



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y
AMBIENTALES**

CARRERA DE INGENIERÍA FORESTAL

**ANÁLISIS DE 25 PROCEDENCIAS DE *Pinus patula* Schlect. et Cham
PARA SU CATEGORIZACIÓN COMO FUENTE SEMILLERA EN LA
PROVINCIA DE IMBABURA**

**TRABAJO DE GRADO PRESENTADO COMO REQUISITO PARA
OPTAR POR EL TÍTULO DE INGENIERO FORESTAL**

AUTOR:

GUIDO ARMANDO YÉPEZ SANDOVAL

DIRECTOR:

ING. EDGAR VÁSQUEZ MBA

IBARRA – ECUADOR

2012

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

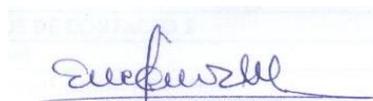
“Análisis de 25 procedencias de *Pinus patula* Schlect. et Cham para su categorización como fuente semillera en la provincia de Imbabura”

Tesis revisada por el Comité Asesor, por lo cual se autoriza su presentación como requisito parcial para obtener el Título de:

INGENIERO FORESTAL

APROBADO:

Ing. Edgar Vásquez MBA.



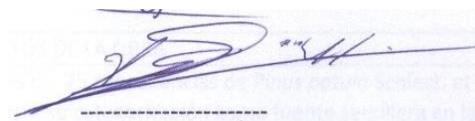
Director

Ing. Antonio Jaramillo Mg.Sc.



Asesor

Ing. Roberto Sánchez MSc.



Asesor

Ing. Carlos Arcos MSc.



Asesor

Ibarra – Ecuador

2012



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN

A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

La Universidad Técnica del Norte dentro del proyecto repositorio Digital Institucional, determinó la necesidad de disponer de textos completos en formato digital con la finalidad de apoyar los procesos de investigación, docencia y extensión de la Universidad.

Por medio del presente documento dejo sentada mi voluntad de participar en este proyecto, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO 1			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	100310286-8		
APELLIDOS Y NOMBRES:	YÉPEZ SANDOVAL GUIDO ARMANDO		
DIRECCIÓN	IBARRA LA ESPERANZA CALLE CADENA SN		
EMAIL:	guidoyepezs@gmail.com		
TELÉFONO FIJO:	062 2660 127	TELÉFONO MÓVIL:	081162553

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	"Análisis de 25 procedencias de <i>Pinus patula</i> Schlect. et Cham para su categorización como fuente semillera en la provincia de Imbabura".
AUTOR:	YÉPEZ SANDOVAL GUIDO ARMANDO
FECHA:	15 de junio del 2012
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
PROGRAMA:	X PREGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	INGENIERO FORESTAL
DIRECTOR:	Ing. EDGAR VÁSQUEZ MBA.

2. AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD

Yo, YÉPEZ SANDOVAL GUIDO ARMANDO, con cédula de ciudadanía Nro. **1003102868** ; en calidad de autor y titular de los derechos patrimoniales de la obra o trabajo de grado descrito anteriormente, hago entrega del ejemplar respectivo en formato digital y autorizo a la Universidad Técnica del Norte, la publicación de la obra en el Repositorio Digital Institucional y uso del archivo digital en la Biblioteca de la Universidad con fines académicos, para ampliar la disponibilidad del material y como apoyo a la educación, investigación y extensión; en concordancia con Ley de Educación Superior Artículo 143.

3. CONSTANCIAS

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 asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrán en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 29 días del mes de junio de 2012

EL AUTOR:



Yépez Sandoval Guido Armando

C.C.: 1003102868

ACEPTACIÓN:

Esp. Ximena Vallejo

JEFE DE BIBLIOTECA

Facultado por resolución del Honorable Consejo Universitario:



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE GRADO

A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

Yo, YÉPEZ SANDOVAL GUIDO ARMANDO, con cédula de ciudadanía Nro. **100310286-8**; manifiesto la voluntad de ceder a la Universidad Técnica del Norte los derechos patrimoniales consagrados en la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador, artículos 4, 5 y 6, en calidad de autor de la obra o trabajo de grado denominada "Análisis de 25 procedencias de *Pinus patula* Schlect. et Cham para su categorización como fuente semillera en la provincia de Imbabura", que ha sido desarrolla para optar por el título de Ingeniero Forestal en la Universidad Técnica del Norte, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente. En mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Técnica del Norte.

Yépez Sandoval Guido Armando

C.C.: 1003102868

Ibarra, a los 29 días del mes de junio de 2012

Registro Bibliográfico

Guía: FICAYA-UTN

Fecha: 29 de junio de 2012

YÉPEZ SANDOVAL GUIDO ARMANDO. "Análisis de 25 procedencias de *Pinus patula* Schlect. et Cham para su categorización como fuente semillera en la provincia de Imbabura". / TRABAJO DE GRADO. Ingeniero Forestal. Universidad Técnica del Norte. Carrera de Ingeniería Forestal Ibarra. EC. Junio de 2012. 104 p. anex., diagr.

DIRECTOR: Ing. Vásquez Edgar MBA

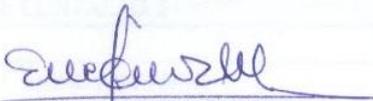
En la región interandina y en el país se hace necesaria la aplicación de criterios técnicos para crear y manejar fuentes semilleras que proporcionen al mercado nacional semillas de calidad genéticamente probadas mismas que servirán para el establecimiento de sistemas agroforestales, plantaciones comerciales e industriales con la finalidad de preservar los bosques nativos e impulsar el desarrollo socio económico y ambiental del país, con miras a mejorar la calidad de vida de los ecuatorianos.

Este estudio dará continuidad a la investigación iniciada en el año de 1998, por la segunda fase del Proyecto de Mejoramiento Genético Forestal en la República del Ecuador (PMGF) ejecutado por el Ex INEFAN de *Pinus patula* en los sitios la Serrana, cantón Rumiñahui, provincia de Pichincha; en Italquí, cantón Cotacachi, provincia de Imbabura.

En nuestro país la investigación forestal y la creación de nuevas fuentes semilleras está limitada a pocas investigaciones de algunas empresas forestales y ONG'S como Fundación Forestal Juan Manuel Durini, ACOSA, Ecociencia, Jatun Sacha, y algunas Universidades que tienen Escuelas de Ingeniería Forestal, de tal manera que se torna indispensable para dar cobertura al callejón interandino, preferentemente en áreas de neblina persistente.

Este proyecto permitirá disponer de un grupo de procedencias que por sus características fenotípicas será una futura fuente semillera, que a futuro proporcionara a los usuarios, semillas de calidad que cumplan con las normas de calidad genética y sanitaria; las que garantizarán la producción de material, el mismo que podrá ser utilizado con certeza en el establecimiento de sistemas agroforestales, plantaciones comerciales e industriales

Fecha: 15 DE JUNIO DE 2011.



Ing. Edgar Vásquez MBA.

f) Director de Tesis



Guido A. Yépez

f) Autor

AGRADECIMIENTO

Expreso mi más sincero agradecimiento a todos quienes hicieron posible que llegue a esta instancia de mi vida académica.

Agradezco de manera especial al Ing. Raúl Fuentes quien me facilitó el sitio de investigación además de su apoyo y amistad.

A los catedráticos: quienes de manera desinteresada me brindaron su tiempo, experiencia y conocimientos, los mismos que sirvieron de base para dirigir mi vida ética y profesional.

Al grupo de profesionales: que con sus conocimientos, experiencia y apoyo incondicional supieron dirigir y asesorar este estudio para culminar con éxito el presente documento

DEDICATORIA

A mis padres:

JUAN ANIBAL YÉPEZ SUÁREZ Y CLARA MARÍA SANDOVAL SIMBAÑA, ejemplo de trabajo, disciplina y honradez mismos que han servido de eje para dirigir el rumbo de mi vida; quienes con su esfuerzo y de manera desinteresada me han brindado su sabiduría, apoyo económico y moral en procura de que cumpla con mis sueños y aspiraciones.

A mis hermanos:

Quienes me brindaron su comprensión confianza y cariño, siendo un puntal dentro de mi formación ética y académica

ÍNDICE

Número	Tema	Pág.
CAPÍTULO I		17
1	INTRODUCCIÓN	17
1.1	PROBLEMA	19
1.2	JUSTIFICACIÓN	19
1.3	OBJETIVOS	20
	OBJETIVO GENERAL	20
	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	20
1.4	HIPÓTESIS	20
CAPÍTULO II		21
2	REVISIÓN DE LITERATURA	21
2.1	DIAGNÓSTICO PRELIMINAR	21
2.2	DISTRIBUCIÓN EN EL ECUADOR	22
2.3	FUENTES SEMILLERAS	22
2.3.1	HUERTO SEMILLERO DE PRODUCCIÓN	23
2.3.2	FUENTES SEMILLERAS ESTABLECIDAS	23
2.3.3	RESULTADOS DE LA FUENTE SEMILLERA DE <i>Pinus patula</i> EN SAN AGUSTÍN DE CALLO, COTOPAXI	24
2.3.4	IMPORTANCIA DE LAS FUENTES SEMILLERAS	24
2.3.5	OBTENCIÓN Y MANEJO DE LA SEMILLA	25
2.4	SILVICULTURA	27
2.4.1	SIEMBRA	27
2.4.2	SIEMBRA AL VOLEO	27
2.4.3	SIEMBRA EN LÍNEAS	27
2.4.4	GERMINACIÓN	28
2.4.5	AGUA	28
2.4.6	AIRE	28
2.4.7	TEMPERATURA	29
2.4.8	LUZ	29
2.4.9	RALEOS Y CORTAS INTERMEDIAS	29

2.5	REPRODUCCIÓN	30
2.5.1	BIOLOGÍA DE LA REPRODUCCIÓN	30
2.5.2	PROPAGACIÓN	30
2.5.3	PROPAGACIÓN SEXUAL Y FENOLOGÍA	30
2.6	PROCEDENCIAS	31
2.6.1	TIPOS DE ENSAYOS DE PROCEDENCIA	32
2.6.2	METODOLOGÍA DE LOS ENSAYOS DE PROCEDENCIA DE ESPECIES FORESTALES	32
2.6.3	ENSAYOS INTERNACIONALES DE PROCEDENCIA DE <i>Pinus Patula</i> (INIAP-FAO, 1995)	33
2.7	ECOLOGÍA	35
2.7.1	SUELOS	35
2.7.2	CLIMA	35
2.7.3	PLAGAS	36
2.8	ENSAYO DE GERMINACIÓN	36
	CAPÍTULO III	37
3	MATERIALES Y MÉTODOS	37
3.1	LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	37
3.1.1	DATOS CLIMÁTICOS	38
3.2	ANÁLISIS DE SUELO	38
3.3	MATERIALES Y EQUIPOS	38
3.3.1	EQUIPOS Y MATERIALES DE CAMPO	38
3.3.2	EQUIPOS Y MATERIALES DE OFICINA	39
3.3.3	EQUIPOS Y MATERIALES DE LABORATORIO	39
3.4	METODOLOGÍA	39
3.4.2	ETAPAS DE LA INVESTIGACIÓN	41
3.5	VARIABLES EN ESTUDIO	42
3.5.1	ENSAYO DE PROCEDENCIAS	42
3.5.2	ENSAYO DE PROGENIE	42
3.5.3	TOMA DE DATOS DE VARIABLES DEL ENSAYO DE PROCEDENCIAS	43
3.5.4	TOMA DE LOS DATOS DE LAS VARIABLES DEL ENSAYO DE PROGENIE	44
3.6	ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN	45
3.6.1	ENSAYO DE PROCEDENCIAS	46

3.6.2	ENSAYO DE PROGENIE	47
3.7	COSTOS DE MANTENIMIENTO DEL ENSAYO EN ITALQUÍ	48
	CAPÍTULO IV	49
4	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	49
4.1	ANÁLISIS DE VARIABLES A LOS 12,5 AÑOS DE EDAD	49
4.1.1	SOBREVIVENCIA.	49
4.1.2	DIÁMETRO A LA ALTURA DEL PECHO	49
4.1.3	ALTURA TOTAL	50
4.1.4	ALTURA DE FUSTE	52
4.1.5	RECTITUD DE FUSTE	54
4.1.6	DIÁMETRO DE COPA	55
4.1.7	ALTURA DE COPA	56
4.1.8	SANIDAD	58
4.2	ANÁLISIS DE VARIABLES A LOS 12,8 AÑOS DE EDAD	58
4.2.1	SOBREVIVENCIA	58
4.2.2	DIÁMETRO A LA ALTURA DEL PECHO	59
4.2.3	ALTURA TOTAL	60
4.2.4	ALTURA DE FUSTE	61
4.2.5	RECTITUD DE FUSTE	63
4.2.6	DIÁMETRO DE COPA	64
4.2.7	ALTURA DE COPA	65
4.2.8	SANIDAD	66
4.3	ANÁLISIS DE VARIABLES A LOS 13,2 AÑOS DE EDAD	67
4.3.1	SOBREVIVENCIA	67
4.3.2	DIÁMETRO A LA ALTURA DEL PECHO	67
4.3.3	ALTURA TOTAL	69
4.3.4	ALTURA DE FUSTE	70
4.3.5	RECTITUD DE FUSTE	71
4.3.6	DIÁMETRO DE COPA	72
4.3.7	ALTURA DE COPA	74
4.3.8	SANIDAD	75
4.4	ANÁLISIS DE VARIABLES A LOS 13,5 AÑOS DE EDAD	76
4.4.1	SOBREVIVENCIA.	76

4.4.2	DIÁMETRO A LA ALTURA DEL PECHO	76
4.4.3	ALTURA TOTAL	78
4.4.4	ALTURA DE FUSTE	80
4.4.5	RECTITUD DE FUSTE	82
4.4.6	DIÁMETRO DE COPA	83
4.4.7	ALTURA DE COPA	84
4.4.8	SANIDAD	85
4.5	ANÁLISIS DE CORRELACIÓN	86
4.5.1	CORRELACIÓN A LA ALTURA DEL PECHO-ALTURA TOTAL	86
4.5.2	ANÁLISIS DE CORRELACIÓN DIÁMETRO DE COPA-ALTURA DE COPA	88
4.6	ANÁLISIS DE REGRESIÓN	89
4.6.1	REGRESIÓN DE DIÁMETRO A LA ALTURA DEL PECHO-ALTURA TOTAL	89
4.6.2	REGRESIÓN DE ALTURA DE COPA-DIÁMETRO DE COPA	90
4.7	ENSAYO DE PROGENIE	91
4.7.1	PORCENTAJE DE GERMINACIÓN	91
4.7.2	SOBREVIVENCIA DE PINUS PATULA A LOS 8 MESES DE EDAD	91
4.7.3	DIÁMETRO BASAL	93
4.7.4	ALTURA DE PLANTA	93
4.7.5	SANIDAD	94
4.7.6	CORRELACIÓN DIÁMETRO BASAL-ALTURA DE PLANTA	95
4.8	COSTOS DE MANTENIMIENTO DEL ENSAYO ITALQUÍ	97
	CAPÍTULO V	98
5	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	98
5.1	CONCLUSIONES	98
5.2	RECOMENDACIONES	99
	CAPÍTULO VI	100
6	RESUMEN	100
	CAPÍTULO VII	103
7	SUMMARY	103
	CAPÍTULO VIII	106
8	BIBLIOGRAFÍA	106
	CAPÍTULO IX	110

9	ANEXOS	110
	ANEXO 1: PORCENTAJE DE GERMINACIÓN	110
	DE SEMILLAS DE <i>Pinus patula</i>	110
	ANEXO 2: PORCENTAJE DE SOBREVIVENCIA DE PLANTAS DE <i>Pinus patula</i>	110
	ANEXO 3: GRÁFICO DE IMA DE DAP EN EL ENSAYO DE ITALQUÍ	111
	ANEXO 4: GRÁFICO DE IMA DE ALTURA TOTAL EN EL ENSAYO DE ITALQUÍ.	111
	ANEXO 5: ANÁLISIS DE COSTOS-BENEFICIO DEL MANTENIMIENTO DEL	
	ENSAYO EN ITALQUÍ	112
	ANEXO 6: RALEO INICIAL EN EL ENSAYO DE ITALQUÍ	113
	ANEXO 7: MADERA PRODUCTO DEL RALEO	113
	ANEXO 8: FRUTOS MADUROS DE <i>Pinus patula</i>	114
	ANEXO 9: ÁRBOL CON DAÑO MECÁNICO	114
	ANEXO 10: PLACAS DE IDENTIFICACIÓN	115
	ANEXO 11: ENFUNDADO DE SUSTRATO PARA EL ENSAYO DE PROGENIE	115
	ANEXO 12: GERMINACIÓN DE SEMILLAS DE <i>Pinus patula</i>	116
	ANEXO 13: PLÁNTULAS DE <i>Pinus patula</i>	116
	ANEXO 14: CROQUIS DE LA DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LAS 25	
	PROCEDENCIAS DE <i>Pinus patula</i> EN ITALQUÍ	117
	ANEXO 15: TABLA PARA TOMA DE DATOS DE CAMPO	118
	ANEXO 16: ANÁLISIS DE COSTOS DEL ESTUDIO	119

ÍNDICE DE CUAROS

Número	Tema	Pág.
	CUADRO 1: PROCEDENCIAS DE <i>Pinus patula</i> CON LAS QUE SE LLEVÓ A CABO LA INVESTIGACIÓN.	39
	CUADRO 2: DISEÑO PARA ADEVA DE PROCEDENCIAS.	45
	CUADRO 3: ADEVA PARA EL ENSAYO DE PROGENIE.	47
	CUADRO 4: ANÁLISIS DE VARIANCIA DE DIÁMETRO A LA ALTURA DE PECHO	48
	CUADRO 5: PRUEBA DE DUNCAN DE DIÁMETRO A LA ALTURA DE PECHO	49
	CUADRO 6: ANÁLISIS DE VARIANCIA DE ALTURA TOTAL	50
	CUADRO 7: PRUEBA DE DUNCAN DE ALTURA TOTAL	50
	CUADRO 8: ANÁLISIS DE VARIANCIA DE ALTURA DE FUSTE	51
	CUADRO 9: PRUEBA DE DUNCAN DE ALTURA DE FUSTE	52
	CUADRO 10: RESULTADOS DE LA CLASIFICACIÓN DE RECTITUD DE FUSTE.	53
	CUADRO 11: ANÁLISIS DE VARIANCIA DIÁMETRO DE COPA	54
	CUADRO 12: PRUEBA DE DUNCAN DE DIÁMETRO DE COPA	55
	CUADRO 13: ANÁLISIS DE VARIANCIA DE ALTURA DE COPA	55
	CUADRO 14: PRUEBA DE DUNCAN DE ALTURA DE COPA	56
	CUADRO 15: INCIDENCIA DE PLAGAS Y ENFERMEDADES.	57
	CUADRO 16: ANÁLISIS DE VARIANCIA DE DIÁMETRO A LA ALTURA DE PECHO	58
	CUADRO 17: PRUEBA DE DUNCAN DE DIÁMETRO A LA ALTURA DE PECHO	59
	CUADRO 18: ANÁLISIS DE VARIANCIA DE ALTURA TOTAL	59
	CUADRO 19: PRUEBA DE DUNCAN DE ALTURA TOTAL	60
	CUADRO 20: ANÁLISIS DE VARIANCIA DE ALTURA DE FUSTE	61
	CUADRO 21: PRUEBA DE DUNCAN DE ALTURA DE FUSTE	61
	CUADRO 22: RESULTADOS DE LA CLASIFICACIÓN DE RECTITUD DE FUSTE	62

CUADRO 23: ANÁLISIS DE VARIANCIA DIÁMETRO DE COPA	63
CUADRO 24: PRUEBA DE DUNCAN DE DIÁMETRO DE COPA	64
CUADRO 25: ANÁLISIS DE VARIANCIA PARA DIÁMETRO DE COPA	64
CUADRO 26: PRUEBA DE DUNCAN DE ALTURA DE COPA	65
CUADRO 27: INCIDENCIA DE PLAGAS Y ENFERMEDADES	66
CUADRO 28: ANÁLISIS DE VARIANCIA DE DIÁMETRO A LA ALTURA DE PECHO	67
CUADRO 29: PRUEBA DE DUNCAN DE DIÁMETRO A LA ALTURA DE PECHO	67
CUADRO 30: ANÁLISIS DE VARIANCIA DE ALTURA TOTAL	68
CUADRO 31: PRUEBA DE DUNCAN DE ALTURA TOTAL	69
CUADRO 32: ANÁLISIS DE VARIANCIA DE ALTURA DE FUSTE	69
CUADRO 33: PRUEBA DE DUNCAN DE ALTURA DE FUSTE	70
CUADRO 34: RESULTADOS DE LA CLASIFICACIÓN DE RECTITUD DE FUSTE	71
CUADRO 35: ANÁLISIS DE VARIANCIA DIÁMETRO DE COPA	72
CUADRO 36: PRUEBA DE DUNCAN DE DIÁMETRO DE COPA	72
CUADRO 37: ANÁLISIS DE VARIANCIA DE ALTURA DE COPA	73
CUADRO 38: PRUEBA DE DUNCAN DE ALTURA DE COPA	74
CUADRO 39: INCIDENCIA DE PLAGAS Y ENFERMEDADES.	75
CUADRO 40: ANÁLISIS DE VARIANCIA DE DIÁMETRO A LA ALTURA DE PECHO	76
CUADRO 41: PRUEBA DE DUNCAN DE DIÁMETRO A LA ALTURA DE PECHO	76
CUADRO 42: IMA DE DAP PARA ENSAYOS DE <i>Pinus patula</i>	77
CUADRO 43: ANÁLISIS DE VARIANCIA DE ALTURA TOTAL	77
CUADRO 44: PRUEBA DE DUNCAN DE ALTURA TOTAL	78
CUADRO 45: IMA DE ALTURA TOTAL PARA ENSAYOS DE <i>Pinus patula</i>	79
CUADRO 46: ANÁLISIS DE VARIANCIA DE ALTURA DE FUSTE	80
CUADRO 47: PRUEBA DE DUNCAN DE ALTURA DE FUSTE	80
CUADRO 48: RESULTADOS DE LA CLASIFICACIÓN DE RECTITUD DE FUSTE	81
CUADRO 49: ANÁLISIS DE VARIANCIA DIÁMETRO DE COPA	82

CUADRO 50: PRUEBA DE DUNCAN DE DIÁMETRO DE COPA	83
CUADRO 51: ANÁLISIS DE VARIANZA DE ALTURA DE COPA	83
CUADRO 52: PRUEBA DE DUNCAN DE ALTURA DE COPA	84
CUADRO 53: INCIDENCIA DE PLAGAS Y ENFERMEDADES	85
CUADRO 54: ANÁLISIS DE CORRELACIÓN DIÁMETRO A LA ALTURA DEL PECHO-ALTURA TOTAL	85
CUADRO 55. ANÁLISIS DE CORRELACIÓN DIÁMETRO DE COPA-ALTURA DE COPA	87
CUADRO 56: REGRESIÓN ENTRE DAP Y ALTURA TOTAL	88
CUADRO 57: REGRESIÓN ENTRE DIÁMETRO DE COPA Y ALTURA DE COPA	89
CUADRO 58: PORCENTAJES DE GERMINACIÓN DE ENSAYOS DE <i>Pinus patula</i>	91
CUADRO 59: ANÁLISIS DE VARIANZA DE DIÁMETRO BASAL	92
CUADRO 60: ANÁLISIS DE VARIANZA DE ALTURA DE PLANTA	93
CUADRO 61: INCIDENCIA DE PLAGAS Y ENFERMEDADES	94
CUADRO 62: CORRELACIÓN DIÁMETRO BASAL-ALTURA DE PLÁNTULA	95

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

En la región interandina y en el país se hace necesaria la aplicación de criterios técnicos para crear y manejar fuentes semilleras que proporcionen al mercado nacional semillas de calidad genéticamente probadas mismas que sirvan para el establecimiento de sistemas agroforestales, plantaciones comerciales e industriales con la finalidad de preservar los bosques nativos e impulsar el desarrollo socio económico y ambiental del país, con miras a mejorar la calidad de vida de los ecuatorianos.

En nuestro país la investigación forestal y la creación de nuevas fuentes semilleras está limitada a pocas investigaciones de algunas empresas forestales y ONG'S como Fundación Forestal Juan Manuel Durini, ACOSA, Ecociencia, Jatun Sacha, y algunas Universidades que tienen Escuelas de Ingeniería Forestal, de tal manera que se torna indispensable para dar cobertura al callejón interandino, preferentemente en áreas de neblina persistente.

En 1998 se inicia la segunda fase del Proyecto de Mejoramiento Genético Forestal en la República del Ecuador (PMGF) ejecutado por el Ex INEFAN habiéndose implementado los ensayos de procedencia de *Pinus patula* en los sitios la Serrana, cantón Rumiñahui, provincia de Pichincha; en Italquí, cantón Cotacachi, provincia de Imbabura.

Este proyecto es importante debido a que se dio continuidad a la investigación (iniciada en el año de 1998, año en el que inicia la plantación), también se tomara en cuenta las investigaciones realizadas anteriormente por Aguirre y Estévez, (2003) quienes realizaron la evaluación de los ensayos a los 29 meses de edad, Mullo y Sandoval, (2005) evaluaron entre los 68 y 80 meses en Italquí, Vizcaíno

y Pupiales, (2008) los evaluaron entre 8.3 y 9.3 años. Valenzuela, (2009) que se encargó de determinar las mejores procedencias mediante un ensayo de progenie. Este seguimiento y monitoreo se realizó con las procedencias prometedoras que han quedado luego de realizar el análisis estadístico y el análisis de correlación entre altura y diámetro a la altura de pecho.

El proyecto permitirá disponer de un grupo de procedencias que por sus características fenotípicas será una futura fuente semillera, que luego podrá ser un huerto semillero, o bien producir material genético para el establecimiento de este, con procedencias de probada capacidad genética.

En el Ecuador se ha introducido el *Pinus patula* originario de México como una de las alternativas para sitios cuyas características meteorológicas es la presencia de neblina persistente. Cabe señalar que *Pinus patula* es resistente a esta condición climática.

El mejoramiento genético de *Pinus patula* a través del análisis de ensayos de procedencias en investigaciones secuenciales permitirá a futuro proporcionar a los usuarios, semillas de calidad que cumplan con las normas de calidad genética y sanitaria; las que garantizarán la producción de material, el mismo que podrá ser utilizado con certeza en proyectos de forestación y reforestación en el callejón interandino del país.

Una práctica generalizada y común en nuestro país es el uso de semillas provenientes de uno o muy pocos árboles progenitores, sin información básica acerca de su procedencia con la posibilidad de multiplicar problemas, los cuales influirían negativamente en las plantaciones, debido a los fenómenos de endogamia y adaptabilidad, volviéndolos susceptibles a plagas y enfermedades.

1.1 Problema

Una de las principales limitaciones en el campo forestal es que no se cuenta con rodales o fuentes semilleras certificadas, debido a la inexistencia de un proceso permanente y sistematizado de monitoreo de ensayos que den información confiable a los actores del sector forestal ecuatoriano con la que se puedan tomar decisiones acertadas.

Debido a los factores antes citados es claro que el país posee poca información sobre fenología, épocas de recolección de semillas; su viabilidad esto de muchas especies de alto interés para la conservación y protección lo que conlleva a que en muchas de las plantaciones establecidas se tenga problemas de baja productividad, mediano y baja calidad de madera, ataque de plagas y enfermedades que inciden en elevados costos de producción.

1.2 Justificación

Este estudio pretende determinar las mejores procedencias de *Pinus patula*, para obtener un rodal de calidad intrínseca y así convertirse en una fuente semillera certificada de la especie en el país, a fin de proporcionar al mercado material genético de calidad para programas de forestación y reforestación.

De esta manera se pretende a futuro obtener plantaciones forestales de alta productividad, resistentes a plagas y enfermedades, ya que se sabe de antemano que el empleo de semillas provenientes de rodales certificados es un factor que influye considerablemente en el éxito de una masa forestal.

1.3 Objetivos

Objetivo general

Identificar las mejores procedencias de *Pinus patula* para ser calificadas como fuente semillera.

Objetivos específicos

- Calificar las procedencias mediante las variables dasométricas y forma con el propósito de determinar una fuente semillera.
- Evaluar la probable fuente semillera.
- Determinar los costos de mantenimiento durante el periodo en investigación.

1.4 Hipótesis

Ho: No existen diferencias significativas en el crecimiento entre las procedencias de *Pinus patula* investigadas.

Ha: Existen diferencias significativas en el crecimiento al menos en una o varias procedencias.

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Diagnóstico preliminar

Es esencial hacer el reconocimiento de la situación para la especie de interés a nivel del callejón interandino. Hay que estratificar por asociaciones vegetales y zonas de vida ecológicas. Es necesario buscar información sobre el origen del material, la amplitud de la base genética de dicho material y el comportamiento de las distintas fuentes de semilla de sitios diferentes. Esta información puede provenir de resultados de pruebas de procedencia o diferentes introducciones aisladas, generalmente en el país pero también en otras partes del mundo ecológicamente similares. Si existe alguna división clara en el comportamiento de la especie con respecto al clima u otro factor hay que planificar el establecimiento de rodales semilleros para cada zona (Salazar y Boshiner, 1995).

Es científicamente conveniente mantener la diversidad genética de las especies individuales. Cuando se desconoce la amplitud de esta diversidad lo mejor es asegurar la existencia permanente de especies de toda su área de distribución. Una vez definidos los distritos ecológicos, es preciso seleccionar una zona representativa en cada distrito. La tipología de bosques suelen reflejar variaciones de otras características, de modo que la selección de una zona, que contenga una variedad representativa de tipos forestales, puede contribuir notablemente el establecimiento de zonas adecuadas para representar una amplia gama de otros valores científicos (Bassett, 1979).

2.2 Distribución en el Ecuador

En el Ecuador esta especie es importante en vista de su excelente crecimiento y ausencia de problemas sanitarios en rodales ubicados en las faldas del volcán Cotopaxi en áreas con neblina persistente, han logrado una altura dominante de 11,8 m a los 15 años, a una altitud de 3.450 msnm. Los mejores sitios en la sierra están entre 2.200-3.200 msnm, donde los climas varían desde secos hasta húmedos, con temperaturas mínimas absolutas entre 0,1 a 3,1 C°. En estos sitios el *Pinus patula* tiene un rango de crecimiento 1,3 y 2,4 m de altura.

El mejor ejemplo de crecimiento está en la provincia del Azuay a 2.450 msnm en un rodal donde los árboles dominantes logran 24 m de altura a los 10 años, en un sitio de suelo profundo y con buen nivel de fertilidad (Zeasen y Jadan, 1987).

2.3 Fuentes semilleras

Son rodales establecidos utilizando progenies de polinización controlada o abierta de fenotipos seleccionados a espaciamiento normal de plantación. La identidad de las procedencias se mantiene para poder realizar raleos (aclareos genéticos) entre ellos basados en la estimación de su valor genético y entre individuos dentro de procedencias con base en su fenotipo. Este raleo se realiza antes de que inicie la producción / recolección abundante de semillas (Granhof 1991, citado por Correa, Cornelius y Mesen, 1993).

Cuanto mayor sea la intensidad de selección y raleo aplicado entre y dentro de procedencias en una fuente semillera, el valor genético de las semillas producidas será apropiado para la zona (sitio). La intensidad de selección que se pueda aplicar depende del número de procedencias y del número de árboles por procedencia, así como del diseño inicial del ensayo (Granhof, 1991, citado por Correa, Cornelius y Mesen, 1993).

2.3.1 Huerto semillero de producción

Funciona como una máquina de producción de semillas. Su tamaño depende directamente de la cantidad de semilla requerida, su vida útil o periodo activo está relacionado con el envejecimiento y la productividad de los árboles y/o con la accesibilidad a las copas. Sin embargo, en programas dinámicos de mejoramiento su periodo activo frecuentemente está limitado por el avance en las generaciones de mejoramiento y la formación de nuevos y genéticamente mejores huertos semilleros de producción (PROSEFOR, 1995).

Los huertos de primera generación frecuentemente se derivan de árboles plus seleccionados en rodales naturales o en plantaciones mejoradas. El aclareo (raleo genético) usualmente se basa en pruebas de progenies complementarias. Normalmente se remueve del 50 % al 75 % del número original de procedencias con base en los resultados de evaluaciones sucesivas de los ensayos. Este aspecto requiere el establecimiento inicial de un gran número de clones o procedencias con espaciamiento reducido (Granhof 1991, citado por Correa, Cornelius y Mesen ,1993).

2.3.2 Fuentes semilleras establecidas

2.3.2.1 Seguimiento y monitoreo de los ensayos de procedencia y progenie

Se realizaron las evaluaciones correspondientes a todos los ensayos de progenies y procedencias instalados durante los años 1996 y 1997. La evaluación consistió en la medición de área basal, altura, porcentaje de germinación y sobrevivencia. Los datos recolectados fueron procesados a través del paquete estadístico SAS (Jumbo, 1998).

Los ensayos se encuentran en el rango altitudinal de 1680 a 3200 msnm, el 87 % de los ensayos se encuentran en las Provincias de Cotopaxi, Azuay y Loja (Jumbo, 1998).

Todos los ensayos se establecieron bajo un diseño de bloques completos al azar. Las progenies se distribuyeron en forma aleatoria dentro de cada bloque, considerando el máximo espaciamiento posible dentro de la misma progenie, es decir que entre una misma progenie se consideró una distancia mínima de 9 metros, esto con el propósito de evitar en lo posible la endogamia (Jumbo, 1998).

2.3.3 Resultados de la fuente semillera de *Pinus patula* en San Agustín de Callo, Cotopaxi

En el mes de Noviembre del año 1984. El programa Nacional instaló un ensayo de 14 procedencias de *Pinus patula*, la mayor parte de origen Mexicano. (II), Sudáfrica (I) y Ecuador (2). Este está ubicado en San Agustín de Callo. Dicho ensayo está actualmente convertido en una fuente semillera bajo la clasificación de Rodal Semillero (DINICE, 2000).

2.3.4 Importancia de las fuentes semilleras

La importancia de las mejores fuentes de semilla y su evaluación y su selección forma uno de los principales componentes de cualquier programa de semillas forestales. Todo programa de reforestación debe considerar esta etapa fundamental, con el propósito de obtener el material genético a corto plazo mientras los programas de mejoramiento aportan a los resultados para establecer sistemas más avanzados y sofisticados, que suministren semilla de calidad reconocida (Jara, 1998).

La garantía que obtiene el usuario de la semilla es decir quien reforesta, al utilizar material de una fuente calidad, es de gran importancia, puesto que está se ha logrado previamente mediante la selección rigurosa de procedencias cuyas variables dasométricas permiten determinar con certeza su adaptabilidad y calidad (Jara, 1995).

2.3.5 Obtención y manejo de la semilla

Las semillas a utilizar deben provenir de individuos sanos (libres de plagas y enfermedades), vigorosos, con buena producción de frutos, y preferentemente de fuste recto sin ramificaciones a baja altura. Con esto se pretende asegurar que las plantas obtenidas de esas semillas hereden las características de los parentales. Dependiendo del propósito de la plantación, madera o productos celulósicos, se realiza la selección de árboles padres (Aguilera, 2001).

La obtención de conos puede realizarse escalando el árbol y haciendo el corte manualmente, o con garrochas especiales de corte; esta actividad debe realizarse de tal forma que las ramas y meristemos de crecimiento no se dañen, de lo contrario la producción de frutos de la próxima temporada se verá afectada. Una vez colectados los conos se colocan en sacos para su transporte. Se etiquetan con los datos de campo necesarios para su posterior identificación (Aguilera, 2001).

En el vivero los frutos se ponen a secar con el fin de disminuir su contenido de agua y concluir con la maduración, lo que propiciará la apertura de los conos. Los métodos de secado pueden ser al aire libre, por una corriente de aire seco a través de ellos, o bien secados al horno. Como esta especie presenta conos serótinicos se recomienda sumergirlos en agua caliente (entre 40 y 60°C) previo al secado, con la finalidad de favorecer su apertura.

La extracción de las semillas puede hacerse manualmente golpeando los conos, o de manera mecanizada con una golpeadora de conos. Una vez que las semillas se han liberado el siguiente paso es el desalado; éste se realiza manualmente, en húmedo, o por métodos mecánicos, en seco. La limpieza se realiza por métodos mecánicos, para remover las impurezas y semillas vanas se colocan en tamices vibratorios, con diferentes tamaños de malla, y son expuestas a corrientes de aire; otra opción es la flotación en agua. Para obtener aproximadamente 1kg de semilla limpia, es necesario coleccionar 100kg de conos (Aguilera, 2001).

La eliminación de las alas se efectúa por frotamiento de las semillas en sacos de fique, que es un método seguro y económico, otras veces se utilizan tamices de diferentes tamaños de malla, que se colocan sobre una lona para recogerlas. También la separación se puede hacer por aventamiento o sea exponer las semillas a corrientes de aire, expulsando las impurezas que son más ligeras, en tanto que las semillas más pesadas caen al piso (Vásquez, 2001). Las semillas pueden ser almacenadas en sitios frescos por largo tiempo. La tasa de germinación después de un año es de 71 a 85 %. El peso de mil semillas varía entre 6 y 11g (55.000-130.000). El período de germinación puede ser de 15 a 70 días. A menudo es recomendable un tratamiento previo a la siembra (Lamprecht, 1990).

La semilla es casi triangular, aguda incluida hasta la mitad en una sola ala de 13 mm de largo, algo engrosada en la base, de color café claro con estrías oscuras.

Número de semillas/kg:	55.000 - 60000
Número de semillas viables:	32.000/kg.
Germinación media:	60 a 70 %
Humedad:	8 %

Almacenamiento de la semilla: Puede conservarse en envases cerrados, con 8 % de humedad y frío (Cárdenas, 1988).

La producción de semillas varía considerablemente, probablemente debido a la variación en la producción de polen y las condiciones climáticas durante el período de fertilización.

Unos cálculos procedentes del sur de África indican un promedio de 200 semillas por cono maduro, de las cuales de 25 a 80 semillas fueron fertilizadas y por lo tanto viables. El peso de las semillas reportado de México, el sur de África y Australia variaron entre 97.000 y 166.000 semillas por kilogramo (de 0,0103 a 0.006 gramos por semilla). Los conos se abren con facilidad con calor, usando el sol directo o el calor de un horno. Puede ser difícil el re-abrir conos que se han abierto para luego cerrarse de nuevo (Cárdenas, 1988).

Las semillas se almacenan con facilidad hasta por un año a temperatura ambiente en contenedores abiertos, por varios años cuando secadas y selladas en jarros herméticos y hasta por 21 años en almacenamiento en frío. La producción de semillas no ha sido satisfactoria en huertos de semillas a elevaciones de menos de 1,500 m en Sudáfrica y de menos de 2.000 m en Colombia (Cárdenas, 1988).

2.4 Silvicultura

La silvicultura es el arte y la ciencia de cultivar árboles y bosques de manera sustentable. Se puede considerar como la agricultura de árboles, tomando en cuenta todos los aspectos ecológicos del bosque para satisfacer las necesidades del dueño y la sociedad, sin perjudicar la salud futura del bosque. Abarca el manejo del establecimiento, crecimiento, composición, salud y calidad del bosque en el presente y el futuro. Al experto de silvicultura se le llama silvicultor. (Lamprecht, 1990).

2.4.1 Siembra

Constituye la acción de distribuir las semillas y enterrarlas en las camas, en las mejores condiciones posibles. Esta acción incluye dos variables importantes: la profundidad y la densidad. Para el *Pinus patula* la profundidad de siembra es superficial y la densidad puede variar entre 150 a 250 plantas por metro cuadrado, dependiendo de la edad del repique. La semilla se debe sembrar a una profundidad tal que, el riego no la destape, y gaste la menor cantidad de energía posible para salir a la superficie (Vásquez, 2001).

Antes de realizar esta operación se debe preparar el sustrato y desinfectarlo.

2.4.2 Siembra al voleo

Esparcir uniformemente las semillas sobre los bancales, procurando que la densidad de su distribución sea homogénea (Vásquez, 2001).

2.4.3 Siembra en líneas

Es el método más utilizado ya que la semilla se distribuye uniformemente en cantidad y profundidad, lográndose así una germinación más pareja. Estas líneas son generalmente transversales o longitudinales, que se trazan previamente con una regla, cuerda o tabla que se calibra para tal fin y en algunos casos se adaptan rodillos (Vásquez, 2001).

2.4.4 Germinación

Es la reanudación (activación) del crecimiento del embrión, que culmina cuando aparece la radícula al exterior de la cubierta seminal. (Vásquez, 2001).

Las condiciones ambientales para que la germinación se presente tienen que ver con respecto a la humedad (agua), aire, luz y temperatura (Vásquez, 2001).

2.4.5 Agua

Ninguna semilla puede germinar sino está en presencia de agua, las semillas por lo general tienen un contenido de agua relativamente bajo y los procesos fisiológicos para la germinación ocurren solo cuando la proporción de agua ha aumentado. El agua penetra a la semilla por un fenómeno llamado "imbibición" que produce al poco tiempo aumento del volumen (hinchazón). Se desatan una serie de cambios, el embrión respira rápidamente y empieza a crecer tomando el alimento que ha estado almacenando en la semilla (Vásquez, 2001).

2.4.6 Aire

Las semillas de distintas especies tienen diversas exigencias de oxígeno de gran importancia para la germinación, de gran importancia ya que las semillas respiran rápidamente, y es necesario para llevar a cabo las reacciones químicas que transforman las reservas. Los fenómenos respiratorios se intensifican a medida que la plántula se desarrolla. La concentración de oxígeno en el suelo es afectado

por la cantidad de agua presente (no germinan en suelos anegados o encharcados), lo mismo que cuando se siembran muy profundas (Vásquez, 2001).

2.4.7 Temperatura

Presenta gran interés y constituye un factor capaz de influir en la germinación y crecimiento de las plantas, también actúa ecológicamente siendo en buena parte el factor de mayor importancia en la distribución de las plantas. Las semillas difieren en cuanto a las exigencias de temperatura y depende de las especies y del ambiente. Para cualquier especie existe un máximo y un mínimo, por encima o debajo del cual la germinación no ocurre (Vásquez, 2001).

2.4.8 Luz

El efecto de luz en la germinación difiere en las distintas especies, algunas lo requieren otras no (Vásquez 2001).

La germinación en condiciones de temperatura de 20 a 22 °C y humedad relativa de 90 a 95 % la germinación es de 85- 87 % (Aguilera 2001). En ensayos realizados por Rentería, Jiménez y Alba (1999) obtuvieron porcentajes de germinación entre el 75 y 83 %.

2.4.9 Raleos y cortas intermedias

Para estimular el crecimiento de los mejores individuos de una plantación, se hacen cortas para eliminar los individuos elongados, mal conformados, plagados, enfermos, muertos o dañados.

En una plantación donde el producto final será la madera aserrada, la poda de ramas laterales debe ser una operación importante. Las podas deben efectuarse durante los primeros años de la plantación, cortando aproximadamente el 40 % del follaje. Esta labor reduce el riesgo de incendio (Aguilera, 2001).

2.5 Reproducción

2.5.1 Biología de la reproducción

El conocimiento insuficiente de la biología de las especies, sus posibilidades para distintas aplicaciones finales y la variación genética inter e interespecífica puede conducir a pérdidas irreversibles en un gran número de especies, incluso antes de que se hayan llevado a cabo estudios adecuados sobre su variación y sus características. Los datos sobre la biología de la reproducción, con información sobre los sistemas de reproducción, la ecología de la polinización y las características de la dispersión de las semillas en el suelo, son indispensables para llegar a comprender plenamente una especie. La estructura genética de las poblaciones de especies arbóreas está en función de esos factores básicos relacionados entre sí (Kageyama y Souza Días, 1985).

2.5.2 Propagación

Por semillas y estructuras vegetativas, injerto (Aguilera, 2001).

2.5.3 Propagación sexual y fenología

Las flores masculinas y femeninas ocurren separadamente en la misma planta. Los conos masculinos (estaminados) son de color amarillo y ocurren abundantemente en racimos en vástagos nuevos, usualmente en la región inferior de la copa. Los conos femeninos (pistilados) son de color purpúreo, tienen espinas deciduas y aparecen de manera solitaria o en grupos, por lo general lateralmente pero rara vez en posición sub-terminal, y en la región superior de la copa. A través de su área de distribución natural, el pino florece entre enero y abril, pero con el período de la florescencia en cualquiera de los sitios siendo mucho menor de 4 meses. En las plantaciones la florescencia ocurre por lo general en un brote primaveral, pero

puede haber dos florescencias (en primavera y al final del verano). Cuando cultivadas en el vivero, las flores han ocurrido en plantas de tan sólo 2 años de edad; las flores en las plantaciones en el campo son comunes a los 3 años de edad y la producción abundante de conos anual es común de los 8 a 10 años de edad. La producción de flores masculinas o la sincronización de las flores masculinas y femeninas puede ser pobre a las elevaciones menores, lo que puede resultar en una fertilización pobre de las semillas y una producción baja de las mismas. La producción disminuida de flores masculinas a poca elevación en Colombia se estimuló mediante el abono con nitrógeno y boro.

Los conos maduros son cónicos y largos, ahusándose hacia el ápice, por lo general sésiles pero rara vez sub-sésiles, con un reflejo asimétrico, ligeramente curvos, de un color lustroso que va de gris a marrón, apareciendo en grupos de tres a seis, con una longitud de 4 a 12 cm y un ancho de 2,5 a 4 cm. Las escamas de los conos son duras, de 2 cm de largo por 1 cm de ancho, una apófisis romboide, planas y ligeramente protuberantes, de color pardo oscuro y con espinas deciduas. Los conos maduran después de entre 22 y 30 meses, persistiendo después por hasta 2 años en una condición serótina con una pérdida mínima en la viabilidad, antes de abrirse lenta y simétricamente. En Madagascar, los rodales de semillas con una provisión de 500 a 700 árboles por hectárea producen de 1.0 a 1.5 toneladas de conos por hectárea. Los conos pesan cerca de 50 g cada uno, por lo que se traduce a un promedio de 40 conos por árbol. Las semillas son de tamaño pequeño (3 mm), de color marrón claro a negro y con alas de color marrón de 13 mm de largo.

2.6 Procedencias

Existe una gran cantidad de términos relacionados con procedencia según Styles, (1979), se define como el área geográfica y ambiental donde crecieron los árboles progenitores, dentro de la cual se formó su constitución genética por selección natural o artificial. La población de progenitores debe tener una base genética amplia y puede ser nativa o no nativa (FAO, 1995).

2.6.1 Tipos de ensayos de procedencia

Para localizar la mejor o mejores procedencias de una especie para un determinado lugar, país o región pueden ser necesarios varios tipos y etapas o fases de ensayo de procedencia. La selección depende de la información con que se cuente, del grado de variación natural en la especie y de la variación entre las posibles estaciones de plantación. En la elección influirán también los objetivos de la serie de ensayos, los recursos de que se disponga y la importancia de la especie en el programa nacional. Quizá resulte posible reducir a una sola varias de las fases o bien combinar el ensayo de procedencias de varias especies similares o efectuar paralelamente varias de las fases. Adicionalmente, en precedentes ensayos de especies, pueden compararse dos o más procedencias de algunas especies (FAO, 1995).

Tratándose de una especie de distribución amplia es improbable que un solo experimento permita indicar la mejor procedencia ni siquiera para un solo tipo de estación. Por tanto, cabe recurrir a las siguientes etapas para cada uno de los tipos principales de estación: 1. fase de muestreo de amplitud de toda la gama; 2. fase de muestreo restringido; 3. fase de prueba (fase de comportamiento del cultivo) (FAO, 1995).

2.6.2 Metodología de los ensayos de procedencia de especies forestales

Para proceder en tal sentido, un determinado país ha de ensayar primero toda una gama de especies potenciales y sus respectivas procedencias. Algunos países tropicales han iniciado ya extensos programas de selección y luego plantaciones piloto, pero esto no se aplica a otros. El presente documento se propone servir de guía básica de los tópicos que deben tenerse presentes para el escogitamiento a través de ensayos de procedencias.

El término (procedencia) denota la fuente geográfica de la semilla o material vegetal o las plantas procedentes de tal fuente. En general cabe afirmar que las especies forestales de distribución geográfica amplia presentan considerables variaciones en cuanto a anatomía, morfología y fisiología.

Los estudios gen ecológicos de las especies forestales aportan información sobre la estructura y amplitud de la variación fenotípica y genotípica. La variabilidad puede guardar relación con la distribución de factores ambientales continuos o discontinuos, como tipo de suelo y altitud, exposición o latitud, con los factores conexos de precipitación, temperatura y fotoperiodo. La aportación relativa de la genética y el ambiente a la variación (lo mismo en caracteres taxonómicos clásicos que en características fisiológicas estudiadas más recientemente, como la fotorreacción o la reacción termo periódica) puede evaluarse criando plantitas de distintas fuentes de semilla en condiciones relativamente uniformes, como en cámaras de crecimiento, invernaderos, viveros o en ensayos de campo (FAO, 1995).

2.6.3 Ensayos internacionales de procedencia de *Pinus patula* (INIAP-FAO, 1995)

En 1982 se iniciaron ensayos internacionales de procedencias de *Pinus patula*.

El *Pinus patula* es ya una especie popular en las colinas intermedias (1.500 a 2.500 msnm) de Nepal y sus posibilidades potenciales para el sector forestal comunal se consideran elevadas. La semilla que hasta ahora ha sido más comúnmente empleada, ha sido a menudo de origen de huertas semilleras del sud de África (por lo tanto, de una base genética restringida, de origen desconocido (INIAP-FAO, 1995).

Los ensayos en Nepal incluyen 10 proveniencias mexicanas de *P. patula*, una fuente de una huerta semillera de Nueva Zelanda y una fuente de huerta de semilla

de Sudáfrica. Se incluye también una procedencia mexicana de *Pinus greggii* (INIAP-FAO, 1995).

Se sembró la semilla en pequeñas bandejas semilleras bajo condiciones estériles, en septiembre de 1984, en una incubadora de polietileno con marco de madera. El medio para la germinación fue arena esterilizada con el calor. Todos los lotes de semilla comenzaron a germinar 10–12 días después de su siembra. Exceptuando tres lotes de semilla (dos mexicanos y uno de Nueva Zelanda) que produjeron menos trasplantes de lo que se esperaba, la germinación fue excelente.

Alguna semilla de origen sudafricano sembrada en una cama abierta, no esterilizada de arena/tierra, sufrió pérdidas considerables por podredumbre (“dumping off”) probablemente a causa de riegos excesivos (INIAP-FAO, 1995).

A fines de octubre, todos los lotes de semilla fueron repicados a macetas de poliéster, chatas, rellenas con una mezcla para envases de arena/tierra. La sobrevivencia de plántulas fue buena, y pasado el invierno, el crecimiento de las plantitas fue normal. En abril de 1985, una clorosis de agujas provocada por una infección de hongos en las raíces se presentó en algunos individuos dentro de la mayoría de las proveniencias. La enfermedad llegó a ser controlada podando raíces, aislando las plántulas y con tratamientos fungicidas.

En diciembre 1984 se inició un programa de pulverización profiláctica para evitar la enfermedad de las agujas pardas (*Cercoseptoriapini-densiflorae*).

Se volvieron a sembrar los lotes de semillas de los árboles que no habían producido suficientes trasplantes. Por este retardo, la plantación definitiva coincidió con condiciones invernales frías húmedas y abundó el desarrollo de la podredumbre de cuello. Un tercer tentativo de trasplante de estos lotes de semillas al final de enero 1985, usando mudas de dos meses que habían sido mantenidas durante el invierno en los germinadores, dio buen resultado.

En abril y mayo de 1985 se evaluó la sobrevivencia basada sobre todas las plántulas trasplantadas. En junio se midieron la altura y el diámetro del cuello de

la raíz en una muestra seleccionada al azar para cada procedencia, excluyendo las plantitas trasplantadas después del octubre 1984 y de las que aún denotaban síntomas de infección radicular. En general, la calidad de las plántulas de todo origen fue muy buena.

El *Pinus greggii* se diferenció de todas las fuentes de *Pinus patula* por su mejor sobrevivencia, por ser el más alto y por tener el menor al cuello de la raíz. Fue también la única procedencia completamente no afectada por la infección radicular. La originaria de la huerta semillera de Nueva Zelanda y las 3 mejores fuentes mexicanas eran comparables en términos de sobrevivencia y crecimiento. La fuente de Nueva Zelanda indicó, sin embargo, menor variación.

Las plántulas han sido ahora llevadas a plantaciones definitivas en diseños de bloques al azar replicados, con dos sitios de prueba del Proyecto de Investigación Forestal en Nepal Central, Tistung (2.000 msnm) y Kharidunga (2.600 msnm), y será interesante ver si cualquiera de las diferencias obvias de comportamiento en el vivero se arrastran al cabo de varios años de desarrollo en las plantaciones.

2.7 Ecología

2.7.1 Suelos

En su hábitat natural vive bien en arena casi pura, en suelos Franco-arenosos (guijarros) y en arcillas arenosas. Fuera de su habitad natural se encuentra en una gran variedad de suelos; prácticamente los mejores suelos son los friables profundos, siempre y cuando exista la suficiente humedad, pero no crece satisfactoriamente en suelos arcillosos impermeables ni en terrenos demasiados húmedos o pocos profundos.

La deficiencia de algunos macro y micro nutrientes principalmente de boro y zinc, causan la reducción en intensidad de crecimiento. Definitivamente no se adapta a suelos compactos, muy arcillosos, mal drenados y superficiales (Groos 1987).

2.7.2 Clima

La especie requiere de temperatura media de 12 °C pero el área de distribución se extiende entre los 10 y 19 °C. Es susceptible a los vientos fuertes que resecan las acículas y quiebra las ramas. Es resistente a las heladas (Galloway, 1986).

2.7.3 Plagas

En las plantaciones de *Pinus patula* la principal plaga es *Diplodipini* y *Rhizinaundulada*, especialmente en regiones donde las tormentas de granizo son frecuentes. Entre los insectos dañinos, hasta ahora solo son de importancia los insectos del orden Lepidóptera devoradores de hojas. En regiones con ventarrones frecuentes, ocurren a menudo quebraduras de fuste y ápices, pero raras veces la caída de árboles (Lamprecht, 1990).

Sobre suelos con impedimento de drenaje y sobre suelos compactos, las acículas se fusionan y ocurre clorosis (Zeaser, y Jadan, 1987).

2.8 Ensayo de germinación

El objeto del ensayo de germinación en el laboratorio es determinar el porcentaje de semillas puras de una muestra dada, capaces de producir gérmenes normales. En los laboratorios se define como germinación: el nacimiento y desarrollo de aquellas primeras partes esenciales derivadas del embrión que según la semilla de que se trate son indicativas de la capacidad de esta para producir plantas normales en condiciones favorables (Vásquez, 2001).

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

Este proyecto de investigación es un avance (cuarta etapa 2010-2011) en el conocimiento acumulativo sobre: “Evaluación de procedencias de *Pinus patula* en Italquí provincia Imbabura. En esta fase de investigación se analizó los incrementos alcanzados en un periodo de 12 meses, tiempo que duró la investigación, desde los 12,5 a los 13,5 años de edad del rodal

3.1 Localización del área de estudio

Provincia:	Imbabura
Cantón:	Cotacachi
Parroquia:	El Sagrario
Localidad:	Comunidad de Italquí
Altitud:	2.710 m.s.n.m.
Latitud	Longitud
0°18' 26'' N	78° 18' 36''
0°18' 24'' N	78° 18' 36''
0°18' 24'' N	78° 18' 40''
0°18' 26'' N	78° 18' 40''

3.1.1 Datos climáticos

Precipitación media anual:	1.356 mm. No existe ningún mes ecológicamente seco, siendo los de menor precipitación Julio y Agosto. Valenzuela, (2009).
Temperatura media:	10,5 °C (Mín. 8 °C Máx. 13°C) Cañadas, (1983).
Clasificación ecológica:	bosque muy húmedo- Montano (bmh-M) Cañadas, (1983).

3.2 Análisis de suelo

Ph	5,91 (ligeramente ácido)
Materia orgánica	2,41 % (medio)
Nitrógeno	0,12 % (bajo)
Fósforo	9,50 ppm (bajo)
Potasio	110 ppm (bajo)
Topografía	De suave a ondulado

Fuente: Valenzuela, (2009).

3.3 Materiales y equipos

3.3.1 Equipos y materiales de campo

- Cámara Fotográfica
- Cinta diamétrica.
- Cinta métrica
- Cinta de marcaje
- Cuerda

- Hipsómetro
- Libreta de campo.
- Pintura
- Placas

3.3.2 Equipos y materiales de oficina

- Computador
- Impresora
- Papel
- Material de escritorio

3.3.3 Equipos y materiales de laboratorio

- Desinfectantes para el sustrato (Vitavax, formol).
- Fundas
- Desinfectante para semillas
- Semillas de *Pinus patula*
- Regadera

3.4 Metodología

3.4.1 Descripción del sitio de investigación

El rodal donde se realizó la investigación tiene una extensión de 1,94 Ha con las siguientes dimensiones 231x84 m, está plantado siguiendo las curvas de nivel, con un espaciamiento de 3x3 m, sobre un terreno de textura arenosa, con una topografía que va de suave a ondulado. Cuenta con 44 bloques y/o repeticiones, la unidad experimental o parcela está representada por un individuo.

Tiene una accesibilidad sobre caminos de tercer orden.

Para la presente investigación se registraron los datos de 25 procedencias debido a que en la investigación anterior Valenzuela, (2009) eliminó dos procedencias 9 (PP-LOJ) y 20 (PP-LOJ), en virtud que no existía correlación entre las variables DAP y altura total.

Cuadro 1: Procedencias de *Pinus patula* con las que se llevó a cabo la investigación

Nº	Código	Procedencia	Localidad	Proveedor	País
1	45-PP-MEX	La Venta	Distrito Federal	INIF	México
2	42-PP-MAL	Seed stand B 54	Zomba Plateau	Danida	México
3	41-PP-SUD	Twefontein	-----	Danida	Sudáfrica
4	39-PP-ZIM	Penhalonga	Manicaland	Danida	Zimbabwe
5	36-PP-SUD	Bergvliet	E. Transvaal	Danida	Sudáfrica
6	34-PP-KEN	Seed stand 7 (C)	Kinale	Danida	Kenya
7	32-PP-ZIM	Staple Ford	-----	Danida	Zimbabwe
8	30-PP-COL	Transvaal	-----	Germicampo	Sudáfrica
9	28-PP-BOL	Chapare	Coranipamba	Cordeco-Bolivia	Bolivia
10	26-PP-MEX	Veracruz	Las Vegas	Cordeco-Bolivia	México
11	25-PP-SUD	Transvaal	Eleandshoogtu	Cordeco-Bolivia	Sudáfrica
12	24-PP-PER	Cajamarca	Porcón	Cordeco-Bolivia	Perú
13	22-PP-LOJ	Loja	Viv. Predesur	PMGF	Ecuador
14	21-PP-LOJ	Loja	Plaza del Inca	PMGF	Ecuador
15	19-PP-LOJ	Loja	Carboncillo	PMGF	Ecuador
16	18-PP-LOJ	Loja	Carboncillo	PMGF	Ecuador
17	16-PP-LOJ	Loja	Oñacapac	PMGF	Ecuador
18	13-PP-LOJ	Loja	Villonaco	PMGF	Ecuador
19	12-PP-LOJ	Loja	Colaisana	PMGF	Ecuador
20	10-PP-LOJ	Loja	Colaisana	PMGF	Ecuador
21	08-PP-LOJ	Loja	Las Zambas	PMGF	Ecuador
22	07-PP-LOJ	Loja	Las Zambas	PMGF	Ecuador
23	06-PP-LOJ	Loja	Carboncillo	PMGF	Ecuador
24	05-PP-COT	Cotopaxi	Mulaló	PMGF	Ecuador
25	01-PP-COT	Cotopaxi	Mulaló	PMGF	Ecuador

Fuente: DINICE (Dirección nacional de investigación y capacitación del Ex INEFAN, (1998) y Valenzuela, (200).

3.4.2 Etapas de la investigación

- a) Se identificó cada una de las parcelas en los respectivos bloques; además se realizó una remarcación de las procedencias que debían mantenerse después del raleo efectuado por Valenzuela, (2009). Se delimitó cada uno de los bloques para su identificación y facilitar la medición de cada uno de los individuos que lo conforman.
- b) Medición diámetro a la altura del pecho (DAP), diámetro de copa, altura total, rectitud de fuste, altura de fuste y estado fitosanitario.
- c) La medición de las variables antes citadas se efectuó en cada tratamiento y/o individuo del ensayo. Se realizó una medición al inicio de esta fase de investigación, luego se efectuó mediciones cada cuatro meses durante un año calendario. Con la información registrada se realizaron los respectivos análisis dasométricos, determinando el grado de asociación entre las variables (r) DAP – altura total; DAP – diámetro de copa.
- d) Mediante un ensayo de progenie, que consistió en evaluar el porcentaje de germinación, sobrevivencia en un periodo de 8 meses; durante el cual también se evaluó las variables: crecimiento en altura total y en diámetro basal, incidencia de plagas y/o enfermedades y el grado de asociación de las variables altura de planta y diámetro basal.
El diseño experimental usado en el ensayo de progenie fue Diseño Irrestricto al Azar (DIA),
- e) Tabulación de los datos, y procesamiento estadístico.
- f) Análisis de varianza (ADEVA) y pruebas de medias, si el caso lo amerita.
- g) Sistematización y evaluación de costos de manejo del sitio durante los 13 meses de actividades en el campo.

3.5 Variables en estudio

3.5.1 Ensayo de procedencias

- Sobrevivencia
- DAP
- Altura total
- Altura de fuste
- Altura de copa
- Diámetro de copa
- Rectitud del fuste
- Estado fitosanitario

3.5.2 Ensayo de progenie

En la actual investigación se consideró necesario implantar un ensayo de progenie el mismo que permita afianzar los resultados obtenidos en el ensayo de procedencias.

Para la recopilación de los datos en el ensayo de progenie se trabajó con semillas de 25 procedencias. Cada procedencia contó con 4 observaciones, cada observación estuvo formada por 10 repeticiones, con un total de 1000 individuos.

Para la obtención de semillas se recolectó al azar 12 frutos de cada una de las procedencias y de diferentes árboles en estudio, a las cuales se enfundó y etiqueto. Las semillas se seleccionaron bajo los criterios de tamaño; escogiendo aquellas semillas de mayor corpulencia, también se aplicó el criterio de flotabilidad eliminando así aquellas semillas muertas e infértiles. Finalmente las semillas obtenidas se sembraron en el vivero que se implementó para este fin.

Previo a la siembra se preparó un sustrato constituido de la siguiente manera: tierra negra de páramo con 40 %, tierra del sitio 30 %, arena 20 % y cascarilla de arroz 10 %.

En el ensayo de germinación se evaluaron los siguientes parámetros.

- Porcentaje de germinación
- Porcentaje de sobrevivencia
- Altura de la plántula
- Diámetro basal de la plántula
- Estado fitosanitario

3.5.3 Toma de datos de variables del ensayo de procedencias

La investigación se llevó a cabo desde los 12,5 hasta los 13,5 años de edad, tiempo en el cual se realizó cuatro mediciones cuatrimestrales durante un año calendario.

- La medición del diámetro a la altura del pecho (DAP) se realizó con la cinta diamétrica a 1.3 m del suelo y desde la parte superior del terreno puesto que es inclinado, se repintó un anillo para una facilitar la identificación y medición.
- La altura total (H) se midió la distancia vertical desde el nivel más alto del suelo hasta el ápice de cada árbol con ayuda un hipsómetro.
- La altura de fuste (Hf) se midió con la ayuda de un flexómetro desde el nivel más alto del suelo hasta el primer verticilo completo de cada individuo.
- La altura de copa (Hc) se determinó desde el primer verticilo completo hasta el ápice vegetativo $H_c = H - H_f$.
- El diámetro de copa (Dc) se midió con una cinta métrica, realizando dos mediciones de la proyección de la copa en sentidos opuestos y se calculó un diámetro promedio.
- La rectitud del fuste (Rf) se realizó ubicándose al pie del árbol asignando la clasificación siguiente:

Clase m3rfica	Descripci3n
3	3rboles rectos,
2	3rboles torcidos
1	3rboles bifurcados

Con los datos obtenidos se cuantifico de manera porcentual la cantidad de 3rboles rectos, torcidos y bifurcados.

- Estado fitosanitario.

Se determin3n3 la ausencia o presencia del ataque de plagas y/o enfermedades durante todo el per3odo de investigaci3n, asign3ndoles los valores siguientes:

Clase	Descripci3n
1	3rboles sanos
2	3rboles con plagas y/o enfermedades

Con los datos obtenidos se cuantifico en porcentaje la cantidad de 3rboles sanos y atacados por plagas y enfermedades.

3.5.4 Toma de los datos de las variables del ensayo de progenie

- Las mediciones de di3metro basal estuvieron previstas realizarlas a los 4 y 8 meses de edad pero por evitar da3os mec3nicos en la pl3ntula por el uso del calibrador se omiti3 la medici3n al cuarto mes, es por eso que se presentan los resultados de las mediciones realizadas a los 8 meses de edad.

Se realizar3 el ensayo de progenie el cual consistir3 en determinar el porcentaje de germinaci3n de las semillas, sobrevivencia de las pl3ntulas, determinando el porcentaje de germinaci3n con la siguiente f3rmula.

$$\% \text{ de Germinación} = \frac{\text{Número de semillas germinadas}}{\text{Número de semillas sembradas}} \times 100$$

y porcentaje de sobrevivencia que se evaluará al octavo mes utilizando la siguiente fórmula

$$\% \text{ de Sobrevivencia} = \frac{\text{Número de Semillas muertas}}{\text{Número de semillas sembradas}} \times 100$$

Se determinó el estado fitosanitario asignándole los siguientes valores:

Clase	Descripción
1	Plantas sanas
2	Plantas con plagas y/o enfermedades

Con los datos obtenidos se cuantifico en porcentaje la cantidad de plantas sanas y atacadas por plagas y enfermedades.

- Se midió la altura de plántula con la ayuda de una regla graduada al centímetro completo midiendo desde el cuello de la raíz hasta el ápice de la planta.
- Se midió el diámetro basal con un calibrador pie de rey graduado al milímetro completo.
- Finalmente se determinó el grado de asociación (r) de las variables altura y diámetro basal.

3.6 Análisis de la información

Con los datos obtenidos de las diferentes variables en estudio se realizaron los siguientes análisis estadísticos.

3.6.1 Ensayo de procedencias

En la presente investigación se mantuvo el diseño originalmente planteado en la investigación de Mullo y Sandoval (2005), que fue de bloques al azar; con 44 bloques y/o repeticiones. La unidad experimental o parcela está representada por una procedencia con un total de 327 árboles.

3.6.1.1 Características del experimento para el ensayo de procedencias

Modelo estadístico: (Diseño de bloques al Azar)

$$X_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \varepsilon_{ij}$$

Dónde:

X_{ij} = observación en particular

μ = media general

τ_i = efecto de tratamientos

β_j = efecto de los bloques

ε_{ij} = error experimental

Cuadro 2: Diseño para ADEVA de procedencias

Fv	GL	SC	CM	Fc
Bloques	(44-1) = 43			
Tratamientos	(25-1) = 24			
Error experimental	(43)(24) = 1032			
TOTAL	(44*25) – 1 = 1099			

3.6.1.2 Prueba de diferencia de las medias

$$H_0 = \mu_1 = \mu_2 \dots \dots \dots = \mu_{25}$$

H_a = por lo menos una de las procedencias es diferente en su desarrollo

Donde:

H_0 = hipótesis nula

H_a = hipótesis alterna

Con el propósito de determinar las diferencias de medias entre los individuos de las diferentes procedencias se aplicó la prueba de rango múltiple Duncan al 95 %. Esta prueba se aplicó a las siguientes variables:

- DAP
- Altura total
- Altura de fuste
- Altura de copa
- Diámetro de copa.
- Rectitud del fuste.

3.6.1.3 Análisis de correlación entre variables dasométricas

- Diámetro a la altura del pecho (DAP) – Altura total.
- Altura de copa – Diámetro de copa.

3.6.1.4 Análisis de regresión

De las procedencias cuya correlación fue significativa estadísticamente se aplicaron los modelos de regresión lineal y logarítmica a fin de determinar las curvas de crecimiento. Se procesaron los pares siguientes:

Diámetro a la altura del pecho (DAP) – Altura total.

Altura de copa – Diámetro de copa.

3.6.2 Ensayo de progenie

3.6.2.1 Características del experimento para el ensayo de progenie

Modelo estadístico: (Diseño Irrestringido al Azar)

$$X_i = \mu + \tau_i + \epsilon_i$$

Dónde:

X_i = observación en particular

μ = media general

τ_i = efecto de tratamientos

ϵ_i = error experimental

Cuadro 3: ADEVA para el ensayo de progenie.

Fv	GL	SC	CM	Fc
Tratamientos	$(25-1) = 24$			
Error experimental	$25*(4-1) = 75$			
TOTAL	$(4*25) - 1 = 99$			

3.6.2.2 Prueba de rango múltiple

Se empleó la prueba de Duncan al 95 % de probabilidad estadística, con el propósito de determinar las diferencias de crecimiento entre las procedencias. Esta prueba se aplicó a las siguientes variables:

- Diámetro basal
- Altura total

3.7 Costos de mantenimiento del ensayo en Italquí

Para determinar los costos de mantenimiento del ensayo se tomaron en cuenta las actividades de manejo, que en la presente investigación fueron: el raleo inicial de las procedencias 09-PP-LOJ y 20-PP-ZIM, mismas que no mostraban correlación entre las variables DAP y altura total, por lo tanto fue necesario eliminar 33 árboles (9,16 % del rodal) que pertenecían a las procedencias antes mencionadas, además, además se realizó una chapia para eliminar la maleza y la regeneración natural.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En este documento se presentan los resultados obtenidos en la investigación realizada en el ensayo de *Pinus patula* a la edad comprendida entre 12,5 y 13,5 años. El análisis de los resultados en esta fase de investigación permitió corroborar el comportamiento y selección de las procedencias con mayor crecimiento.

4.1 Análisis de variables a los 12,5 años de edad

4.1.1 Sobrevivencia.

El porcentaje de sobrevivencia para el rodal a la edad de 12,5 años fue de 100 % para todos los bloques y procedencias.

4.1.2 Diámetro a la altura del pecho

En el Cuadro 4 se muestra el Análisis de Varianza de DAP donde se observa que existen diferencias altamente significativas para bloques y procedencias.

Cuadro 4: Análisis de Variancia de diámetro a la altura de pecho

FUENTE DE VARIACIÓN	GL.	SC	CM	FC	SIG.	FT 0.05	FT 0.01
Bloque	43	1570,26	36,52	2.81	**	1.43	1.65
Procedencia	24	693,84	37,24	2.87	**	1.56	1.87
Error experimental	259	3360,93	12,98				
Total	326	5825,04					
CV				13.13			

Del análisis de medias en la prueba Duncan, se determinó que, las procedencias 39-PP-ZIM con 35,48 cm seguido de 41-PP-SUD con 34,5 tuvieron el mayor crecimiento.

La procedencia 25-PP-SUD con 29,54 cm seguido de 42-PP-MAL con 29,16 cm tuvieron el menor crecimiento (Ver cuadro 5).

Cuadro 5: Prueba de Duncan de diámetro a la altura de pecho

Procedencia	Medias	n	Rangos						
39	35,48	19	A						
41	34,5	15	A	B					
12	34,4	6	A	B	C				
13	34,33	7	A	B	C				
10	34,19	19	A	B	C				
30	33,6	10	A	B	C	D			
21	33,53	15	A	B	C	D			
32	33,1	17	A	B	C	D	E		
28	32,47	14	A	B	C	D	E	F	
1	32,45	17	A	B	C	D	E	F	
8	32,37	23	A	B	C	D	E	F	
36	32,28	11	A	B	C	D	E	F	
34	32,27	14	A	B	C	D	E	F	
7	31,62	16		B	C	D	E	F	
6	31,57	14		B	C	D	E	F	
22	31,35	14		B	C	D	E	F	
45	30,99	7		B	C	D	E	F	
19	30,88	19			C	D	E	F	
5	30,66	13				D	E	F	
24	30,27	9				D	E	F	
26	30,08	13				D	E	F	
16	29,96	8					E	F	
18	29,6	4					E	F	
25	29,54	7						F	
42	29,16	16							F

4.1.3 Altura total

En el Cuadro 6 se muestra el Análisis de Varianza de altura total donde se observa que existen diferencias altamente significativas para bloques y procedencias.

Cuadro 6: Análisis de Variancia de altura total

FUENTE DE VARIACIÓN	GL.	SC	CM	FC	SIG.	FT 0.05	FT 0.01
Bloque	43	305,43	7,10	3,64	**	1,53	1,81
Procedencia	24	105,69	4,40	2,26	**	1,41	1,62
Error experimental	259	505,16	1,95				
Total	326	916,28					
CV	9.24						

Del análisis de los promedios de procedencias en la prueba Duncan se determinó que, las procedencias 30-PP-COL con 19,6 m seguido de 18-PP-LOJ con 19,44 m tuvieron el mayor crecimiento.

La procedencia 07-PP-LOJ con 17,53 m seguido de 01-PP-COT con 16,37 m tuvieron el menor crecimiento (Ver cuadro 7).

Cuadro 7: Prueba de Duncan de altura total

Procedencias	Medias	n	Rangos
30	19,6	10	A
18	19,44	4	A B
36	18,93	11	A B C
8	18,91	23	A B C D
32	18,71	17	A B C D
39	18,58	19	A B C D
6	18,5	14	A B C D
41	18,5	15	A B C D
21	18,38	15	A B C D
12	18,29	6	A B C D
5	18,13	13	B C D
16	18,13	8	B C D
34	18,11	14	B C D
28	18,07	14	C D
24	18,03	9	C D
10	18,01	19	C D
26	18	13	C D
25	17,86	7	C D
42	17,81	16	C D
22	17,73	14	C D
13	17,68	7	C D
19	17,67	19	C D
45	17,54	7	D E
7	17,53	16	D E
1	16,37	17	E

4.1.4 Altura de fuste

En el Cuadro 8 se muestra el Análisis de Varianza de altura de fuste donde se observa que existen diferencias altamente significativas para bloques, mientras que para procedencias es no significativo.

Cuadro 8: Análisis de Variancia de altura de fuste

FUENTE DE VARIACIÓN	GL.	SC	CM	FC	SIG.	FT 0.05	FT 0.01
Bloque	43	8,26	0,19	2,81	**	1,53	1,81
Procedencia	24	1,77	0,07	1,08	NS	1,41	1,62
Error experimental	259	17,69	0,07				
Total	326	27,71					
CV					7.71		

Del análisis de los promedios de procedencias en la prueba Duncan se determinó que, las procedencias 12-PP-LOJ con 4 m seguido de 05-PP-LOJ con 3,9 m tuvieron el mayor crecimiento.

La procedencia 45-PP-MEX con 3,61 m seguido de 16-PP-LOJ con 3,53 m tuvieron el menor crecimiento (Ver cuadro 9).

Cuadro 9: Prueba de Duncan de altura de fuste

Procedencia	Medias	n	Rangos					
12	4	6	A					
5	3,9	13	A	B				
26	3,9	13	A	B	C			
36	3,86	11	A	B	C	D		
39	3,86	19	A	B	C	D		
32	3,84	17	A	B	C	D		
8	3,84	23	A	B	C	D		
24	3,83	9	A	B	C	D		
41	3,82	15	A	B	C	D		
1	3,81	17	A	B	C	D		
34	3,8	14	A	B	C	D		
30	3,8	10	A	B	C	D		
7	3,78	16	A	B	C	D	E	
42	3,78	16	A	B	C	D	E	E
28	3,77	14	A	B	C	D	E	E
22	3,77	14	A	B	C	D	E	E
13	3,75	7	A	B	C	D	E	E
10	3,72	19		B	C	D	E	E
6	3,71	14		B	C	D	E	E
21	3,7	15		B	C	D	E	E
19	3,68	19		B	C	D	E	E
25	3,64	7			C	D	E	E
18	3,63	4				D	E	E
45	3,61	7				D	E	E
16	3,53	8					E	E

4.1.5 Rectitud de fuste

Cuadro 10: Resultados de la clasificación de rectitud de fuste

Procedencia	n Total	Procedencia	% Rectos	Procedencia	% Torcidos	Procedencia	% Bifurcados
01-PP-COT	17	13-PP-LOJ	100,0	28-PP-BOL	21,4	07-PP-LOJ	25,0
05-PP-COT	13	18-PP-LOJ	100,0	12-PP-LOJ	16,7	24-PP-PER	22,2
06-PP-LOJ	14	36-PP-SUD	100,0	10-PP-LOJ	15,8	19-PP-LOJ	15,8
07-PP-LOJ	16	41-PP-SUD	93,3	05-PP-COT	15,4	08-PP-LOJ	13,0
08-PP-LOJ	23	30-PP-COL	90,0	06-PP-LOJ	14,3	26-PP-MEX	7,7
10-PP-LOJ	19	39-PP-ZIM	89,5	25-PP-SUD	14,3	06-PP-LOJ	7,1
12-PP-LOJ	6	01-PP-COT	88,2	34-PP-KEN	14,3	22-PP-LOJ	7,1
13-PP-LOJ	7	32-PP-ZIM	88,2	45-PP-MEX	14,3	28-PP-BOL	7,1
16-PP-LOJ	8	16-PP-LOJ	87,5	16-PP-LOJ	12,5	21-PP-LOJ	6,7
18-PP-LOJ	4	42-PP-MAL	87,5	42-PP-MAL	12,5	01-PP-COT	0,0
19-PP-LOJ	19	21-PP-LOJ	86,7	01-PP-COT	11,8	05-PP-COT	0,0
21-PP-LOJ	15	22-PP-LOJ	85,7	32-PP-ZIM	11,8	10-PP-LOJ	0,0
22-PP-LOJ	14	25-PP-SUD	85,7	39-PP-ZIM	10,5	12-PP-LOJ	0,0
24-PP-PER	9	34-PP-KEN	85,7	30-PP-COL	10,0	13-PP-LOJ	0,0
25-PP-SUD	7	45-PP-MEX	85,7	26-PP-MEX	7,7	16-PP-LOJ	0,0
26-PP-MEX	13	05-PP-COT	84,6	22-PP-LOJ	7,1	18-PP-LOJ	0,0
28-PP-BOL	14	26-PP-MEX	84,6	21-PP-LOJ	6,7	25-PP-SUD	0,0
30-PP-COL	10	10-PP-LOJ	84,2	41-PP-SUD	6,7	30-PP-COL	0,0
32-PP-ZIM	17	12-PP-LOJ	83,3	07-PP-LOJ	6,3	32-PP-ZIM	0,0
34-PP-KEN	14	08-PP-LOJ	82,6	19-PP-LOJ	5,3	34-PP-KEN	0,0
36-PP-SUD	11	19-PP-LOJ	78,9	08-PP-LOJ	4,3	36-PP-SUD	0,0
39-PP-ZIM	19	06-PP-LOJ	78,6	13-PP-LOJ	0,0	39-PP-ZIM	0,0
41-PP-SUD	15	24-PP-PER	77,8	18-PP-LOJ	0,0	41-PP-SUD	0,0
42-PP-MAL	16	28-PP-BOL	71,4	24-PP-PER	0,0	42-PP-MAL	0,0
45-PP-MEX	7	07-PP-LOJ	68,8	36-PP-SUD	0,0	45-PP-MEX	0,0
Promedio	327	Promedio	85,9		9,6		4,5

Para la variable rectitud de fuste se determinó tres grupos siguientes: Árboles rectos con 278 individuos que corresponde al 85,9 % del ensayo, árboles torcidos con 32 individuos que corresponde al 9,6 % del ensayo, árboles bifurcados con 17 individuos que corresponde al 4,5 % del ensayo.

4.1.6 Diámetro de copa

En el Cuadro 11 se muestra el Análisis de Varianza de diámetro de copa donde se observa que existen diferencias altamente significativas para bloques, mientras que para procedencias es no significativo.

Cuadro 11: Análisis de Varianza diámetro de copa

FUENTE DE VARIACIÓN	GL.	SC	CM	FC	SIG.	FT 0.05	FT 0.01
Bloque	43	52,87	1,23	2,23	**	1,53	1,81
Procedencia	24	17,84	0,74	1,35	NS	1,41	1,62
Error experimental	259	142,74	0,55				
Total	326	213,45					
CV	10.12						

Del análisis de los promedios de procedencias en la prueba Duncan se determinó que, las procedencias 12-PP-LOJ con 8,69 m seguido de 13-PP-LOJ con 8,43 m fueron las que mostraron mayor crecimiento.

La procedencia 06-PP-LOJ con 7,57 m seguido de 18-PP-LOJ con 7,53 m fueron las procedencias con menor crecimiento (Ver cuadro 12).

Cuadro 12: Prueba de Duncan de Diámetro de copa

Procedencia	Medias	n	Rangos
12	8,69	6	A
13	8,43	7	A B
16	8,41	8	A B
41	8,27	15	A B C
10	8,21	19	A B C
7	8,14	16	A B C
28	8,08	14	A B C
19	8,07	19	A B C
1	8,07	17	A B C
22	8,04	14	A B C
30	8,03	10	A B C
42	7,99	16	A B C
21	7,97	15	B C
8	7,96	23	B C
32	7,93	17	B C
24	7,92	9	B C
26	7,91	13	B C
25	7,91	7	B C
34	7,88	14	B C
5	7,86	13	B C
36	7,84	11	B C
45	7,83	7	B C
39	7,66	19	C
6	7,57	14	C
18	7,53	4	C

4.1.7 Altura de copa

En el Cuadro 13 se muestra el Análisis de Varianza de diámetro de copa donde se observa que existen diferencias altamente significativas para bloques y procedencias.

Cuadro 13: Análisis de Variancia de altura de copa

FUENTE DE VARIACIÓN	GL.	SC	CM	FC	SIG.	FT 0.05	FT 0.01
Bloque	43	272,41	6,34	3,31	**	1,53	1,81
Procedencia	24	104,49	4,35	2,28	**	1,41	1,62
Error experimental	259	495,19	1,91				
Total	326	872,09					
CV				11.38			

Del análisis de los promedios de procedencias en la prueba Duncan se determinó que, las procedencias 18-PP-LOJ con 16,81 m seguido de 30-PP-COL con 16,65 m fueron las que mostraron mayor crecimiento.

La procedencia 07-PP-LOJ con 14,66 m seguido de 01-PP-COT con 13,47 m fueron las procedencias con menor crecimiento (Ver cuadro 14).

Cuadro 14: Prueba de Duncan de altura de copa

Procedencias	Medias	n	Rangos
18	16,81	4	A
30	16,65	10	A
8	16,03	23	A B
36	15,84	11	A B C
32	15,81	17	A B C
6	15,73	14	A B C
41	15,6	15	A B C
21	15,55	15	A B C
16	15,53	8	A B C
39	15,53	19	A B C
34	15,18	14	B C
28	15,14	14	B C
12	15,13	6	B C
10	15,11	19	B C
24	15,06	9	B C
25	15	7	B C
42	14,97	16	B C
5	14,96	13	B C
19	14,96	19	B C
26	14,92	13	B C
45	14,82	7	B C
22	14,79	14	B C
13	14,68	7	B C
7	14,66	16	C
1	13,47	17	D

4.1.8 Sanidad

En el Cuadro 15 se muestra la incidencia de plagas y enfermedades donde las procedencias 12-PP-LOJ con 25 % y 28-PP-BOL son las que muestran mayor número de individuos afectados por plagas y enfermedades.

Cuadro 15: Incidencia de plagas y enfermedades

Procedencia	n	Árboles enfermos (%)
12-PP-LOJ	8	25,0
28-PP-BOL	14	21,4
06-PP-LOJ	14	14,3
24-PP-PER	9	11,1
39-PP-ZIM	18	11,1
26-PP-MEX	13	7,7
41-PP-SUD	15	6,7
32-PP-ZIM	16	6,3
01-PP-COT	17	0,0
05-PP-COT	13	0,0
07-PP-LOJ	16	0,0
08-PP-LOJ	23	0,0
10-PP-LOJ	19	0,0
13-PP-LOJ	7	0,0
16-PP-LOJ	8	0,0
18-PP-LOJ	4	0,0
19-PP-LOJ	19	0,0
21-PP-LOJ	15	0,0
22-PP-LOJ	14	0,0
25-PP-SUD	7	0,0
30-PP-COL	10	0,0
34-PP-KEN	15	0,0
36-PP-SUD	11	0,0
42-PP-MAL	15	0,0
45-PP-MEX	7	0,0
Promedio		4.1

4.2 Análisis de variables a los 12,8 años de edad

4.2.1 Sobrevivencia

El porcentaje de sobrevivencia para el rodal a la edad de 12,8 años fue de 100 % para todos los bloques y procedencias.

4.2.2 Diámetro a la altura del pecho

En el Cuadro 16 se muestra el Análisis de Varianza de DAP donde se observa que existen diferencias altamente significativas para bloques y procedencias.

Cuadro 16: Análisis de Variancia de diámetro a la altura de pecho

FUENTE DE VARIACIÓN	GL.	SC	CM	FC	SIG.	FT 0.05	FT 0.01
Bloque	43	1676,07	38,98	2,83	**	1.43	1.65
Procedencia	24	1002,81	41,78	3,04	**	1.56	1.87
Error experimental	259	3563,75	13,76				
Total	326	6242,64					
CV	13.29						

Del análisis de los promedios de procedencias en la prueba Duncan se determinó que, las procedencias 39-PP-ZIM con 36,46 cm seguido de 13-PP-LOJ con 35,29 cm tuvieron el mayor crecimiento.

La procedencia 25-PP-SUD con 29,92 cm seguido de 42-PP-MAL con 29,80 cm tuvieron el menor crecimiento (Ver cuadro 17).

Cuadro 17: Prueba de Duncan de diámetro a la altura de pecho

Procedencia	Medias	n	Rangos						
39	36,45	19	A						
13	35,29	7	A	B					
41	35,2	15	A	B					
12	35,15	6	A	B	C				
10	35,08	19	A	B	C				
30	34,42	10	A	B	C	D			
21	34,31	15	A	B	C	D			
32	33,92	17	A	B	C	D	E		
1	33,16	17	A	B	C	D	E	F	
28	33,14	14	A	B	C	D	E	F	
36	33,06	11	A	B	C	D	E	F	
8	33,04	23	A	B	C	D	E	F	
34	32,92	14	A	B	C	D	E	F	
7	32,41	16		B	C	D	E	F	
6	32,28	14		B	C	D	E	F	
22	31,99	14		B	C	D	E	F	
45	31,65	7		B	C	D	E	F	
19	31,53	19			C	D	E	F	
5	31,23	13				D	E	F	
24	30,9	9				D	E	F	
16	30,64	8					E	F	
26	30,63	13					E	F	
18	30,16	4						F	
25	29,92	7						F	
42	29,8	16						F	

4.2.3 Altura total

En el Cuadro 18 se muestra el Análisis de Varianza de altura total donde se observa que existen diferencias altamente significativas para bloques y procedencias.

Cuadro 18: Análisis de Varianza de altura total

FUENTE DE VARIACIÓN	GL.	SC	CM	FC	SIG.	FT 0.05	FT 0.01
Bloque	43	291,16	6,77	3,46	**	1,53	1,81
Procedencia	24	105,20	4,38	2,24	**	1,41	1,62
Error experimental	259	506,27	1,95				
Total	326	902,63					
CV				8,98			

Del análisis de los promedios de procedencias en la prueba Duncan se determinó que, las procedencias 30-PP-COL con 19,98 m seguido de 18-PP-LOJ con 19,94 m tuvieron el mayor crecimiento.

La procedencia 41-PP-LOJ con 17,86 m seguido de 01-PP-COT con 16,81 m tuvieron el menor crecimiento (Ver cuadro 19).

Cuadro 19: Prueba de Duncan de altura total

Procedencia	Medias	n	Rangos
30	19,98	10	A
18	19,94	4	A
8	19,34	23	A B
36	19,25	11	A B C
32	19,07	17	A B C
39	18,93	19	A B C
41	18,93	15	A B C
6	18,89	14	A B C
21	18,72	15	A B C
12	18,58	6	B C
28	18,55	14	B C
16	18,53	8	B C
34	18,5	14	B C
24	18,44	9	B C
5	18,42	13	B C
10	18,39	19	B C
26	18,29	13	B C
42	18,25	16	B C
19	18,08	19	B C D
25	18,07	7	B C D
22	18,04	14	B C D
13	17,98	7	B C D
7	17,95	16	B C D
45	17,86	7	C D
1	16,81	17	D

4.2.4 Altura de fuste

En el Cuadro 20 se muestra el Análisis de Varianza de altura de fuste donde se observa que existen diferencias altamente significativas para bloques, mientras que para procedencias es no significativo.

Cuadro 20: Análisis de Variancia de altura de fuste

FUENTE DE VARIACIÓN	GL.	SC	CM	FC	SIG.	FT 0.05	FT 0.01
Bloque	43	8,26	0,19	2,81	**	1,53	1,81
Procedencia	24	1,77	0,07	1,08	NS	1,41	1,62
Error experimental	259	17,69	0,07				
Total	326	27,71					
CV	7.71						

Del análisis de los promedios de procedencias en la prueba Duncan se determinó que, las procedencias 12-PP-LOJ con 4 m seguido de 05-PP-LOJ con 3,9 m tuvieron el mayor crecimiento.

La procedencia 45-PP-MEX con 3,61 m seguido de 16-PP-LOJ con 3,53 m tuvieron el menor crecimiento (Ver cuadro 21).

Cuadro 21: Prueba de Duncan de altura de fuste

Procedencia	Medias	n	Rangos				
12	4	6	A				
5	3,9	13	A	B			
26	3,9	13	A	B	C		
36	3,86	11	A	B	C	D	
39	3,86	19	A	B	C	D	
32	3,84	17	A	B	C	D	
8	3,84	23	A	B	C	D	
24	3,83	9	A	B	C	D	
41	3,82	15	A	B	C	D	
1	3,81	17	A	B	C	D	
34	3,8	14	A	B	C	D	
30	3,8	10	A	B	C	D	
7	3,78	16	A	B	C	D	E
42	3,78	16	A	B	C	D	E
28	3,77	14	A	B	C	D	E
22	3,77	14	A	B	C	D	E
13	3,75	7	A	B	C	D	E
10	3,72	19		B	C	D	E
6	3,71	14		B	C	D	E
21	3,7	15		B	C	D	E
19	3,68	19		B	C	D	E
25	3,64	7			C	D	E
18	3,63	4				D	E
45	3,61	7				D	E
16	3,53	8					E

4.2.5 Rectitud de fuste

Para la variable rectitud de fuste se determinó tres grupos siguientes: Árboles rectos con 278 individuos que corresponde al 85,9 % del ensayo, árboles torcidos con 32 individuos que corresponde al 9,6 % del ensayo, árboles bifurcados con 17 individuos que corresponde al 4,5 % del ensayo.

Cuadro 22: Resultados de la clasificación de rectitud de fuste

Procedencia	n Total	Procedencia	% Rectos	Procedencia	% Torcidos	Procedencia	% Bifurcados
01-PP-COT	17	13-PP-LOJ	100,0	28-PP-BOL	21,4	07-PP-LOJ	25,0
05-PP-COT	13	18-PP-LOJ	100,0	12-PP-LOJ	16,7	24-PP-PER	22,2
06-PP-LOJ	14	36-PP-SUD	100,0	10-PP-LOJ	15,8	19-PP-LOJ	15,8
07-PP-LOJ	16	41-PP-SUD	93,3	05-PP-COT	15,4	08-PP-LOJ	13,0
08-PP-LOJ	23	30-PP-COL	90,0	06-PP-LOJ	14,3	26-PP-MEX	7,7
10-PP-LOJ	19	39-PP-ZIM	89,5	25-PP-SUD	14,3	06-PP-LOJ	7,1
12-PP-LOJ	6	01-PP-COT	88,2	34-PP-KEN	14,3	22-PP-LOJ	7,1
13-PP-LOJ	7	32-PP-ZIM	88,2	45-PP-MEX	14,3	28-PP-BOL	7,1
16-PP-LOJ	8	16-PP-LOJ	87,5	16-PP-LOJ	12,5	21-PP-LOJ	6,7
18-PP-LOJ	4	42-PP-MAL	87,5	42-PP-MAL	12,5	01-PP-COT	0,0
19-PP-LOJ	19	21-PP-LOJ	86,7	01-PP-COT	11,8	05-PP-COT	0,0
21-PP-LOJ	15	22-PP-LOJ	85,7	32-PP-ZIM	11,8	10-PP-LOJ	0,0
22-PP-LOJ	14	25-PP-SUD	85,7	39-PP-ZIM	10,5	12-PP-LOJ	0,0
24-PP-PER	9	34-PP-KEN	85,7	30-PP-COL	10,0	13-PP-LOJ	0,0
25-PP-SUD	7	45-PP-MEX	85,7	26-PP-MEX	7,7	16-PP-LOJ	0,0
26-PP-MEX	13	05-PP-COT	84,6	22-PP-LOJ	7,1	18-PP-LOJ	0,0
28-PP-BOL	14	26-PP-MEX	84,6	21-PP-LOJ	6,7	25-PP-SUD	0,0
30-PP-COL	10	10-PP-LOJ	84,2	41-PP-SUD	6,7	30-PP-COL	0,0
32-PP-ZIM	17	12-PP-LOJ	83,3	07-PP-LOJ	6,3	32-PP-ZIM	0,0
34-PP-KEN	14	08-PP-LOJ	82,6	19-PP-LOJ	5,3	34-PP-KEN	0,0
36-PP-SUD	11	19-PP-LOJ	78,9	08-PP-LOJ	4,3	36-PP-SUD	0,0
39-PP-ZIM	19	06-PP-LOJ	78,6	13-PP-LOJ	0,0	39-PP-ZIM	0,0
41-PP-SUD	15	24-PP-PER	77,8	18-PP-LOJ	0,0	41-PP-SUD	0,0
42-PP-MAL	16	28-PP-BOL	71,4	24-PP-PER	0,0	42-PP-MAL	0,0
45-PP-MEX	7	07-PP-LOJ	68,8	36-PP-SUD	0,0	45-PP-MEX	0,0
Promedio	327	Promedio	85,9		9,6		4,5

4.2.6 Diámetro de copa

En el Cuadro 23 se muestra el Análisis de Varianza de diámetro de copa donde se observa que existen diferencias altamente significativas para bloques, mientras que para procedencias es no significativo.

Cuadro 23: Análisis de Varianza diámetro de copa

FUENTE DE VARIACIÓN	GL.	SC	CM	FC	SIG.	FT 0.05	FT 0.01
Bloque	43	56,74	1,32	2,22	**	1,53	1,81
Procedencia	24	18,68	0,78	1,31	NS	1,41	1,62
Error experimental	259	153,71	0,59				
Total	326	229,13					
CV	10.18						

Del análisis de los promedios de procedencias en la prueba Duncan, donde se evidencian 3 grupos, se determinó que las procedencias 12-PP-LOJ con 8,91 m seguido de 16-PP-LOJ con 8,69 m fueron las que mostraron mayor crecimiento.

La procedencia 06-PP-LOJ con 7,80 m seguido de 18-PP-LOJ con 7,73 m fueron las procedencias con menor crecimiento (Ver cuadro 24).

Cuadro 24: Prueba de Duncan de Diámetro de copa

Procedencia	Medias	n	Rangos
12	8,91	6	A
16	8,69	8	A B
13	8,66	7	A B
41	8,44	15	A B C
10	8,41	19	A B C
7	8,39	16	A B C
19	8,37	19	A B C
30	8,33	10	A B C
28	8,33	14	A B C
1	8,3	17	A B C
22	8,24	14	A B C
21	8,24	15	A B C
8	8,21	23	A B C
26	8,2	13	A B C
24	8,19	9	A B C
34	8,19	14	A B C
42	8,17	16	A B C
25	8,14	7	B C
36	8,13	11	B C
45	8,11	7	B C
32	8,11	17	B C
5	8,1	13	B C
39	7,81	19	C
6	7,8	14	C
18	7,73	4	C

4.2.7 Altura de copa

En el Cuadro 25 se muestra el Análisis de Varianza de diámetro de copa donde se observa que existen diferencias altamente significativas para bloques y procedencias.

Cuadro 25: Análisis de Varianza para diámetro de copa

FUENTE DE VARIACIÓN	GL.	SC	CM	FC	SIG.	FT 0.05	FT 0.01
Bloque	43	257,34	5,98	3,11	**	1,53	1,81
Procedencia	24	104,56	4,36	2,27	**	1,41	1,62
Error experimental	259	497,60	1,92				
Total	326	859,50					
CV				11.01			

Del análisis de los promedios de procedencias en la prueba Duncan se determinó que las procedencias 18-PP-LOJ con 16,81 m seguido de 30-PP-COL con 16,65 m fueron las que mostraron mayor crecimiento.

La procedencia 07-PP-LOJ con 14,66 m seguido de 01-PP-COT con 13,47 m fueron las procedencias con menor crecimiento (Ver cuadro 26).

Cuadro 26: Prueba de Duncan de altura de copa

Procedencia	Medias	n	Rangos
18	16,31	4	A
30	16,18	10	A
8	15,5	23	A B
36	15,39	11	A B
32	15,24	17	A B
6	15,18	14	A B
41	15,12	15	A B
39	15,08	19	A B
21	15,02	15	A B
16	15	8	A B
28	14,79	14	B
34	14,7	14	B
10	14,67	19	B
24	14,61	9	B
12	14,58	6	B
5	14,52	13	B
42	14,47	16	B
25	14,43	7	B
19	14,39	19	B
26	14,38	13	B
22	14,27	14	B
45	14,25	7	B
13	14,23	7	B
7	14,17	16	B
1	13	17	C

4.2.8 Sanidad

En el Cuadro 27 se muestra la incidencia de plagas y enfermedades donde las procedencias 12-PP-LOJ con 25 % y 28-PP-BOL con 21,4 % son las que muestran mayor número de individuos infectados.

Cuadro 27: Incidencia de plagas y enfermedades

Procedencia	n	Árboles enfermos (%)
12-PP-LOJ	8	25,0
28-PP-BOL	14	21,4
06-PP-LOJ	14	14,3
24-PP-PER	9	11,1
08-PP-LOJ	23	8,7
26-PP-MEX	13	7,7
41-PP-SUD	15	6,7
39-PP-ZIM	18	5,6
01-PP-COT	17	0,0
05-PP-COT	13	0,0
07-PP-LOJ	16	0,0
10-PP-LOJ	19	0,0
13-PP-LOJ	7	0,0
16-PP-LOJ	8	0,0
18-PP-LOJ	4	0,0
19-PP-LOJ	19	0,0
21-PP-LOJ	15	0,0
22-PP-LOJ	14	0,0
25-PP-SUD	7	0,0
30-PP-COL	10	0,0
32-PP-ZIM	16	0,0
34-PP-KEN	15	0,0
36-PP-SUD	11	0,0
42-PP-MAL	15	0,0
45-PP-MEX	7	0,0
Promedio		4

4.3 Análisis de variables a los 13,2 años de edad

4.3.1 Supervivencia

El porcentaje de supervivencia para el rodal a la edad de 13,2 años fue de 100 % para todos los bloques y procedencias.

4.3.2 Diámetro a la altura del pecho

En el Cuadro 28 se muestra el Análisis de Varianza de DAP donde se observa que existen diferencias altamente significativas para bloques y procedencias.

Cuadro 28: Análisis de Variancia de diámetro a la altura de pecho

FUENTE DE VARIACIÓN	GL.	SC	CM	FC	SIG.	FT 0.05	FT 0.01
Bloque	43	1663,04	38,68	2,66	**	1.43	1.65
Procedencia	24	1072,65	44,69	3,07	**	1.56	1.87
Error experimental	259	3767,33	14,55				
Total	326	6503,02					
CV	13.42						

Del análisis de los promedios de procedencias en la prueba Duncan donde se evidencia seis grupos, se determinó que, las procedencias 39-PP-ZIM con 36,99 cm seguido de 41-PP-LOJ con 35,63 cm tuvieron el mayor crecimiento.

La procedencia 25-PP-SUD con 30,28 cm seguido de 42-PP-MAL con 30,10 cm tuvieron el menor crecimiento (Ver cuadro 29).

Cuadro 29: Prueba de Duncan de diámetro a la altura de pecho

Procedencia	Medias	n	Rangos
39	36,99	19	A
41	35,63	15	A B
13	35,6	7	A B
10	35,57	19	A B
12	35,39	6	A B
30	34,82	10	A B C
21	34,78	15	A B C
32	34,32	17	A B C D
28	33,54	14	A B C D E
1	33,5	17	A B C D E
8	33,44	23	A B C D E
34	33,35	14	A B C D E
36	33,26	11	B C D E
7	32,69	16	B C D E
6	32,38	14	B C D E
22	32,33	14	B C D E
45	31,97	7	B C D E
19	31,93	19	B C D E
5	31,54	13	C D E
16	31,16	8	C D E
24	31,09	9	C D E
26	30,87	13	D E
18	30,4	4	E
25	30,28	7	E
42	30,1	16	E

4.3.3 Altura total

En el Cuadro 30 se muestra el Análisis de Varianza de altura total donde se observa que existen diferencias altamente significativas para bloques y procedencias.

Cuadro 30: Análisis de Varianza de altura total

FUENTE DE VARIACIÓN	GL.	SC	CM	FC	SIG.	FT 0.05	FT 0.01
Bloque	43	283,24	6,59	3,36	**	1,53	1,81
Procedencia	24	105,94	4,41	2,25	**	1,41	1,62
Error experimental	259	507,96	1,96				
Total	326	897,15					
CV				8.81			

Del análisis de los promedios de procedencias en la prueba Duncan, donde se evidencian 5 grupos se determinó que, las procedencias 18-PP-LOJ con 20,38 m seguido de 30-PP-COL con 20,28 m tuvieron el mayor crecimiento.

La procedencia 07-PP-LOJ con 18,20 m seguido de 01-PP-COT con 17,12 m tuvieron el menor crecimiento (Ver cuadro 31).

Cuadro 31: Prueba de Duncan de altura total

Procedencias	Medias	n	Rangos				
18	20,38	4	A				
30	20,28	10	A	B			
8	19,67	23	A	B	C		
36	19,5	11	A	B	C	D	
32	19,37	17	A	B	C	D	
39	19,24	19	A	B	C	D	
41	19,22	15	A	B	C	D	
6	19,2	14	A	B	C	D	
21	19,03	15		B	C	D	
12	18,83	6			C	D	
16	18,81	8			C	D	
34	18,79	14			C	D	
28	18,79	14			C	D	
24	18,75	9			C	D	
10	18,72	19			C	D	
5	18,71	13			C	D	
26	18,6	13			C	D	
42	18,53	16			C	D	
19	18,43	19			C	D	
25	18,43	7			C	D	
22	18,38	14			C	D	E
45	18,25	7				D	E
13	18,25	7				D	E
7	18,2	16				D	E
1	17,12	17					E

4.3.4 Altura de fuste

En el Cuadro 32 se muestra el Análisis de Varianza de altura de fuste donde se observa que existen diferencias altamente significativas para bloques, mientras que para procedencias es no significativo.

Cuadro 32: Análisis de Variancia de altura de fuste

FUENTE DE VARIACIÓN	GL.	SC	CM	FC	SIG.	FT 0.05	FT 0.01
Bloque	43	8,26	0,19	2,81	**	1,53	1,81
Procedencia	24	1,77	0,07	1,08	NS	1,41	1,62
Error experimental	259	17,69	0,07				
Total	326	27,71					
CV	7.71						

Del análisis de los promedios de procedencias en la prueba Duncan se determinó que, las procedencias 12-PP-LOJ con 4 m seguido de 05-PP-LOJ con 3,9 m tuvieron el mayor crecimiento.

La procedencia 45-PP-MEX con 3,61 m seguido de 16-PP-LOJ con 3,53 m tuvieron el menor crecimiento (Ver cuadro 33).

Cuadro 33: Prueba de Duncan de altura de fuste

Procedencia	Medias	n	Rangos
12	4	6	A
5	3,9	13	A B
26	3,9	13	A B C
36	3,86	11	A B C D
39	3,86	19	A B C D
32	3,84	17	A B C D
8	3,84	23	A B C D
24	3,83	9	A B C D
41	3,82	15	A B C D
1	3,81	17	A B C D
34	3,8	14	A B C D
30	3,8	10	A B C D
7	3,78	16	A B C D E
42	3,78	16	A B C D E
28	3,77	14	A B C D E
22	3,77	14	A B C D E
13	3,75	7	A B C D E
10	3,72	19	B C D E
6	3,71	14	B C D E
21	3,7	15	B C D E
19	3,68	19	B C D E
25	3,64	7	C D E
18	3,63	4	D E
45	3,61	7	D E
16	3,53	8	E

4.3.5 Rectitud de fuste

Para la variable rectitud de fuste se determinó tres grupos siguientes. Árboles rectos con 278 individuos que corresponden al 85,9 % del ensayo, árboles torcidos con 32 individuos que corresponde al 9,6 % del ensayo, árboles bifurcados con 17 individuos que corresponde al 4,5 % del ensayo.

Cuadro 34: Resultados de la clasificación de rectitud de fuste

Procedencia	n Total	Procedencia	% Rectos	Procedencia	% Torcidos	Procedencia	% Bifurcados
01-PP-COT	17	13-PP-LOJ	100,0	28-PP-BOL	21,4	07-PP-LOJ	25,0
05-PP-COT	13	18-PP-LOJ	100,0	12-PP-LOJ	16,7	24-PP-PER	22,2
06-PP-LOJ	14	36-PP-SUD	100,0	10-PP-LOJ	15,8	19-PP-LOJ	15,8
07-PP-LOJ	16	41-PP-SUD	93,3	05-PP-COT	15,4	08-PP-LOJ	13,0
08-PP-LOJ	23	30-PP-COL	90,0	06-PP-LOJ	14,3	26-PP-MEX	7,7
10-PP-LOJ	19	39-PP-ZIM	89,5	25-PP-SUD	14,3	06-PP-LOJ	7,1
12-PP-LOJ	6	01-PP-COT	88,2	34-PP-KEN	14,3	22-PP-LOJ	7,1
13-PP-LOJ	7	32-PP-ZIM	88,2	45-PP-MEX	14,3	28-PP-BOL	7,1
16-PP-LOJ	8	16-PP-LOJ	87,5	16-PP-LOJ	12,5	21-PP-LOJ	6,7
18-PP-LOJ	4	42-PP-MAL	87,5	42-PP-MAL	12,5	01-PP-COT	0,0
19-PP-LOJ	19	21-PP-LOJ	86,7	01-PP-COT	11,8	05-PP-COT	0,0
21-PP-LOJ	15	22-PP-LOJ	85,7	32-PP-ZIM	11,8	10-PP-LOJ	0,0
22-PP-LOJ	14	25-PP-SUD	85,7	39-PP-ZIM	10,5	12-PP-LOJ	0,0
24-PP-PER	9	34-PP-KEN	85,7	30-PP-COL	10,0	13-PP-LOJ	0,0
25-PP-SUD	7	45-PP-MEX	85,7	26-PP-MEX	7,7	16-PP-LOJ	0,0
26-PP-MEX	13	05-PP-COT	84,6	22-PP-LOJ	7,1	18-PP-LOJ	0,0
28-PP-BOL	14	26-PP-MEX	84,6	21-PP-LOJ	6,7	25-PP-SUD	0,0
30-PP-COL	10	10-PP-LOJ	84,2	41-PP-SUD	6,7	30-PP-COL	0,0
32-PP-ZIM	17	12-PP-LOJ	83,3	07-PP-LOJ	6,3	32-PP-ZIM	0,0
34-PP-KEN	14	08-PP-LOJ	82,6	19-PP-LOJ	5,3	34-PP-KEN	0,0
36-PP-SUD	11	19-PP-LOJ	78,9	08-PP-LOJ	4,3	36-PP-SUD	0,0
39-PP-ZIM	19	06-PP-LOJ	78,6	13-PP-LOJ	0,0	39-PP-ZIM	0,0
41-PP-SUD	15	24-PP-PER	77,8	18-PP-LOJ	0,0	41-PP-SUD	0,0
42-PP-MAL	16	28-PP-BOL	71,4	24-PP-PER	0,0	42-PP-MAL	0,0
45-PP-MEX	7	07-PP-LOJ	68,8	36-PP-SUD	0,0	45-PP-MEX	0,0
Promedio	327	Promedio	85,9		9,6		4,5

4.3.6 Diámetro de copa

En el Cuadro 35 se muestra el Análisis de Varianza de diámetro de copa donde se observa que existen diferencias altamente significativas para bloques, mientras que para procedencias no existen diferencias significativas.

Cuadro 35: Análisis de Variancia diámetro de copa

FUENTE DE VARIACIÓN	GL.	SC	CM	FC	SIG.	FT 0.05	FT 0.01
Bloque	43	66,51	1,55	2,33	**	1,53	1,81
Procedencia	24	21,54	0,90	1,35	NS	1,41	1,62
Error experimental	259	171,07	0,66				
Total	326	259,12					
CV	10.51						

Del análisis de los promedios de procedencias en la prueba Duncan se determinó que, las procedencias 12-PP-LOJ con 9,16 m seguido de 16-PP-LOJ con 8,97 m fueron las que mostraron mayor crecimiento.

La procedencia 06-PP-LOJ con 7,99 m seguido de 18-PP-LOJ con 7,89 m fueron las procedencias con menor crecimiento (Ver cuadro 36).

Cuadro 36: Prueba de Duncan de diámetro de copa

Procedencia	Medias	n	Rangos			
12	9,16	6	A			
16	8,97	8	A	B		
13	8,93	7	A	B		
19	8,74	19	A	B	C	
41	8,68	15	A	B	C	D
30	8,68	10	A	B	C	D
10	8,67	18	A	B	C	D
28	8,65	14	A	B	C	D
7	8,62	16	A	B	C	D
22	8,54	14	A	B	C	D
26	8,53	13	A	B	C	D
1	8,53	17	A	B	C	D
8	8,52	23	A	B	C	D
34	8,49	14	A	B	C	D
21	8,49	15	A	B	C	D
24	8,48	9	A	B	C	D
25	8,41	7	A	B	C	D
42	8,4	16	A	B	C	D
45	8,4	7	A	B	C	D
36	8,39	11	A	B	C	D
32	8,33	17		B	C	D
5	8,29	13		B	C	D
39	8,01	19			C	D
6	7,99	14				D
18	7,89	4				D

4.3.7 Altura de copa

En el Cuadro 37 se muestra el Análisis de Varianza de diámetro de copa donde se observa que existen diferencias altamente significativas para bloques y procedencias.

Cuadro 37: Análisis de Varianza de altura de copa

FUENTE DE VARIACIÓN	GL.	SC	CM	FC	SIG.	FT 0.05	FT 0.01
Bloque	43	251,19	5,84	3,03	**	1,53	1,81
Procedencia	24	105,81	4,41	2,29	**	1,41	1,62
Error experimental	259	498,88	1,93				
Total	326	855,88					
CV	10.77						

Del análisis de los promedios de procedencias en la prueba Duncan se determinó que las procedencias 18-PP-LOJ con 16,75 m seguido de 30-PP-COL con 16,48 m fueron las que mostraron mayor crecimiento.

La procedencia 07-PP-LOJ con 14,42 m seguido de 01-PP-COT con 13,31 m fueron las procedencias con menor crecimiento (Ver cuadro 38).

Cuadro 38: Prueba de Duncan de altura de copa

Procedencia	Medias	n	Rangos
18	16,75	4	A
30	16,48	10	A B
8	15,84	23	A B C
36	15,64	11	A B C D
32	15,53	17	A B C D
6	15,48	14	A B C D
41	15,4	15	B C D
39	15,38	19	B C D
21	15,33	15	B C D
16	15,28	8	B C D
28	15,02	14	C D
10	15	19	C D
34	14,98	14	C D
24	14,92	9	C D
12	14,83	6	C D
5	14,81	13	C D
25	14,79	7	C D
19	14,75	19	C D
42	14,75	16	C D
26	14,69	13	C D
45	14,64	7	C D
22	14,61	14	C D
13	14,5	7	C D
7	14,42	16	D
1	13,31	17	D

4.3.8 Sanidad

En el Cuadro 39 se muestra la incidencia de plagas y enfermedades con promedio general de 4,7 %, donde las procedencias 12-PP-LOJ con 25 % y 28-PP-BOL con 21,4 % son las que muestran mayor número de individuos infectados.

Cuadro 39: Incidencia de plagas y enfermedades

Procedencia	n	Árboles enfermos (%)
12-PP-LOJ	8	25,0
28-PP-BOL	14	21,4
06-PP-LOJ	14	14,3
24-PP-PER	9	11,1
39-PP-ZIM	18	11,1
19-PP-LOJ	19	10,5
08-PP-LOJ	23	8,7
26-PP-MEX	13	7,7
41-PP-SUD	15	6,7
01-PP-COT	17	0,0
05-PP-COT	13	0,0
07-PP-LOJ	16	0,0
10-PP-LOJ	19	0,0
13-PP-LOJ	7	0,0
16-PP-LOJ	8	0,0
18-PP-LOJ	4	0,0
21-PP-LOJ	15	0,0
22-PP-LOJ	14	0,0
25-PP-SUD	7	0,0
30-PP-COL	10	0,0
32-PP-ZIM	16	0,0
34-PP-KEN	15	0,0
36-PP-SUD	11	0,0
42-PP-MAL	15	0,0
45-PP-MEX	7	0,0
Promedio		4,7

4.4 Análisis de variables a los 13,5 años de edad

4.4.1 Sobrevivencia.

El porcentaje de sobrevivencia para el rodal a la edad de 13,5 años fue de 100 % para todos los bloques y procedencias.

4.4.2 Diámetro a la altura del pecho

En el Cuadro 40 se muestra el Análisis de Varianza de DAP donde se observa que existen diferencias altamente significativas para bloques y procedencias.

Cuadro 40: Análisis de Variancia de diámetro a la altura de pecho

FUENTE DE VARIACIÓN	GL.	SC	CM	FC	SIG.	FT 0.05	FT 0.01
Bloque	43	2896,41	41,17	2,67	**	1,53	1,81
Procedencia	24	1126,31	46,93	3,04	**	1,41	1,62
Error experimental	259	3994,62	15,42				
Total	326	6891,03					
CV				13.63			

Del análisis de los promedios de procedencias en la prueba Duncan donde se determinó que, las procedencias 39-PP-ZIM con 37,53 cm seguido de 41-PP-LOJ con 36,29 cm tuvieron el mayor crecimiento.

La procedencia 25-PP-SUD con 30,60 cm seguido de 42-PP-MAL con 30,48 cm tuvieron el menor crecimiento (Ver cuadro 41).

Cuadro 41: Prueba de Duncan de diámetro a la altura de pecho

Procedencias	Medias	n	Rangos							
39	37,53	19	A							
41	36,29	15	A	B						
10	36,05	19	A	B	C					
13	35,92	7	A	B	C					
12	35,7	6	A	B	C	D				
30	35,46	10	A	B	C	D				
21	35,29	15	A	B	C	D	E			
32	34,79	17	A	B	C	D	E	F		
28	34,04	14	A	B	C	D	E	F	G	
34	33,95	14	A	B	C	D	E	F	G	
1	33,85	17	A	B	C	D	E	F	G	
8	33,85	23	A	B	C	D	E	F	G	
36	33,68	11		B	C	D	E	F	G	
7	33,04	16		B	C	D	E	F	G	
22	32,67	14		B	C	D	E	F	G	
6	32,63	14		B	C	D	E	F	G	
45	32,42	7			C	D	E	F	G	
19	32,4	19			C	D	E	F	G	
5	31,95	13				D	E	F	G	
24	31,58	9					E	F	G	
16	31,47	8					E	F	G	
26	31,32	13						F	G	
18	30,8	4							G	
25	30,6	7							G	
42	30,48	16							G	

Cuadro 42: IMA de DAP para ensayos de *Pinus patula*

Sitio	Edad (años)	IMA DAP (cm/año)	Fuente
San Agustín del Callo	14	1,96	DINICE, (2000).
Loja	8	0,59	Aguirre y Estévez, (2001).
Antioquia-Colombia	5	2,18	Atehortúa y Restrepo, (1987).
La Serrana-Pichincha	9,8	2,16	Vizcaíno y Pupiales, (2008).
Italquí-Imbabura	9,8	2,4	Vizcaíno y Pupiales, (2008).
Italquí-Imbabura	10.6	2,59	Valenzuela, (2009).
Italquí-Imbabura	13,5	2,5	Autor, (2012).

En el presente estudio mostró un incremento medio anual en DAP de 2.50 cm/año siendo superior a los resultados obtenidos en los ensayos de La Serrana, Antioquia, Loja y san Agustín del Callo, con respecto a la investigación de Valenzuela, (2009); donde se observa un IMA superior al actual, probablemente se deba al efecto del raleo realizado por Vizcaíno y Pupiales, (2008) lo que favoreció el incremento en la tasa de crecimiento.

4.4.3 Altura total

En el Cuadro 43 se muestra el Análisis de Varianza de altura total donde se observa que existen diferencias altamente significativas para bloques y procedencias.

Cuadro 43: Análisis de Variancia de altura total

FUENTE DE VARIACIÓN	GL.	SC	CM	FC	SIG.	FT 0.05	FT 0.01
Bloque	43	304,27	7,08	3,74	**	1,53	1,81
Procedencia	24	106,87	4,45	2,35	**	1,41	1,62
Error experimental	259	490,46	1,89				
Total	326	901,60					
CV				8.74			

Del análisis de los promedios de procedencias en la prueba Duncan, donde se evidencian 4 grupos se determinó que, las procedencias 30-PP-COL con 20,45 m seguido de 18-PP-LOJ con 20,44 m tuvieron el mayor crecimiento.

La procedencia 45-PP-MEX con 18,43 m seguido de 01-PP-COT con 17,28 m tuvieron el menor crecimiento (Ver cuadro 44).

Cuadro 44: Prueba de Duncan de altura total

Procedencia	Medias	N	Rango		
30	20,45	10	A		
18	20,44	4	A		
8	19,87	23	A	B	
36	19,7	11	A	B	C
32	19,65	17	A	B	C
6	19,45	14	A	B	C
41	19,42	15	A	B	C
39	19,38	19	A	B	C
21	19,25	15	A	B	C
12	19,13	6		B	C
16	19,06	8		B	C
34	18,98	14		B	C
28	18,91	14		B	C
24	18,89	9		B	C
5	18,87	13		B	C
10	18,83	19		B	C
26	18,83	13		B	C
42	18,75	16		B	C
19	18,64	19		B	C
25	18,64	7		B	C
22	18,55	14		B	C
7	18,44	16		C	D
13	18,43	7		C	D
45	18,43	7		C	D
1	17,28	17			D

Cuadro 45: IMA de altura total para ensayos de *Pinus patula*

Sitio	Edad (años)	IMA Ht. (m/año)	Fuente
San Agustín del Callo	14	1,11	DINICE 2000
Loja	8	1.10	Aguirre y Estévez, (2001).
Antioquia-Colombia	5	1,48	Atehortúa y Restrepo, (1987).
La Serrana-Pichincha	9,8	1,59	Vizcaíno y Pupiales, (2008).
Italquí-Imbabura	9,8	1,52	Vizcaíno y Pupiales, (2008).
Italquí-Imbabura	10.6	1,54	Valenzuela, (2009).
Italquí-Imbabura	13,5	1,44	Autor, (2012).

El presente estudio mostró un incremento medio anual en altura total de 1,44 m/año siendo superior a los resultados obtenidos en los ensayos de San Agustín del Callo, Loja y Antioquia, y solo siendo superado por La Serrana, las investigaciones anteriores realizadas por Vizcaíno y Pupiales, (2008) y Valenzuela, (2009); también muestran un IMA superior, lo que puede deberse al raleo realizado en el año 2008.

Aparentemente el crecimiento en altura se ha desacelerado o estabilizado debido a que los individuos probablemente ya no compiten por el factor luz lo que ha incidido en el crecimiento continuo de la variable DAP.

4.4.4 Altura de fuste

En el Cuadro 46 se muestra el Análisis de Varianza de altura de fuste donde se observa que existen diferencias altamente significativas para bloques, mientras que para procedencias no existen diferencias significativas.

Cuadro 46: Análisis de Variancia de altura de fuste

FUENTE DE VARIACIÓN	GL.	SC	CM	FC	SIG.	FT 0.05	FT 0.01
Bloque	43	8,26	0,19	2,81	**	1,53	1,81
Procedencia	24	1,77	0,07	1,08	NS	1,41	1,62
Error experimental	259	17,69	0,07				
Total	326	27,71					
CV	7.71						

Del análisis de los promedios de procedencias en la prueba Duncan se determinó que, las procedencias 12-PP-LOJ con 4 m seguido de 05-PP-LOJ con 3,9 m tuvieron el mayor crecimiento.

La procedencia 45-PP-MEX con 3,61 m seguido de 16-PP-LOJ con 3,53 m tuvieron el menor crecimiento (Ver cuadro 47).

Cuadro 47: Prueba de Duncan de altura de fuste

Procedencia	Medias	n	Rangos				
12	4	6	A				
5	3,9	13	A	B			
26	3,9	13	A	B	C		
36	3,86	11	A	B	C	D	
39	3,86	19	A	B	C	D	
32	3,84	17	A	B	C	D	
8	3,84	23	A	B	C	D	
24	3,83	9	A	B	C	D	
41	3,82	15	A	B	C	D	
1	3,81	17	A	B	C	D	
34	3,8	14	A	B	C	D	
30	3,8	10	A	B	C	D	
7	3,78	16	A	B	C	D	E
42	3,78	16	A	B	C	D	E
28	3,77	14	A	B	C	D	E
22	3,77	14	A	B	C	D	E
13	3,75	7	A	B	C	D	E
10	3,72	19		B	C	D	E
6	3,71	14		B	C	D	E
21	3,7	15		B	C	D	E
19	3,68	19		B	C	D	E
25	3,64	7			C	D	E
18	3,63	4				D	E
45	3,61	7				D	E
16	3,53	8					E

4.4.5 Rectitud de fuste

Para la variable rectitud de fuste se determinó tres grupos siguientes. Árboles rectos con 278 individuos que corresponden al 85,9 % del ensayo, árboles torcidos con 32 individuos que corresponde al 9,6 % del ensayo, árboles bifurcados con 17 individuos que corresponde al 4,5 % del ensayo.

Cuadro 48: Resultados de la clasificación de rectitud de fuste

Procedencia	n Total	Procedencia	% Rectos	Procedencia	% Torcidos	Procedencia	% Bifurcados
01-PP-COT	17	13-PP-LOJ	100,0	28-PP-BOL	21,4	07-PP-LOJ	25,0
05-PP-COT	13	18-PP-LOJ	100,0	12-PP-LOJ	16,7	24-PP-PER	22,2
06-PP-LOJ	14	36-PP-SUD	100,0	10-PP-LOJ	15,8	19-PP-LOJ	15,8
07-PP-LOJ	16	41-PP-SUD	93,3	05-PP-COT	15,4	08-PP-LOJ	13,0
08-PP-LOJ	23	30-PP-COL	90,0	06-PP-LOJ	14,3	26-PP-MEX	7,7
10-PP-LOJ	19	39-PP-ZIM	89,5	25-PP-SUD	14,3	06-PP-LOJ	7,1
12-PP-LOJ	6	01-PP-COT	88,2	34-PP-KEN	14,3	22-PP-LOJ	7,1
13-PP-LOJ	7	32-PP-ZIM	88,2	45-PP-MEX	14,3	28-PP-BOL	7,1
16-PP-LOJ	8	16-PP-LOJ	87,5	16-PP-LOJ	12,5	21-PP-LOJ	6,7
18-PP-LOJ	4	42-PP-MAL	87,5	42-PP-MAL	12,5	01-PP-COT	0,0
19-PP-LOJ	19	21-PP-LOJ	86,7	01-PP-COT	11,8	05-PP-COT	0,0
21-PP-LOJ	15	22-PP-LOJ	85,7	32-PP-ZIM	11,8	10-PP-LOJ	0,0
22-PP-LOJ	14	25-PP-SUD	85,7	39-PP-ZIM	10,5	12-PP-LOJ	0,0
24-PP-PER	9	34-PP-KEN	85,7	30-PP-COL	10,0	13-PP-LOJ	0,0
25-PP-SUD	7	45-PP-MEX	85,7	26-PP-MEX	7,7	16-PP-LOJ	0,0
26-PP-MEX	13	05-PP-COT	84,6	22-PP-LOJ	7,1	18-PP-LOJ	0,0
28-PP-BOL	14	26-PP-MEX	84,6	21-PP-LOJ	6,7	25-PP-SUD	0,0
30-PP-COL	10	10-PP-LOJ	84,2	41-PP-SUD	6,7	30-PP-COL	0,0
32-PP-ZIM	17	12-PP-LOJ	83,3	07-PP-LOJ	6,3	32-PP-ZIM	0,0
34-PP-KEN	14	08-PP-LOJ	82,6	19-PP-LOJ	5,3	34-PP-KEN	0,0
36-PP-SUD	11	19-PP-LOJ	78,9	08-PP-LOJ	4,3	36-PP-SUD	0,0
39-PP-ZIM	19	06-PP-LOJ	78,6	13-PP-LOJ	0,0	39-PP-ZIM	0,0
41-PP-SUD	15	24-PP-PER	77,8	18-PP-LOJ	0,0	41-PP-SUD	0,0
42-PP-MAL	16	28-PP-BOL	71,4	24-PP-PER	0,0	42-PP-MAL	0,0
45-PP-MEX	7	07-PP-LOJ	68,8	36-PP-SUD	0,0	45-PP-MEX	0,0
Promedio	327	Promedio°	85,9		9,6		4,5

Con respecto a esta variable se complica determinar cuál fue la mejor procedencia debido a que no contamos con igual número de repeticiones para cada una de las procedencias.

4.4.6 Diámetro de copa

En el Cuadro 49 se muestra el Análisis de Varianza de diámetro de copa donde se observa que existen diferencias altamente significativas para bloques, mientras que para procedencias no existen diferencias significativas.

Cuadro 49: Análisis de Varianza diámetro de copa

FUENTE DE VARIACIÓN	GL.	SC	CM	FC	SIG.	FT 0.05	FT 0.01
Bloque	43	71,89	1,67	2,28	**	1,53	1,81
Procedencia	24	24,86	1,04	1,41	NS	1,41	1,62
Error experimental	259	190,30	0,73				
Total	326	287,05					
CV	10.76						

Del análisis de los promedios de procedencias en la prueba Duncan se determinó que las procedencias 12-PP-LOJ con 9,44 m seguido de 16-PP-LOJ con 9,22 m fueron las que mostraron mayor crecimiento.

La procedencia 06-PP-LOJ con 8,21 m seguido de 18-PP-LOJ con 8,05 m fueron las procedencias con menor crecimiento (Ver cuadro 50).

Cuadro 50: Prueba de Duncan de Diámetro de copa

Procedencias	Medias	n	Rangos			
12	9,44	6	A			
16	9,22	8	A	B		
13	9,19	7	A	B		
19	9,03	19	A	B	C	
30	8,96	10	A	B	C	
28	8,93	14	A	B	C	
7	8,87	16	A	B	C	D
41	8,84	15	A	B	C	D
10	8,83	19	A	B	C	D
26	8,8	13	A	B	C	D
34	8,79	14	A	B	C	D
1	8,75	17	A	B	C	D
8	8,72	23	A	B	C	D
24	8,71	9	A	B	C	D
22	8,68	14	A	B	C	D
21	8,68	15	A	B	C	D
25	8,62	7	A	B	C	D
42	8,61	16	A	B	C	D
36	8,56	11		B	C	D
32	8,56	17		B	C	D
5	8,53	13		B	C	D
45	8,39	7		B	C	D
39	8,22	19				D
6	8,21	14				D
18	8,05	4				D

4.4.7 Altura de copa

En el Cuadro 51 se muestra el Análisis de Varianza de diámetro de copa donde se observa que existen diferencias altamente significativas para bloques y procedencias.

Cuadro 51: Análisis de Variancia de altura de copa

FUENTE DE VARIACIÓN	GL.	SC	CM	FC	SIG.	FT 0.05	FT 0.01
Bloque	43	271,95	6,32	3,40	**	1,53	1,81
Procedencia	24	106,68	4,45	2,39	**	1,41	1,62
Error experimental	259	481,85	1,86				
Total	326	860,48					
CV				10.66			

Del análisis de medias de procedencias en la prueba Duncan se determinó que las procedencias 18-PP-LOJ con 16,81 m seguido de 30-PP-COL con 16,65 m fueron las que mostraron mayor crecimiento; La procedencia 07-PP-LOJ con 14,66 m seguido de 01-PP-COT con 13,47 m fueron las procedencias con menor crecimiento (Ver cuadro 52).

Cuadro 52: Prueba de Duncan de altura de copa

Procedencias	Medias	n	Rangos		
18	16,81	4	A		
30	16,65	10	A		
8	16,03	23	A	B	
36	15,84	11	A	B	C
32	15,81	17	A	B	C
6	15,73	14	A	B	C
41	15,6	15	A	B	C
21	15,55	15	A	B	C
16	15,53	8	A	B	C
39	15,53	19	A	B	C
34	15,18	14		B	C
28	15,14	14		B	C
12	15,13	6		B	C
10	15,11	19		B	C
24	15,06	9		B	C
25	15	7		B	C
42	14,97	16		B	C
5	14,96	13		B	C
19	14,96	19		B	C
26	14,92	13		B	C
45	14,82	7		B	C
22	14,79	14		B	C
13	14,68	7		B	C
7	14,66	16			C
1	13,47	17			D

4.4.8 Sanidad

En el Cuadro 53 se muestra la incidencia de plagas y enfermedades con promedio general de 3,7 %, donde las procedencias 12-PP-LOJ con 25 % y 28-PP-BOL con 21,4 % son las que muestran mayor número de individuos infectados.

Cuadro 53: Incidencia de plagas y enfermedades

Procedencia	Árboles enfermos (%)
12-PP-LOJ	25,0
28-PP-BOL	21,4
06-PP-LOJ	14,3
24-PP-PER	11,1
26-PP-MEX	7,7
41-PP-SUD	6,7
39-PP-ZIM	5,6
01-PP-COT	0,0
05-PP-COT	0,0
07-PP-LOJ	0,0
08-PP-LOJ	0,0
10-PP-LOJ	0,0
13-PP-LOJ	0,0
16-PP-LOJ	0,0
18-PP-LOJ	0,0
19-PP-LOJ	0,0
21-PP-LOJ	0,0
22-PP-LOJ	0,0
25-PP-SUD	0,0
30-PP-COL	0,0
32-PP-ZIM	0,0
34-PP-KEN	0,0
36-PP-SUD	0,0
42-PP-MAL	0,0
45-PP-MEX	0,0
Promedio	3,7

4.5 Análisis de correlación

4.5.1 Correlación a la altura del pecho–altura total

A continuación se presentan los resultados del análisis de correlación diámetro a la altura del pecho-altura total a los 13,5 años de edad, de los cuales se puede determinar que todas las procedencias presentan asociación altamente significativa entre las variables analizadas.

Cuadro 54: Análisis de correlación diámetro a la altura del pecho-altura total

PROCEDENCIA	n	R	SIGNIFICANCIA
01-PP-COT	17	0,996	**
05-PP-COT	13	0,990	**
06-PP-LOJ	14	0,957	**
07-PP-LOJ	16	0,994	**
08-PP-LOJ	23	0,997	**
10-PP-LOJ	19	0,990	**
12-PP-LOJ	6	0,966	**
13-PP-LOJ	7	0,975	**
16-PP-LOJ	8	0,998	**
18-PP-LOJ	4	0,960	**
19-PP-LOJ	19	0,995	**
21-PP-LOJ	15	0,997	**
22-PP-LOJ	14	0,989	**
24-PP-PER	9	0,972	**
25-PP-SUD	7	0,994	**
26-PP-MEX	13	0,986	**
28-PP-BOL	14	0,978	**
30-PP-COL	10	0,987	**
32-PP-ZIM	17	0,994	**
34-PP-KEN	14	0,989	**
36-PP-SUD	11	0,983	**
39-PP-ZIM	19	0,993	**
41-PP-SUD	15	0,986	**
42-PP-MAL	16	0,998	**
45-PP-MEX	7	0,982	**

** = Altamente significativo al (99 %).

Las 25 procedencias de *Pinus patula* en Italquí, a los 13,5 años de edad presentaron asociación altamente significativa para DAP y altura total, tal como sucedió en el estudio de Valenzuela, (2009). Esto muestra que a esta edad el rodal se perfila como una fuente semillera capaz de producir semillas fértiles de calidad.

4.5.2 Análisis de correlación diámetro de copa-altura de copa

A continuación se presentan los resultados del análisis de correlación de diámetro de copa-altura de copa a los 13,5 años de edad, de los cuales se puede determinar que todas las procedencias presentan asociación altamente significativa entre las variables analizadas.

Cuadro 55. Análisis de correlación diámetro de copa-altura de copa

PROCEDENCIA	n	R	SIGNIFICANCIA
01-PP-COT	17	0,981	**
05-PP-COT	13	0,987	**
06-PP-LOJ	14	0,996	**
07-PP-LOJ	16	0,990	**
08-PP-LOJ	23	0,992	**
10-PP-LOJ	19	0,985	**
12-PP-LOJ	6	0,998	**
13-PP-LOJ	7	0,991	**
16-PP-LOJ	8	0,995	**
18-PP-LOJ	4	0,968	**
19-PP-LOJ	19	0,992	**
21-PP-LOJ	15	1,000	**
22-PP-LOJ	14	0,998	**
24-PP-PER	9	0,984	**
25-PP-SUD	7	0,998	**
26-PP-MEX	13	1,000	**
28-PP-BOL	14	0,947	**
30-PP-COL	10	0,989	**
32-PP-ZIM	17	0,992	**
34-PP-KEN	14	0,990	*
36-PP-SUD	11	0,999	**
39-PP-ZIM	19	0,971	**
41-PP-SUD	15	0,981	**
42-PP-MAL	16	0,980	**
45-PP-MEX	7	0,975	**

** = Altamente significativo al (99 %).

4.6 Análisis de regresión

4.6.1 Regresión de diámetro a la altura del pecho-altura total

En el cuadro 62 se presentan los resultados del análisis de regresión a los 13,5 años de edad donde se registran coeficientes de determinación (R^2) superiores al 90 %, lo que demuestra que todas las procedencias presentan un ajuste casi perfecto a la recta.

Destacándose la procedencia 16-PP-LOJ con 99,56 % y 42-PP-MAL con 98,52 % respectivamente, quienes fueron las que obtuvieron los mayores coeficientes de determinación; por el contrario las procedencias 18-PPLOJ con 92,24 y 6-PP-LOJ con 91,64 respectivamente fueron las procedencias con menor valor.

Cuadro 56: Regresión entre DAP y altura total

Procedencia	Ecuación	R2 (%)
16-PP-LOJ	$Ht=0,07+0,60DAP$	99,56
42-PP-MAL	$Ht=-3,34+0,73DAP$	99,52
08-PP-LOJ	$Ht=-2,58+0,66DAP$	99,40
21-PP-LOJ	$Ht=1,45+0,50DAP$	99,33
01-PP-COT	$Ht=-5,31+0,67DAP$	99,14
19-PP-LOJ	$Ht=-2,60+0,66DAP$	98,91
07-PP-LOJ	$Ht=-2,72+0,64DAP$	98,88
25-PP-SUD	$Ht=-4,68+0,76DAP$	98,76
32-PP-ZIM	$Ht=0,15+0,56DAP$	98,72
39-PP-ZIM	$Ht=4,24+0,40DAP$	98,70
10-PP-LOJ	$Ht=2,27+0,46DAP$	98,10
05-PP-COT	$Ht=-0,12+0,59DAP$	98,05
22-PP-LOJ	$Ht=-2,38+0,64DAP$	97,88
34-PP-KEN	$Ht=1,08+0,53DAP$	97,76
30-PP-COL	$Ht=3,72+0,47DAP$	97,49
26-PP-MEX	$Ht=-2,82+0,69DAP$	97,26
41-PP-SUD	$Ht=0,47+0,52DAP$	97,25
36-PP-SUD	$Ht=0,93+0,56DAP$	96,60
45-PP-MEX	$Ht=-2,65+0,65DAP$	96,36
28-PP-BOL	$Ht=0,35+0,55DAP$	95,60
13-PP-LOJ	$Ht=1,69+0,46DAP$	95,06
24-PP-PER	$Ht=-2,63+0,68DAP$	94,39
12-PP-LOJ	$Ht=-3,21+0,62DAP$	93,31
18-PP-LOJ	$Ht=-6,79+0,89DAP$	92,24
06-PP-LOJ	$Ht=-8,81+0,86DAP$	91,64

4.6.2 Regresión de altura de copa-diámetro de copa

En el cuadro 57 se presentan los resultados del análisis de regresión a los 13,5 años de edad, en los que se registran coeficientes de determinación (R^2) superiores al 90 %, lo que demuestra que todas las procedencias presentan un ajuste casi perfecto a la recta; siendo las procedencia 21-PP-LOJ con 99,97 % la que obtuvo el mayor coeficiente de regresión; por el contrario la procedencia 28-PP-BOL con 89,68 % fue la que menor valor presentó.

Cuadro 57: Regresión entre diámetro de copa y altura de copa

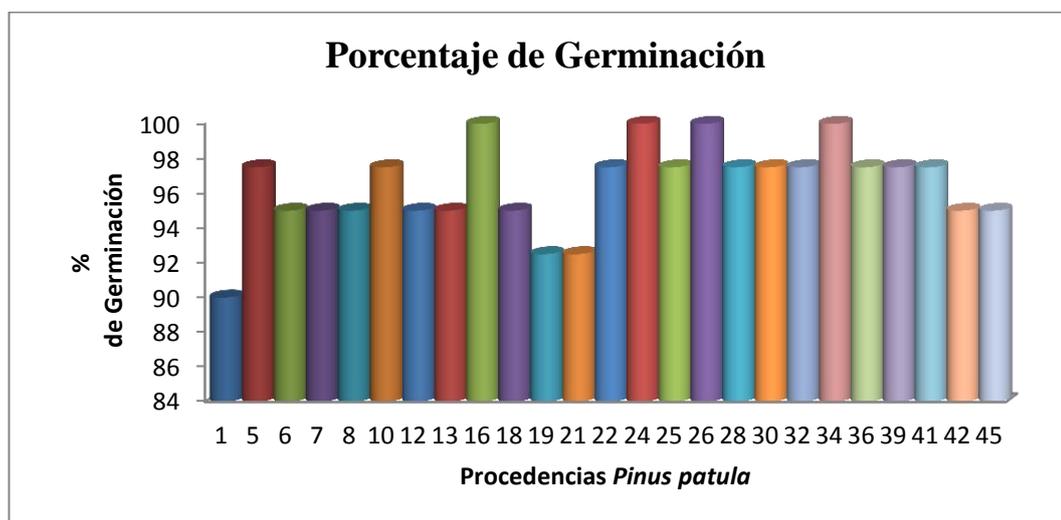
Procedencia	Ecuación	R ² (%)
21-PP-LOJ	Hc=4,89+1,23Dc	99,97
26-PP-MEX	Hc=6,80+0,92Dc	99,93
36-PP-SUD	Hc=6,79+1,06Dc	99,89
12-PP-LOJ	Hc=4,70+1,11Dc	99,69
22-PP-LOJ	Hc=3,77+1,27Dc	99,58
25-PP-SUD	Hc=5,18+1,14Dc	99,58
06-PP-LOJ	Hc=3,62+1,48Dc	99,16
16-PP-LOJ	Hc=4,99+1,15Dc	99,01
19-PP-LOJ	Hc=5,92+1,01Dc	98,50
32-PP-ZIM	Hc=3,31+1,46Dc	98,49
08-PP-LOJ	Hc=5,31+0,67Dc	98,46
13-PP-LOJ	Hc=5,67+0,98Dc	98,26
07-PP-LOJ	Hc=3,77+1,23Dc	98,08
34-PP-KEN	Hc=6,75+0,96Dc	97,91
30-PP-COL	Hc=8,55+0,91Dc	97,75
05-PP-COT	Hc=5,43+1,12Dc	97,42
10-PP-LOJ	Hc=3,47+1,32Dc	97,09
24-PP-PER	Hc=5,50+1,10Dc	96,87
41-PP-SUD	Hc=1,94+1,55Dc	96,33
01-PP-COT	Hc=1,80+1,34Dc	96,31
42-PP-MAL	Hc=2,36+1,47Dc	96,04
45-PP-MEX	Hc=2,65+1,44Dc	95,15
39-PP-ZIM	Hc=3,87+1,43Dc	94,27
18-PP-LOJ	Hc=0,67+2,02Dc	93,75
28-PP-BOL	Hc=6,76+0,95Dc	89,61

4.7 Ensayo de progenie

4.7.1 Porcentaje de germinación

Las semillas germinaron desde el día 17 hasta el día 27; siendo el promedio general 96,40 % donde se destacan las procedencias 16-PPLOJ, 24-PP-PER, 26-PP-MEX y 34-PP-KEN con el 100 % de germinación; por el contrario las procedencias 19-PP-LOJ con 92,5 %, 21-PP-LOJ con 92,5 % y 1-PP-LOJ con 90 % fueron las que mostraron los valores más bajos.

Gráfico1. Porcentaje de germinación de *Pinus patula*



4.7.2 Supervivencia de *Pinus patula* a los 8 meses de edad.

A los 8 meses de edad se determinó un porcentaje promedio de supervivencia del 94,7 % donde se destacan las procedencias 7-PP-LOJ, 10-PP-LOJ y 21-PP-LOJ mismas que presentan el 100 % de supervivencia, mientras que las procedencias 19-PP-LOJ con 87,5 %, 26-PP-MEX con 87,5 % y 1-PP-COT con 82,5 % muestran los valores más bajos.

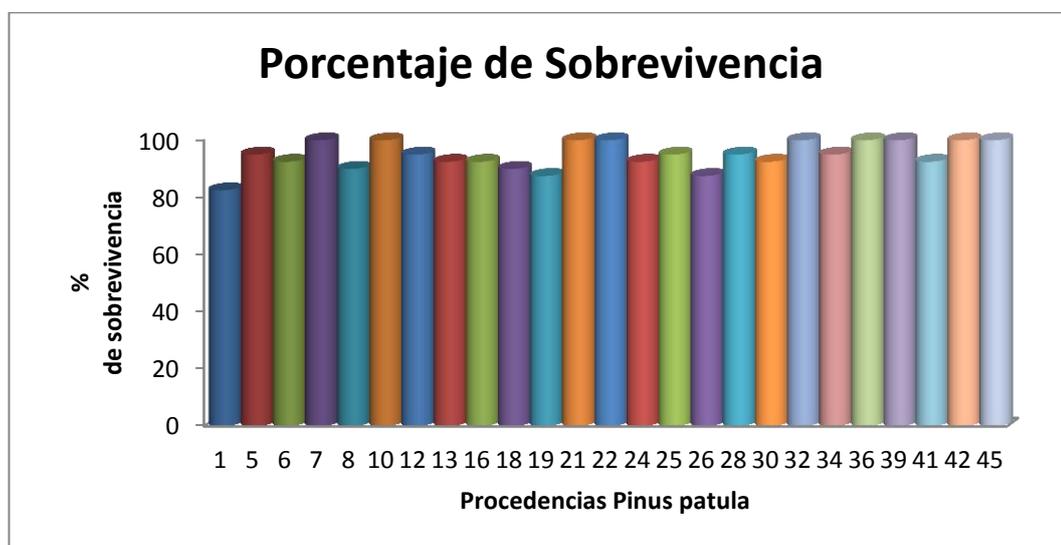
Cuadro 58: Porcentajes de germinación de ensayos de *Pinus patula*

Sitio	Germinación (%)	Fuente
Ibarra –Imbabura	73,96	Hernández, (1990).
México	85-67	Aguilera, (2001).
México	75-83	Rentería. Jiménez y Alba, (1999).
Ecuador	60-70	Cárdenas, (1998).
Desconocido	71-85	Lamprecht, (1990).
Ibarra-Imbabura	33	Mullo y Sandoval, (2005).
Ibarra-Imbabura	61,69	Vizcaíno y Pupiales, (2008)
Ibarra-Imbabura	93,83	Valenzuela, (2009)
Ibarra-Imbabura	96,4	Autor, (2012).

En el presente estudio se obtuvo un promedio de germinación de semillas del 96,40 % mismo que supera ampliamente a los valores bibliográficos; con respecto a las investigaciones anteriores Mullo y Sandoval, (2005) y Vizcaíno y Pupiales, (2008) también los supera considerablemente, mientras que con respecto a Valenzuela, (2009) los resultados son similares lo que indica que a los 13,5 años de edad el rodal es capaz de proporcionar semillas fértiles con altos porcentajes de germinación.

El rodal de Italquí muestra un crecimiento sostenido en el tiempo y mantiene similitud con sus semejantes, debido probablemente a que la especie está adaptada a las condiciones edafo-climáticas del sitio, conjuntamente con la información obtenida en el ensayo de progenie se puede afirmar que este rodal cumple con los requerimientos para en un futuro ser catalogado como una fuente semillera certificada, por lo tanto se convierte en una especie recomendable para usarse en planes de forestación, reforestación y en plantaciones comerciales e industriales en zonas con condiciones climáticas similares a las de Italquí.

Gráfico2: Porcentaje de sobrevivencia de *Pinus patula*



4.7.3 Diámetro basal.

En el cuadro 59 se muestra el Análisis de Varianza para diámetro basal a los 8 meses de edad en el que se puede evidenciar que no existe diferencia estadística.

Cuadro 59: Análisis de varianza de diámetro basal.

FUENTE DE VARIACIÓN	GL.	SC	CM	FC	SIG.	FT 0.05	FT 0.01
Procedencia	24	3,43	0,14	1,10	N.S	1.66	2.05
Error experimental	75	9,72	1,13				
Total	99	13,16					
CV				11,64			

4.7.4 Altura de planta

En el cuadro 60 se muestra el Análisis de Varianza de altura de planta donde se evidencia que no existe significancia estadística.

Cuadro 60: Análisis de varianza de altura de planta

FUENTE DE VARIACIÓN	GL.	SC	CM	FC	SIG.	FT 0.05	FT 0.01
Procedencia	24	3,43	0,14	1,10	N.S	1.66	2.05
Error experimental	75	9,72	1,13				
Total	99	13,16					
CV	11,64						

4.7.5 Sanidad

En el cuadro 61 se muestra la incidencia de plagas y enfermedades con promedio de 5,4 % para todo el ensayo.

Las procedencias 36-PP-SUD con 10,3 %, 26-PP-MEX con 8,6 % y 08-PP-LOJ con 8,3 % de incidencia son las procedencias más afectadas por plagas y enfermedades, mientras que las procedencias 42-PP-MAL y 45-PP-MEX con el 0% son las procedencias que no fueron afectadas por plagas y enfermedades.

Cuadro 61: Incidencia de plagas y enfermedades

Procedencia	n	Plántulas enfermas (%)
36-PP-SUD	39	10,3
26-PP-MEX	35	8,6
08-PP-LOJ	36	8,3
12-PP-LOJ	38	7,9
10-PP-LOJ	39	7,7
32-PP-ZIM	39	7,7
41-PP-SUD	39	7,7
01-PP-COT	33	6,1
18-PP-LOJ	36	5,6
13-PP-LOJ	37	5,4
16-PP-LOJ	37	5,4
19-PP-LOJ	37	5,4
21-PP-LOJ	37	5,4
24-PP-PER	37	5,4
05-PP-COT	38	5,3
25-PP-SUD	38	5,3
34-PP-KEN	38	5,3
22-PP-LOJ	39	5,1
30-PP-COL	39	5,1
39-PP-ZIM	39	5,1
06-PP-LOJ	37	2,7
07-PP-LOJ	38	2,6
28-PP-BOL	39	2,6
42-PP-MAL	38	0,0
45-PP-MEX	37	0,0
Promedio		5,4

4.7.6 Correlación diámetro basal-altura de planta

En el cuadro 63 se muestran los valores de correlación de área basal-altura de planta, donde se evidencia que las procedencias con mayores valores alcanzados son la 30-PP-COL con 0,698, 24PP-PER con 0,683 y la 12-PP-PP-LOJ con 0,674, mientras que las procedencias 1-PP-COT, 6-PP-LOJ, 8-PP-LOJ, 45-PP-MEX y 5-PP-COT son estadísticamente no significativos, posiblemente esto se deba a su corta edad la misma que no permite evidenciar la asociación de las variables dasométricas.

Cuadro 62: Correlación diámetro basal-altura de plántula

Procedencia	N	R	Significancia
30	37	0,698	**
24	38	0,683	**
16	38	0,674	**
25	38	0,668	**
19	35	0,642	**
18	36	0,570	**
13	37	0,569	**
7	38	0,568	**
32	39	0,553	**
41	37	0,533	**
36	39	0,523	**
21	37	0,518	**
12	38	0,500	**
10	39	0,498	**
26	37	0,497	**
39	39	0,475	**
42	38	0,459	**
22	39	0,458	**
28	38	0,417	**
34	38	0,399	*
1	35	0,320	Ns
6	38	0,289	Ns
8	36	0,284	Ns
45	38	0,252	Ns
5	39	0,210	Ns

** = Altamente significativo al (99 %).

* = Significativo al (95 %).

ns = No significativo.

Para próximas investigaciones es necesario poner atención a las procedencias que para este ensayo no mostraron correlación entre las variables analizadas.

4.8 Costos de mantenimiento del ensayo Italquí

El costo de mantenimiento del ensayo de Italquí fue de \$604,90, desglosado en los siguientes rubros: un raleo inicial con un costo de \$520,20 y una limpieza de malezas con un costo de \$84,70.

Producto del raleo (33 árboles) se obtuvo 7,59m³ de madera aserrada por los cuales se consiguió \$751,41 por la venta de la misma, con lo cual se pudo solventar los costos de mantenimiento del ensayo, obteniendo una utilidad de \$146,51.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- Al final del estudio realizado en el ensayo de Italquí se obtuvo un porcentaje de sobrevivencia del 100 % debido a que no ha sido afectado de mayor forma por plagas y enfermedades, también probablemente a que posee un efectivo sistema radicular que les permite soportar los fuertes vientos que imperan en el sitio.
- En este estudio se encontraron 14 árboles afectados por hongos, que representan el 4,28 % de la plantación, lo que demuestra que esta especie es altamente resistente a estos organismos y se muestra como una alternativa para sitios cuyas características meteorológicas es la presencia de neblina persistente.
- En el ensayo de progenie tuvo un promedio de germinación de 96.40 %, conjuntamente con los índices de crecimiento del ensayo en Italquí, confirman que el rodal ha llegado a su madurez sexual y se perfila para a futuro convertirse en una fuente semillera.
- Del análisis de 25 procedencias de *Pinus patula* en Italquí, donde el análisis de correlación entre sus diferentes variables muestran un crecimiento proporcional, evidencia que este ensayo posee excelentes características fenotípicas que a futuro permitirán calificarla como “fuente semillera”.

- Con los resultados obtenidos por Vizcaíno y Pupiales, (2008) Valenzuela, (2009) y los del presente estudio se concluye que las 25 procedencias analizadas muestran un crecimiento sostenido en las variables DAP y altura total con un incremento medio anual de 2.5 cm/año y 1.5 m/año respectivamente.
- Los costos de mantenimiento del rodal de Italquí fueron de \$604,90.

5.2 Recomendaciones

- Continuar la evaluación de las 25 procedencias seleccionadas bajo el rigor investigativo; que permitan corroborar los resultados obtenidos en esta investigación y de esta manera poder calificar a este rodal como “fuente semillera”.
- Realizar un raleo con el fin de eliminar ciertos individuos deformes, con daños mecánicos y enfermos, los mismos que pueden infectar a los demás miembros que conforman el ensayo.
- Evaluar las semillas producidas por este rodal ya que éstas han arrojado porcentajes de germinación extremadamente altos en las tres últimas investigaciones, debido quizá a que antes de la siembra no han estado sometidas a un estrés post-cosecha (almacenadas por largos periodos de tiempo).
- Establecer plantaciones con las plántulas obtenidas en los ensayos de progenie a fin de evaluar su comportamiento y de esta forma afianzar y confirmar los resultados obtenidos en la presente investigación.
- Evaluar la capacidad productiva en cuanto a semillas con el fin de determinar la rentabilidad del rodal.

CAPÍTULO VI

RESUMEN

En este estudio, que es la continuación de la investigación iniciada por (Mullo y Sandoval, (2005), se evaluó el comportamiento de 25 procedencias de *Pinus patula* en Italquí – Imbabura con el propósito de determinar las mejores procedencias en cuanto su desarrollo, evaluados a través de sus variables dasométricas, propiedades fenotípicas y sanidad con el objetivo de calificarla a futuro como fuente semillera.

El ensayo de Italquí se ubica en la Provincia de Imbabura, cantón Cotacachi, parroquia El Sagrario a una altitud de 2.710 m.s.n.m. en la zona de vida de bosque muy húmedo montano.

El ensayo donde se realizó la investigación está distribuido en 44 bloques plantados con un distanciamiento de tres por tres metros siguiendo las curvas de nivel sobre un terreno con una topografía que va de suave a ondulada, en una extensión total de 1,94 Ha con las siguientes dimensiones 231x84 m.

El estudio se realizó con 327 árboles de 25 procedencias remanentes de la investigación de Valenzuela, (2009) de los cuales se evaluaron los siguientes parámetros, sobrevivencia, DAP, altura total, altura de fuste, altura de copa, diámetro de copa, rectitud de fuste y ataque de plagas y enfermedades.

El diseño experimental utilizado para el ensayo Italquí fue de bloques al azar (DCA).

Se realizó también un ensayo de progenie con el fin de evaluar la calidad de las semillas producidas en el rodal de Italquí, para esto se trabajó con semillas de 25 procedencias con 4 repeticiones, es decir 100 plantas por procedencia y con un total de 1000 plantas para todo el ensayo en el que se evaluaron los siguientes parámetros, porcentaje de germinación, porcentaje de sobrevivencia, altura de la plántula, diámetro basal de la plántula y estado fitosanitario.

El diseño experimental utilizado para el ensayo de progenie se utilizó diseño irrestricto al azar (DIA).

Al final del estudio realizado en el ensayo de Italquí se obtuvo un porcentaje de sobrevivencia del 100 %.

En este estudio se encontraron 313 árboles sanos que representan el 95,72 % y 14 árboles enfermos que representan el 4,28 % del ensayo.

En la variable rectitud de fuste se encontraron 17 árboles bifurcados que representan el 4,5 % del ensayo, 32 árboles torcidos que representan el 9,6 % del ensayo y 278 árboles rectos que representan el 85,9 % del ensayo.

En el presente estudio mediante el análisis de varianza y la prueba de medias de Duncan se evidenció que las procedencias que presentan mayor crecimiento en la variable DAP fueron las procedencias 39-PP-ZIM con 37,53 cm, 41-PP-SUD 36,29 cm y 10-PP-LOJ con 36,05 cm y 36,05 cm, mientras que en la variable altura total fueron las procedencias que mostraron mayor crecimiento fueron 30-PP-COL con 20,45 m, 18-PP-LOJ con 20,44 m y 8-PP-LOJ con 19,87 m.

En la presente investigación a los 13,5 años de edad se obtuvo un porcentaje promedio de germinación de semillas de *Pinus patula* del 96,40 %, siendo las procedencias 16-PP-LOJ, 24,-PP-PER, 26-PP-MEX y 34-PP-KEN quienes obtuvieron los valores más altos con el 100 % de germinación, mientras las

procedencias 19-PP-LOJ con 92,5 %, 21-PP-LOJ con 92,5 % y 01-PP-COT con 90 % fueron quienes obtuvieron los valores más bajos.

En el ensayo de Italquí desde hace 5 años atrás (desde los 8,3 hasta los 13,5 años de edad) las 25 procedencias analizadas muestran un crecimiento sostenido en el tiempo y similitud con sus semejantes en las variables DAP y altura total con un incremento medio anual de 2,5 cm/año y 1,5 m/año respectivamente.

El costo de mantenimiento del ensayo de Italquí fue de \$604,90 desglosado en dos rubros: un raleo inicial con un costo de \$520,20 y una limpieza de malezas con un costo de \$84,70.

CAPÍTULO VII

SUMMARY

In this study, which is the continuation of the research initiated by Mullo and Sandoval, (2005)? It evaluated the performance of 25 provenances of *Pinus patula* in Italquí – Imbabura, with the purpose of determine the best backgrounds in development, evaluated Through their dasometric variables, phenotypic objective properties and health with the to qualify as a future seed source.

The test was realized in Italquí, community of Imbabura province, cantón Cotacachi, parroquia el Sagrario at 2710 meters above sea level, in montane wet forest life zone

The test where the research was realized were distributed in 44 blocks planted at a distance of three by three meters following the contour lines over a ground a with a topography ranging from gentle to rolling, in a total area of 1,94 hectares with the following dimensions 231x84 m.

The study was realized with 327 trees of 25 provenances remaining research Valenzuela, (2009) of which the following parameters were evaluated, survival, diameter at breast height (DBH), total height, shank height, crown height, crown diameter, straightness of shaft and pests and diseases.

The experimental design for the test in Italquí was random blocks (RBD). It also realized a progeny test with the aim to evaluate the quality of seed produced in the stand of Italquí, to this worked with seeds of 25 provenances with

4 replicates, that mean 100 plants per provenance and a total of 1000 plants for all the test, which was evaluated the following parameters, germination percentage, survival percentage, seedling height, basal diameter of the seedling and phyto-sanitary status.

The experimental design to the progeny test was unrestricted random design (URD).

At the end of Italquí's study testing, it was obtained a survival rate of 100 %.

In this study were found 313 healthy trees that represent 95,72 % and 14 diseased trees that represent 4,28 % of the plantation.

In the shank straightness variable, were found 17 forked trees representing 4,5 % of the these, 32 twisted trees representing 9,6 % of the test and 278 straight trees representing 85,9 % of the test.

In the present study through the variance analysis and Duncan's test showed that the provenances that presents greater growth in the variable sources DBH were 39-PP-ZIM with 37,53 cm, 41-PP-SUD 36, 29 cm and 10-PP-LOJ with 36,05 cm and 36,05 cm, while the total height varying backgrounds were greatest growth were 30-PP-COL with 20,45 m, 18-PP-LOJ with 20,44 m and 8-PP-LOJcon 19,87 m.

In the present research of 13,5 years of age, It was gave an average seeds germination percentage of *Pinus patula* of 96,40 %, with the sources 16-PP-LOJ, 24,-PP-PER, 26-PP-IND and 34 - PP-KEN who obtained the highest values with 100 % germination, while the provenances 19-PP-LOJ with 92,5 %, 21-PP-LOJ with 92.5 % and 01-PP-COT with 90 % were who obtained the lowest values.

In Italquí's test 5 years ago (from 8,3 to 13,5 years old) the 25 provenances analyzed show a sustained growth over time and similarity to their counterparts in

the variables DBH and total height with an average annual increase of 2,5 cm/year and 1,5 m/year respectively.

The maintaining cost of the Italquí's test was \$ 604,90 broken down into two categories: one initial thinning cost of \$ 520,20 and weeding cost of \$ 84,70.

CAPÍTULO VIII

BIBLIOGRAFÍA

AGUIRRE, C. 1993. Diagnóstico de la investigación en el Ecuador, Quito, Ecuador. 153 Pág.

AGUIRRE, C. 1993 Resultados de investigación Silvicultural en el Ecuador. Programa para un manejo forestal sustentable en el Instituto Nacional de investigaciones forestales INEFAN Conocoto - Ecuador. 186-187 Pág.

AGUILERA, M. 2001. Archivo Personal de *Pinus patula* Shlect. et Cham <http://www.geocities.com/earlecj/cu/cup/10> Pág.

CAÑADAS, L. 1983. Mapa bioclimático y ecológico del Ecuador. Quito - Ecuador. 36-37, 155-174 Pág.

CÁRDENAS, F. 1988. Breve reseña a las especies recomendadas en la Zonificación de la región interandina. Quito-Ecuador, Centro Forestal, Luciano Andrade Marín. 33 Pág.

CORREA, E; CORNELIUS, J; MESEN, F. 1993 Mejoramiento genético y semillas forestales. CATIE. 53 Pág.

FAO, 1995, Metodología para el establecimiento de ensayos de procedencias.12 Pág.

HERNÁNDEZ, E. 1990 Estudio del comportamiento de *Pinus patula* Shlect et Cham con tres niveles de fertilización y cuatro mezclas de suelo en vivero. Ibarra-Ecuador 73, 74 Pág.

GALLOWAY, G. 1986. Guía sobre la repoblación Forestal en la sierra Ecuatoriana, Quito-Ecuador. Programa Nacional Forestal. Agencia Internacional para el desarrollo. 261 Pág.

GROOS, A. 1987. Abonos, guía práctica de la fertilización cuarta edición. Madrid. 445 p.

INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES FORESTALES Y AGROPECUARIAS, INIFAP 1995, Ensayos de procedencia con *Pinus patula*. 120 Pág.

JARA, L.F (com.). 1998. Selección y manejo de fuentes semilleras de América central y República Dominicana. CATIE: Proyecto de semillas Forestales, Turrialba, Cosa Rica, Serie Técnica, Reuniones Técnicas N° 3. 85 Pág.

JARA, L.F. 1995. Identificación y selección de fuentes semilleras. *In*: Identificación, selección y manejo de fuentes semilleras. Conif, Bogotá, Serie Técnica N° 32. 156 Pág.

JUMBO, C. 1998. INEFAN/FACE. 1998. Proyecto Mejoramiento Genético Forestal en la Región Interandina del Ecuador Fase II. Informe de avance período abril 1998 – septiembre 1998, Quito - Ecuador. 6 Pág.

KAGEYAMA, P. Y SOUZA DÍAS, I. 1985. Aplicación de conceptos genéticos a especies forestales nativas en el Brasil. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Roma. Recursos Genéticos Forestales N° 13:1 – 10. 89 Pág.

LAMPRECHT, H. 1998. Silvicultura de los Trópicos. Edición en Alemania 1990 Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit, Edición en español. GTZ. República Federal de Alemania. 267 Pág.

MULLO, K. y SANDOVAL, X. 2005. Comportamiento de 49 procedencias de *Pinus patula* Schlect. et Cham en dos sitios en las provincias de Imbabura y Pichincha (2003 – 2004). Tesis de grado como requisito previo para obtener el título de Ingeniero Forestal. Universidad Técnica del Norte. Ibarra - Ecuador. 151 Pág.

PROSEFOR. 1995. Mejoramiento Forestal y conservación de recursos genéticos forestales. 24 Pág.

PROFAFOR 2000. Análisis de 14 procedencias de *Pinus Patula* plantadas en Cotopaxi, Ecuador. 8 Pág.

RENTERÍA, A., JIMÉNEZ, H. Y LANDA, J. 1999. Efecto de seis sustratos sobre la germinación de *Pinus patula* Schl. et Cham., *Pinus montezumae* Lamb. Y *Pinus pseudo strobus* Lindl. En condiciones de vivero. Foresta veracruzana, año/vol. 1, número 002. Universidad Veracruzana. Xalapa, México. 34 Pág.

SALAZAR, R Y BOSCHER, D. 1995. Establecimiento y manejo de Rodales semilleros de especies forestales. In: V Curso Internacional sobre Mejoramiento y Conservación de Recursos Genéticos Forestales. CATIE. Turrialba, Costa Rica, 4 – 29 de Septiembre de 1995 53-68 Pág.

VALENZUELA, D. 2009. Evaluación del comportamiento de procedencias de *Pinus patula* Schlect. et Cham en la Provincia de Imbabura Periodo 2008-2009. Tesis de Ingeniería Forestal Ibarra, Ecuador 12-57-65 Pág.

VÁSQUEZ, A. 2001. Silvicultura de plantaciones forestales en Colombia. Universidad de Tolima, Facultad de Ingeniería Forestal Ibagué – Tolima, Colombia. 297 Pág.

VIZCAINO Y PUPIALES, (2008). Tesis de grado: “Evaluación del comportamiento de *Pinus patula* en dos sitios en la Provincia de Imbabura y Pichincha” 94-97 Pág.

ZEASEN, D y JADAN, S. 1987. Zonificación de especies forestales en la Región Interandina, documento preliminar, DINAF-AID, Quito-Ecuador MAG, 92 Pág.

CAPÍTULO IX

ANEXOS

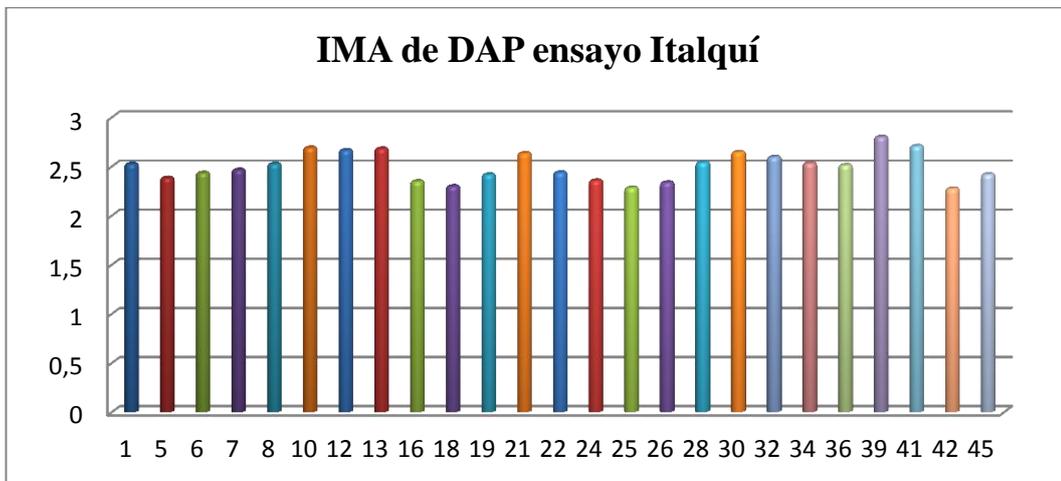
Anexo 1: Porcentaje de germinación de semillas de *Pinus patula*

Procedencia	Germinación (%)
16-PP-LOJ	100
24-PP-PER	100
26-PP-MEX	100
34-PP-KEN	100
05-PP-COT	97,5
10-PP-LOJ	97,5
22-PP-LOJ	97,5
25-PP-SUD	97,5
28-PP-BOL	97,5
30-PP-COL	97,5
32-PP-ZIM	97,5
36-PP-SUD	97,5
39-PP-ZIM	97,5
41-PP-SUD	97,5
06-PP-LOJ	95
07-PP-LOJ	95
08-PP-LOJ	95
12-PP-LOJ	95
13-PP-LOJ	95
18-PP-LOJ	95
42-PP-MAL	95
45-PP-MEX	95
19-PP-LOJ	92,5
21-PP-LOJ	92,5
01-PP-COT	90
Promedio	96,4

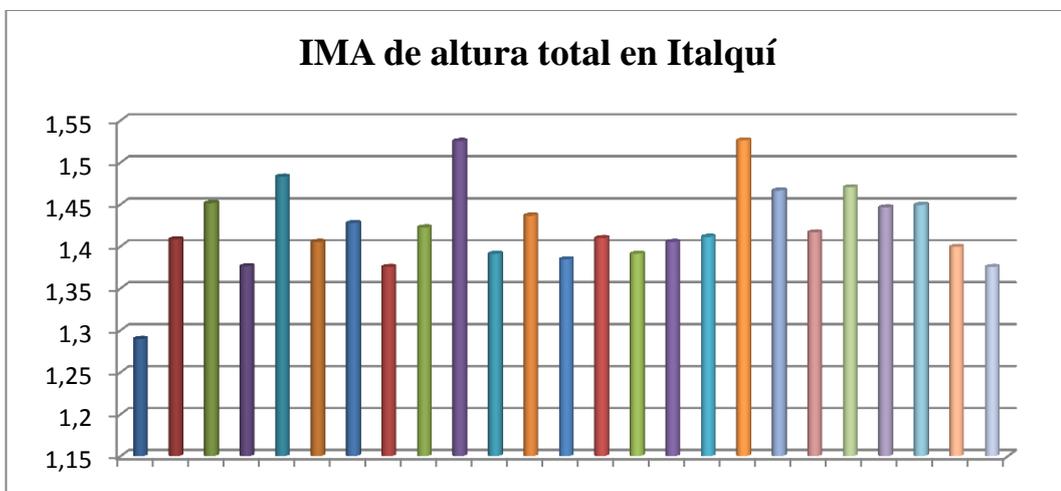
Anexo 2: Porcentaje de sobrevivencia de plantas de *Pinus patula*

Procedencia	Sobrevivencia (%)
07-PP-LOJ	100
10-PP-LOJ	100
21-PP-LOJ	100
22-PP-LOJ	100
32-PP-ZIM	100
36-PP-SUD	100
39-PP-ZIM	100
42-PP-MAL	100
45-PP-MEX	100
05-PP-COT	95
12-PP-LOJ	95
25-PP-SUD	95
28-PP-BOL	95
34-PP-KEN	95
06-PP-LOJ	92,5
13-PP-LOJ	92,5
16-PP-LOJ	92,5
24-PP-PER	92,5
30-PP-COL	92,5
41-PP-SUD	92,5
08-PP-LOJ	90
18-PP-LOJ	90
19-PP-LOJ	87,5
26-PP-MEX	87,5
01-PP-COT	82,5
Promedio	94,7

Anexo 3: Gráfico de IMA de DAP en el ensayo de Italquí



Anexo 4: Grafico de IMA de altura total en el ensayo de Italquí



Anexo 5: Análisis de costos-beneficio del mantenimiento del ensayo en Italquí

Costos de mantenimiento del ensayo Italquí (Periodo 2010-2011)				
Actividades	Unidad	Cantidad	Costo Unitario	Costo Parcial \$
Raleo				
Investigador	Días	3	20	60
Motosierra	U	5	20	100
Operador de motosierra	Jornal	5	20	100
Trabajador	Jornal	5	16.94	84,7
Insumos	U	1	5	5
Combustible	Galones	5	1.5	7,5
Alimentación	Días	5	2	10
Transporte a Italquí	Pasaje	8	6	48
Transporte de madera	Flete	3	35	105
Chapia				
Trabajador	Jornal	5	16,94	84,7
TOTAL				604,9

Ingresos producidos por el ensayo Italquí (Periodo 2010-2011)				
Actividades	Unidad	Cantidad	Costo Unitario (\$)	Costo Parcial \$
Venta de madera	m ³	7.59	99	751.41
TOTAL				751.41

Beneficio neto = ingresos - costos

$$751,41 - 604,90 = \mathbf{146,51}$$

Utilidad = \$146,51

Anexo 6: Raleo inicial en el ensayo de Italquí



Anexo 7: Madera producto del raleo



Anexo 8: Frutos maduros de *Pinus patula*



Anexo 9: Árbol con daño mecánico



Anexo 10: Placas de identificación



Anexo 11: Enfundado de sustrato para el ensayo de progenie



Anexo 12: Germinación de semillas de *Pinus patula*



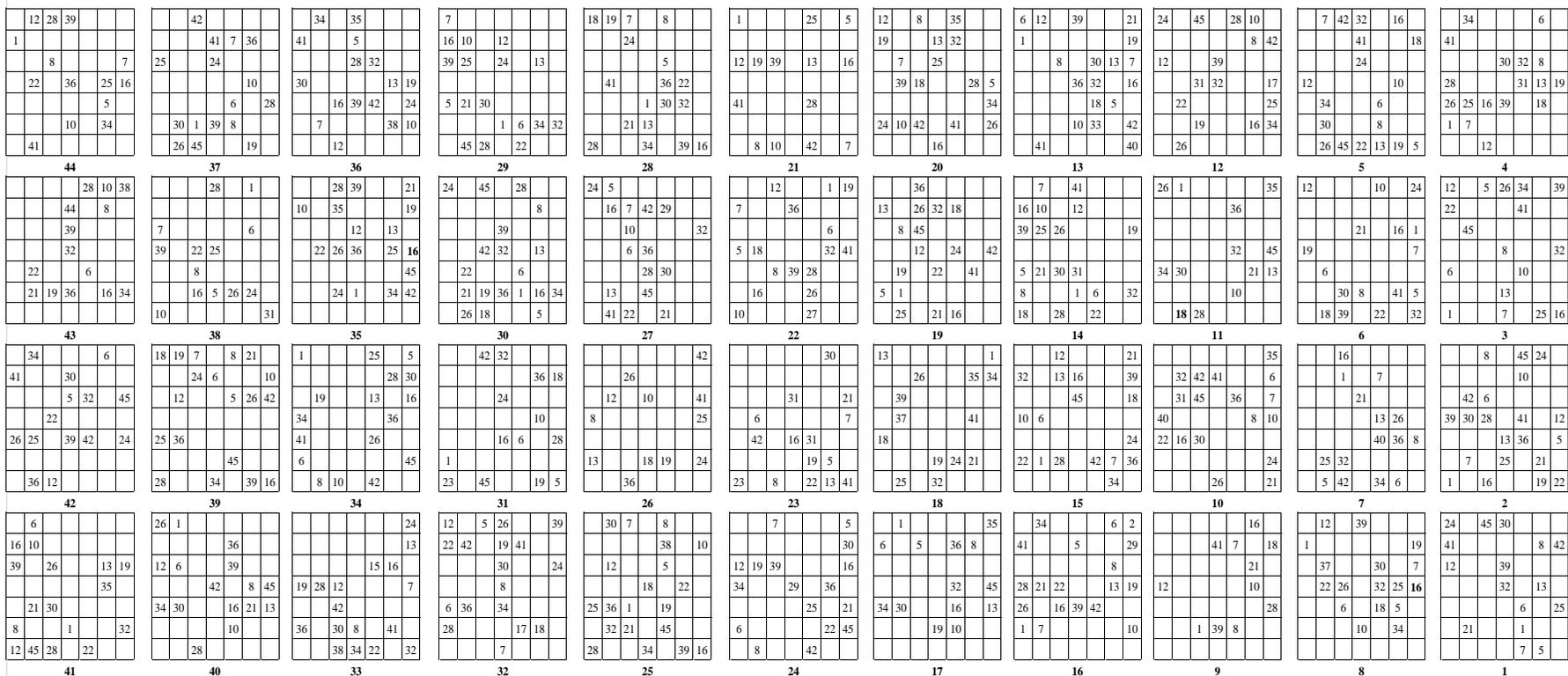
Anexo 13: Plántulas de *Pinus patula*



Anexo 14: Croquis de la distribución espacial de las 25 procedencias de *Pinus patula* en Itaquí

CROQUIS DEL ENSAYO DE PROCEDENCIAS DE *Pinus patula* EN ILTAQUI IMBABURA

PROVINCIA	Imbabura	ALTITUD	2710 msnm	SUPERFICIE BLOQUE	441 m ²
CANTÓN	Cotacachi	PENDIENTE	10-25%	ESPACIAMIENTO	3 x 3
PARROQUIA	Sagrario	FECHA DE PLANTACIÓN	7-8 Mayo 1998	Nº DE BLOQUES	44 b
SITIO	Itaquí	SUPERFICIE TOTAL	19404 m ²	Nº DE PROCEDENCIAS	10p



Anexo 16: Análisis de costos del estudio

TRABAJO DE CAMPO				
Actividades	Unidad	Cantidad	Costo/unitario	Costo Parcial
Honorarios/medio tiempo.	Meses	13,00	200,00	2600,00
Trabajadores (2)	Jornal	10,00	15,42	154,20
Movilización a Italquí	Pasaje	5,00	15,00	75,00
Alimentación en Italquí	Días	5,00	12,00	60,00
SUB-TOTAL				2889,20

Materiales y equipos.

Actividades	Unidad	Cantidad	Costo Unitario	Costo Parcial \$
Cinta diamétrica	U	1,00	5,00	5,00
Cinta métrica	U	1,00	20,00	20,00
Placas	U	337,00	0,20	67,40
Alquiler de cámara fotográfica ¹	U	1,00	50,00	50,00
Pintura	U	3,00	4,20	12,60
Cuerda	Metros	20,00	1,20	24,00
Tubos PVC	U	20,00	3,00	60,00
Fundas	100	20,00	0,70	14,00
Regadera	U	1,00	5,00	5,00
Escalera	U	1,00	20,00	20,00
Cinta de marcaje	Metros	20,00	0,45	9,00
Machete	U	2,00	10,00	20,00
Sarán	Metros	10,00	1,00	10,00
Sustrato	m ³	2,20	55,00	121,00
Desinfectante para sustrato	Kg	1,00	6,00	6,00
Libreta de campo	U	2,00	1,50	3,00
Material de escritorio	U	1,00	20,00	20,00
SUB-TOTAL				467,00

Costos de impresión.

Actividades	Unidad	Cantidad	Costo Unitario	Costo Parcial \$
Alquiler de computadora	U	1,00	60,00	60,00
Impresión documento borrador	U	6,00	3,00	18,00
Impresión y empastado del documento final	U	7,00	15,00	120,00
SUB-TOTAL				298,00

Costo total del proyecto.

Concepto	Costo \$
Trabajo de campo	2889,20
Materiales y equipo	467,00
Costos de impresión	198,00
Subtotal	3554,20
Imprevistos 10 %	355,42
Total del proyecto	3996,62