.

En sitios favorables, el crecimiento de la especie es rápido, y en sus primeras etapas de desarrollo puede lograr un crecimiento anual de 2m. en altura, no siendo raro un crecimiento anual de 1-1.5 m. durante los primeros 10 años. En sitios buenos y en ausencia de temporadas

excesivamente secas, los rodales bien manejados pueden rendir incrementos brutos en un promedio de 35 m³/ha/año e incrementos utilizables anuales promedio de 27 m³/ha/año en una rotación de 30 años (Ecuador Forestal, 2013).

2.2.6.4. Factores limitantes del crecimiento.

El *Pinus patula* Schl. et Cham es intolerante a la sombra y sensible a la competencia por el agua durante sequías prolongadas, las deficiencias de boro y fósforo limitan el buen desarrollo de la especie. Así mismo, las plantas jóvenes y los árboles con una corteza delgada son sensibles al fuego. Es susceptible a los vientos fuertes, los cuales, además de causar daños mecánicos, también inducen una excesiva transpiración a través de sus finas acículas. Requiere de una adecuada disponibilidad de agua en el suelo durante todo el año (Ecuador Forestal, 2013).

2.2.6.5. Usos.

Según Vallejo (2018), los usos se pueden ser:

- **Madera de aserrío.** - Construcción liviana, como: techos y tejados, encofrados, teleras, casetones, estibas, duelas, machimbre, piezas interiores de muebles. La madera bien manejada para: paneles, entrepaños, cajas corrientes y guacales.
- **Madera redonda.** - Pulpa de fibra larga para: producción de papel periódico, chapas para centros, tableros contrachapados, tableros de partículas, tableros enlistonados. La madera manejada para postes de transmisión, postes para cercas y puntales. Para tornería y también produce una buena leña.
- **Otros productos no maderables (PFNM).** - Algunas partes de la planta tienen aplicaciones medicinales; los brotes de las hojas preparadas en jarabe con azúcar se dicen alivian el catarro, y las fricciones con la resina curan el reumatismo.

2.2.7. Costos

2.2.7.1. Definición.

Los costos deben diferenciarse de los gastos y las pérdidas. Los costos representan una porción del precio de adquisición de artículos, propiedades o servicios que ha sido diferida o que todavía no se ha aplicado a la realización de ingresos. El activo fijo y los inventarios son ejemplos de estos costos diferidos (Billene, 1999).

2.2.7.2. Clasificación de costos.

- Costos Fijos

Son aquellos costos que constituyen parte del costo de los productos terminados o en proceso (Yardin, 2002).

- Costos Variables

Son aquellos que se modifican de acuerdo con el volumen de producción, es decir, si no hay producción no hay costos variables y si se producen muchas unidades el costo variable es alto. Unitariamente este costo se considera Fijo, mientras que en forma total se considera variable (Salas, 2013).

2.2.7.3. Características de los costos.

Salas (2013), afirma que las características de los costos se las considera de la siguiente manera:

Características de los costos fijos.

- Son controlables respecto a la duración del servicio.
- Se relacionan directamente con la capacidad instalada.
- Son regulados por la administración.
- Se relacionan con el tiempo.
- Son variables por unidad y fijos en su totalidad.

Características de los costos variables.

- Son controlables a corto plazo.
- Tienen un comportamiento lineal relacionado a las actividades.
- Están relacionados con un nivel, fuera de ese nivel puede cambiar el costo unitario.
- Son regulados por la administración.
- En total son variables, por unidades son fijos.

2.2.8. Variables de estudio.

2.2.8.1. Diámetro basal.

Citada por Maigua, (2014), Jaramillo afirma que el diámetro es uno de los parámetros más importantes, sirve para determinar el área basal, volumen, crecimiento inicial y ésta es una dimensión lograda a una determinada edad en el fuste del árbol. Según Imaña y Encinas (2008) es denominado crecimiento secundario, por lo general el árbol crece primero en altura luego en

diámetro, este crecimiento es influenciado por la actividad del cambium.

2.2.8.2. *Altura.*

Es la distancia de manera vertical de un árbol a determinada edad, desde un plano de referencia (suelo) con el punto deseado (ápice), este crecimiento se produce por la actividad de la yema apical o terminal a través de la división celular, el cual se expresa en metros y es la modificación más notoria del crecimiento especialmente en etapas juveniles (Imaña y Encinas, 2008)

2.2.8.3. *Sobrevivencia.*

La reforestación con plantas de vivero tiene las ventajas de dar una mayor probabilidad de sobrevivencia respecto a las plántulas sembradas directamente y, por lo tanto; se puede realizar una plantación de menor densidad, pero con la desventaja de incrementar los costos por los gastos de mantenimiento del vivero (Flores, 2004).

Cuando se utilizan plántulas de vivero, es importante pre adaptarlas a condiciones similares al sitio donde se piensa sembrar (en particular la salinidad), para garantizar una mayor sobrevivencia (Flores, 2004).

2.2.8.4. *Estado fitosanitario.*

El estado fitosanitario es la presencia o ausencia de organismos que atacan a la planta, en el riesgo de plagas participa una amplia gama de organismos que pueden estar potencialmente asociados con los productos forestales, como bacterias, hongos, insectos, ácaros, moluscos, nematodos, virus y plantas parásitas. Cada país, a título individual, evalúa el riesgo de plagas asociado con el comercio de productos forestales (Convención Internacional de Protección Fitosanitaria [CIPF], 2010).

2.2.9. Investigaciones realizadas.

2.2.9.1. *Evaluación de familias comunes de *Pinus patula* Schl. et Cham establecidas en dos ensayos de progenie.*

Se establecieron dos ensayos de progenie de *Pinus patula* Schl. et Cham, localizados en Calpulalpan y Orizaba, Veracruz se evaluó la progenie a fin de equiparar su crecimiento y supervivencia entre sitios. Se midió la altura total y diámetro (DAP) y se calculó el porcentaje de supervivencia, encontrándose diferencias significativas en los componentes valorados para la variable altura y diámetro. Calpulalpan presentó mejores promedios de altura y diámetro que

Orizaba. La movilización bajo las condiciones que prevalecen en ambos ensayos valorados perjudica más el aumento en altura que en diámetro (Rebolledo, Mendizábal y Alba, 1999).

2.2.9.2. Comparación del crecimiento de *Pinus chiapensis* (Martínez) Andresen, *Pinus greggii* Engelm. ex Parl. y *Pinus patula* Schl. et Cham en plantaciones comerciales establecidas en hueyapan, puebla.

La finalidad ha sido evaluar los parámetros dasométricos, supervivencia y aspectos fitosanitarios, así como equiparar los incrementos medios anuales en altura (IMAA) y diámetro (IMAD) de la plantación comercial de *Pinus chiapensis* (Martínez) Andresen, *Pinus greggii* Engelm. ex Parl. y *Pinus patula* Schl. et Cham. Se presentaron diferencias significativas ($\alpha=0.05$) en el número de árboles vivos entre *P. chiapensis* y *P. patula*; para la altura, las dos presentaron diferencias significativas sobre *P. chiapensis*. Respecto al diámetro se encontraron diferencias significativas entre las 3 especies. *P. racemosa* y *P. patula* tuvieron mejor crecimiento con un IMA de 7,7 centímetros y 7,2 centímetros respectivamente (Muñoz, Hernández, Hernández, García y Barrera, 2015).

2.2.9.3. Comportamiento inicial de especies forestales.

Se analiza el comportamiento de especies forestales nativas y de *Pinus patula* Schl. et Cham que sobrevivieron a ambos años de plantadas en 4 sitios del páramo andino: (1) Miraflores a 3891msnm, (2) Bañosbajo a 3478 msnm, (3) Baños alto a 3851 msnm y (4) Yanasacha a 3505 msnm. El estado fitosanitario ha sido bueno en cada una de las especies. Las especies fueron afectadas al inicio en la yema terminal por las condiciones del lugar en el primer año (Aguirre, Ordóñez, y Hofstede, 2012).

2.2.9.4. Resistencia de los pinos a plagas y enfermedades: nuevas oportunidades de control fitosanitario.

La lucha contra plagas y patologías forestales lleva preocupando a los selvicultores a partir de los comienzos de la administración forestal. Los mecanismos de resistencia dependen tanto de componentes de los genes, como de componentes del medio ambiente abióticos y bióticos e inclusive de complicadas interrelaciones que implican a diversos elementos del ecosistema. Esta gran variabilidad abre las puertas a la indagación de novedosas maneras de administración forestal sustentable dirigida a maximizar la expresión de resistencia y tolerancia en las masas existentes o en las novedosas plantaciones forestales (Arregui y Pérez, 2015).

2.2.9.5. Análisis financiero de una plantación de *Pinus patula* Schl. et Cham de pequeña escala.

Por medio de los conceptos de Costo Presente Neto (VPN), relación Beneficio/Costo (B/C) y Tasa Interna de Retorno (TIR), se evaluó esta condición de una plantación de *P. patula* de 3 000 m² con 17 años de edad, cuya producción se canalizaría a la preparación de pulpa para papel y de madera aserrada. Tanto los precios como las ventajas y los datos dasométricos se registraron en todo el lapso de vida del plan, excepto para los primeros 5 y los últimos 3 años. Los precios de los 5 años iniciales se derivaron de entrevistas con el propietario de la plantación. Las ventajas y precios que más impactaron el balance financiero del plan fueron esos que ocurrieron al principio del mismo (López y Caballero, 2018).

2.2.9.6. Evaluación del crecimiento inicial de 25 procedencias de *Pinus patula* Schl. et Cham en la Granja Experimental “La Pradera” Provincia de Imbabura (2009 – 2010).

Se analizó la progenie de las 25 procedencias por medio de las variables: sobrevivencia, diámetro basal, crecimiento en altura, sanidad, en lo cual concierne ataque de plagas y patologías; recursos que han permitido elegir procedencias de reconocida calidad. En esta investigación los precios se han realizado con base a los registros de compra de materiales, insumos, transporte y mano de obra (jornales) a lo largo del lapso de investigación, con un total de 1585,00 USD/ha., los cuales fueron distribuidos de la siguiente forma: el 70% a la mano de obra o sea al desempeño silvicultural y el 30% a materiales y equipos de campo (Yacelga, 2011).

2.2.9.7. Manejo forestal y diversidad genética de *Pinus patula* Schl. et Cham, en Sierra Juárez, Oaxaca.

Este trabajo se enfoca en el estudio genético de *Pinus patula* Schl. et Cham, con la finalidad de evaluar el efecto del manejo forestal en la diversidad genética en sitios reforestados y de regeneración natural. Los resultados obtenidos de riqueza alélica y diversidad genética fueron altos, y no existen diferencias significativas en la diversidad genética entre sitios manejados y de regeneración natural. En conclusión, tiene características que promueven la diversidad genética como altas tasas de entrecruzamiento. Una inadecuada selección de árboles padre puede afectar las frecuencias alélicas estables y llevar a una pérdida alélica considerable en el futuro (Corrado, Campos, Sánchez, Monsalvo y Clark, 2014).

CAPITULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. DESCRIPCIÓN DEL SITIO

El estudio se realizó en la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas, cantón Santo Domingo, parroquia Alluriquín, sector Chiriboga, en la Estación Experimental “La Favorita” (Figura 1).

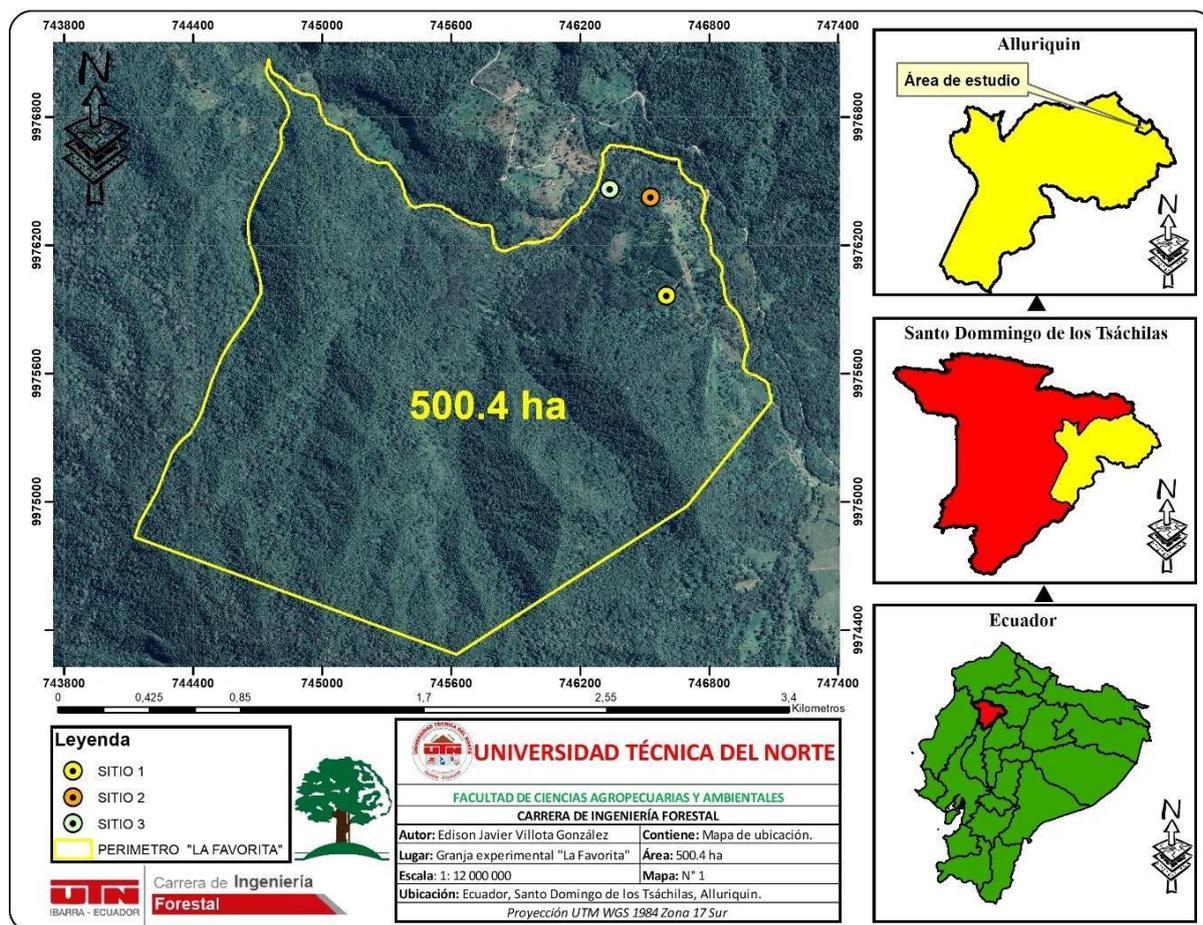


Figura 1. Mapa de ubicación

La estación se encuentra situada a 2 km del sector de Chiriboga. Sus límites son al Norte Rio Saloya, al Sur terrenos baldíos, al Este quebrada las Peñas, al Oeste predio del señor Ernesto Descalzi. Existe una precipitación de 2500 a 3000 mm/año, temperatura 16 °C (Rosero y Cuamacas, 2005), una altitud entre 1600 y 2200 msnm y se encuentra en la zona de vida bosque húmedo montano bajo (Puenayan, 2016).

Su extensión de 500.4 ha, inscritas en el registro de la propiedad del Cantón Santo Domingo (Certificado No. 314694) y las diferentes zonas de ordenación hace un territorio apto para la implementación de nuevas investigaciones. En la estación existen remanentes de bosques primarios y secundarios, además, de plantaciones de araucaria (*Araucaria angustifolia*),

eucalipto (*Eucalyptus urograndis*) y pino (*Pinus tecunumanii*), bosque de los helechos arborescentes, la cascada de las cochas, humedales y el orquidiario (Puenayan, 2016).

3.2. MATERIALES E INSUMOS

3.2.1. Materiales.

- Pie de rey
- Cinta métrica
- Flexómetro
- Hoyador
- Machetes
- Palas
- Libreta de campo
- Carretilla
- Esferos

3.2.2. Insumos.

- Balizas
- Alambre de púas
- Postes
- Piola

3.2.3. Equipos y maquinaria.

- Computador
- GPS
- Motosierra
- Calculadora

3.2.4. Software.

- SIG ArcGIS ARC INFO version 10.5
- Excel
- Infostat

3.2.5. Material vegetativo.

- 216 plántulas de *Pinus pátula* Schl. et Cham.

3.3. METODOLOGÍA

3.3.1. Factores de estudio y tratamientos.

Los factores utilizados en el estudio son:

a) Tratamientos: Procedencias de *Pinus patula* Schl. et Cham. (Tabla 1). Las procedencias tienen un historial genético donde se evidencian características morfológicas de los progenitores y las condiciones edafoclimáticas en donde se desarrollaron y fueron colectadas, detallada en el Anexo 2.

Tabla 1
Identificación de los tratamientos.

Código	Procedencias
Pzu	Zuleta
Pto	Topo
Pco	Cotopaxi
Psu	Sudáfrica

b) Factor de bloqueo. Sitios de la plantación en la estación experimental “La Favorita” (Tabla 2). Es importante mencionar que el factor de bloque es considerado factor secundario ya que el interés fundamentalmente está centrado en los tratamientos y el factor bloqueo se introduce en el modelo para eliminar su influencia en la variable. Además, es necesario contrastar la igualdad de los efectos de los bloques. Las características de los sitios se detallan en el anexo 3.

Tabla 2
Identificación de factor de bloqueo.

Código	Sitios
S1	Sitio 1
S2	Sitio 2
S3	Sitio 3

3.3.2. Implementación y manejo del ensayo.

3.3.2.1. Delimitación del área.

El área de estudio se delimitó mediante el empleo de GPS, y los datos obtenidos se procesaron en el programa ArcGIS 10.5 dentro de una proyección UTM WGS84 zona 17 Sur, determinándose la superficie de la plantación de 595 m² en cada uno de los sitios.

3.3.2.2. Preparación del terreno.

a) Cercado.

El cercado se lo realizó con cuatro personas: la primera se encargó de la brújula, la segunda realizó la trocha recta de cada extremo, la tercera midió las distancias y la cuarta (con ayuda de los demás) alambró y colocó los postes (Oliver, Tim, Ted, y Roel, 2016).

b) Limpieza del área.

Se utilizó la metodología según Chapman y Allan (1978) que consta de la corta de las malezas sin extracción de raíces y el arrastre de las mismas fuera del área de estudio.

c) Toma de muestras de suelo.

Se tomó cinco submuestras en cada sitio a una profundidad de 20 cm, las cuales se mezclaron y se obtuvo una muestra con un peso de 1 kg. Se obtuvieron tres muestras en total, estas se empacaron y etiquetaron adecuadamente para trasladarlas al laboratorio y realizar su respectivo análisis (Labonort, 2019).

3.3.2.3. Diseño de la plantación.

a) Diseño.

El diseño de la plantación es a 3 x 3 m en marco real, densidad recomendada por la Ficha técnica de Pino N°11 (Ecuador Forestal, 2010) y el Programa de Incentivos para la Reforestación con Fines Comerciales (Ministerio de Agricultura y Ganadería [MAG], 2016).

b) Características del ensayo.

En la tabla 3, se resumen las características generales del ensayo.

Tabla 2
Características del ensayo

Descripción	Valores
Número de tratamientos	4
Número de plantas por tratamiento	18
Número de bloques	3
Número de unidades experimentales	12
Número de plantas totales	216

c) *Disposición en campo*

La disposición de la plantación se la muestra en la figura 2.

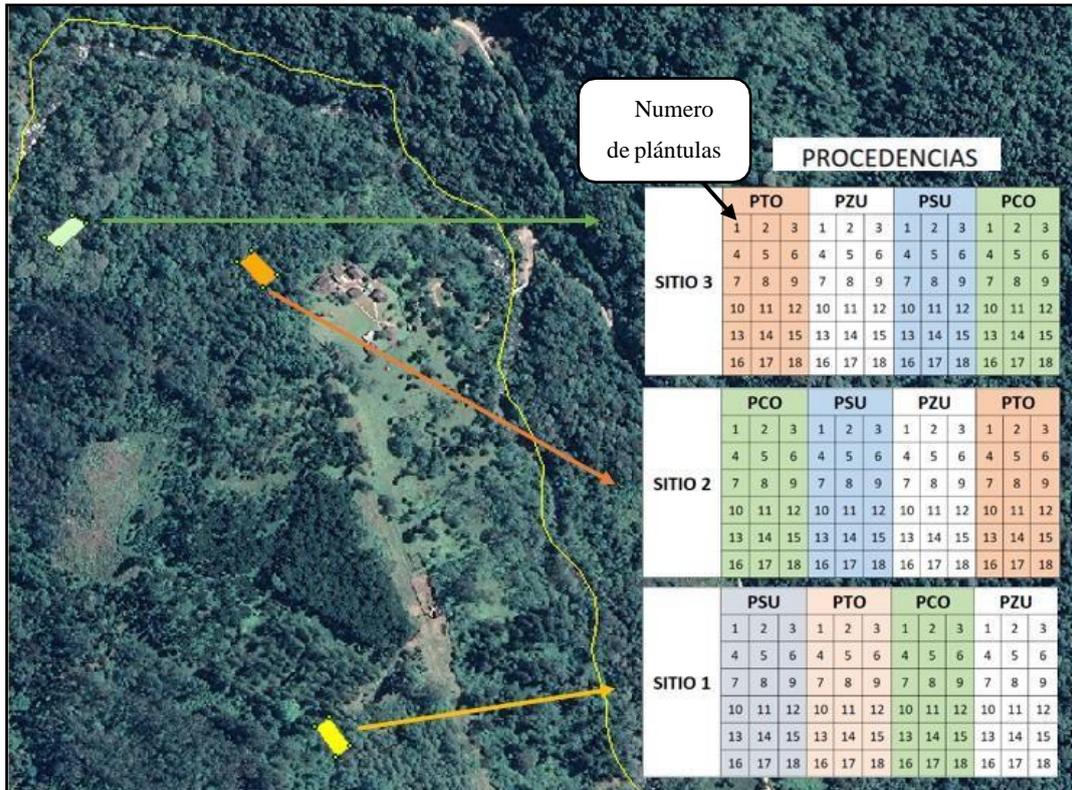


Figura 2. Distribución en campo

3.3.2.4. Establecimiento de la plantación.

a) *Transporte de plántulas.*

Las plántulas se las traslado desde la Granja experimental “Yuyucocha”, donde se realizó la fase de vivero. Se utilizó las recomendaciones de Gil Stauffer (2013), que consistió en meter todas las plántulas en cajas cuidadosamente y luego se rellenó los huecos alrededor de las fundas con papel para que no se maltraten durante el traslado.

b) *Señalamiento y apertura de hoyos.*

Los hoyos se realizaron con las siguientes dimensiones: 20 cm. de ancho, 20 cm. de largo y 40 cm. de profundidad. Además, la tierra extraída se devolvió al hoyo lo más suelta posible, separando piedras, raíces y palos, entre otros (Rodríguez, Benito, y Estrada, 2009).

c) *Plantación y balizado.*

Se ajusto la metodología de Rodríguez, Benito, y Estrada (2009), en la cual se realiza el

trasplante con pan de tierra humedecido previamente, luego se colocó el pan de tierra en el hoyo, se relleno con tierra suelta y se apretó alrededor del tallo para evitar bolsas de aire. Posteriormente se colocó una baliza a 15 cm de la plántula para facilitar su ubicación.

3.3.1.1. Manejo de la plantación.

a) Limpieza y coronado.

Se utilizó la metodología según Chapman y Allan (1978) que consta de una corta de las malezas sin extracción de raíces, esta actividad se realizó tres veces durante el estudio para evitar competencia y sombra. Cada dos meses se realizó el coronado de las plántulas a 40cm alrededor de la misma.

b) Fertilización.

Se realizó un análisis de suelos y con base a los resultados se fertilizó de acuerdo con las recomendaciones técnicas dadas por el laboratorio.

La fertilización se ejecutó con base al procedimiento sugerido por Labonort (Dr. Químico Edison Medina), de esta forma se mezcló el 18-46-0 más el sulfato de amonio y se aplicó al mes del trasplante a 30 cm del tallo. El nitrógeno adicional (urea y nitrato de amonio) más el potasio y el sulphomag se aplicó a seis meses de la siembra, en la corona a 30 cm del tallo (Exceptuando el sulphomag en el sitio 1), las concentraciones se muestran en la tabla 4.

Tabla 3
Resumen de las dosis utilizadas para la fertilización de los sitios

Fertilizante	Dosis por plántula (kg)			Cantidad total (kg)		
	Sitio 1	Sitio 2	Sitio 3	Sitio 1	Sitio 2	Sitio 3
18-46-0	0,17	0,21	0,29	11,9	14,875	20,825
Sulfato de amonio	0,08	0,08	0,08	5,95	5,95	5,95
Nitrato de amonio	0,04	0,04	0,04	2,975	2,975	2,975
Uría	0,08	0,04	0,04	5,95	2,975	2,975
0-0-60	0,08	0,12	0,12	5,95	8,925	8,925
Sulpomag	0	0,04	0,04	0	2,975	2,975

3.3.2. Toma de datos.

3.3.2.1. Diámetro basal.

El diámetro basal se midió al nivel del cuello de la raíz (donde coinciden la base de la planta y el suelo) utilizando un Pie de rey o Vernier (BESTONZON Calibre Vernier Micrómetro Regla 0-150mm Acero Inoxidable). Se colocó una estaca paralela a 4cm del tallo de la plántula con

una señal de pintura roja que se encuentra perpendicular al punto de la toma del dato primario; los diámetros se tomaron en una misma orientación y en el mismo punto (Montero, Valdez, De Los Santos, Cetina, y Sánchez, 2011). Estas evaluaciones se hicieron con una frecuencia mensual hasta cubrir un total de doce mediciones.

3.3.2.2. *Altura.*

La altura se midió desde la base hasta el ápice, entendiendo como ápice el extremo más alejado del origen (Antón, 2013).

Para realizar la toma de datos con mayor exactitud se utilizó la estaca previamente colocada paralela al tallo de la plántula, la cual se señaló en la base para referencia de la medición. De esta forma se tomaron la medida desde el punto referencial hasta el ápice.

Estas evaluaciones se realizaron con una frecuencia mensual hasta cubrir un total de doce mediciones con ayuda de un flexómetro (FLEXÓMETRO 3M TYLON DUAL LOCK STANLEY® TYLON™).

3.3.2.3. *Sobrevivencia.*

La sobrevivencia se determinó con base a la relación entre el número de plantas establecidas y el número de plantas vivas encontrada al momento de la medición. La evaluación de la especie se realizó empleando las categorías propuestas por Centeno (1993), Ver Tabla 5.

Tabla 4
Categoría para la evaluación de la sobrevivencia de las plantas.

Categoría	Porcentaje de sobrevivencia
Muy bueno	80 – 100%
Bueno	60 – 79%
Regular	40 – 59%
Malo	< 40%

Fuente: Centeno (1993)

Para el cálculo del porcentaje de supervivencia se utilizó la siguiente ecuación (Ec. 1) (Linares, 2005).

$$\% \text{ sobrevivencia: } \frac{Pv}{(pv + pm)} * 100 \quad \text{Ec. 1}$$

Donde:

Pv: plantas vivas

Pm: plantas muertas

3.3.2.4. Estado fitosanitario.

Se utilizó la clasificación sanitaria de Murillo y Camacho (1997), donde se realizó la toma de datos de manera visual. En la tabla 6 se presentan cada uno de los parámetros analizados. La frecuencia de la recolección de datos se realizó cada mes durante 1 año de investigación.

Tabla 5
Clasificación estado fitosanitario de plántulas

Calidad	Parámetros
Sano	Plantas sin evidencia de problemas.
Aceptablemente sano	Plantas que presenten problemas fitosanitarios siempre y cuando no superen el 50% del follaje
Enfermo	Pérdida del eje dominante, pérdida del follaje en más del 50%, pudriciones, caídas de ramas, torcida, bifurcada
Muerto	Planta ausente o muerta en pie.

Fuente: Murillo y Camacho (1997).

3.3.3. Diseño experimental.

Para el estudio se aplicó un Diseño de bloques Completos al Azar (BCA), conocido como diseño de doble vía (Mendiburu, 2012).

El modelo estadístico para este diseño es (Ec. 2) (Lara, 2016):

$$\boxed{y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + u_{ij}} \quad \left\{ \begin{array}{l} i = 1, 2, \dots, I \\ j = 1, 2, \dots, J \end{array} \right. \quad \text{Ec.2}$$

Donde:

- y_{ij} es la variable aleatoria que representa la observación (i)-ésima del bloque (j)-ésimo.
- μ es un efecto constante que mide el nivel promedio de respuesta para todas las unidades, denominado media global.
- τ_i es el efecto producido por el nivel i-ésimo del factor principal. Se supone que $\tau_i = 0$.
- β_j es el efecto producido por el nivel j-ésimo del factor secundario o factor de bloque.

Se supone que $\sum \beta_j = 0$.

- **u_{ij}** son variables aleatorias independientes con distribución $N(0, \sigma)$, que engloban el efecto de todas las restantes fuentes de variabilidad; al igual que en el modelo completamente aleatorizado, reciben el nombre de perturbaciones o error experimental.

3.3.4. Análisis de la información.

Para el análisis estadístico, se clasificó las tres variables cuantitativas, las cuales son altura, diámetro basal, sobrevivencia. Se realizó pruebas de normalidad y homocedasticidad, en caso de la altura se aplicó una transformación Recíproca en el análisis del primer mes y en sobrevivencia se transformó el porcentaje a Arcoseno en el mes 11 y 12, para que se cumplieran los supuestos. Posteriormente se aplicó un análisis de varianza (ADEVA) con una probabilidad al 0,05, de igual manera, se realizó una prueba de Tukey y graficas de comparación de medias para las variables (Márquez, Xotla, y González, 2005). Para la variable del Estado Fitosanitario se aplicó la prueba no paramétrica de Friedman donde se categorizó numéricamente la clasificación cualitativa.

3.3.5. Determinación de costos.

Para determinar costos de establecimiento y manejo del primer año en los tres sitios de la estación experimental “La Favorita” se empleó la metodología adaptada de (Hernández, 2017). en donde se registran todas las actividades, se inicia en la preparación del terreno, plantación y manejo durante su desarrollo.

En la actividad se distinguen las siguientes etapas y labores adaptados (Hernández, 2017):

- Delimitación. Toma de coordenadas
- Preparación de suelo y plantación. Cercado, Desmonte, Colección de muestras de suelo y análisis del mismo.
- Establecimiento. Transporte de plántulas, Señalamiento, Hoyado, Plantación y Balizado.
- Manejo de la plantación. Desmalezar, Coronado y Fertilización.

Para calcular la depreciación de las herramientas usadas en la investigación se utilizó el método de línea recta (Ec. 3), que se tomó del Instituto Mexicano de Contadores Públicos (Rodríguez, 2017).

$$D = \frac{C - S}{n}$$

Ec. 3

C= Costo inicial

S= Valor de salvamento

n= vida útil

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Comportamiento de las procedencias de *Pinus patula* Schl. et Cham al primer año

4.1.1. Supervivencia.

El análisis de la varianza (ADEVA) realizado después de cumplir con los supuestos de normalidad (Shapiro-Wilks, p -valor > 0.05) y homocedasticidad (Levene, p -valor > 0.05) muestra que no existen diferencias estadísticas en procedencias en ninguna de las mediciones.

Hasta el séptimo mes se mantuvo un porcentaje de supervivencia del 100 % en todos los tratamientos. A partir del octavo mes se registró una disminución del porcentaje de supervivencia hasta alcanzar sus valores más bajos en el mes doce, en donde se registraron valores de entre 88.67 % y 92.33 %, como se observa en la Figura 3. Según la clasificación de Centeno (1993), todos los meses tuvieron una supervivencia “Muy buena”.

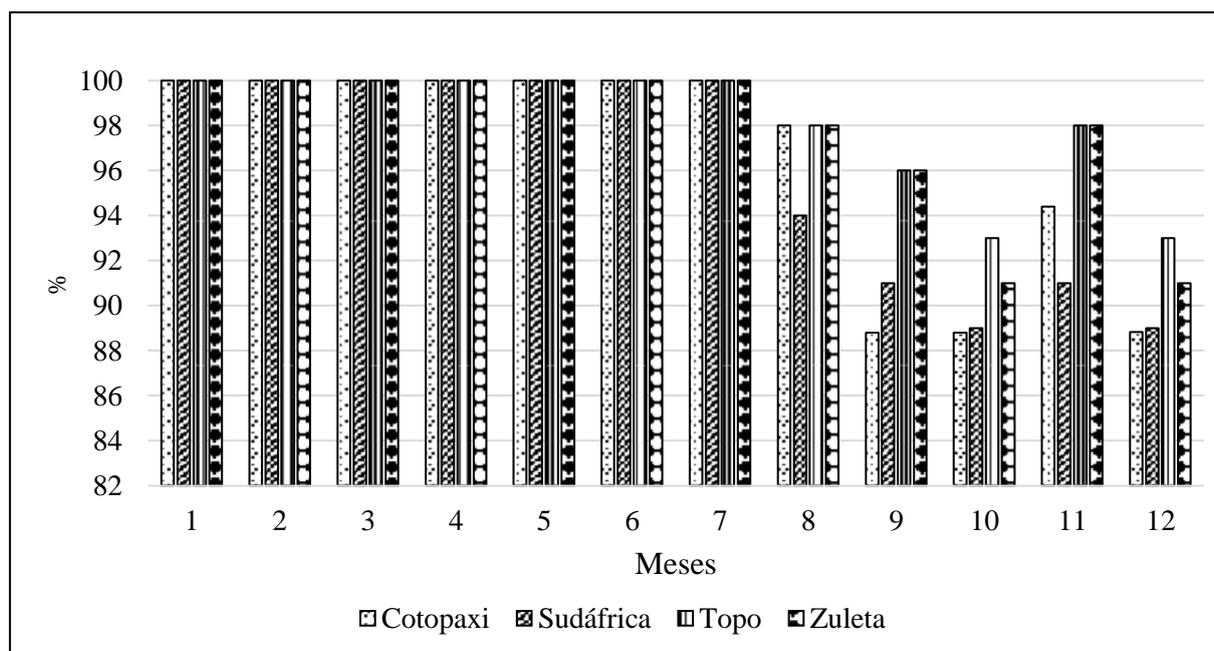


Figura 3. Porcentaje de supervivencia de plántulas de *Pinus patula* Schl. et Cham de cuatro diferentes procedencias.

Rebolledo, Mendizábal y Alba (1999), obtuvieron valores de supervivencia en el primer año de vida de la especie similares a los obtenidos en este estudio. Los factores que influyeron en la supervivencia se muestran en la Tabla 6.

Tabla 6.

Resultados obtenidos en el ensayo de Rebolledo, Mendizábal y Alba.

Sitio	Altitud (msnm)	Temperatura (°C)	Precipitación (mm)	Suelo	PH	Materia Orgánica (%)	Sobrevivencia (%)	Sobrevivencia media
Calpulalpan	2160	13.6	452.4	Franco arenoso	5.4 a 5.7	2.23 a 7.03	57.14 a 100	82.90
Orizaba	2600	19.4	1274.4	Franco arenoso	5.7 a 6.25	0.98 a 1.87	93.75 a 100	97.88

El estudio realizado por Rebolledo, Mendizábal y Alba (1999), presenta condiciones similares con el ensayo de la estación experimental “La Favorita”, para ambas situaciones los factores se encuentran dentro de los requerimientos climáticos y de suelo mencionados por Ecuador Forestal (2013), a excepción de la precipitación, Calpulalpan presenta un déficit (452.4 mm), “La Favorita” un excedente (2500- 3000 mm) y Orizaba un excedente mínimo (1274.4 mm), respecto a los requerimientos establecidos por Ecuador Forestal en el rango de 700 a 1200 mm.

Este factor que se encuentra más diferenciado ocasiona la variabilidad en la sobrevivencia, Calpulalpan presentó la media más baja, “La Favorita” una media intermedia (90 %, al doceavo mes), mientras Orizaba la más alta (Tabla 6), esto indica que en ensayos donde los valores de precipitación se alejen más de los rangos establecidos ocasionaran una menor sobrevivencia.

Como se indica en la Figura 3, la sobrevivencia empieza a disminuir en el mes ocho, mismo mes con la media más baja de precipitación (Figura 4), esto indica que la disminución se dio por la competencia hídrica en el mes más seco, tanto del mismo ensayo como de la vegetación adyacente debido a la longitud de sus raíces.

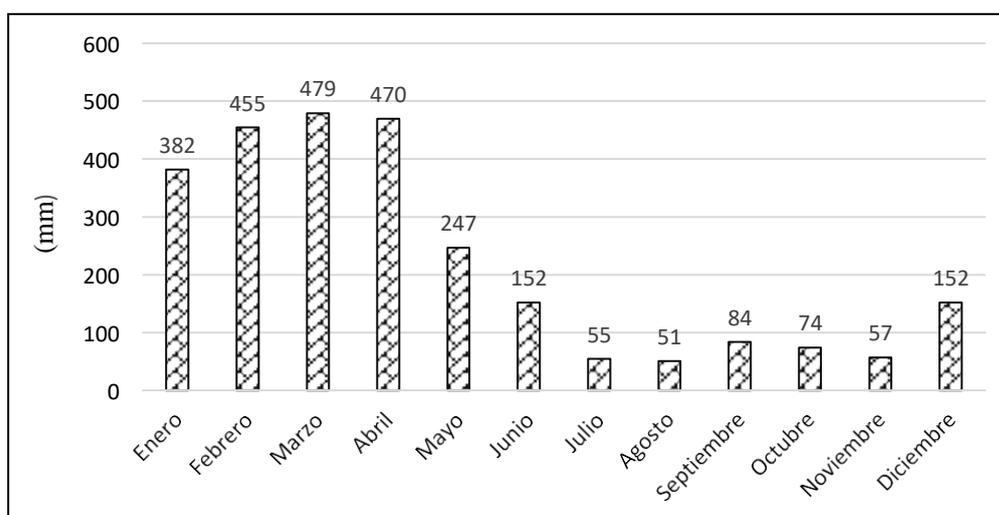


Figura 4. Grafica de precipitación mensual de la provincia Santo Domingo de los Tsáchilas

Fuente: Recuperado de Weather Atlas (2021).

4.1.2. Diámetro basal.

El análisis de la varianza (ADEVA) realizado, cumplido los supuestos de normalidad (Shapiro-Wilks, p-valor > 0.05) y homocedasticidad (Levene, p-valor > 0.05) muestra que no existen diferencias estadísticas en procedencias en ninguna de las mediciones (Tabla 7). Al doceavo mes, en comparación de medias, las de mejor rendimiento fueron las procedencias de Sudáfrica y Topo (0.90 cm) ver Tabla 7.

Tabla 7.

Tabla resumen del análisis de la varianza (ADEVA) del Diámetro basal.

Tratamientos	Observaciones					
	1	2	3	4	5	6
Cotopaxi	0,39 A	0,41 A	0,43 A	0,46 A	0,48 A	0,51 A
Zuleta	0,44 A	0,47 A	0,50 A	0,53 A	0,56 A	0,58 A
Sudáfrica	0,45 A	0,47 A	0,51 A	0,53 A	0,55 A	0,57 A
Topo	0,52 A	0,55 A	0,57 A	0,60 A	0,63 A	0,64 A
	7	8	9	10	11	12
Cotopaxi	0,54 A	0,57 A	0,61 A	0,65 A	0,70 A	0,76 A
Zuleta	0,62 A	0,66 A	0,70 A	0,74 A	0,83 A	0,88 A
Sudáfrica	0,60 A	0,63 A	0,67 A	0,73 A	0,82 A	0,90 A
Topo	0,67 A	0,69 A	0,73 A	0,78 A	0,83 A	0,90 A

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

Según Muñoz, Hernández, Hernández, García y Barrera (2015), el IMA de *Pinus patula* Schl. et Cham en diámetro es de 1.41 cm, esta investigación se la realizó en Hueyapan, Puebla y se evaluó a los

7.7 años, clima semicálido húmedo con lluvias todo el año, pendiente de 15-30% y altitud de 1620 msnm, condiciones más cercanas a las originarias de la especie, motivo por lo cual la mejor media de la evaluación que fue de 0,90 cm (Tabla 7) en procedencias, sumada las limitaciones edafoclimáticas es mucho menor.

La especie ha demostrado que es más sensible a las deficiencias de fósforo y a las altas concentraciones de aluminio, potasio y magnesio (Córdoba, 1984), esto indica que el desarrollo de *Pinus patula* Schl. et Cham en la estación experimental “La Favorita” no será el mejor, ya que en los tres sitios existió baja concentración de fósforo y el sitio 1 contiene alta concentración de potasio y magnesio, lo cual se buscó corregir mediante la fertilización en los seis primeros meses, desde este mes las diferencias entre tratamientos dejaron de ser significativas en la variable altura, teniendo mejor relación diámetro-altura.

Según Ospina, Hernández, Rincón, Sánchez, Urrego, Rodas, Ramírez, y Riaño (2011), los factores que pueden provocar la muerte de las plántulas o un bajo rendimiento son las

pendientes pronunciadas con suelos con poca retención humedad, sequía prolongada y competencia por luz solar, factor que más influyó en la investigación. Principalmente por ser una especie de rápido crecimiento necesita mayor cantidad de agua y luz por estar en constante desarrollo.

4.1.3. Altura.

El análisis de la varianza (ADEVA) realizado, cumplido los supuestos de normalidad (Shapiro-Wilks, p -valor > 0.05) y homocedasticidad (Levene, p -valor > 0.05) muestra que el primer semestre de la evaluación presentó diferencias estadísticas en procedencias, mientras que, para el segundo semestre de la investigación no existieron diferencias. Ver Tabla 8.

Al final de la toma de datos en los 12 meses no se encontraron diferencias estadísticas en tratamientos, aunque, mediante graficas de comparación la mejor media en procedencias fue de Sudáfrica (63.5 cm). Ver Tabla 8.

Tabla 8.

Tabla resumen del análisis de la varianza (ADEVA) de la altura.

Tratamientos	Observaciones					
	1	2	3	4	5	6
Cotopaxi	23,94 A	25,17 A	26,80 A	28,81 A	30,30 A	31,34 A
Zuleta	26,67 AB	27,98 AB	30,01 AB	32,00 AB	34,10 AB	35,99 AB
Sudáfrica	26,14 AB	27,46 AB	29,44 AB	32,03 AB	35,09 AB	38,32 B
Topo	29,44 B	30,94 B	32,78 B	34,62 B	36,74 B	39,29 B
	7	8	9	10	11	12
Cotopaxi	33,60 A	36,91 A	39,77 A	42,78 A	45,90 A	48,55 A
Zuleta	38,08 A	42,33 A	45,72 A	49,90 A	53,66 A	57,00 A
Sudáfrica	41,48 A	45,38 A	49,96 A	54,28 A	58,84 A	63,50 A
Topo	41,58 A	44,87 A	48,22 A	51,03 A	54,76 A	57,32 A

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

Según Muñoz, Hernández, Hernández, García y Barrera (2015), el IMA de *Pinus patula* Schl. et Cham en altura es de 93 cm, mismas condiciones mencionadas en la variable diámetro, en altura se puede encontrar en la mejor media un crecimiento menor, el cual fue 63,5 cm (Sudáfrica), esto indica la correlación que existe entre diámetro y altura reflejado tanto en el estudio de 2015 y el presente, por lo que se puede concluir que los mismos factores mencionados en la variable diámetro afectan de similar manera al altura.

No obstante, las principales causas para que la relación altura-diámetro pueda variar son: la competencia de plantas herbáceas o arbustivas por la luz y una densidad de plantación muy alta, donde se obliga a la plántula a crecer más en altura que en diámetro, el *Pinus patula* Schl. et

Cham es intolerante a la sombra y sensible a la competencia por el agua durante sequías prolongadas (Gutierrez y Ladrach, 1980), debido a esto el desarrollo de las plántulas en el ensayo se vio afectado principalmente por la sombra, Ver Figura 5.

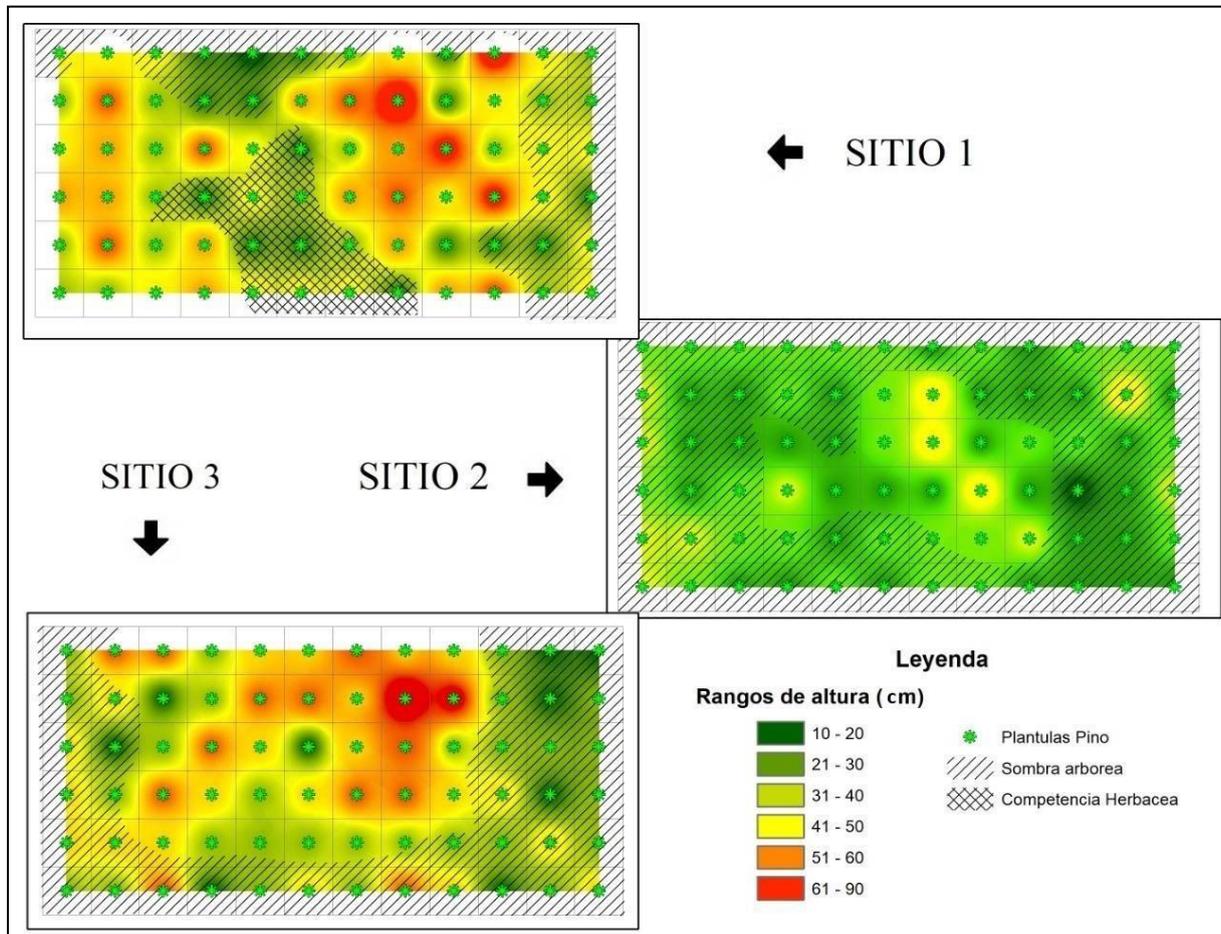


Figura 5. Mapa de crecimiento en altura de *Pinus patula* Schl. et Cham con influencia de la sombra enfocadas en las tres primeras y últimas horas de luminosidad diaria.

4.1.4. Estado Fitosanitario.

Se realizó la prueba no paramétrica de Friedman en cada una de las 12 mediciones, no existieron diferencias estadísticas en ninguno de los meses como indica la prueba de Friedman (Tabla 9), en el mes 12 todos los tratamientos se mantuvieron en la clasificación uno (SANO), a excepción de Cotopaxi en el Sitio 2, que estuvo en la clasificación dos (ACEPTABLEMENTE SANO).

Tabla 9.

Prueba de Friedman

PZu	PSu	PCo	PTo	T ²	P
2,33	2,33	3,00	2,33	1,00	0,4547

Mínima diferencia significativa entre suma de rangos=3,460

Tratamiento	Suma (Ranks)	Media (Ranks)	N
Topo	7,00	2,33	3 A
Sudáfrica	7,00	2,33	3 A
Zuleta	7,00	2,33	3 A
Cotopaxi	9,00	3,00	3 A

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

Un estudio realizado por Aguirre, Ordóñez, y Hofstede (2012), menciona el comportamiento de *Pinus patula* Schl. et Cham en función del estado fitosanitario en la sierra ecuatoriana, específicamente en Miraflores, Baños bajo, Baños alto y Yanasacha. Donde la especie presenta rangos de sano y aceptablemente sano, valores similares a los obtenidos en esta evaluación.

Según Arregui y Pérez (2015), se debe a los mecanismos de resistencia a enfermedades y plagas, incluyen caracteres de defensa físicos que impiden o dificultan la penetración, consumo o degradación por parte de los organismos invasores, y compuestos químicos que resultan repelentes o tóxicos para éstos. Los pinos, tienen particularidades sorprendentes a nivel evolutivo, los caracteres de resistencia siguen un patrón similar, con una alta diferenciación entre poblaciones y una gran variabilidad genética dentro de estas, bien porque la historia evolutiva de las distintas poblaciones en relación a la presión de enfermedades y plagas pudo ser muy diferente, o bien por factores relacionados con la diferenciación genética y ambiental entre poblaciones

4.2. Objetivo 2. Determinación de costos de plantación

Los costos totales del establecimiento de la plantación y manejo de *Pinus patula* Schl. et Cham fue de 526,67 dólares, cuyo valor extrapolado a una hectárea fue de 2950,53 dólares. A continuación, se muestra un resumen de los costos del ensayo (Tabla 7), mientras que los costos detallados se indican en el anexo 6.

López y Caballero (2018), realizaron un análisis financiero de la rentabilidad de las plantaciones de *Pinus patula* Schl. et Cham, en el municipio de Huayacocotla- México, el área de la plantación fue de 3000 m², con una densidad de 2.5 x 2.5 m, donde indican un valor de establecimiento de 667 \$, cuyo valor en hectárea fue de 2223.33 dólares.

Ecuador Forestal (2010), publicó una ficha técnica de pino en donde el valor por hectárea fue de 657.8 dólares, a una densidad de 3x3 m, mientras que, Yacelga (2011), presenta una cifra de

1585 dólares, en la provincia de Imbabura con un espaciamiento de 2x2 m, sin embargo, estos valores a la fecha serían mucho mayores, ya que el salario básico en 2010 era de 240 \$ a diferencia del actual (2020-2021) de 400 \$.

En el ensayo actividades como: el desmonte por la vegetación densa, el cercado de los tres sitios para evitar el ataque de animales, la fertilización y análisis de suelo específica para cada sitio y factores como: la distancia entre sitios (mayor a 20 m) , la precipitación cuya frecuencia dificultaba el manejo de la plantación y así mismo aceleraba el crecimiento de las plantas herbáceas, son circunstancias que hacen que los costos en este ensayo sean mayores a diferencia de otras plantaciones.

Cada investigación tiene valores diferentes ya que existen rubros que dependerán siempre del área donde se vaya a realizar la plantación, la dificultad de condiciones incrementa o disminuye los valores totales, a pesar de ello, la ficha técnica solo incluye actividades generales como señalamiento, hoyado, plantación y limpieza que sirven de base para cualquier ensayo.

La inflación sufrida cada año hace que los valores actuales sean mayores, por el aumento económico de productos y servicios principalmente: mano de obra, herramientas y fertilizantes. Se puede determinar cómo actividades con mayor costo la limpieza y el coronado, que juntos requieren nueve jornales (seis coronas y tres limpias) durante la investigación, debido al rápido crecimiento de la vegetación herbácea.

La fertilización puede ser considerado un rubro opcional junto al análisis de suelo, si fuera este el caso, el valor por hectárea sería de 1900,37 \$ en la investigación realiza en la estación experimental “La Favorita”.

Tabla 10
Resumen de tabla de costos del ensayo.

Actividades	Total (\$)
1. Delimitación	2,51
2. Preparación del terreno	218,06
3. Establecimiento	38,63
4. Manejo	267,46
TOTAL	526,67

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- Ninguna de las procedencias presentó diferencias estadísticas, sin embargo, matemáticamente la procedencia de Sudáfrica presenta mayor rendimiento en variables dasométricas ($h=63,5$ cm y $d=0,90$ cm).
- El costo de plantación fue de 2950.53 dólares/ha. que incluyó limpieza, coronamiento y manejo de la plantación del primer año de estudio.

5.2. Recomendaciones

- Es recomendable seguir la evaluación y mantenimiento luego del primer año, ya que el material genético seleccionado ya tiene un historial base que es de esencial importancia en ensayos de mejoramiento genético.
- Se recomienda realizar un nuevo análisis de suelo para los siguientes años, esto con fin de verificar la influencia de la fertilización del primer año y comprobar que las condiciones edáficas se acercan o sean las requeridas para la especie.
- Es importante realizar análisis acerca de costos al implementar plantaciones en distintos sitios, con condiciones controladas y las no controladas como variables, con fin de determinar el aspecto más influyente en el aumento o disminución de los mismos.
- Dadas las características de los sitios y las procedencias, se recomienda realizar un análisis de costos para la obtención de la semilla o de la plántula, si el beneficio genético no es significativo, es mejor elegir la procedencia de menor costo y de fácil acceso.

CAPITULO VI

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguirre, N., Ordóñez, L., y Hofstede, R. (2012). *Comportamiento inicial de especies forestales plantadas en el páramo*. Quito: ECOPAR.
- Antón, D. (2013). *Evaluación de crecimiento inicial en tres especies del género inga en sistema agroforestal*. Lima-Perú: Universidad Politécnica de Valencia.
- Arregui, R., y Pérez, L. (2015). Resistencia de los pinos a plagas y enfermedades: nuevas oportunidades de control fitosanitario. Cuadernos de la Sociedad Española de Ciencias Forestales, (39), 259-273.
- Billene, R. (1999). *Análisis de costos*. Argentina: Ediciones Jurídicas Cuyo.
- Burley, J., y Wood, P. (1979). *Manual sobre investigaciones de especies y procedencias con referencia especial a los trópicos*. Commonwealth Forestry Institute. Oxford: Tropical Forestry Paper No. 10 y 10A.
- Cardoso, J. M. (2014). *Identificación y selección de árboles semilleros de especies forestales nativas por medio de imágenes satelitales en la microcuenca del Río Chimborazo* (Tesis de Licenciatura, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo).
- Centeno, M. (1993) *Inventario Nacional de Plantaciones Forestales en Nicaragua*. Managua, Nicaragua.
- Chapman, G., y Allan, G. (1978). *Técnicas de establecimiento de plantaciones forestales*. Roma: FAO.
- Chicaiza, K. (2019). *Ensayo de germinación de seis procedencias de Pinus patula Schl et Cham, sector granja experimental Yuyucocha, cantón Ibarra, provincia de Imbabura*. (Tesis de pregrado) Universidad Técnica del Norte. Ibarra, Ecuador.
- Convención Internacional de Protección Fitosanitaria. (2010). *Guía fitosanitaria*: FAO.
- Cornelius, J., y Ugarte, J. (2010). *Introducción a la Genética y Domesticación Forestal para la Agroforestería y Silvicultura*. Perú: World Agroforestry Centre.
- Ecuador Forestal. (2013). *Ficha técnica Pino (Pinus patula)* (N°14). [https://ecuadorforestal.org/fichas-tecnicas-de-especies-forestales/ficha-tecnica-no-14-pino-pinus-patula/#:~:text=El%20Pino%20p%C3%A1tula%2C%20es%20una,](https://ecuadorforestal.org/fichas-tecnicas-de-especies-forestales/ficha-tecnica-no-14-pino-pinus-patula/#:~:text=El%20Pino%20p%C3%A1tula%2C%20es%20una)

- de%20plantaciones %20 con %20fines % 20industriales.&text= Los%20%C3%A1rboles % 20maduros % 20de%20esta, del%20tronco%20libre%20de%20ramas.
- Ecuador Forestal. (2010). *Ficha técnica Pino* (N°11). <http://ecuadorforestal.org/wp-content/uploads/2010/08/PINO.pdf>
- Estrella, J. (2005). *Biodiversidad y recursos genéticos: una guía para su uso y acceso en el Ecuador*. Editorial Abya Yala.
- FAO. (2020). Recursos genéticos forestales. Recuperado de <http://www.fao.org/forest-genetic-resources/es/>
- Flores, F. (2004). *Creación y restauración de ecosistemas de manglar: principios básicos*. México: Universidad Autónoma Nuevo León.
- Garcés, T. (2016, 10 de junio). *Hacienda la favorita*. Emaze. <https://www.emaze.com/@AZLZZQQT>.
- Gil Stauffer. (2013, 03 de septiembre). *Transportar plantas*. GS España. <http://www.grandessoluciones.com/inicio/articulos/mudanzas-como-hago-para-transportar-las-plantas/>.
- Gutiérrez, B., y Flores, A. (2017). Rodales semilleros: Opción para la conservación in situ de recursos genéticos forestales en Chiapas, México. *Foresta Veracruzana*, 19(2), 41-48.
- Hernández, J. G. (2017). *Contabilidad de costos*. Trillas.
- Herrera, C. (2016). *Evaluación de fuentes semilleras de especies forestales nativas, como apoyo a programas y políticas de reforestación de la provincia de Loja* (Tesis Doctoral). Universidad Nacional de Loja. Loja, Ecuador. 79 P.
- Imaña, E., y Encinas, B. (2008). *Epidometría forestal*. Brasil: Edikapas C.A.
- Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. (2001). *Ensayos de especies forestales*. Venezuela: IICA.
- Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias. (2012). *Situación de los recursos genéticos -Informe País- Ecuador*. Ecuador: FAO.
- Labonort. (09 de diciembre de 2019). Análisis químico, suelos y aguas. (J. Villota, Entrevistador) Obtenido de <http://www.labonort.com/index.php>
- Lara, M. (2016). *Diseños en bloques aleatorizados*. España: Universidad de Granada.

Departamento de estadística e IO.

León, M., y Tantas, R. P. (2017). La Inversión, En Materia Prima y Su Influencia en la Productividad en La Maderera Industrias Forestales Mantovani SAC–S JL 2016.

Linares, E. (2005). Instructivo para determinar la supervivencia en plantaciones forestales. Ed. MINAG. (Instrucción Técnica 6).

López, A., y Caballero, M. (2018). Análisis financiero de una plantación de Pinus patula Schiede ex Schltdl. et Cham. de pequeña escala. *Revista mexicana de ciencias forestales*, 9(46), 186-208. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v9i46.116>.

Maigua, P. (2014). *Cuantificación de biomasa mediante un estudio dendrométrico en cultivo de ciruelo, en la Granja experimental La Pradera*. Ibarra: Universidad Técnica del Norte.

Márquez, J., Xotla, U., y González de la Torre, J. (2005). *Estudio de germinación y crecimiento inicial de plántulas de Cedrela odorata L.* Xalapa, México.

Martínez, V., Valverde, L. F., Gamboa, O. M., y Badilla, Y. (2016). Potencial de mejoramiento genético en Dipteryx panamensis a los 33 meses de edad en San Carlos, Costa Rica. *Revista Forestal Mesoamericana Kurú*, 13(30), 3-12.

Maurillo, O., Espitia, E., y Castillo, C. (2017). *Mejoramiento Genético Forestal*. Honduras: BCIE.

Mendiburu, F. (2012). Diseño de bloques completos al azar: DBCA. <https://tarwi.lamolina.edu.pe/~fmendiburu/indexfiler/academic/metodos1/Bloques.pdf>.

Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural y Corporación Nacional de Investigación y Fomento Forestal. (1998). *El Plan estratégico sobre mejoramiento genético de Cordia alliodora y Tabebuia rosea en Colombia*. Serie de Documentación No. 29. CONIF. Santafé de Bogotá. 40p.

Ministerio de Agricultura y Ganadería. (2016). *Programa de Incentivos para la Reforestación con Fines Comerciales*. Guayaquil, Ecuador: MAG.

Ministerio del Ambiente y Agua del Ecuador, 2017 [Subsecretaría de Patrimonio Natural, Mapa de Cobertura y Uso de la Tierra]. [Mapa de Bogotá, Colombia en Google maps]. Recuperado el 18 de marzo, 2021, de: <https://mapainteractivo.ambiente.gob.ec>.

- Ministerio del Ambiente y Agua del Ecuador. (2018). *Estadísticas del Patrimonio Natural del Ecuador Continental*. (2.^a ed.). Recuperado de <https://proamazonia.org/wp>.
- Montero, M., Valdez, I., De Los Santos, M., Cetina, M., y Sánchez, R. (2011). Crecimiento inicial de especies arbóreas multipropósito en un terreno ganadero del norte de Veracruz. Distrito Federal, México: *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 2(3).
- Muñoz, H., Hernández, O., Hernández, P., García, J. y Barrera, R. (2015). Comparación del crecimiento de *Pinus chiapensis* (Martínez) Andresen, *Pinus greggii* Engelm. Y *Pinus patula* Schl. et Cham. en plantaciones comerciales e establecidas en hueyapan, Puebla. Xalapa, México. *Foresta Veracruzana*, 17(1), pp. 1-8. Recursos Genéticos Forestales.
- Murillo, O. y Badilla, Y. (2005). *¿Qué es mejoramiento genético forestal? Manual*. Taller de Publicaciones del Instituto Tecnológico de Costa Rica. Escuela de Ingeniería Forestal. Cartago, Costa Rica. 14 p.
- Murillo, O., y Camacho, P. (1997). *Metodología para la evaluación de la calidad de plantaciones*. Costa Rica.
- Oliver, P., Tim, B., Ted, F., y Roel, B. (2016). *Manual de Campo para el Establecimiento y la Remedición de Parcelas*. Edición 2016: RAINFOR.
- Ospina, M., Hernández, R., Rincón, A., Sánchez, A., Urrego, B., Rodas, A., Ramírez, C. y Riaño, N. (2011). Guías silviculturales para el manejo de especies forestales con miras en la producción de madera en la zona andina colombiana. El pino pátula. *Pinus patula* Schltl. et Cham. Recuperado de <https://www.cenicafe.org/es/publications/pinus.pdf>
- Pacheco, E., Díaz, M., Coronel, W., Asanza, J., y Jadán, Á. (2017). Valoración financiera de una plantación de *Pinus patula* Schiede ex Schltl. & Cham, en la microcuenca Zamora Huayco–Loja, Ecuador. *Bosques Latitud Cero*, 7(1).
- Pascua, K. (2014). Ensayo de cuatro procedencias de Marango (*Moringa oleífera* Lam.) en la finca Santa Rosa Universidad Nacional Agraria, Nicaragua (Tesis de doctorado), Universidad Nacional Agraria, UNA.
- Prado, L. (2002). *Estudio de mercado de semillas forestales nativas y exóticas en siete cantones de Loja, Ecuador*. Fundación Ecológica Arco iris, Proyecto Producción y comercialización de semillas de especies nativas en el cantón Loja. 62 p.

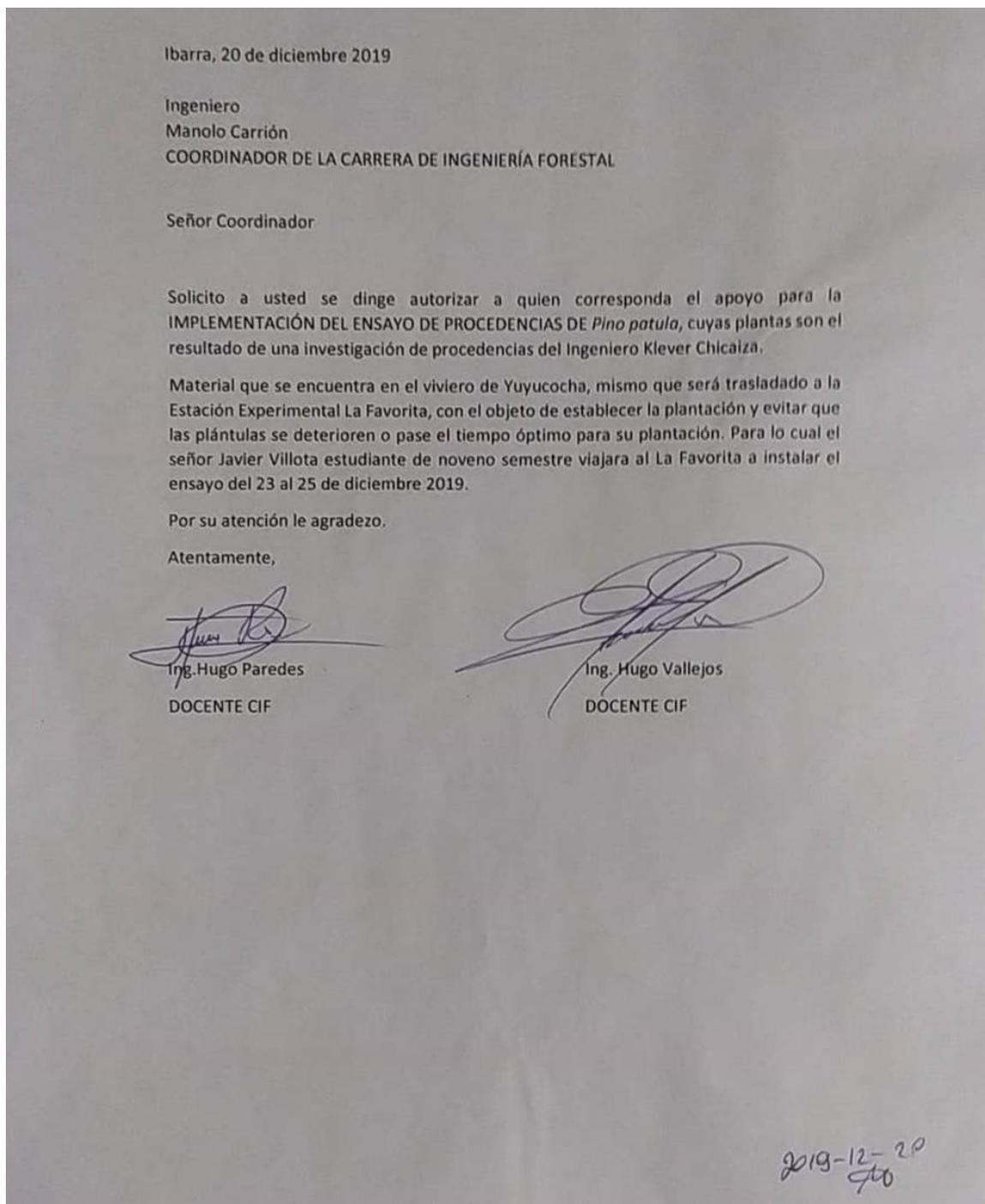
- Prieto, R., y López, U. (2006). Colecta de semilla forestal en el género *Pinus*. Folleto técnico No. 28. Campo Experimental Valle del Guadiana. SAGARPA-INIFAP. Durango, México. 41 p
- Prieto, Á., Santos, D., Goche, R., González, M., y Pulgarín, Á. (2018). Supervivencia y crecimiento de dos especies forestales, con base en la morfología inicial al plantarse. México: Scielo, *Rev. mexicana. de ciencias forestales*.9(47).
- PROFAFOR. (27 de diciembre de 2011). Productos: Semillas forestales o maderables y frutales. Recuperado de <http://www.profafor.com/portal/es/productos/semillas-certificadas>.
- PROSEFOR. (1994). *Curso Nacional sobre identificación, selección y manejo de rodales semilleros*. Baja Verapaz-Guatemala: CATIE/Danida.
- Puenayan, D. (2016, 04 de septiembre). *Granja Experimental La Favorita Universidad Técnica del Norte 2020* [video]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=iDe3GaW8S-M>
- Quinchuela, D. (2015). *Aprovechamiento forestal semi-mecanizado de madera de Pinus radiata D. Don (Pino) en plantaciones de la empresa Novopan del Ecuador sa en la parroquia Cebadas, cantón Guamote provincia de Chimborazo*. (Tesis de licenciatura). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- Quiroz, J., García, L. M., y Quiroz, F. R. (2012). Mejoramiento vegetal usando genes con funciones conocidas. *Ra Ximhai*, 8(3b), 79-92.
- Ramírez, J. (2018). Evaluación de un ensayo de procedencias/progenie de *Swietenia macrophylla* KING establecido en la balsa (Tesis Doctoral). Universidad veracruzana.
- Rebolledo, V., Mendizábal, L. y Alba, J. (1999). Evaluación de familias comunes de *Pinus patula Schl. et Cham*. Establecidas en dos ensayos de progenie. Xalapa, México. *Foresta Veracruzana*, 1(2), pp. 19-24. Recursos Genéticos Forestales.
- Rodríguez, A. F. (2017). Finanzas 2. Finanzas corporativas: una propuesta metodológica, Instituto Mexicano de Contadores Públicos.
- Rodríguez, R., Benito, L., y Estrada, S. (2009). *Manual: Como plantar un árbol*. Oviedo: FAO.
- Rosero, B., y Cuamacas, D. (2005). *Propuesta del plan de manejo de los recursos naturales de*

- la estación experimental la Favorita* (Tesis de pregrado). Universidad Técnica del Norte. Ibarra, Ecuador.
- Salas, A. (2013). *Clasificación de los costos*. México: Universidad Veracruzana.
- Salazar, F. J. (2010). Apoyo en las actividades de manejo de semillas forestales de especies nativas provenientes de fuentes semilleras locales en el vivero forestal La Florida de la Corporación Autónoma Regional del Cauca.
- Siqueiros Candia, M., Morales Nieto, C. R., Santellano Estrada, E., Melgoza Castillo, A., Alarcón Bustamante, M., & Martínez Salvador, M. (2017). Variabilidad morfológica de poblaciones de *Pinus durangensis*, *P. engelmannii* y *P. arizonica* en el estado de Chihuahua. *TECNOCENCIA Chihuahua*, 11(3), 138-146.
- Vallejo, A. (2018). Pino pátula. Universidad Nacional, sede Medellín. *DFM Directorio Forestal Maderero*.
- Vinueza, Marco. (2013). Ficha Técnica No. 14 Pino (*Pinus Patula*). Ecuador Forestal. Recuperado de: <https://ecuadorforestal.org/fichas-tecnicas-de-especies-forestales/ficha-tecnica-no-14-pino-pinus-patula/>
- Yacelga, L. (2011). *Evaluación de crecimiento inicial de 25 procedencias de Pinus Patula Schlect. et. cham en la granja experimental la "Pradera" provincia de Imbabura* (Tesis de pregrado). Universidad Técnica del Norte. Ibarra, Ecuador.
- Yardin, A. (2002). Una revisión a la teoría general del costo. *Revista Contabilidade & Finanças*, 13(30), 71-80.

CAPITULO VII

ANEXOS

Anexo 1. Solicitud de la implementación del proyecto de investigación enviada.



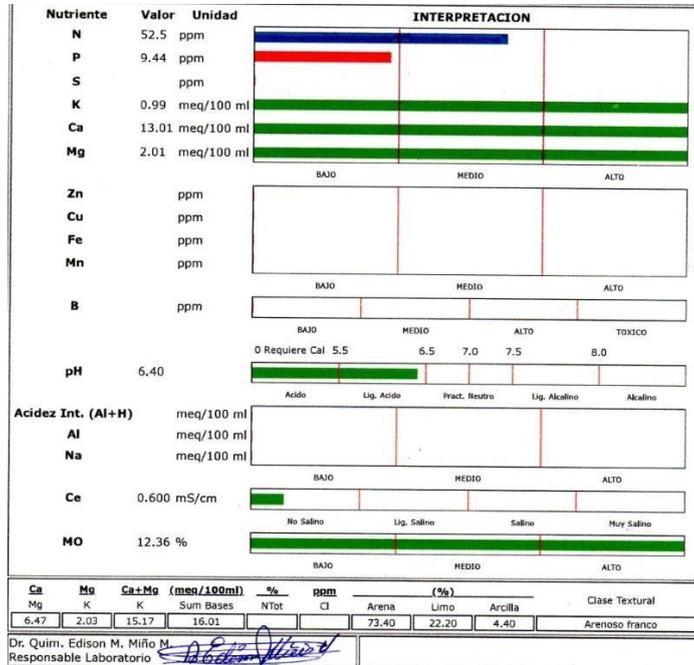
Anexo 2. Características edafoclimáticas de las procedencias.

Variable		PROCEDENCIA			
		Zuleta	Topo	Cotopaxi	Sudáfrica
Datos informativos	Político	Parroquia de Angochagua, al suroriente de la provincia de Imbabura y al sur del Cantón Ibarra	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: 17N817095 Longitud:10025975	Latitud: Longitud:	Latitud:36N305179 Longitud: 3209634
	Especie	<i>Pinus patula</i> Schl. et Cham	<i>Pinus patula</i> Schl. et Cham	<i>Pinus patula</i> Schl. et Cham	<i>Pinus patula</i> Schl. et Cham
	Densidad	3*3m	2,5*2,5m marco real	2,5*2,5m	3*3m
	Edad	10 años	9 años	12 años	12 años
Datos técnicos	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: 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.
Condiciones ambientales	Temperatura media anual	12.4 °C	12°C y los 19°C.	14,1°C	Varía entre 17°C y 26°C.
	Precipitación media anual	980 mm	750 mm a 1000 mm	664,5 mm	478 mm
	Altitud	2897 msnm	2828 msnm	3700 msnm	1310 msnm
Suelos	Textura	Limo-arenosos, o arenolimosos.	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 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 %.	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	Podas	Podas y raleos	Podas y raleos

Anexo 3. Características de los sitios.

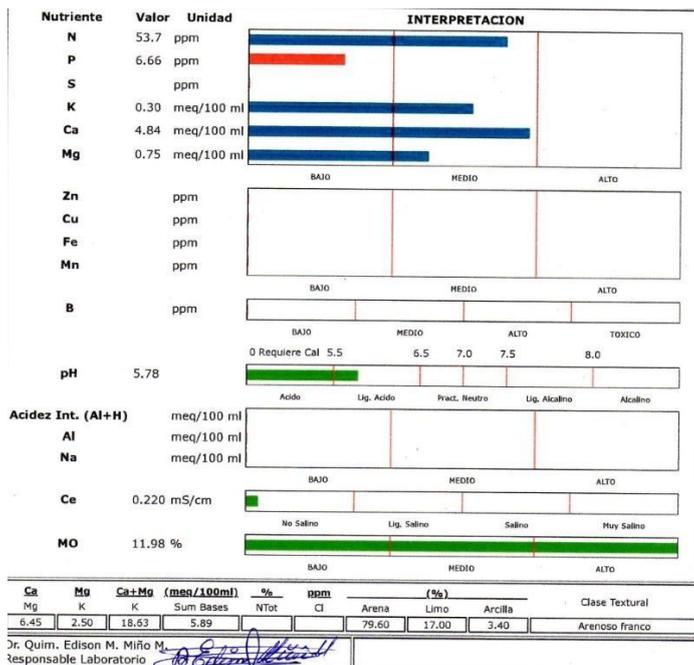
Se encuentra continua a las plantaciones de araucaria y pino, la vegetación dominada por arbustos y matas, pastos, plantas de porte herbáceo y plantas geófitas, escasos arboles de altura media y alta.

Sitio 1



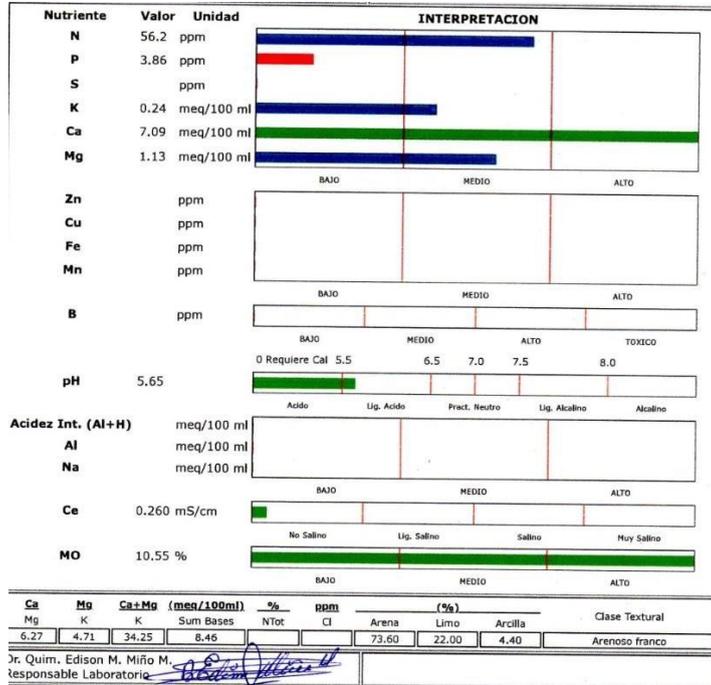
Está situada aproximadamente a 60 metros de la casa de administración de la estación experimental "La Favorita", con vegetación predominante de árboles de mediana altura y arbustales, además es parte de remanente de una plantación de araucaria.

Sitio 2



Se encuentra aproximadamente a 50 metros del rio Soloya, con vegetación predominante de árboles de mediana altura con gran diversidad, poco accesible por la densidad de plantas herbáceas, suelos húmedos con ciertas zonas inundadas.

Sitio 3



Anexo 4. Tabla resumen del análisis de costos detallados del ensayo, (Hd*= Herramienta o equipo depreciable).

Actividades	Fuerza de trabajo			Insumos Físicos			Total (\$)
	Mano de obra (Jornal)	Valor unitario (\$)	Subtotal (\$)	Descripción	Cantidad	Subtotal (\$)	
1. Delimitación							
1.1. Toma de coordenadas	0,125	20	2,5	GPS (Hd*)	1 μ	0,0137	2,514
2. Preparación del terreno							
2.1. Cercado	1	20	20	Brújula (Hd*)	1 μ	0,011	91,512
				Piola	100 m.	1,500	
				Alambre de púas	200 m.	70,000	
				Postes	60 μ	0	
				Machete (Hd*)	1 μ	0,001	
2.2. Desmonte	1	20	20	Machete (Hd*)	4 μ	0,005	20,047
				Motosierra (Hd*)	1 μ	0,041	
2.3. Toma de muestras de suelo	0,125	20	2,5	Palas (Hd*)	1 μ	0,002	6,502
				Ziploc	1 caja	2,750	
				Etiquetas	1 paquete	0,500	
				Marcador	1 μ	0,750	
2.4. Análisis de suelos							100
3. Establecimiento							
3.1. Transporte plántulas	1	20	20	Cajas	3 μ	0,600	21,100
				Cinta	1 μ	0,500	

3.2. Señalamiento	0,125	20	2,5	Palas (Hd*)	2 μ	0,005	2,505
3.3. Apertura de hoyos	0,250	20	5	Hoyadora (Hd*)	2 μ	0,005	5,005
3.4. Plantación y Balizado	0,5	20	10	Carretilla (Hd*)	1 μ	0,022	10,022
				Balizas	216 μ	0	
4. Manejo							
4.1. Limpieza	4,5	20	90	Machete (Hd*)	4 μ	0,005	90,005
4.2. Coronado	4,5	20	90	Azadón (Hd*)	4 μ	0,005	90,005
4.3. Fertilización	1,5	20	30	18-46-0	47,6 kg	32,630	87,45
				Sulfato de amonio	17,85 kg	5,150	
				Nitrato de amonio	8,925 kg	3,070	
				Uria	11,9 kg	4,670	
				0-0-60	23,8 kg	8,990	
				Sulpomag	5,95 kg	2,940	
				Recipiente (Hd*)	1 μ	0,003	
COSTO TOTAL							526,67

Anexo 5. Fotografías de la investigación.



Fotografía 1. Instalación de ensayo en la Granja Experimental “La Favorita”



Fotografía 2. Toma de muestras de suelo



Fotografía 3. Hoyado y plantación.



Fotografía 4. Fertilización de plántulas.



Fotografía 5. Medición y toma de datos.

A 31	A 27,2	A 23	A 40	A 50,7	A 22
A 4	A 19,8	A 5	A 23,3	A 8	A 3
A 24,5	A 20	A 33	A 12,5	muerto	A 29
A 20	A 20,5	A 2	A 2	A 6	A 2
A 23,3	A 26	A 23,2	A 27	A 25,2	A 23,4
A 17,2	A 24	A 14	A 24	A 23	A 50,2
A 22	A 18	A 27	A 23	A 24,2	A 27,4
A 24,4	A 20	A 47,2	A 14	A 4	A 22,2
A 17	A 22,5	A 16	A 25,5	A 17,5	A 25,2
A 26,5	A 27,3	A 10	A 2	A 22,2	A 2
A 22	A 25,2	A 14,5	A 2	A 34	A 24
A 23,2	A 27,3	A 33	A 4	A 10	A 24,3
A 3	A 4	A 6	A 4	muerto	A 6

Fotografía 6. Libreta de campo.



Fotografía 7. Plántula de *Pinus patula* Schl. et Cham



Fotografía 8. Coronado de las plántulas.



Fotografía 9. Limpieza del ensayo.



Fotografía 10. Plantación de *Pinus patula* Schl. et Cham (Sitio 1).



Fotografía 11. Plantación de *Pinus patula* Schl. et Cham (Sitio 2).



Fotografía 12. Plantación de *Pinus patula* Schl. et Cham (Sitio 3).