

UNIVERSIDAD TECNICA DEL NORTE

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

ESCUELA DE INGENIERIA FORESTAL

**Evaluación del comportamiento de procedencias de *Pinus patula* Schlect. et Cham en
la Provincia de Imbabura Periodo 2008-2009.**

**Proyecto de Tesis presentado como requisito para optar por el Título de Ingeniero
Forestal.**

Autor: Darwin Valenzuela

DIRECTOR:

Ing. Carlos Aguirre Castillo MSc

IBARRA - ECUADOR

2009

DATOS GENERALES:

ESCUELA: INGENIERÍA FORESTAL.
ÁREA ACADÉMICA: REPOBLACIÓN FORESTAL.
ASIGNATURA: GENÉTICA FORESTAL.
TEMA: Evaluación del comportamiento de procedencias de *Pinus patula* Schlect. et Cham en la provincia de Imbabura, sitio Italqui en el Periodo 2008-2009.

RELACIÓN CON FINES

DE INVESTIGACIÓN: INTRODUCCIÓN DE ESPECIES FORESTALES.

INVESTIGADOR: DARWIN AUGUSTO VALENZUELA ERAZO.

LOCALIZACIÓN:

PROVINCIA: IMBABURA
CANTÓN: COTACACHI
PARROQUIA: EL SAGRARIO
SITIO: ITALQUI

COMITÉ ASESOR PROPUESTO:

DIRECTOR DE TESIS: ING. CARLOS AGUIRRE. MSc
ASESORES: ING. EDGAR VASQUEZ. MBA
ING. GLADYS YAGUANA.
ING. ANTONIO JARAMILLO. MSc

Evaluación del comportamiento de procedencias de *Pinus patula* Schlect. et Cham en dos sitios en las provincias de Imbabura y Pichincha

Aprobado:

Decano:

Ing. Galo Varela

Director de tesis

Ing. Carlos Aguirre C. M.Sc.

Miembros del tribunal:

Asesor

Ing. Edgar Vásquez MBA

Asesor

Ing. Gladys Yaguana.

Asesor

Ing. Antonio Jaramillo M.Sc.

Biometrista

Ing. Carlos Aguirre C. Mg.Sc

AGRADECIMIENTO

Expreso mi sincero agradecimiento al **Ing. Raúl Fuentes** por permitirme realizar las evaluaciones en su predio facilitándome el sitio de investigación, brindándome su apoyo y amistad.

Manifestó mi profundo agradecimiento al **Ing. Carlos Aguirre**, Director de Tesis, por brindarme la oportunidad y el apoyo incondicional para culminar con éxito esta etapa de mi vida académica, ya que con la ayuda de sus incalculables conocimientos, su tiempo y esfuerzo se logró la estructuración y perfeccionamiento de la presente investigación.

Deseo agradecer al **Ing. Edgar Vásquez, Ing. Antonio Jaramillo e Ing. Gladys Yaguana**, quienes como asesores formaron parte esencial en la realización de este documento al exponerme sus conocimientos y experiencias.

A la vez quiero agradecer a la **Ing. María Isabel Vizcaíno Pantoja** por su colaboración con el manejo del programa SAS. Al Sr. **Juan Carlos Loor, Estalin Cabezas, Mario Vasconez, Diego Tobar (+), David Armas** por la ayuda prestada en las mediciones. A todos y cada una de las personas que de una u otra forma me colaboraron y creyeron en mí, encaminando mis conocimientos y esfuerzos para plasmarlos en la presente investigación.

EL AUTOR.

DEDICATORIA

La presente investigación se la dedico a Dios Jehová, quien guía mi vida y me da fuerzas para seguir mi camino; a mis padres NIVO AUGUSTO VALENZUELA PASQUEL Y GLADYS AIDE ERAZO MEZTANZA, quienes con amor, dedicación y sacrificio han hecho todo lo posible para que cumpla mis aspiraciones y sea una persona de bien; inculcándome valores para seguir adelante forjando una persona con calidad humana; a mis hermanas, cuñados y sobrinos quienes siempre han estado junto a mí brindándome su cariño, ayuda y confianza.

D.A.V.E

Contenido

Índice de cuadros:	8
Índice de Gráficos.	9
CAPÍTULO I	10
INTRODUCCIÓN.	10
1.1 Objetivos.....	12
Objetivo general	12
Objetivos específicos.....	12
1.2 Hipótesis.....	12
CAPÍTULO II	13
2 REVISIÓN DE LITERATURA.	13
2.1 DIAGNÓSTICO PRELIMINAR DE LA SITUACIÓN PARA CADA ESPECIE.	13
2.2 IMPORTANCIA DE LAS FUENTES SEMILLERAS.....	14
2.3 ENSAYOS INTERNACIONALES DE PROCEDENCIA DE <i>Pinus patula</i>	14
(INIAP-FAO, 1995)	14
2.4 PROPAGACIÓN.....	16
2.4.1 Propagación sexual.....	17
2.5 PREACLAREOS, ACLAREOS Y PODAS.	18
2.6 PROCEDENCIA	19
2.7 FUENTES SEMILLERAS.....	19
2.8 BIOLOGÍA DE LA REPRODUCCIÓN.....	20
2.9 HUERTO SEMILLERO DE PRODUCCIÓN.....	20
2.10 METODOLOGÍA DE LOS ENSAYOS DE PROCEDENCIA DE ESPECIES FORESTALES.....	21
Tipos de ensayos de procedencia.....	21
2.11 FUENTES SEMILLERAS ESTABLECIDAS.....	22
Seguimiento y monitoreo de los ensayos de procedencia y progenie.....	22
Resultados de la fuente semillero, de <i>Pinus patula</i> en San Agustín de Callo, Cotopaxi.	23
Ensayo de Procedencias de <i>Pinus patula</i> en tres sitios diferentes en la provincia de Loja..	24
Evaluación de ensayos de progenies y procedencias de <i>Pinus patula</i> en el departamento de Antioquía - Colombia a los 5 años de edad.....	25
Evaluación de ensayos de progenies y procedencias de <i>Pinus patula</i> en los dos sitios de estudio a los 29 meses de edad.....	26
Evaluación de ensayos de procedencias de <i>Pinus patula</i> en los dos sitios de estudio a los 80 y 83 meses de edad.....	27
Evaluación de ensayos de procedencias de <i>Pinus patula</i> en el sitio Italqui a los 8.3 y 9.3 años de edad.....	28
2.12 SILVICULTURA.....	30
2.12.1 Siembra.....	30
Germinación	31
2.13 ECOLOGÍA.....	33
2.13.1 Suelos.....	33
2.13.2 Clima.....	33

2.13.3	Plagas.....	33
2.14	ENSAYO DE GERMINACIÓN.....	34
2.14.1	Ensayo de germinación de las semillas.....	34
2.15	DISTRIBUCIÓN NATURAL.....	35
CAPÍTULO III		37
3	MATERIALES Y MÉTODOS.	37
3.1	DESCRIPCIÓN DEL SITIO DE INVESTIGACIÓN.....	37
3.1.1	Localización del área de estudio.....	37
3.1.2	Datos climáticos.....	38
3.1.3	Análisis de suelo.....	38
3.2	MATERIALES Y EQUIPOS.....	38
3.2.1	Materiales.....	38
3.2.2	Instrumentos.....	39
3.3	FACTORES DE ESTUDIO.....	40
3.3.1	Procedencias de <i>Pinus patula</i>	40
3.3.2	Diseño experimental.....	42
3.4	METODOLOGIA.....	42
3.4.1	Recopilación de información.....	42
3.4.2	Etapas de la investigación.....	43
3.5	ANÁLISIS DE LA INFORMACION.....	49
3.5.1	Rodal (Italqui).....	49
3.5.2	Ensayo de progenie.....	52
3.5.3	Análisis de costos.....	54
CAPÍTULO IV		55
4	RESULTADOS.	55
4.1	ANÁLISIS DE VARIABLES.....	55
4.1.1	Ensayo de Italqui.....	55
4.1.2	Ensayo de progenie.....	66
4.1.3	Análisis de costos.....	70
5	DISCUSIÓN.	72
CAPÍTULO VI		74
6	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.	74
6.1	CONCLUSIONES.....	74
6.2	RECOMENDACIONES.....	75
CAPÍTULO VII		76
BIBLIOGRAFÍA.		76

Índice de cuadros:

Cuadro 1. Promedios de crecimiento de las 14 procedencias de <i>Pinus patula</i> a los 14 años de edad en Mulalo- Cotopaxi.	25
Cuadro 2. Lotes de semillas usados en Antioquia, Colombia.....	27
Cuadro 3. Resultado del ensayo de procedencias a los 5 años.....	27
Cuadro 4. Promedio de altura total y porcentaje de sobrevivencia de las 5 mejores procedencias de los ensayos de <i>Pinus patula</i> a los 29 mese de edad.....	28
Cuadro 5. Procedencias a eliminar (Mullo y Sandoval, 2005).....	29
Cuadro 6. Cantidad de individuos eliminados en el raleo final del sitio de Italqui (Vizcaíno, 2008).....	31
Cuadro 7. Porcentaje de germinación de <i>Pinus patula</i> (Vizcaíno, 2008).....	37
Cuadro 8. Análisis químico del suelo.....	40
Cuadro 9. Información de las procedencias de <i>Pinus patula</i>	43
Cuadro 10. Distribución de las observaciones en el ensayo de progenie.....	49
Cuadro 11. Diseño para el análisis de varianza del rodal (Italqui).....	53
Cuadro 12. Diseño para el análisis de varianza del ensayo de progenie.....	55
Cuadro 13. Prueba de Duncan de diámetro a la altura del pecho de 25 procedencias de <i>Pinus patula</i> a los 11 años de edad.....	61
Cuadro 14. Prueba de Duncan de altura total de 25 procedencias de <i>Pinus patula</i> a los 11 años de edad.....	62
Cuadro 15. Prueba de Duncan de altura de copa de 25 procedencias de <i>Pinus patula</i> a los 11 años de edad.....	63

Cuadro 16. Prueba de Duncan de diámetro de copa de 25 procedencias de <i>Pinus patula</i> a los 11 años de edad.....	65
Cuadro 17. Prueba de Duncan de altura de fuste de 25 procedencias de <i>Pinus patula</i> a los 11 años de edad.....	66
Cuadro 18. Prueba de Duncan de rectitud de fuste de 25 procedencias de <i>Pinus patula</i> a los 11 años de edad.....	67
Cuadro 19. Porcentaje de germinación de las semillas de 25 procedencias de <i>Pinus patula</i>	69
Cuadro 20. Porcentaje de sobrevivencia de 25 procedencias de <i>Pinus patula</i>	70
Cuadro 21. Prueba de Duncan de altura de plántula de 25 procedencias de <i>Pinus patula</i>	72
Cuadro 22. Costos de Mantenimiento en Italqui.....	73
 Índice de Gráficos.	
Gráfico 1. Composición del sustrato para el ensayo de progenie.....	48
Gráfico 2. Distribución espacial de las plántulas en el ensayo de progenie.....	49

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN.

El conocimiento de la ubicación y estado actual de bosques naturales y plantados en la región interandina, hace necesario la aplicación de criterios técnicos para seleccionar y manejar fuentes semilleras. En nuestro país esta actividad está limitada por la existencia de pocos trabajos de investigación. A ello se suma la poca importancia que se da a la repoblación forestal con especies valiosas y adaptables a las diferentes condiciones edafo – climáticas que tiene el país.

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

En 1998 se inicia la segunda fase del Proyecto de Mejoramiento Genético Forestal en la República del Ecuador (PMGF) ejecutado por el Ex INEFAN y auspiciado por PROFAFOR – FACE que en coordinación con el proyecto ECOPAR se implementó los ensayos de procedencia de *Pinus patula* en los sitios la Serrana, cantón Rumiñahui, provincia de Pichincha; e Italqui, cantón Cotacachi, provincia de Imbabura. El estudio de mejoramiento genético ha tenido algunas dificultades, por ejemplo en el sector la Serrana, Cantón Rumiñahui no se permitirá continuar con los ensayos realizados, por tanto no se permitirá concluir y determinar cuál es la procedencia de mejor desarrollo.

Este proyecto es importante debido a que se dará 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 quienes realizaron la evaluación de los ensayos a los 29 meses de edad, Mullo y Sandoval (2005) los evaluaron entre los 68 y 80 meses en Italqui, y Vizcaino(2008) quien evaluó entre 8.3 y 9.3 años,

mediante el monitoreo (prácticas silviculturales) y seguimiento de este ensayo para luego convertirlo en una fuente semillera, manejada adecuadamente. Este seguimiento y monitoreo se realizará con las procedencias prometedoras que han quedado luego de realizar el análisis estadístico y el análisis de correlación entre altura y diámetro basal.

El mejoramiento genético de *Pinus patula* a través del establecimiento y manejo de las fuentes semilleras de clase superior, permitirá a futuro, proporcionar a los usuarios, frutos y semillas que cumplan con los parámetros de calidad genética, física, fisiológica, y sanitaria, lo que garantizará la producción de material conocido, el mismo que podrá ser utilizado para proyectos de forestación y reforestación dentro 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, los cuales influirían negativamente en las plantaciones, debido a los fenómenos de endogamia y adaptabilidad, volviéndolos susceptibles a plagas y enfermedades.

Además en la presente investigación se hizo el monitoreo del sitio experimental para determinar, en base a la aplicación de diseños experimentales, a las mejores procedencias en cuanto a la producción de semillas de alta calidad para en el futuro obtener una fuente semillera, reconocida en el país.

Con esto se desea promover para que existan plantaciones de *Pinus patula* con el fin de obtener réditos económicos y a la vez ambientales (captura de carbono), en áreas cuyas características edafo-climáticas sean propicias para el desarrollo de la especie.

1.1 Objetivos

Objetivo general

Evaluar el comportamiento de procedencias de *Pinus patula* Schlect. et Cham en la provincia de Imbabura, durante el periodo 2008-2009, para luego disponer de una fuente semillera de la especie.

Objetivos específicos.

- Identificar las procedencias que tengan un buen desarrollo, determinado a través de variables dasométricas.
- Analizar el efecto del raleo genético, en favor de las mejores procedencias.
- Ratificar la calidad de las procedencias remanentes mediante un ensayo de progenie.
- Determinar los costos de mantenimiento durante el periodo de investigación.

1.2 Hipótesis

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

Ha: Existen diferencias en el crecimiento de algunas de las procedencias investigadas.

CAPÍTULO II

2 REVISIÓN DE LITERATURA.

2.1 DIAGNÓSTICO PRELIMINAR DE LA SITUACIÓN PARA CADA ESPECIE.

Es esencial hacer el reconocimiento de la situación para la especie de interés a nivel del país y de la región. Hay que estratificar por regiones ecológicas. Posteriormente, se debe definir el área ecológica a la cual circunscribir la selección de los rodales. 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 variedad natural. Una vez definidos los distritos ecológicos, es preciso seleccionar una zona representativa en cada distrito. Los tipos y variedades 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 variedad de otros valores científicos (Bassett, 1979).

2.2 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 ósea el reforestador, 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 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 m) 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).

Los ensayos en Nepal incluyen 10 proveniencias mexicanas de *P. patula*, una fuente de una huerta semillera de Nueva Zelandia y una fuente de huerta de semilla de Sudáfrica. Se incluye también una procedencia mexicana de *Pinus greggii*.

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 (“damping off”) probablemente a causa de riegos excesivos.

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 (*Cercoseptoria pini-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 *P. greggii* se diferenció de todas las fuentes de *P. patula* por su mejor sobrevivencia, por ser el más alto y por tener el menor daño 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 Zelandia y las 3 mejores fuentes mexicanas eran comparables en términos de sobrevivencia y crecimiento. La fuente de Nueva Zelandia indicó, sin embargo, menor variación.

Fue interesante observar que la fuente de la huerta semillera de África del sud tenía comparativamente crecimiento en altura y sobrevivencia más pobre así como una variación relativamente alta en altura y en diámetro radicular.

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 m) y Kharidunga (2.600 m), 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.

2.4 PROPAGACIÓN.

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

2.4.1 Propagación sexual

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 meristemas 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. (Aguilera, 2001).

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 (95000 a 16500/Kg). 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:	55.000-130.000
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. (CARDENAS, 1988).

2.5 PREACLAREOS, ACLAREOS Y PODAS.

Para estimular el crecimiento de los mejores individuos de una plantación, se hacen cortas para eliminar los individuos alargados, mal conformados, plagados, enfermos, muertos o dañados. (Aguilera, 2001)

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)

2.6 PROCEDENCIA

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 introducida.

2.7 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 más 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).

2.8 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 intraespecífica pueden 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).

2.9 HUERTO SEMILLERO DE PRODUCCIÓN.

Funciona como una máquina de producir 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 no 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).

2.10 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 (Departamento de montes, FAO, 1995).

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 (Departamento de montes, FAO, 1995).

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. (Departamento de montes, FAO, 1995).

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 (Departamento de montes, 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). (Departamento de montes, FAO, 1995)

2.11 FUENTES SEMILLERAS ESTABLECIDAS.

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. INEFAN).

Los ensayos se encuentran en el rango altitudinal de 1680 a 3200 msnm, el 87% de los ensayos se encuentran en las Provincias de Pichincha e Imbabura. (JUMBO, 1998. INEFAN).

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 considero una distancia mínima de 9 metros, esto con el propósito de evitar en lo posible la endogamia. (JUMBO, 1998. INEFAN).

Resultados de la fuente semillero, de *Pinus patula* en San Agustín de Callo, Cotopaxi.

En el mes de Noviembre del año 1984. El programa Nacional instalo 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 baja la clasificación de Rodal Semillero. (DINICE, 2000.).

En el siguiente cuadro se presenta con detalle los promedios de crecimiento de DAP y altura y la producción de madera.

Cuadro 1. Promedios de crecimiento de las 14 procedencias de *Pinus patula* a los 14 años de edad en Mulaló – Cotopaxi

PROCED	HT m	DAP cm	HC m	VT/ARB (m')	VC/ARB (m ³)	VI/Ha (m ³)	VC/Ha (m ³)	% AR	ARB/Ha
1-214	15.84	27.62	13.24	0.33	0.28	104.48	87.16	44.57	224
2-402	15.43	26.40	12.79	0.29	0.24	%.70	80.31	49.03	224
3-641	15.37	27.90	12.68	0.33	0.27	102.32	84.31	51.67	185
4-764	14.56	28.36	11.97	0.32	0.26	69.38	57.23	60.55	162
5464	15.09	26.64	12.33	0.29	0.24	89.97	73.48	61.99	216
6-644	17.34	32.19	14.68	0.50	0.42	114.05	96.30	45.21	185
7-645	15.37	27.22	12.65	0.31	0.26	103.41	85.71	43.12	231
8-1-15.5A	15.53	26.30	13.08	0.29	0.25	110.12	92.62	60.92	231
9771	15.68	27.31	12.97	0.32	0.26	105.98	87.91	44.34	224
10-767	15.64	27.56	13.39	0.33	0.30	105.06	94.65	51.51	255
11-769	15.48	28.66	12.78	0.35	0.29	104.51	86.28	61.94	201
12-770	15,75	27.16	13.02	0.32	0.26	105.47	87.44	67.91	224
13-5AE-E	15.77	26.80	13.05	0.30	0.26	99.03	84.68	71.29	231
14-ECU	14.32	24.99	11.43	0.24	0.20	54.48	43.08	63.33	131
Prom.	15.5	27.5	12.9	0.32	0.27	97.50	81.50	55.53	208

HI = Altura total; DAP = Diámetro a 1.3m de la altura árbol; HC = Comercial (hasta 7cm del diámetro menor del fuste) VT/ARB - Volumen total Por árbol; VC/ARB - Volumen Comercial por árbol; VT/Ha - volumen total por hectárea; VC/Ha - Volumen total por hectárea.

Las procedencia 6 - 644 (La Joya Veracruz, México), es aquella que cuenta con un mejor crecimiento y mayor producción de madera. Esta supera en más del 100 % en volumen/árbol a la procedencia testigo 14 - ECU (Conocoto - Ecuador) y en 43 % a la procedencia 11 - 769 (Tlaixtlipla, Puebla, México) que ocupa el segundo lugar en el ranking.

La procedencia 14 - ECU, es la que registra los promedios más bajos en todas las variables evaluadas. En un segundo puesto se ubica en producción de volumen/ha la procedencia 8 - HS - SA (Sudáfrica) aunque esto depende mucho de la intensidad de raleo que se ha dado. (Jijón y Sivilisaca, 2000. DINICE).

La altitud del lugar de origen de las procedencias no influyó en el desarrollo de la especie, así como también la latitud, excepto en el volumen total por hectárea. (DINICE, 2000.).

Ensayo de Procedencias de *Pinus patula* en tres sitios diferentes en la provincia de Loja.

A continuación se citan los valores medios de las procedencias en las tres Localidades a los 8 años de edad.

Sitio	Altura (m)	DAP (cm)	Sobrevivencia (%)
1. Charigüiña	5.51	10.52	68.64
2. Coposo	4.56	9.19	80.58
3. Tornos	4.15	6.66	64.28

Los valores medios presentados en el cuadro anterior permiten inferir que las procedencias tienen un mejor crecimiento en el sitio 1 (Charigüiña); en cambio en el sitio 2 (Coposo) presentan los promedios más altos de sobrevivencia. (Aguirre y Estévez, 1993).

Evaluación de ensayos de progenies y procedencias de *Pinus patula* en el departamento de Antioquía - Colombia a los 5 años de edad.

La reforestación con especies comerciales se comenzó en el Departamento de Antioquía en Colombia a principios de los años 50. En 1985 la superficie total plantada ascendía a 40.000 ha, consistentes sobre todo de *Pinus patula*, *Cupressus lusitanica* y *Pinus oocarpa*. Se comenzó un programa de especies y procedencias a finales de los 80, a cargo de dos compañías: Cipreses de Colombia S.A. e Industrias Forestales Doña María Ltda., que incluía 7 estaciones a distintas altitudes, en las que se ensayaron 44 procedencias y 21 especies de los géneros *Cupressus* y *Pinus*. (Atehortúa y Restrepo, 1987)

Los lotes de semilla incluidos en los ensayos se elegían, en lo posible, teniendo en cuenta principios homo-climáticos. La semilla se recogió en parte localmente, y en parte se recibió a través del CTFT y el INRA de Francia; ESNACIFOR de Honduras, CATIE de Costa Rica e INDERENA y CVC de Colombia. Se incluyeron también algunos lotes de semilla de empresas comerciales de semilla y de empresas forestales. (Atehortúa y Restrepo, 1987).

Cuadro 2. Lotes de Semillas usados en Antioquia, Colombia.

Nº	ESPECIE	PROCEDENCIA	LAT.	LONG.	ALT.	TEMP.	PRECIPITACIÓN
					(m)	(°C)	(mm)
1	<i>P. patula</i>	Guarne, Antioquia, Colombia	06° 20' N	75° 30' W	2,200	16.0	1,923
2	<i>P. patula</i>	Melsetter, Zimbabwe	19° 54' S	32° 53' E	1,483	15.9	1,082
3	<i>P. patula</i>	África del Sur	27° 00' S	31° 00' E	1,000	17.0	1,000
4	<i>P. patula</i>	África del Sur	25° 07' S	30° 48' E	1,300	17.0	1,200

A los 5 años se evaluaron los ensayos, basándose en mediciones anuales. Los resultados obtenidos en los cuatro ensayos, se resumen a continuación

Cuadro 3. Resultados de Ensayos de Procedencias a los 5 años.

No.	1. Yolombó			2. Caldas			3. S. Antonio			4. S. Andrés		
	h (m)	DAP (cm)	v/ha (m ³)	h (m)	DAP (cm)	v/ha (m ³)	h (m)	DAP (cm)	v/ha (m ³)	h (m)	DAP (cm)	v/ha (m ³)
1				9.40	13.0	119.62	7.15	11.3	71.49	5.60	9.0	39.33
2	4.68	6.8	6.14	9.85	13.5	132.36	7.55	12.0	83.19	5.90	10.0	44.44
3				9.40	12.5	113.59	7.58	11.0	73.96	5.50	8.0	36.13
4				10.13	13.8	137.64	7.53	12.0	76.67	6.10	9.0	46.55

Evaluación de ensayos de progenies y procedencias de *Pinus patula* en los dos sitios de estudio a los 29 meses de edad.

Se realizó la evaluación de los ensayos de progenies y procedencias de *Pinus patula* ubicados en La Serrana, provincia de Pichincha e Italqui en Imbabura. (Aguirre y Estévez, 1993).

Los resultados obtenidos en los ensayos, se resumen a continuación.

Cuadro 4. Promedio de altura total (m) y % de sobrevivencia de las 5 mejores procedencias de los ensayos de *Pinus patula* a los 29 meses de edad.

Procedencia	La Serrana - Pichincha			Procedencia	Italqui - Imbabura		
	N° árb	Prom H.	% Sobv		N° árb	Prom H.	% Sobv
17-PP-LO3	26	2.79	92.9	23-PP-103	44	2.37	100.0
15-PP-LO3	25	2.68	89.3	06-PP-LO3	43	2.36	97.7
26-PP-MEX	26	2.61	92.9	40-PP-SUD	44	2.36	100.0
18-PP-LO3	26	2.49	92.9	32-PP- ZIM	43	2.35	97.7
12-PP-LO3	25	2.48	89.3	07-PP-LO3	43	2.34	97.7
*Promedio		2.22				2.20	

Promedio de altura (m) obtenido por ensayo.

En los ensayos ubicados en La Serrana e Italqui, establecidos en 1998, las alturas promedios son 2.22 m y 2.20 m, respectivamente, pese a la heterogeneidad en crecimiento en altura del ensayo de La Serrana, debido a que este sitio es anegado. El ensayo de Italqui establecido en 1999, demuestra una altura promedio de 1.16 m. (Aguirre y Estévez, 1993).

En el sitio II (Italqui - Imbabura), las familias 23-PP=LO], 06-PP-LO], 40- PP-SUD, 32-PP-ZIM y 07-PP-1-03 ocupan los primeros cinco lugares en altura, con 2.37 m, 2.36 m, 2.36 m, 2.35 m y 2.34 m, respectivamente.

De lo que se puede definir que las familias que tienen una mayor altura en los tres ensayos corresponden a 7 progenies de Loja y a 6 procedencias. México (2), Zimbabwe (2). Sudáfrica (1) y Kenya (1). (Aguirre y Estévez, 1993).

Evaluación de ensayos de procedencias de *Pinus patula* en los dos sitios de estudio a los 80 y 83 meses de edad.

De la evaluación de los ensayos de procedencias de *Pinus patula* ubicados en Italqui en Imbabura y La Serrana, provincia de Pichincha, a los 80 meses para la primera y 83 para la segunda, se obtuvieron los resultados siguientes.

Los promedios de diámetro a la altura del pecho fueron de 15.8 cm en Italqui y 15.0 cm en La Serrana; para la variable altura total se registraron promedios de 11.1 m y 10.8 respectivamente. Destacándose las procedencias con mayor crecimiento en estas variables para los dos sitios la 08-PP-LOJ, 09-PP-LOJ y 23-PP-LOJ (Mullo y Sandoval X, 2005.).

En Italqui el incremento medio anual para DAP fue de 2.35 cm/año, y altura total de 1.65 m/año; y en La Serrana el incremento medio anual para diámetro a la altura del pecho fue de 2.17 cm/año, y altura total de 1.56 m/año (Mullo y Sandoval, 2005).

Las procedencias que no registraron correlación entre las variables dasométricas DAP y altura total fueron 17 para Italqui a los 72 meses, y 9 para La Serrana a los 75 meses. Estas procedencias deben ser eliminadas (Mullo y Sandoval, 2005).

Cuadro 5. Procedencias a eliminar

N°	ITALQUI	LA SERRANA
1	12-PP-LOJ	01-PP-COT
2	13-PP-LOJ	03-PP-COT
3	16-PP-LOJ	07-PP-LOJ
4	17-PP-LOJ	21-PP-LOJ
5	18-PP-LOJ	33-PP-KEN*
6	24-PP-PER	41-PP-SUD
7	17-PP-NZ	46-PP-MEX*
8	29-PP-COL	50-PP-MEX*
9	31-PP-ZIM	51-PP-MEX
10	33-PP-KEN*	
11	38-PP-SUD	
12	43-PP-MEX	
13	45-PP-MEX	
14	46-PP-MEX*	
15	47-PP-MEX	
16	49-PP-MEX	
17	50-PP-MEX*	

* En los dos sitios.

Evaluación de ensayos de procedencias de *Pinus patula* en el sitio Italqui a los 8.3 y 9.3 años de edad.

La evaluación hecha en esta etapa de la investigación a través de los análisis de regresión determino las procedencias que no cumplían con los requerimientos del diseño experimental por lo tanto debían eliminarse en el sitio Italqui.

Se obtuvieron los siguientes resultados:

Análisis de correlación de diámetro a la altura del pecho – altura total

En análisis se puede determinar que 21 procedencias de las 49 no presentan asociación entre las variables analizadas y por este motivo fueron eliminadas en raleo final, a excepción de la procedencia 09-PP-LOJ, la cual presenta altos valores promedios en la variable altura total.

Las procedencias que no mostraron correlación fueron: 03-PP-COT, 04-PP-COT, 09-PP-LOJ, 15-PP-LOJ, 17-PP-LOJ, 23-PP-LOJ, 29-PP-COL, 31-PP-ZIM, 33-PP-KEN, 35-PP-SUD, 37-PP-SUD, 38-PP-SUD, 40-PP-SUD, 43-PP-MEX, 44-PP-MEX, 46-PP-MEX, 47-PP-MEX, 48-PP-MEX, 49-PP-MEX, 50-PP-MEX y 51-PP-MEX. (Vizcaíno, 2008).

Análisis de correlación de altura de copa – diámetro de copa

Las procedencias que no mostraron correlación hasta los 9.3 años de edad fueron: 02-PP-COT, 08-PP-LOJ, 09-PP-LOJ, 12-PP-LOJ, 18-PP-LOJ, 20-PP-LOJ, 22-PP-LOJ, 24-PP-PER, 26-PP-MEX, 28-PP-BOL, 32-PP-ZIM, 36-PP-SUD, 39-PP-ZIM, 41-PP-SUD, 42-PP-MAL, 45-PP-MEX. (Vizcaíno, 2008).

Análisis de regresión de diámetro a la altura del pecho – altura total

En el análisis estadístico se obtuvo los siguientes resultados del análisis de regresión a los 9.3 años, de los cuales se puede determinar que la procedencia 27-PP-NZ con 79.3% fue la que obtuvo el mayor coeficiente de regresión; por el contrario la procedencia 41-PP-SUD con 3.8% fue la de menor valor. (Vizcaíno, 2008).

Análisis de regresión de altura de copa – diámetro de copa.

Los resultados del análisis de regresión a los 9.3 años, de los cuales se puede determinar que la procedencia 27-PP-NZ con 63.6% fue la que obtuvo el mayor coeficiente de regresión; por el contrario las procedencias 22-PP-LOJ y 36-PP-SUD con 0% fueron las de menor valor. (Vizcaíno, 2008).

Cuadro 6. Cantidad de individuos eliminados en el raleo final del sitio Italqui.

Procedencia	Número de árboles en sitio	Número de árboles	Árboles a eliminar	
			Número	%
01-PP-COT	24	19	5	20.83
02-PP-COT	17	14	3	17.65
03-PP-COT	20	0	20	100.00
04-PP-COT	14	0	14	100.00
05-PP-COT	25	19	6	24.00
06-PP-LOJ	26	18	8	30.77
07-PP-LOJ	26	22	4	15.38
08-PP-LOJ	31	26	5	16.13
09-PP-LOJ	33	31	2	6.06
10-PP-LOJ	32	27	5	15.63
12-PP-LOJ	8	7	1	12.50
13-PP-LOJ	11	10	1	9.09
15-PP-LOJ	24	0	24	100.00
16-PP-LOJ	11	11	0	0.00
17-PP-LOJ	10	0	10	100.00
18-PP-LOJ	6	4	2	33.33
19-PP-LOJ	27	20	7	25.93
20-PP-LOJ	26	17	9	34.62
21-PP-LOJ	21	19	2	9.52
22-PP-LOJ	25	17	8	32.00
23-PP-LOJ	28	0	28	100.00
24-PP-PER	15	11	4	26.67
25-PP-SUD	19	10	9	47.37
26-PP-MEX	25	14	11	44.00
27-PP-NZ	9	8	1	11.11
28-PP-BOL	25	21	4	16.00
29-PP-COL	9	0	9	100.00
30-PP-COL	20	19	1	5.00
31-PP-ZIM	18	0	18	100.00
32-PP-ZIM	26	19	7	26.92
33-PP-KEN	15	0	15	100.00
34-PP-KEN	23	18	5	21.74
35-PP-SUD	27	0	27	100.00
36-PP-SUD	20	15	5	25.00
37-PP-SUD	28	0	28	100.00

38-PP-SUD	9	0	9	100.00
39-PP-ZIM	29	27	2	6.90
40-PP-SUD	30	0	30	100.00
41-PP-SUD	22	18	4	18.18
42-PP-MAL	24	17	7	29.17
43-PP-MEX	15	0	15	100.00
44-PP-MEX	9	0	9	100.00
45-PP-MEX	10	6	4	40.00
46-PP-MEX	3	0	3	100.00
47-PP-MEX	10	0	10	100.00
48-PP-MEX	18	0	18	100.00
49-PP-MEX	6	0	6	100.00
50-PP-MEX	6	0	6	100.00
51-PP-MEX	12	0	12	100.00
Promedio	18.92	9.88	9.04	53.50

FUENTE: (Vizcaíno 2008).

El porcentaje del raleo fue del 47.79%, dejando una densidad de 250 árboles por hectárea. En esta actividad se eliminaron 20 de las 49 procedencias. (Vizcaíno, 2008).

2.12 SILVICULTURA.

Especie heliófita de rápido crecimiento, alcanza su madurez reproductiva a temprana edad. A partir de los 5 años de edad ya produce semillas viables. (Lamprecht, 1990).

2.12.1 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 600 a 6000 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. Para realizarla la siembra se puede escoger entre los siguientes métodos de siembra.

Siembra al voleo

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

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)

Germinación

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

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

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)

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)

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 medio ambiente. Para cualquier especie existe un máximo y un mínimo, por encima o debajo del cual la germinación no ocurre. (Vásquez, 2001)

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% según Aguilera (2001). En ensayos realizados por Rentería, Jiménez y Alba (1999) obtuvieron porcentajes de germinación entre el 75 y 84%

2.13 ECOLOGÍA.

2.13.1 Suelos.

En su habitat natural vive bien en arena casi pura, en suelos Franco-arenosos (guijarros) y en arcillas arenosas. Fuera de su habitat 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 (GROOS, 1987).

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).

2.13.2 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)

2.13.3 Plagas.

En las plantaciones de *Pinus patula* la principal plaga es *Diplodia pini* y *Rhizina undulada*, 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 la clorosis. (Zeaser y Jadan, 1987)

2.14 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)

2.14.1 Ensayo de germinación de las semillas

Se obtuvo la germinación de semillas de todas las procedencias partir de los 13 días, hecho que corrobora lo observado en el campo, ya que se observa una excelente regeneración natural de la especie.

Cuadro 7. Porcentaje de germinación de procedencias de *Pinus patula*

Procedencia	% Germinación
10-PP-LOJ	100
08-PP-LOJ	93
19-PP-LOJ	90
26-PP-MEX	88
22-PP-LOJ	84
24-PP-PER	72
30-PP-COL	70
02-PP-COT	67
45-PP-MEX	67
12-PP-LOJ	63
18-PP-LOJ	62
21-PP-LOJ	60
41-PP-SUD	60
42-PP-MAL	57
06-PP-LOJ	56
13-PP-LOJ	56
32-PP-ZIM	56
39-PP-ZIM	56
07-PP-LOJ	53
16-PP-LOJ	53
25-PP-SUD	53
28-PP-BOL	52
34-PP-KEN	52
36-PP-SUD	52
05-PP-COT	51
27-PP-NZ	51
20-PP-LOJ	47
01-PP-COT	34
09-PP-LOJ	34
Promedio	61.69

El mayor porcentaje de germinación lo obtuvo la procedencia 10-PP-LOJ con el 100% seguida por las procedencias 08-PP-LOJ y 19-PP-LOJ con porcentajes de 93 y 90% respectivamente. Las procedencias que obtuvieron los menores porcentajes de germinación fueron 01-PP-COT con 34% cada una. (Vizcaíno, 2008).

Cabe destacar que la germinación fue heterogénea, presentándose con mayor rapidez y porcentaje en aquellos bloques en los que la incidencia del sol no fue directa. (Vizcaíno, 2008).

2.15 DISTRIBUCIÓN NATURAL.

Pinus patula es originario de México. El área de distribución es limitada y discontinua, crece básicamente en tres zonas boscosas, en las faldas al este de la Sierra Madre Oriental, entre los paralelos 18 y 21 a altitudes de 1800 a 2700 m.s.n.m. En esta zona se encuentra frecuentemente asociado con *P. teocote*. (Lamprecht. 1990).

En el Ecuador esta especie es importante en vista de su crecimiento y ausencia de problemas sanitarios en rodales ubicados en las faldas del volcán Cotopaxi, 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 Cuenca 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. (Zasen y Jadan, 1987)

CAPÍTULO III

3 MATERIALES Y MÉTODOS.

Este proyecto de investigación es un avance – cuarta fase (periodo mayo 2008 – mayo 2009), en el conocimiento acumulativo sobre: “Evaluación de procedencias de *Pinus patula* en Italqui provincia Imbabura. En esta fase de investigación se analizó los incrementos alcanzados en un periodo de 12 meses tiempo que dura la investigación, desde los 10 a los 11 años de edad del rodal (posible fuente semillera).

3.1 DESCRIPCIÓN DEL SITIO DE INVESTIGACIÓN.

3.1.1 Localización del área de estudio.

PROVINCIA:	Imbabura
CANTÓN:	Cotacachi
PARROQUIA:	El sagrario
LOCALIDAD:	Comunidad de Italqui
ALTITUD:	2.710 m.s.n.m.
AREA DE ESTUDIO:	1.940 ha.

LATITUD	LONGITUD
0° 18' 26'' N	78° 18' 36'' W
0° 18' 24'' N	78° 18' 36'' W
0° 18' 24'' N	78° 18' 40'' W
0° 18' 26'' N	78° 18' 40'' W

Ver el mapa de ubicación en el anexo 1

3.1.2 Datos climáticos.

PRECIPITACIÓN MEDIA ANUAL: 1.356mm. No existe ningún mes ecológicamente seco, siendo los de menor precipitación Julio y Agosto.

TEMPERATURA: Media 10,5 °C (Mín 8 °C Máx 13°C)

CLASIFICACIÓN ECOLÓGICA: bosque muy húmedo- Montano (bmh-M) (Holdridge).

3.1.3 Análisis de suelo.

Análisis químico del suelo.

La descripción del análisis químico inicial del suelo fue tomado de Vizcaíno, 2008.

Cuadro 8. Análisis químico del suelo

	Análisis inicial	Análisis final
pH	5,91 (ligeramente ácido)	5,91 (ligeramente ácido)
MATERIA ORGÁNICA	2,41% (medio)	2.83% (medio)
NITRÓGENO	0,12% (bajo)	0.13 % (bajo)
FÓSFORO	9,50 ppm (bajo)	9,50 ppm (bajo)
POTASIO	110 ppm (bajo)	113 ppm (bajo)
BORO	0.013 ppm (bajo)	0.011 ppm (bajo)

3.2 MATERIALES Y EQUIPOS.

3.2.1 Materiales

Equipos y materiales de campo

- Cinta de marcaje
- Cámara Fotográfica

- Cinta diamétrica.
- Cinta métrica
- Hipsómetro
- Libreta de campo.
- Material fotográfico
- Pintura
- Soga.

Equipos y materiales de oficina.

- Computador
- Impresora
- Material de escritorio

Materiales de laboratorio

- Caja de madera
- Desinfectantes para el sustrato
- Regadera
- Cinta de marcaje.

3.2.2 Instrumentos

Instrumentos de campo

- Calibrador o Pie de Rey.
- Regla graduada.

3.3 FACTORES DE ESTUDIO.

3.3.1 Procedencias de *Pinus patula*.

En esta fase de la investigación se registró 27 procedencias después del raleo que efectuó la Ing. Vizcaíno, en el mes de abril del 2008, luego de los análisis de correlación diámetro altura del pecho (d.a.p.) - altura total (h.t.), por una parte; y por otra, al realizar los cálculos de límites de confianza para cada bloque; puesto que los crecimientos inferiores a los límites de confianza de la media permiten determinar que el crecimiento normal de los individuos que integran las procedencias están detenidos por efecto de la competencia radicular por agua y nutrientes y en el vuelo forestal por el traslape de copas.

Cuadro 9. Información de las procedencias de *Pinus patula*.

N°	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	Tweefontein	-----	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	20-PP-LOJ	Loja	Purunuma	PMGF	Ecuador
16	19-PP-LOJ	Loja	Carboncillo	PMGF	Ecuador
17	18-PP-LOJ	Loja	Carboncillo	PMGF	Ecuador
18	16-PP-LOJ	Loja	Oñacapac	PMGF	Ecuador
19	13-PP-LOJ	Loja	Villonaco	PMGF	Ecuador
20	12-PP-LOJ	Loja	Colaisana	PMGF	Ecuador
21	10-PP-LOJ	Loja	Colaisana	PMGF	Ecuador
22	09-PP-LOJ	Loja	Colaisana	PMGF	Ecuador
23	08-PP-LOJ	Loja	Las Zambas	PMGF	Ecuador
24	07-PP-LOJ	Loja	Las Zambas	PMGF	Ecuador
25	06-PP-LOJ	Loja	Carboncillo	PMGF	Ecuador
26	05-PP-COT	Cotopaxi	Mulaló	PMGF	Ecuador
27	01-PP-COT	Cotopaxi	Mulaló	PMGF	Ecuador

Fuente DINICE

3.3.2 Diseño experimental.

Ensayo de Italqui

Se mantiene el diseño original que fue bloques al azar; con 44 bloques y/o repeticiones. La unidad experimental o parcela está representada por un individuo por procedencia, con un total de 373 árboles observados y analizados estadísticamente (21% de la población total) a mayo del 2008; esta cifra es el resultado de una rigurosa calificación de los individuos, habiéndose realizado tres raleos antes de los diez años. Cabe destacar e informar que la plantación inicial fue de 2156 árboles, observándose una sobrevivencia del 80%, es decir que se contó originalmente con 1800 individuos.

Ensayo de Progenie

Para el ensayo de progenie se estableció el diseño irrestricto al azar (DIA) con 4 observaciones, cada observación estuvo formada por 12 repeticiones, con un total de 1296 individuos.

3.4 METODOLOGIA.

3.4.1 Recopilación de información.

Para la evaluación se realizó 5 mediciones, una medición inicial y a partir de esta se midió periódicamente cada tres meses por un periodo de un año desde los 10 a los 11 años de edad. Las variables en estudio fueron: diámetro a la altura del pecho (d.a.p), diámetro de copa (d.c), altura total (h.t), altura de fuste (h.f), rectitud de fuste (r.f), fenología (fen), ataque de plagas y/o enfermedades (san). Para esta etapa de investigación se contó con 44 bloques y 27 procedencias.

Para la recopilación de los datos en el ensayo de progenie, se recopiló los frutos (conos) para obtener semilla de las 27 procedencias; luego se estableció un vivero en el que se evaluó por 5 meses, realizando 3 mediciones periódicas, una cada mes, a partir del segundo mes. Las variables en estudio fueron: porcentaje de germinación, sobrevivencia, diámetro basal y altura de la plántula.

3.4.2 Etapas de la investigación.

3.4.2.1 Rodal (Italqui)

3.4.2.1.1 Identificación de las parcelas en los respectivos bloques.

Se realizó la identificación de la unidad experimental en los respectivos bloques con la ayuda de un croquis de campo; además se realizó una remarcación de la altura del fuste en las procedencias que deben mantenerse después del raleo realizado por Vizcaíno (2008).

3.4.2.1.2 Toma de los datos de las variables del rodal en Italqui.

Diámetro a la altura del pecho (d.a.p).

La medición de la circunferencia a la altura del pecho (**c.a.p**) se realizó con la cinta métrica a 1.3 m. del suelo y desde la parte superior del terreno puesto que es inclinado, se repintó el anillo de medición y luego en la tabulación de datos se transformó el valor de la circunferencia a diámetro utilizando la siguiente fórmula:

$$D = C / \pi$$

Donde: D = Diámetro

C = Circunferencia

$$\pi = 3.141592$$

Altura total (h).

Para la medición de la altura total (**h**) se tomo la distancia vertical desde el nivel del suelo hasta el ápice de cada árbol, considerando la inclinación del árbol y la visibilidad, primero en dirección Norte – Sur, y cuando no era posible por visibilidad e inclinación, se midió en dirección Este – Oeste, para determinar el valor utilice un instrumento de medida directa llamado Hipsómetro.

Altura de fuste (h.f).

La altura del fuste (**h.f**) se midió desde el nivel del suelo hasta el inicio de la primera ramificación con la ayuda del hipsómetro.

Altura de copa (h.c).

La altura de copa (**h.c**) se determino desde el sitio donde inicia la primera ramificación hasta el ápice vegetativo $H_{cp} = H - H_f$; se utilizo el hipsómetro.

Diámetro de copa (d.c).

El diámetro de copa (**d.c**) se midió con un flexómetro. Se realizaron dos mediciones de la proyección de la copa en sentidos opuestos y se saco un diámetro promedio de la copa.

Rectitud de fuste (r.f).

La rectitud del fuste (**r.f**) se realizo ubicándose al pié del árbol con una caña guadua y con una plomada, en posición Norte – Sur, Este – Oeste, con esto podemos juzgar la inclinación o rectitud. Para su clasificación se lo asignará los siguientes valores:

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

Fenolog3a.

Se tom3 en cuenta la presencia o ausencia de floraci3n y/o fructificaci3n durante todo el per3odo de evaluaci3n. Por motivo de an3lisis se asignaron los valores siguientes:

Clase	Descripci3n
3	3rboles con frutos
2	3rboles con flores
1	3rboles sin flores y/o frutos.

Ataque de plagas y/o enfermedades.

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

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

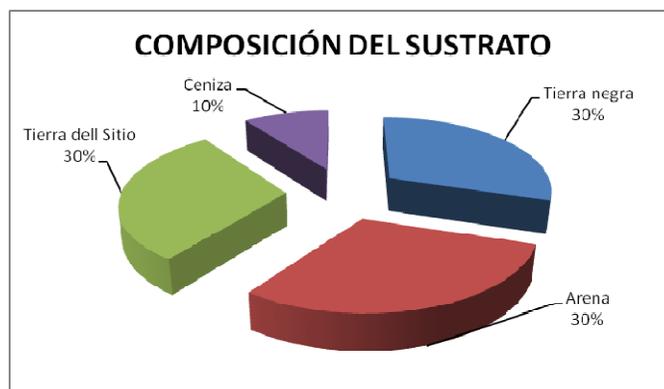
3.4.2.2 Ensayo de progenie.

En esta investigación se planteó realizar ensayos de progenies; se inició con la recolección de los frutos (conos) de las distintas procedencias, debiendo resaltar que ésta se realizó en forma aleatoria de cuatro individuos por procedencia y en diferentes bloques.

Los frutos colectados se los enfundaron con su respectivo código para una correcta identificación; para la obtención de semillas; los frutos se los colocó en un sitio aireado y con incidencia de radiación solar para que los conos se abran. Una vez obtenida la semilla se la limpió, y guardó en fundas de papel con su respectivo código; luego se las agrupó en una funda de plástico bien sellada para evitar el contacto de la humedad, posteriormente se procedió a su almacenamiento en un refrigerador a 4°C de temperatura.

Previo a la siembra se preparó un sustrato constituido por: tierra negra de páramo, tierra del sitio de plantación a la que se le adicionó arena y ceniza; éstos sustratos se mezclaron en los porcentajes siguientes: 30% tierra negra; 30% tierra del sitio; 30% arena; y un 10% ceniza.

Gráfico 1: Composición del sustrato.



Una vez obtenido el sustrato apropiado para la germinación de semillas se procedió al llenado de las fundas y a la ubicación y distribución espacial en las diferentes

observaciones, cada observación cuenta con doce repeticiones y veintisiete filas que corresponden a las veintisiete procedencias ubicadas al azar.

La distribución espacial de las procedencias en cuatro observaciones se consigna en el Cuadro 10, así como en el Gráfico 2.

Cuadro 10: Distribución de los Observaciones.

Gráfico 2: Distribución espacial

Observación 1	Observación 2	Observación 3	Observación 4	REPETICIONES																		
PROCEDENCIA	PROCEDENCIA	PROCEDENCIA	PROCEDENCIA																			
21-PP-LOJ	45-PP-MEX	12-PP-LOJ	30-PP-COL	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
07-PP-LOJ	25-PP-SUD	42-PP-MAL	28-PP-BOL	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
10-PP-LOJ	24-PP-PER	08-PP-LOJ	16-PP-LOJ	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
28-PP-BOL	26-PP-MEX	21-PP-LOJ	25-PP-SUD	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
18-PP-LOJ	28-PP-BOL	30-PP-COL	18-PP-LOJ	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
16-PP-LOJ	30-PP-COL	26-PP-MEX	39-PP-ZIM	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
45-PP-MEX	13-PP-LOJ	16-PP-LOJ	05-PP-COT	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
09-PP-LOJ	41-PP-SUD	45-PP-MEX	45-PP-MEX	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
25-PP-SUD	22-PP-LOJ	25-PP-SUD	36-PP-SUD	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
22-PP-LOJ	32-PP-ZIM	28-PP-BOL	32-PP-ZIM	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
26-PP-MEX	12-PP-LOJ	19-PP-LOJ	08-PP-LOJ	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
01-PP-COT	36-PP-SUD	01-PP-COT	13-PP-LOJ	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
41-PP-SUD	16-PP-LOJ	34-PP-KEN	09-PP-LOJ	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
42-PP-MAL	10-PP-LOJ	22-PP-LOJ	07-PP-LOJ	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
08-PP-LOJ	34-PP-KEN	18-PP-LOJ	10-PP-LOJ	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
30-PP-COL	19-PP-LOJ	13-PP-LOJ	06-PP-LOJ	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
19-PP-LOJ	01-PP-COT	24-PP-PER	24-PP-PER	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
24-PP-PER	05-PP-COT	32-PP-ZIM	26-PP-MEX	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
13-PP-LOJ	08-PP-LOJ	07-PP-LOJ	12-PP-LOJ	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
32-PP-ZIM	18-PP-LOJ	06-PP-LOJ	22-PP-LOJ	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
34-PP-KEN	20-PP-LOJ	09-PP-LOJ	42-PP-MAL	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
05-PP-COT	07-PP-LOJ	36-PP-SUD	19-PP-LOJ	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
39-PP-ZIM	06-PP-LOJ	05-PP-COT	41-PP-SUD	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
12-PP-LOJ	21-PP-LOJ	41-PP-SUD	21-PP-LOJ	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
06-PP-LOJ	39-PP-ZIM	10-PP-LOJ	01-PP-COT	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
20-PP-LOJ	42-PP-MAL	20-PP-LOJ	34-PP-KEN	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
36-PP-SUD	09-PP-LOJ	39-PP-ZIM	20-PP-LOJ	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

ELABORADO POR EL AUTOR

Se procedió a desinfectar el sustrato con vitavax, el mismo que se depositó en cada una de las fundas y luego se cubrió por dos días con sarán. A continuación se llevó a cabo la siembra la misma que consistió en colocar una semilla en cada una de las fundas llenas con sustrato. Se dotó de riego y se las cubrió con sarán para mantener la humedad.

3.4.2.2.1 Toma de los datos de las variables del ensayo de progenie.

El ensayo de progenie consistió en determinar el porcentaje de germinación de las semillas, sobrevivencia, diámetro basal y altura de la plántula.

Porcentaje de germinación.

El porcentaje de germinación se determinó por la siguiente fórmula.

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

Sobrevivencia.

Para evaluar la sobrevivencia se tomó en cuenta la siguiente fórmula:

$$\% \text{ de sobrevivencia} = \frac{\text{Número de semillas germinadas} - \text{número de plántulas muertas}}{\text{Número de semillas sembradas}} \times 100$$

Diámetro basal.

El diámetro basal se pudo determinar con la ayuda de un calibrador o pie de rey.

Altura de la plántula.

La altura de la plántula se la midió con una regla graduada en cm. Para esta medida se tomó desde la base hasta el ápice de la planta.

3.5 ANALISIS DE LA INFORMACION

Con los datos de las variables en estudio se realizaron los análisis estadísticos correspondientes.

3.5.1 Rodal (Italqui).

Del rodal que contiene 27 procedencias se realizaron los siguientes análisis.

Análisis de correlación/procedencia.

Se realizó el cálculo del coeficiente de correlación con el propósito de analizar el grado de asociación entre las siguientes variables dasométricas:

- Diámetro a la altura del pecho (d.a.p) – Altura total.
- Altura de copa – Diámetro de copa.
- Altura total - altura de fuste.

Análisis de regresión.

Con el fin de estudiar el ritmo de crecimiento de la especie se realizó el análisis de regresión entre las siguientes variables:

- Diámetro a la altura del pecho (d.a.p) – Altura total.
- Altura de copa – Diámetro de copa.
- Altura total - altura de fuste.

Para este análisis se aplicó el modelo de regresión logarítmica y gamma.

Regresión Logarítmica.

El modelo estadístico se describe a continuación:

$$Y = b_0(x^{b_1})$$

Donde: Y = Variable dependiente
x = Variable independiente
b₀ y b₁ = Pendiente lineal, tasa de crecimiento.

Regresión Gamma.

El modelo estadístico para este tipo de regresión se describe a continuación.

$$Y = b_0 * e^{b_1 * x * x^{b_2}}$$

Donde: Y = Variable dependiente
x = Variable independiente
b₀, b₁ y b₂ = Pendiente lineal, tasa de crecimiento.
e = Número de euler: 2.71828 (antilogaritmo de 1)

Para los siguientes análisis estadísticos se registraron solo las procedencias en las cuales se ha encontrado asociación entre diámetro a la altura de pecho (d.a.p) - altura total, después de efectuado el análisis de correlación.

3.5.1.1 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

Análisis de varianza.

El cálculo de los datos se lo realizó con la ayuda del programa estadístico SAS (Statistical Analysis System) con el siguiente modelo estadístico:

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

Donde:

X_{ij} = observación en particular

μ = media general

τ_i = efecto de tratamientos

β_j = efecto de los bloques

ϵ_{ij} = error experimental

Cuadro 11. Diseño para el análisis de varianza.

	10-10,9 años	11 años
Fuentes de Variación	Grados de Libertad	Grados de Libertad
Repeticiones	$(44-1) = 43$	$(44-1) = 43$
Procedencias	$(27-1) = 26$	$(25-1) = 24$
Error experimental	$(43)(26) = 1118$	$(43)(24) = 1032$
TOTAL	$(44*27) - 1 = 1187$	$(44*25) - 1 = 1099$

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:

- d.a.p.
- Altura total
- Altura de fuste
- Altura de copa
- Diámetro de copa.
- Rectitud del fuste.
- Ataque de plagas y/o enfermedades.

3.5.2 Ensayo de progenie

El análisis estadístico se realizó con 25 procedencias que presentaron asociación entre las variables dasométricas diámetro a la altura del pecho (d.a.p) y altura total, desechándose 2 procedencias que no presentaron correlación.

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

Análisis de varianza.

El cálculo de los datos se lo realizó con la ayuda del programa estadístico SAS (Statistical Analysis System) con el siguiente modelo estadístico:

$$X_{ij} = \mu + \tau_i + \epsilon_{ij}$$

Donde:

X_{ij} = observación en particular

μ = media general

τ_i = efecto de tratamientos

ϵ_{ij} = error experimental

Cuadro 12. Diseño para el análisis de varianza

	5 meses
Fuentes de Variación	Grados de Libertad
Tratamientos	$(25-1) = 24$
Error experimental	$(25)(4-1) = 75$
TOTAL	$(25*4) - 1 = 99$

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

3.5.3 Análisis de costos.

Los costos fueron determinados para la etapa de investigación (12 meses); tanto para el rodal, como para el ensayo de progenie.

CAPÍTULO IV

4 RESULTADOS.

En este documento se presentan los resultados obtenidos desde el año 10 al 11 de edad. El sitio de investigación presenta condiciones edafo-climáticas aceptables para el desarrollo de la especie. El análisis de los resultados en esta fase de investigación permitió corroborar el comportamiento y selección de las procedencias con mayor crecimiento.

El análisis de los resultados en cuanto se refiere al comportamiento silvicultural se efectuó en base de las variables siguientes: Supervivencia, diámetro a la altura de pecho, altura total, altura de copa, diámetro de copa, rectitud de fuste, floración y fructificación, ataque de plagas y/o enfermedades. En el ensayo de progenie fue evaluado en base a porcentaje de germinación, supervivencia, diámetro basal y altura de la plántula.

4.1 ANALISIS DE VARIABLES

4.1.1 Ensayo de Italqui.

4.1.1.1 Análisis de correlación.

Correlación de diámetro a la altura del pecho (d.a.p) – altura total (h.t).

En el anexo 2 se presentan los resultados del análisis de correlación a los 11 años de edad, de los cuales fue necesario eliminar 2 procedencias de entre las 27 observadas. Las procedencias eliminadas a través del análisis de correlación son: 09-PP-LOJ, 20-PP-LOJ.

Debiendo recalcar que en la investigación anterior Vizcaíno (2008), decidió no eliminar la procedencia 09-PP-LOJ a pesar de que no presentaba correlación entre las variables diámetro a la altura de pecho y altura total, ya que presentaron valores medios altos de crecimiento. En esta fase de investigación el cálculo del coeficiente de correlación y valores medios de crecimiento fueron bajos por lo que se recomienda eliminarlas ya que su respuesta actual no amerita su permanencia.

Correlación de altura de copa (h.c) – diámetro de copa (d.c).

En el anexo 2 se presentan los resultados del análisis de correlación, en los cuales se determinó que 16 de las 27 procedencias analizadas no presentan asociación entre variables.

Las procedencias cuya correlación fue no significativa son: 01-PP-COT, 05-PP-COT, 07-PP-LOJ, 09-PP-LOJ, 12-PP-LOJ, 16-PP-LOJ, 18-PP-LOJ, 20-PP-LOJ, 21-PP-LOJ, 22-PP-LOJ, 24-PP-PER, 25-PP-SUD, 26-PP-MEX, 28-PP-BOL, 30-PP-COL, 36-PP-SUD, 42-PP-MAL.

Correlación altura total (h.t) - altura de fuste (h.f).

En el anexo 2 también se observa que en el análisis de correlación, se puede determinar que 23 procedencias de 27 analizadas no presentan asociación entre las variables analizadas.

Las procedencias que no mostraron correlación fueron: 01-PP-COT, 05-PP-COT, 06-PP-LOJ, 07-PP-LOJ, 08-PP-LOJ, 09-PP-LOJ, 12-PP-LOJ, 13-PP-LOJ, 16-PP-LOJ, 18-PP-LOJ, 20-PP-LOJ, 21-PP-LOJ, 22-PP-LOJ, 24-PP-PER, 25-PP-SUD, 26-PP-MEX, 28-PP-BOL, 32-PP-ZIM, 34-PP-KEN, 36-PP-SUD, 39-PP-ZIM, 41-PP-SUD, 42-PP-MAL.

4.1.1.2 Análisis de regresión.

Regresión de diámetro a la altura del pecho (d.a.p) – altura total (h.t).

En el anexo 3 se presentan los resultados del análisis de regresión a los 11 años de edad, de los cuales se puede determinar que la procedencia 18-PP-LOJ cuyo coeficiente de determinación fue de 85.14%; valor que deja fuera de la línea de tendencia el 14.86%.

Regresión de altura de copa (h.c) – diámetro de copa (d.c).

En el anexo 3 se presentan los resultados del análisis de regresión, de los cuales se puede determinar que la procedencia 32-PP-ZIM con 58.86% fue la que obtuvo el mayor coeficiente de regresión; por el contrario la procedencia 28-PP-BOL con 0.04% fue la de menor valor; proceso adicional, cuyo cálculo no aporta información relevante.

Regresión de altura total (h.t) – altura de fuste (h.f).

En el anexo 3 se presentan los resultados del análisis de regresión, en los mismos que se puede determinar que la procedencia 45-PP-MEX con 70.75% fue la que obtuvo el mayor coeficiente; mientras que por el contrario la procedencia 24-PP-PER con 0.03% registro el menor valor del coeficiente.

4.1.1.3 Supervivencia.

En el anexo 4 se presenta el porcentaje de supervivencia y el número de individuos de cada procedencia desde los 10 hasta los 11 años de edad, cuyo porcentaje es del 100% debido a que se detectó árboles muertos.

4.1.1.4 Análisis de variables dasométricas.

Se debe aclarar que en los siguientes análisis estadísticos se realizaron con 25 procedencias; debido a que las procedencias 09-PP-LOJ y 20-PP-LOJ no mostraron asociación entre diámetro a la altura de pecho – altura total.

Diámetro a la altura del pecho (d.a.p).

En el anexo 5 se presentan los análisis de varianza correspondientes a diámetro a la altura del pecho, detectándose diferencias estadísticas para las fuentes de variación repeticiones y procedencias.

Mediante la prueba de Duncan se observan valores promedios de diámetro a la altura del pecho, determinándose cuatro grupos, siendo las procedencias 12-PP-LOJ, 39-PP-ZIM, 08-PP-LOJ, con 31.06cm, 31.04cm, 29.61cm, respectivamente; las que alcanzaron los mayores promedios hasta los 11 años de edad. Los valores levemente inferiores registraron las procedencias 42-PP-MAL, 24- PP-PER, 18-PP-LOJ, con 26.24 cm, 26.36 cm y 26.93 cm (ver cuadro).

Cuadro 13. Prueba de Duncan de diámetro a la altura del pecho de 25 procedencias de *Pinus patula* a los 11 años de edad en Italqui.

11 años		Med.	IMA	N	P
	A	31,06	2,82	6	12
	A	31,04	2,82	20	39
B	A	29,61	2,69	24	8
B	A	29,58	2,69	8	13
B	A	29,54	2,69	20	10
B	A C	29,48	2,68	12	30
B	A C	29,44	2,68	16	41
B D	A C	29,37	2,67	13	28
B D	A C	29,30	2,66	17	32
B D	A C	28,99	2,64	17	7
B D	A C	28,84	2,62	14	21
B D	A C	28,45	2,59	15	34
B D	A C	28,26	2,57	7	45
B D	A C	28,23	2,57	12	36
B D	A C	28,19	2,56	14	22
B D	A C	28,13	2,56	21	19
B D	A C	28,10	2,55	16	6
B D	A C	27,86	2,53	17	1
B D	C	27,28	2,48	9	16
B D	C	27,16	2,47	13	5
B D	C	27,14	2,47	12	26
B D	C	27,03	2,46	8	25
B D	C	26,93	2,45	4	18
B D	C	26,36	2,40	9	24
B D	C	26,24	2,39	16	42

Altura total (h).

En el anexo 6 se presentan los análisis de varianza correspondientes a altura total, detectándose diferencias estadísticas para las fuentes de variación repeticiones y procedencias.

Mediante la prueba de Duncan se citan valores promedios de altura total determinándose cinco grupos, siendo las procedencias 12-PP-LOJ, 30-PP-COL y 36-PP-SUD con 19.08m,

17.96m y 17.67m, respectivamente; las que alcanzaron valores medios altos. Los menores valores se registraron en las procedencias 01-PP-COT, 18-PP-LOJ, 42-PP-MAL con 15.31 m, 15.38m, 16.25m respectivamente (ver cuadro)

Cuadro 14. Prueba de Duncan de altura total de 25 procedencias de *Pinus patula* a los 11 años de edad.

11 años		Med.	IMA	N	P
	A	19,08	1,73	6	12
B	A	17,96	1,63	12	30
B	C	17,67	1,61	12	36
B	C	17,57	1,60	14	21
B	C	17,52	1,59	16	41
B	C	17,50	1,59	24	8
B	C	17,44	1,59	17	32
B	C	17,38	1,58	8	13
B	C	17,35	1,58	20	39
B	C	17,08	1,55	13	28
B	C	16,84	1,53	16	6
B	C	16,83	1,53	9	24
B	C	16,80	1,53	15	34
B D	C	16,78	1,53	17	7
B D	C	16,69	1,52	13	5
B D	E C	16,64	1,51	9	16
B D	E C	16,64	1,51	20	10
B D	E C	16,63	1,51	8	25
B D	E C	16,54	1,50	21	19
B D	E C	16,52	1,50	12	26
B D	E C	16,39	1,49	7	45
B D	E C	16,36	1,49	14	22
D	E C	16,25	1,48	16	42
D	E C	15,38	1,40	4	18
D	E C	15,31	1,39	17	1

Altura de copa (h.c).

En el anexo 7 se presentan los análisis de varianza correspondientes a altura de copa, detectándose diferencias estadísticas para las fuentes de variación repeticiones y procedencias.

A través de la prueba de Duncan se observan valores medios de altura de copa, determinándose cinco grupos, las procedencias 12-PP-LOJ, 30-PP-COL y 36-PP-SUD con 15.38m, 14.19m y 14.02m respectivamente alcanzaron los mayores promedios. Los menores valores se observan en las procedencias 01-PP-COT, 18-PP-LOJ, 42-PP-MAL con 11.46m, 11.81m, 12.53m respectivamente (ver cuadro)

Cuadro 15. Prueba de Duncan de altura de copa de 25 procedencias de *Pinus patula* a los 11 años de edad.

11 años		Med.	N	P
	A	15.38	6	12
B	A	14.19	12	30
B	C	14.02	12	36
B	C	13.72	17	32
B	C	13.72	24	8
B	C	13.69	8	13
B	C	13.66	14	21
B	C	13.48	16	41
B	C	13.45	20	39
B	C	13.38	13	28
B	C	13.31	9	24
B	C	13.19	16	6
B D	C	13.09	17	7
B D	C	13.01	20	10
B D	C	13.01	9	16
B D	C	13.00	13	5
B D	C	13.00	8	25
B D	C	12.93	15	34
B D	C	12.82	21	19
B D	C	12.75	7	45
B D E	C	12.64	14	22
B D E	C	12.58	12	26
D E	C	12.53	16	42
D E	C	11.81	4	18
D E	C	11.46	17	1

Diámetro de copa (d.c).

En el anexo 8 se presentan los análisis de varianza correspondientes a la altura de copa, detectándose que no existen diferencias significativas al 95% de probabilidad estadística para la fuente de variación procedencias; por el contrario se encontraron en el mismo periodo de tiempo diferencias altamente significativas para la fuente de variación repeticiones.

Mediante la prueba de Duncan se logró determinar tres grupos, integrados por las procedencias 12-PP-LOJ, 13-PP-LOJ y 07-PP-LOJ con 8.69m, 8.52m y 8.43m respectivamente las que lograron los mayores promedios. Los valores menores se observan en las procedencias 26-PP-MEX, 34-PP-KEN, y 25-PP-SUD con 7.67m, 7.68m y 7.75 respectivamente (ver cuadro)

Cuadro 16. Prueba de Duncan de diámetro de copa de 25 procedencias de *Pinus patula*.

11 años		Med.	N	P
	A	8.69	6	12
B	A	8.52	8	13
B	A C	8.43	17	7
B	A C	8.40	9	16
B	A C	8.37	4	18
B	A C	8.36	12	36
B	A C	8.35	16	41
B	A C	8.22	7	45
B	A C	8.20	20	39
B	A C	8.18	16	42
B	A C	8.17	14	21
B	A C	8.15	17	1
B	A C	8.14	20	10
B	A C	8.13	12	30
B	A C	8.00	9	24
B	A C	8.00	24	8
B	A C	8.00	14	22
B	A C	7.99	21	19
B	A C	7.95	13	28
B	A C	7.86	13	5
B	A C	7.83	16	6
B	A C	7.81	17	32
B	A C	7.75	8	25
B	C	7.68	15	34
B	C	7.67	12	26

Altura de Fuste (h.f).

En el anexo 9 se entregan los análisis de varianza correspondientes a la altura de fuste realizado a los 11 años de edad, detectándose diferencias estadísticas para las fuentes de variación repeticiones y procedencias. Se realizo solo un análisis de varianza ya que la altura de fuste no varió en el curso del periodo de medición; lo cual se ratifica por cuanto en la matriz correspondiente se detecta un solo grupo (ver cuadro).

Cuadro 17. Prueba de Duncan de altura de fuste de 25 procedencias de *Pinus patula* a los 11 años.

10-11 años	Med.	N	P
A	4.04	20	10
A	4.03	16	41
A	3.94	12	26
A	3.91	14	21
A	3.90	20	39
A	3.87	15	34
A	3.85	17	1
A	3.80	5	12
A	3.78	24	8
A	3.77	12	30
A	3.72	17	32
A	3.72	16	42
A	3.71	14	22
A	3.71	21	19
A	3.69	13	28
A	3.69	13	5
A	3.69	17	7
A	3.69	8	13
A	3.66	16	6
A	3.65	12	36
A	3.64	7	45
A	3.63	9	16
A	3.63	8	25
A	3.56	4	18
A	3.53	9	24

Rectitud de fuste (r.f).

En el anexo 10 se presentan los análisis de varianza correspondientes rectitud de fuste, detectándose que existen valores altamente significativos con una probabilidad estadística del 95% para la fuente de variación repeticiones, mientras que para fuente de variación procedencias durante el periodo de investigación obtuvo un valor no significativo estadísticamente a los 11 años de edad.

En la prueba de Duncan se observan los valores medios de rectitud de fuste, determinándose dos grupos, detectándose las procedencias, 25-PP-SUD, 05-PP-COT y 06-PP-LOJ con una calificación de tres (100% de rectitud) respectivamente, esto significa que dichas procedencias presentan el mayor número de individuos rectos. Los valores menores se observan en las procedencias 41-PP-SUD, 34-PP-KEN y 08-PP-LOJ con 2.55, 2.8 y 2.88 respectivamente, lo que equivale que en algunas procedencias son casos aislados, quienes presentan bifurcaciones, y que en su gran mayoría los individuos son torcidos (ver cuadro).

Cuadro 18. Prueba de Duncan de rectitud de fuste de 25 procedencias de *Pinus patula* a los 11 años de edad.

10-11 años		Med.	N	P
A	A	3.00	8	25
A	A	3.00	13	5
A	A	3.00	16	6
A	A	3.00	21	19
A	A	3.00	14	21
A	A	3.00	20	10
A	A	3.00	6	12
A	A	3.00	4	18
A	A	3.00	9	16
A	A	3.00	14	22
A	A	3.00	9	24
A	A	3.00	13	28
A	A	3.00	12	26
A	A	3.00	12	36
A	A	3.00	16	42
A	A	3.00	7	45
B	A	2.94	17	1
B	A	2.94	17	7
B	A	2.94	17	32
B	A	2.92	12	30
B	A	2.90	20	39
B	A	2.88	8	13
B	A	2.88	24	8
B	A	2.80	15	34
B		2.55	16	41

Fenología.

En el anexo 11 se presentan los análisis de varianza correspondientes a la floración y fructificación realizadas entre los 10 y 11 años de edad, detectándose que con una probabilidad estadística del 95% para la fuente de variación repeticiones existen diferencias altamente significativas; por el contrario encontramos valores no significativos estadísticamente para la fuente de variación repeticiones.

Cabe relieves que desde que empezó esta fase de investigación se detectó una constante presencia de flores y/o frutos, además lo expuesto se ratifica por la presencia de regeneración natural, integrado por brinzales que alcanzan hasta 0.35m de altura.

Ataque de plagas y enfermedades.

En el anexo 12 se presentan los análisis de varianza correspondientes al ataque de plagas o enfermedades, detectándose que no existen diferencias estadísticas para las fuentes de variación procedencias y repeticiones.

4.1.2 Ensayo de progenie.

El ensayo de progenie se realizó con 27 procedencias, dos de las mismas no presentaron asociación entre las variables dasométricas diámetro a la altura del pecho (d.a.p) y altura total en el sitio de plantación, por esta razón el análisis de la información se efectuó únicamente con 25 procedencias

Porcentaje de germinación.

La germinación se inició desde los 15 hasta los 22 días; la información recopilada permitió determinar el porcentaje de germinación que numéricamente se entrega en el Cuadro 19:

Cuadro 19. Porcentajes de germinación de las semillas de 25 procedencias de *Pinus patula*.

Procedencia	% de germinación
45-PP-MEX	97.92
42-PP-MAL	97.92
41-PP-SUD	93.75
39-PP-ZIM	89.58
36-PP-SUD	91.67
34-PP-KEN	100.00
32-PP-ZIM	85.42
30-PP-COL	97.92
28-PP-BOL	100.00
26-PP-MEX	95.83
25-PP-SUD	97.92
24-PP-PER	81.25
22-PP-LOJ	93.75
21-PP-LOJ	93.75
19-PP-LOJ	91.67
18-PP-LOJ	100.00
16-PP-LOJ	100.00
13-PP-LOJ	91.67
12-PP-LOJ	97.92
10-PP-LOJ	95.83
08-PP-LOJ	93.75
07-PP-LOJ	66.67
06-PP-LOJ	91.67
05-PP-COT	95.83
01-PP-COT	95.83
Promedio	93.83

El promedio general del ensayo fue del 93.83 %; que oscila entre los límites inferior de 94.11% y el límite superior de 95.13; excepto la procedencia 07-PP-LOJ con un 66.67% de germinación porque se distorsionaría el análisis.

Sobrevivencia.

La sobrevivencia se observó desde los dos hasta los cinco meses, obteniéndose los resultados siguientes:

Cuadro 20. Porcentajes de sobrevivencia de plántulas de 25 procedencias de *Pinus patula*.

Procedencia	% de sobrevivencia
45-PP-MEX	97.92
42-PP-MAL	100.00
41-PP-SUD	97.92
39-PP-ZIM	100.00
36-PP-SUD	100.00
34-PP-KEN	97.92
32-PP-ZIM	92.50
30-PP-COL	95.64
28-PP-BOL	100.00
26-PP-MEX	100.00
25-PP-SUD	100.00
24-PP-PER	100.00
22-PP-LOJ	100.00
21-PP-LOJ	97.92
20-PP-LOJ	100.00
19-PP-LOJ	95.83
18-PP-LOJ	100.00
16-PP-LOJ	97.92
13-PP-LOJ	92.95
12-PP-LOJ	100.00
10-PP-LOJ	100.00
09-PP-LOJ	97.92
08-PP-LOJ	100.00
07-PP-LOJ	100.00
06-PP-LOJ	97.50
05-PP-COT	97.73
01-PP-COT	100.00
Promedio	98.51

Se obtuvo un 98.51 % de sobrevivencia, que oscila entre los límites inferior de 98.24% y el límite superior de 99.70%.

Diámetro basal.

El diámetro basal se lo midió a los cinco meses, por cuanto en las anteriores mediciones se corría el riesgo de dañar las plántulas al causarle un daño físico con el dendómetro.

En el anexo 22 se presenta el análisis de varianza correspondiente al diámetro basal realizado a los 5 meses, detectándose que aun no existen diferencias estadísticas para esta fuente de variación tratamientos.

Altura de la plántula.

En el anexo 21 se presentan los análisis de varianza correspondientes a la altura, realizadas entre los 3 y 5 meses, detectándose que no existen diferencias estadísticas para esta fuente de variación tratamientos.

Mediante la prueba Duncan se observan dos grupos de altura de plántula en las 25 procedencias (ver cuadro).

Cuadro 21. Altura de plántula de 25 procedencias de *Pinus patula*.

5	Meses	Med.	N	P
	A	4.53	4	7
	A	4.40	4	18
B	A	4.32	4	36
B	A	4.23	4	16
B	A	4.15	4	13
B	A	4.13	4	22
B	A	4.12	4	32
B	A	4.07	4	41
B	A	4.06	4	26
B	A	3.97	4	10
B	A	3.95	4	21
B	A	3.94	4	28
B	A	3.91	4	25
B	A	3.90	4	34
B	A	3.88	4	45
B	A	3.88	4	1
B	A	3.83	4	12
B	A	3.73	4	24
B	A	3.72	4	5
B	A	3.67	4	42
B	A	3.65	4	8
B	A	3.64	4	6
B	A	3.64	4	39
B		3.46	4	30
B		3.44	4	19

4.1.3 Análisis de costos.

En el anexo se describen los costos incurridos en el tiempo de investigación, incluidos los costos del ensayo de progenie, ya que este ensayo es necesario para la futura calificación de la fuente semillera. A continuación se resumen los costos efectuados

Cuadro 22. Costos de mantenimiento en Italqui

Concepto	Costo \$
Trabajo de campo	3170,00
Materiales y equipo	179,55
Costos de impresión	320,00
TOTAL	3669.55

CAPÍTULO V

5 DISCUSIÓN.

Las procedencias que no presentaron asociación entre las variables d.a.p y altura total fueron: la procedencia 09-PP-LOJ y 20-PP-ZIM; cabe destacar que la procedencia 09-PP-LOJ no fue eliminada en la investigación anterior, porque sus perspectivas eran mejorar la relación d.a.p - altura total; sin embargo en la presente fase de investigación obtuvo un valor no significativo de correlación

En el ensayo de Italqui se registró promedios de diámetro a la altura del pecho de 28.46 cm y de altura total de 16.93 m. Las procedencias con mayor crecimiento en d.a.p y altura total fueron 12-PP-LOJ, 30-PP-COL y 08-PP-LOJ, se puede aseverar que este crecimiento fue gracias al raleo genético realizado en la fase anterior de investigación, debido a que hoy los individuos no tienen competencia intra específica.

En la fuente semillera de *Pinus patula* en San Agustín de Calló, provincia de Cotopaxi a los 14 años de edad se observó un incremento medio anual para d.a.p de 1.96 cm/año y para altura total de 1.11 m/año (DINICE, 2000). En ensayos realizados en tres sitios en la provincia de Loja a los 8 años el incremento medio anual para d.a.p fue de 0.59 cm/año y para altura total de 1.10 m/año (Aguirre y Estévez, 1993). En ensayos realizados en cuatro sitios en Antioquía, Colombia a los 5 años de edad el incremento medio anual para d.a.p fue de 2.18 cm/año y para altura total de 1.48 m/año (Atehortúa y Restrepo, 1987).

En Italqui y La Serrana a los 2.4 años de edad se obtuvo un incremento medio anual para altura de 0.92 m/año (Aguirre y Estévez, 1993). A los 6.7años en Italqui - Imbabura el incremento medio anual para d.a.p fue de 2.35 cm/año y para altura total de 1.45 m/año, y a los 6.9 años en La Serrana - Pichincha el incremento medio anual para d.a.p fue de 2.17 cm/año y para altura total de 1.56 m/año, detectándose una aceleración en la tasa de

crecimiento, que probablemente se debe al efecto de las operaciones silviculturales realizadas en el período que monitorearon Mullo y Sandoval, (2005). En Italqui - Imbabura el incremento medio anual a los 9.3 años de edad para d.a.p fue de 2.40 cm/año y para altura total de 1.52 m/año, y en La Serrana - Pichincha el incremento medio anual a los 9.8 años de edad para d.a.p fue de 2.16 cm/año y para altura total de 1.59 m/año. (Vizcaíno, 2008)

En Italqui se presentó un incremento medio anual en diámetro a la altura de pecho de 2.59 cm, y en altura de 1.54; cabe destacar que el crecimiento se incrementó con relación a la investigación anterior, esto se debe a que ya no existe competencia entre los individuos.

El porcentaje de germinación con semillas obtenidas a los 10.6 años de edad presentó una germinación promedio del 93.83%, valor muy superior a los obtenidos en investigaciones anteriores, ya que los árboles han llegado a su madurez reproductiva. De igual manera se observó una sobrevivencia promedio del 98.51% hasta los 5 meses de edad de las plántulas, lo cual ratifica que el ensayo de Italqui cumple con los requerimientos para convertirse en una fuente semillera. Mullo y Sandoval a los 7 años en Italqui - Imbabura obtuvieron semilla fértil con un 33% de viabilidad. Vizcaíno a los 9.3 años registró una germinación promedio de 61.69%.

Los costos del ensayo fueron de 3669.55 dólares, incluido el ensayo de progenie, es decir 2048.35 dólares/Ha. Cabe relevar que este valor se desagrega en mayor porcentaje por costos del investigador efectuando tareas de medición, vigilancia, registro y tabulación de datos.

CAPÍTULO VI

6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

6.1 CONCLUSIONES.

- De la evaluación del comportamiento de procedencias de *Pinus patula* se determinó que las procedencias 09-PP-LOJ, 20-PP-LOJ deben eliminarse dadas sus deficientes características dasométricas; tal como la correlación entre diámetro y altura total; ya que la denominación de fuente semillera a futuro es muy rigurosa en su calificación.
- En Italqui las procedencias con los mejores crecimientos en DAP y altura total son: 12-PP-LOJ, 30-PP-COL y 08-PP-LOJ, observándose que el raleo genético contribuyó a incrementar el desarrollo de los individuos de las procedencias remanentes.
- En el ensayo de progenie la variable germinación registró un valor promedio del 93.83%, y una sobrevivencia del 98.51% hasta los 5 meses de edad; valores que ratifican a las procedencias de *Pinus patula* remanentes como candidatas que ofrecen semillas con una madurez fisiológica garantizada.
- Los costos de la investigación fueron del orden de 3670 usd. correspondiendo el 80% a honorarios del investigador y el 20% restante se desagrega en materiales y equipos de campo; esta distribución de gastos se debe a que la investigación implica, un minucioso cuidado y decisiones acertadas del investigador, puesto que este ensayo a futuro será calificada como la primera fuente semillera de calidad reconocida en el País.

6.2 RECOMENDACIONES.

- Continuar la evaluación de las 25 procedencias seleccionadas bajo el rigor investigativo; para luego determinarse como “fuente semillera”.
- Como acción inmediata se debe fomentar plantaciones de *Pinus patula* usando las procedencias 12-PP-LOJ, 30-PP-COL y 08-PP-LOJ para áreas comprendidas en la zona de vida de bmh-M.
- Continuar con los ensayos de progenie evaluando no solo la germinación de las semillas sino también el tiempo de aparecimiento; para luego analizar las variables sobrevivencia y calidad de las plántulas.
- Del ensayo de progenie se desprende que la procedencia 07-PP-LOJ, por su baja germinación (66.7%) se la debería prestar atención especial en el desarrollo de una próxima investigación; que en caso de no incrementar su porcentaje sería eliminada; ya que, una fuente semillera deberá contar con individuos sanos, vigorosos cuyas semillas presenten una germinación sobre el 80%.

CAPÍTULO VII

BIBLIOGRAFÍA.

1. AGUIRRE, 1993. Diagnóstico de la investigación en el Ecuador, Quito, Ecuador. 153 Pág.
2. AGUILERA, 2001. Archivo Personal de *Pinus patula* Schl. et Cham. 5 Pág.
<http://www.geocities.com/earlecej/cu/cup/>
3. CAÑADAS, 1983. Mapa bioclimático y ecológico del Ecuador. Quito - Ecuador. 36-37, 155-174 Pág.
4. CARDENAS, 1988. Breve reseña de las especies recomendadas en la Zonificación de la región interandina. Quito-Ecuador, Centro forestal, Luciano Andrade Marín. 33p.
5. CORREA, CORNELIUS, MESEN, 1993. Mejoramiento genético y semillas forestales. CATIE. Turrialba – Costa Rica. 45 Pág.
6. DEPARTAMENTO DE MONTES, FAO, 1995, Metodología para el establecimiento de ensayos de procedencia. 12 pp.
7. GALLOWAY, 1987. Criterios y estrategias para el manejo de plantaciones forestales en la sierra ecuatoriana. Ministerio de Agricultura y Ganadería, Dirección Nacional Forestal, Agencia para el Desarrollo Internacional (USAID), Proyecto DINAFAID. Quito – Ecuador. 39pag.
8. GROOS, 1987. Abonos, guía práctica de fertilización cuarta edición. Madrid. 445p.

9. INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES FORESTALES Y AGROPECUARIAS, INIAP 1995, Ensayos de procedencias de *Pinus patula*. 120 p.
10. JARA, 1995. Identificación y selección de fuentes semilleras. *In*: Identificación, selección y manejo de fuentes semilleras. Conif. Bogotá, Serie Técnica N° 32. 156 Pág.
11. JARA, 1998. Selección y manejo de fuentes semilleras de América central y República Dominicana, CATIE. Proyecto de semillas Forestales, Turrialba, Costa Rica, Serie Técnica, Reuniones Técnicas N° 3. 85 Pág.
12. JUMBO 1998. INEFAN/FASE. 1998. Proyecto mejoramiento genético forestal de la región interandina del Ecuador fase II. Informe de avance periodo abril 1998-septiembre 1998, Quito-Ecuador. 6 Pág.
13. KAGEYAMA Y SUZA DÍAS. 1985. Aplicación de conceptos genéticos a especies forestales nativas de Brasil. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Roma. Recursos Genéticos forestales N° 13:1-10, 89 Pág.
14. LAMPRECHT, 1998. Silvicultura de los Trópicos. Edición en Alemania 1990 Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit, Edición en español. GTZ. República Federal de Alemania. 267 Pág.
15. MULLO y SANDOVAL. 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.

16. PROSEFOR. 1995. Mejoramiento Forestal y conservación de recursos genéticos forestales. Turrialba, Costa Rica. 174 Pág.
17. PROFAFOR 2000. Análisis de 14 procedencias de *Pinus patula* plantadas en Cotopaxi, Ecuador. 8 pág.
18. RENTERÍA, JIMÉNEZ, Y LANDA, 1999. Efecto de seis sustratos sobre la germinación de *Pinus patula* Schl. et Cham., *Pinus montezumae* Lamb. y *Pinus pseudostrabus* Lindl. en condiciones de vivero. Foresta Veracruzana, año/vol 1, número 002. Universidad Veracruzana. Xalapa, México. 34 Pág.
19. SALAZAR Y BOSHIER. 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. 297 Pág.
20. VÁSQUEZ, 2001. Silvicultura de plantaciones forestales en Colombia. Universidad de Tolima, Facultad de Ingeniería Forestal Ibagué – Tolima, Colombia. 297 Pág.
http://www.ut.edu.co/fif/0941/libros/LIBRO_ARMANDO_VASQUEZ/CAP3.DOC
21. VIZCAÍNO, 2008. Tesis de grado: “Evaluación del comportamiento de procedencias de *Pinus patula* en dos sitios en las Provincia de Imbabura y Pichincha” 94-96 Pág.
22. ZEASEN Y JADAN. 1987. Zonificación de especies forestales en la Región Interandina, documento preliminar, DINAFAID, Quito- Ecuador, MAG. 92 Pág.

ANEXOS