



FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES
CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROFORESTAL

**“EVALUACIÓN FENOTÍPICA EN PLANTACIONES DE CUATRO ESPECIES DEL
GENERO *EUCALYPTUS* PARA LA IDENTIFICACIÓN DE ÁRBOLES PLUS, EN
LLAULLIPATA - CUSCO”**

Tesis para optar al Título Profesional de:
INGENIERO AGROFORESTAL

Presentado por:
IVAN ALEXIS FARROÑAN ESPINOZA
Asesor:
JOSE ELOY CUELLAR BAUTISTA

Lima – Perú
2019

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Lima, 22 de febrero de 2019.

Los integrantes del Jurado de Tesis:

Presidente: Dra. María de los Angeles La Torre Cuadros
Miembro: Mg. Julio Victor Ocaña Vidal
Miembro: Ing. Luis Paul Quirós Rossi

Se reúnen para evaluar la tesis titulada:
“EVALUACIÓN FENOTÍPICA EN PLANTACIONES DE CUATRO ESPECIES DEL GÉNERO *Eucalyptus* PARA LA IDENTIFICACIÓN DE ÁRBOLES PLUS, EN LLAULLIPATA - CUSCO.”

Presentada por el bachiller:

- **IVAN ALEXIS FARROÑAN ESPINOZA**

Para optar al Título Profesional de **Ingeniero Agroforestal**

Asesorada por:

- **Dr. JOSE ELOY CUELLAR BAUTISTA**

Luego de haber evaluado el informe final de tesis y evaluado el desempeño del tesista en la sustentación, concluyen de manera unánime (X) por mayoría simple () calificar a:

IVAN ALEXIS FARROÑAN ESPINOZA			Nota (escrito): 17
Aprobado ()	Aprobado - Muy buena (X)	Aprobado - Sobresaliente ()	Desaprobado ()

Los miembros del jurado firman en señal de conformidad.


Presidente del Jurado
 Dra. María de los Angeles
 La Torre Cuadros


Miembro del Jurado
 Mg. Julio Victor Ocaña Vidal


Miembro del Jurado
 Ing. Luis Paul Quirós Rossi


Asesor
 Dr. José Eloy Cuellar
 Bautista

Dedicatoria

Dedico este proyecto de tesis a mi familia; a quien le debo todo lo que tengo en esta vida, apoyando incondicionalmente en las derrotas y celebrando los triunfos.

A Dios, por brindar su sincera bondad al haber permitido llegar a culminar el trabajo, brindando salud para llegar al objetivo del trabajo.

Finalmente, a los profesores, aquellos que marcaron la etapa del camino universitario despejando dudas y brindando asesorías para un mejor entendimiento de las cosas.

Agradecimientos

Agradezco al Instituto Nacional de Innovación Agrario (INIA) que me brindó la oportunidad de realizar este proyecto de investigación e iniciar una carrera de investigación generando el inicio de un programa de mejoramiento genético forestal evaluando el género *Eucalyptus* en la zona alto andina en Perú.

El asesoramiento y paciencia por parte del Dr. Eloy Cuellar y Blgo. Wilbert Cruz por el constante apoyo y motivación brindado.

Al Ing. Sergio Cardoso y Tecn. Samuel Escalante, quienes nos recibieron muy amablemente en INIA Cusco - Sede EEA Andenes. A la vez al Ing. Carlos Ruiz, al Sr. Cristóbal quienes nos confiaron en ingresar al predio experimental para poder desarrollar la investigación.

A mi familia y amigos por la comprensión y colaboración de poder realizar este trabajo de investigación.

Finalmente a dos grandes personajes Katherine Sandoval y Estefani Sosa quienes conformamos la brigada forestal al realizar la toma de datos en Llaullipata, compartiendo grandes anécdotas, experiencias y que más que compañeros, fuimos verdaderamente amigos.

Índice General

Dedicatoria	2
Agradecimientos	3
I. INTRODUCCIÓN	10
1.1 Justificación.....	11
II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	13
III. MARCO TEÓRICO	16
3.1 Los recursos genéticos forestales en el mundo.....	16
3.2 Mejoramiento genético forestal	16
3.3 Árbol plus o superior (semilleros).....	16
3.4 Factores que permite el desarrollo de un programa de mejoramiento forestal a través de árboles plus 17	17
3.5 Métodos de evaluación fenotípica.....	18
3.6 Criterios para la selección correcta de árboles plus.....	19
3.7 Criterio para la toma de datos e índice de sitio.....	20
IV. OBJETIVOS E HIPÓTESIS.....	21
4.1 Objetivo general	21
4.2 Objetivos específicos	21
4.3 Hipótesis de investigación	21
V. METODOLOGÍA	22
5.1 Materiales	22
5.1.1 Materiales de medición	22
5.1.2 Materiales para uso personal	22
5.1.3 Materiales anexos	22
5.2 Ubicación.....	22
5.3 Especies en estudio.....	23
5.4 Diseño y tipo de investigación.....	26

5.5	Técnica e instrumento de evaluación	26
5.6	Población y muestra	26
5.7	Censo forestal.....	28
5.8	Diseño experimental o diseño operacional.....	29
5.9	Desarrollo del proceso metodológico.....	29
5.9.1	Delimitación del área de estudio.....	29
5.9.2	Identificación de bloques y tratamientos	29
5.9.3	Marcación de árboles	30
5.10	Toma de datos de campo.....	30
5.11	Método de árboles de comparación.....	31
5.12	Análisis estadísticos.....	36
5.12.1	Análisis multivariado	36
5.12.2	Análisis de componentes principales.....	36
5.12.3	Análisis de agrupamiento o conglomerado	37
VI.	RESULTADOS	39
6.1	Características dasométricas.....	39
6.2	Características generales	39
6.3	Identificación de los árboles plus en la zona 1 – Terreno en plano.....	40
6.4	Identificación y selección de los árboles plus en la zona 2 – terreno en ladera	47
VII.	DISCUSIÓN	55
VIII.	CONCLUSIONES	57
IX.	RECOMENDACIONES	58
X.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	59
XI.	ABREVIATURAS	65
XII.	ANEXOS.....	1

Índice de Figuras

Figura 1 Ubicación de las parcelas de estudio en el fundo de Llaullipata en Cuzco.
Fuente: elaboración propia..... 23

Figura 2 Zona 1 de distribución de los bloques, el tratamiento y el espaciamiento de la especie *E. nitens*. Fuente: elaboración propia..... 27

Figura 3 Zona 2 de distribución de los bloques y los tratamientos en ladera. Fuente: elaboración propia..... 28

Figura 4 Representación de números por cada ejemplo para la rectitud de fuste.
Fuente: (Ipinza 1998). 33

Figura 5 Categorías de diámetro de ramas. Fuente: (Ipinza 1998). 34

Figura 6 Categorías de ángulo de inserción de ramas con su respectivo puntaje.
Fuente: (Ipinza, 1998). 35

Figura 7: Gráfico de barras entre altura total y los cuatro bloques..... 42

Figura 8: Gráfico de barras entre altura total y los distintos tratamientos de distanciamiento (A: 1.5x1.5; B: 2.5x2.5; C: 3x3 y D: 4x4). 43

Figura 9: Grafico de barras entre diámetros y los cuatro bloques (I, II, III y IV) 45

Figura 10: Grafico de barras entre el diámetro a la altura del pecho y los distintos tratamientos de distanciamiento (A: 1.5x1.5; B: 2.5x2.5; C: 3x3 y D: 4x4) 46

Figura 11: Análisis de componentes principales en los tratamientos B y C 47

Figura 12: Indicador de individuos con mayor puntaje en *E. globulus* 49

Figura 13: Agrupación de individuos con características similares en la especie *E. globulus*..... 50

Figura 14: Individuos con mayor puntaje en los 3 estratos *E. maidenii*..... 51

Figura 15: Indicador de individuos con mayor puntaje en los 2 estratos *E. maidenii*51

Figura 16: Indicador de individuos con mayor puntaje en los 3 estratos *E. nitens* ... 52

Figura 17: Indicador de individuos con mayor puntaje en los 3 estratos *E. nitens* ... 53

Figura 18: Indicador de individuos con mayor puntaje en los 3 estratos *E. viminalis*54

Figura 19: Indicador de individuos con mayor puntaje en los 3 estratos *E. viminalis*54

Índice de Tablas

Tabla 1: Puntajes originales y modificados	38
Tabla 2: Descripción de los individuos de la zona 1 (terreno plano)	39
Tabla 3: Cuadro de análisis de la varianza en la zona 1 con respecto a la altura total (HT)	41
Tabla 4: Cuadro de Análisis de Tukey en los bloques de la zona 1 con respecto a la altura total (HT).	41
Tabla 5: Tabla de Análisis de Tukey relacionados con los tratamientos y altura total (HT).....	43
Tabla 6: Cuadro de análisis de la varianza en la zona 1 con respecto al diámetro de la altura del hombro.....	44
Tabla 7: Cuadro de análisis de Tukey en los bloques con el diámetro a la altura del pecho (DAP).....	44
Tabla 8: Cuadro de análisis de Tukey en los tratamientos con el diámetro a la altura del pecho (DAP).....	45
Tabla 9: Intervalos de puntajes máximos y mínimos en los individuos pertenecientes a cada estrato	48
Tabla 10: Individuos analizados en la especie <i>E. globulus</i>	49
Tabla 11: Individuos analizados en la especie <i>E. maidenii</i>	50
Tabla 12: Individuos analizados para la especie <i>E. nitens</i>	52
Tabla 13: Individuos analizados para la especie <i>E. viminalis</i>	53

Índice de Anexos

Anexo 1: Matriz del trabajo.....	1
Anexo 2: Formato para evaluación de plantación forestal.....	2
Anexo 3: Rasgos morfológicos utilizados en la selección de árboles semilleros	1
Anexo 4: Ubicación del campo experimental y parcelas	3

Resumen

Alrededor del mundo el género *Eucalyptus* es uno de los recursos forestales más usados industrialmente. En el Perú el eucalipto es una especie introducida mayormente en la región alto andina, que es la región productiva más antigua en el Perú, donde el potencial forestal es alta. La investigación tiene como objetivo caracterizar cuantitativa y cualitativamente la población de la especie *Eucalyptus* para seleccionar árboles candidatos a plus y obtener los mejores individuos en una plantación de 35 años. Se evaluaron dos zonas (terreno plano y en ladera) en el terreno plano se registraron 222 árboles de la especie *E. nitens*, y en la zona de terreno en ladera se evaluaron 234 árboles de las especies de *E. maidenni*, *E. viminalis*, *E. nitens*, y *E. globulus*. Evaluándose la altura total, diámetro a la altura del pecho, rectitud de fuste, grosor de rama y grado de ramificación para obtener resultados estadísticos con un análisis multivariante y obtener los individuos candidatos a plus. Se encontraron 7 individuos de *E. maidenni*, 13 individuos de *E. nitens*, 10 individuos de *E. viminalis* y 13 individuos de *E. globulus* en cada especie del género *Eucalyptus* en el terreno de ladera y solo 5 individuos de *E. nitens* en terreno plano como individuos con mejor carácter fenotípico. Además, se identificó el mejor distanciamiento para la plantación en Llaullipata de la especie *E. nitens* va desde un espaciamiento de 2.5 x 2.5 metros a 3 x 3 metros. Se concluye haber identificado la presencia de árboles candidatos a plus como primer inicio de un programa de mejoramiento forestal en una especie eucalipto en el fundo Llaullipata.

Abstract

Around the world the genus *Eucalyptus* is one of the most industrially used forest resources. In Peru, eucalyptus is a species introduced mainly in the high Andean region, which is the oldest productive region in Peru, where forest potential is high. The objective of the research is to quantitatively and qualitatively characterize the population of the *Eucalyptus* species to select trees that are candidates for plus and obtain the best individuals in a plantation of 35 years. Two zones (flat terrain and slope) were evaluated in the flat terrain, 222 trees of the species *E. nitens* were registered, and in the area of terrain on hillside, 234 tree trees of the species of *E. maidenni*, *E. viminalis* were evaluated. , *E. nitens*, and *E. globulus*. Evaluating the total height, diameter at breast height, stem straightness, branch thickness and degree of branching to obtain statistical results with a multivariate analysis and obtain the candidates candidates for plus. We found 7 individuals of *E. maidenni*, 13 individuals of *E. nitens*, 10 individuals of *E. viminalis* and 13 individuals of *E. globulus* in each species of the genus *Eucalyptus* in the terrain of hillside and only 5 individuals of *E. nitens* in the field flat as individuals with better phenotypic character. In addition, the best distancing was identified for the plantation in Llaullipata of the species *E. nitens* ranging from a spacing of 2.5 x 2.5 meters to 3 x 3 meters. We conclude that we have identified the presence of trees that are candidates for plus as the first start of a forest improvement program in an eucalyptus species in the Llaullipata estate.

I. Introducción

El hombre fue domesticando las plantas para beneficio propio, propagándolas en las mejores condiciones y en lugares determinados para poder obtener semillas o plantas mejoradas (Scabuzzo, 2016).

De esta manera en el ámbito forestal se puede realizar el desarrollo de la conservación y uso racional de los recursos genéticos forestales (RGF), debe existir un equilibrio entre el aprovechamiento y la conservación de tal modo; que se puedan garantizarla disponibilidad del recurso de manera óptima (Quédraogo, 1997).

Por otro lado, la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) ha recomendado investigar ampliamente las especies forestales que tengan algún tipo de interés ecológico y económico, en particular los RGF es decir, son el material hereditario ubicado dentro de las especies. Los RGF son indispensables para los procesos de adaptación y evolución de los arboles (FAO, 2014).

Se inicia la investigación de los RGF con la identificación de especies forestales a través de la selección de árboles plus, que actualmente viene generado mayor interés para poder “usarlos como progenitores en las poblaciones de mejoramiento y de producción; [ya que], un árbol plus, es un árbol fenotípicamente sobresaliente en una o varias características de interés” (Ipinza, 1998).

La región alto andina se encuentra fragmentada producto de las comunidades campesinas y presentan pisos altitudinales debido a la formación y desarrollo de la estructura del suelo. Es necesario resaltar que existe una gran diversidad en esa zona, para desarrollar actividades agrícolas, forestales, sociales y económicas (Eresue, Gastellu, Malpartida & Poupon, 1990).

El género *Eucalyptus* corresponde a árboles y algunos arbustos de la familia de las Mirtáceas de origen Australiano. Esta es una especie que se desarrolla en distintos climas; siendo aprovechable económicamente, como por ejemplo el desarrollo de pulpa, medicinal y maderable (Zubieta, 2015) y (Fernández, 2008).

En los últimos 15 años, el Perú ha desarrollado programas relacionado a plantaciones de eucaliptos. Con la finalidad de producir madera industrial, además para las numerosas minas del Perú, para fines de construcción rural, leña, postes (Paredes y Peñafiel, 2014).

Las características de los árboles, como la forma y rectitud del fuste, ángulo de ramificación, dirección de la fibra, bifurcación, entre otras son de alta heredabilidad. Por esa razón conviene tener varias fuentes de las mismas especies para poder seleccionar los mejores (Herrera, 2016).

Teniendo este tipo de conocimiento, se generó esta investigación como base para desarrollar un programa de mejoramiento genético en colaboración con el Instituto de Innovación Agraria (INIA). El tipo de investigación para esta tesis es descriptiva con un análisis multivariado.

Realizándose; así, un inventario forestal de tipo censo donde se ubicaron los caracteres fenotípicos en las cuatro especies evaluadas del mismo género (*E. nitens*, *E. viminalis*, *E. maidenii* y *E. globulus*). La selección de árboles plus dependerá de la puntuación más alta generada a partir de las siguientes variables: rectitud del fuste, ángulo de ramificación, grosor de ramas, altura total y medida a la altura del pecho (DAP). Por otro lado no se tomara en cuenta el árbol que presente un estado fitosanitario malo.

1.1 Justificación

La plantación de la especie forestal *Eucalyptus* ubicada en el fundo Llaullipata Cusco y evaluada por el Instituto de Innovación Agraria (INIA) es uno de las primeras plantaciones con fines de introducción y adaptación de especie al entorno climático de Cusco. Es una de las fuentes de germoplasma de hace más de 30 años que ha demostrado los mejores individuos buena reacción al medio ambiente, resistencia a plagas y con resultados favorables en cuanto al desarrollo de altura total y diámetro de la especie.

El objetivo de un plan o programa de mejoramiento es obtener ganancias genéticas rápidamente, al menor costo posible y conservando una amplia base genética para establecer plantaciones que cuenten con individuos con caracteres sobresalientes que permitan el aprovechamiento de los árboles superiores o plus (Barros, Gutiérrez y Ipinza, 2015).

La diversidad genética proporciona la base fundamental para la evaluación de las especies arbóreas. Esta característica ha permitido que los árboles se adapten a condiciones cambiantes y adversas (actualmente con el cambio climático) (Barros et al., 2015). Los estudios de los recursos genéticos de los árboles forestales se han concentrado en domesticar aquellos considerados de mayor utilidad para la producción de madera, fibra y combustible a partir de sistemas de plantaciones y agroforestería (Meza, 2014).

Además, este estudio podría brindar a la comunidad una solución alterna en el tema de reforestación en las zonas con menor cobertura forestal en las montañas alto andinas. Por otro lado, generará un incremento económico hacia los pobladores; ya que, teniendo arboles con mejores características, se podría realizar de manera sostenible el aprovechamiento de esta especie (Fernández, 2008).

En las circunstancias actuales del Perú con el impacto del cambio climático, es necesario honrar el compromiso de restaurar 3.2 millones de hectáreas degradadas para detener la deforestación e implementar una agricultura mixta, desarrollando la silvicultura y la Forestería, de acuerdo a lo manifestado por el Ministro de Agricultura y Riego (Gestión 2018). Se sabe que a mayor altura este alguna especie forestal, mayor exposición de las condiciones climáticas tendrá como por ejemplo incidencia de heladas, erosión, sequias, incendios, exposición solar, entre otros.

Por lo que es importante considerar datos de las mejores cuatro especies del genero *Eucalyptus* (*E. nitens*, *E. viminalis*, *E. maidenii* y *E. globulus*).

Finalmente con la realización de este trabajo de investigación en Llaullipata - Cusco, se pretende rescatar material genético que aún queda en la plantación, dejando las bases necesarias para un posterior inicio a un programa de mejoramiento genético con los individuos que presentas mejores características fenotípicas.

II. Planteamiento del problema

Es preciso levantar información cualitativa respecto a las características superiores del género *Eucalyptus* dado que en la actualidad existe un limitado número de individuos para el desarrollo de un programa de mejoramiento, teniendo presente las principales causas:

- Escaso programa de mejoramiento de los recursos genéticos forestales (RGF).
- Aumento de la demanda de recursos de manera global.
- Escaso desarrollo de alguna industria forestal en la región alto andina.
- Escasa calidad de semilla en el género *Eucalyptus*.

Las especies forestales mejoran y protegen el paisaje, los ecosistemas y los sistemas de producción. A la vez, brindan bienes y servicios que son esenciales para la supervivencia y el bienestar del hombre. Las especies están constituidas por genes y características que perduran y mantienen a las futuras generaciones. Los recursos genéticos forestales (RGF) se definen como el material hereditario encontrado dentro de las especies que tienen un gran valor social, científico, ambiental o económico. Asimismo, son esenciales para los procesos de adaptación y evolución de los bosques y los árboles; por esa razón, la mayoría de los países que desarrollan programas de plantaciones forestales han iniciado acciones de mejoramiento genético, no solo a nivel de procedencias sino también a nivel de familia e individuo (Roulund y Olesen, 1992), con la finalidad de preservar, promover y mejorar la calidad genética de las especies forestales (Meza, 2014).

Se espera que la población mundial aumente en más de un tercio, o 2 300 millones de personas, entre 2009 y 2050 (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación [FAO], 2009). Además del crecimiento poblacional, se estima que, en los próximos 20 años, también aumentará la demanda de energía y productos derivados de la madera en un 40 %. Adicionalmente, se incrementará la demanda de diversos bienes relacionados con el ámbito forestal (alimentos, medicamentos, forraje y otros productos). La sobreexplotación, cosecha selectiva y alta mortalidad de los árboles debido a condiciones climáticas extremas y la inadecuada intervención del hombre, pueden ocasionar la pérdida de la vegetación local (Mallen, 2014). Por otra parte, los árboles constituyen una actividad económica de rentabilidad alta, especialmente en el Perú; además, (según la FAO) el área susceptible de aprovechamiento con fines productivos es de 28.3 millones de hectáreas (Fernández, 2008).

La región alto andina, es la región productiva más antigua en el Perú, el potencial forestal para la reforestación, es una excelente alternativa para el desarrollo regional; pues, se incrementaría la demanda de madera por parte de los pobladores y de la misma manera se incrementaría el desarrollo industrial (Silva, 2012). La obtención de plantaciones forestales sostenibles; que a la vez sean rentables, implica una selección de especies y procedencias que hayan desarrollado la mayor expresión en sus características como individuo.

Por ejemplo, en la matriz del trabajo (anexo 1) las variables para tomar los datos respectivos son altura total (HT), diámetro a la altura del pecho (DAP), rectitud de fuste (RF), ángulo de rama (AR), estas, deben ser sobresalientes al resto de la población para la selección (Ipinza, 1998).

La selección de árboles plus determina en gran medida la magnitud de la ganancia genética que se obtendrá tanto en la primera como en las siguientes generaciones. La identificación y selección del árbol de alto rendimiento, es el inicio y la base fundamental de un programa de mejoramiento genético forestal (Vallejos, Badilla, Picado y Murillo, 2010).

Existe una deficiencia en el ámbito económico sobre el eucalipto, por ejemplo, el Perú, tiene una explotación sobre girada de especies próximas en extinción, así lo menciona el Ministerio de Agricultura y Riego (MINAGRI) y lo poco que se planta son pinos y eucaliptos. Así mismo, el Ministerio de Comercio Exterior y Turismo (MINCETUR), menciona que Perú exportó madera por casi \$150 millones en el 2017, casi todo salió de los bosques y pocas de plantaciones forestales. Es poco comparado al de Chile, que exportó \$7000 millones, solo plantaciones de pino y eucalipto; su madera es 10 veces más barata que nuestro cedro y caoba (Ministerio de Comercio Exterior y Turismo del Perú [MINCETUR], 2018). Perú puede convertirse fácilmente en una potencia mundial en madera si decide reforestar con árboles seleccionados de gran valor.

Por otro lado, no existen semillas de calidad para el género eucalipto, toda producción de calidad debe ser iniciada con una semilla de calidad, en la zona alto andina del Perú hasta el año 1998, se produjeron semillas del género *Eucalyptus* de la especie *E. globulus* con una cantidad de 474.4k (Cuellar, Ugarte y Vilcapoma, 2016). Algunos eucalyptos y pinos son las especies que más se ofertan, en relación a los comercializadores de semillas. Por otro lado, se presenta un mercado viable en los departamentos de Cajamarca y Cuzco.

Por consiguiente, la falta de mejoramiento genético en el género Eucalipto y en sus distintas especies localizadas en Cuzco y en otras localidades de Perú no ha generado la obtención de individuos de calidad superior. Por ejemplo, entre los años 1860 y 1870 el eucalipto se introdujo en la región alto andina del país (Suárez, 2001), dando resultados favorables y siendo el punto de partida de plantaciones de esta especie forestal, en primera instancia de productos de interés y espontaneidad de agricultores, quienes usaban estos árboles como cortinas rompe vientos y delimitadores de parcelas. Con el pasar de los tiempos recién en 1960, se realizaron los primeros intentos por parte del estado para tener plantaciones, quien promovió la forestación brindando asistencia técnica y crédito principalmente hacia las comunidades campesinas. El propósito de estas plantaciones era de producir madera industrial, madera para construcción en minas del Perú, para fines de construcción rural, leña y postes (Paredes, 2014).

Más adelante, en el año 2018 el Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre (SERFOR) realizó por primera vez, un inventario de plantaciones forestales en algunas localidades de la región Cusco con el objetivo de conocer el potencial maderable, el manejo y capacidad productiva; ya que, se desconocían datos de las plantaciones que se introdujeron hace más de 50 años.

Una manera interesante para el país es de tener plantaciones con individuos seleccionados con ciertas características fenotípicas, que puedan desarrollarse en su máxima expresión en los distintos nichos ecológicos y climas presentes en cada piso altitudinal que existe en la región alto andina del Perú. Teniendo en cuenta el uso final al que será destinado el producto. (Vallejos et al., 2010) señalan que la selección se realiza exclusivamente en plantaciones, con base en la expresión fenotípica de caracteres de interés.

Existe una limitada acción de mejoramiento genético forestal a partir de plantaciones exóticas (como el género *Eucalyptus*) que pueda adaptarse a condiciones de la región alto andina en el Perú. La investigación se basa en ubicar a los árboles plus o árboles candidatos a plus, sobresalientes en una o varias características de interés económico. Todos los métodos de selección de un programa de mejoramiento genético se basa en el mismo principio general: seleccionar los individuos más convenientes para usarlos como progenitores en los programas de cruzamiento y producción (Instituto Forestal de Chile [INFOR], 1997). A la vez, el trabajo se llevara a cabo en el fundo privado de Llaullipata en el distrito de Cusco, departamento de Cuzco – Perú. Se llevara a cabo mediante la realización de un inventario forestal; ya que, nos da a conocer la situación, estado sanitario, cantidad de individuos, los volúmenes y la ubicación del campo a estudiar.

III. Marco teórico

3.1 Los recursos genéticos forestales en el mundo

Al realizar alguna mejora en la descendencia de los árboles, se genera un mejor desarrollo y a la vez producción tanto en hojas, frutos, semillas, madera de manera significativa, ofreciendo a la vez mayor resistencia frente al cambio climático. En las últimas décadas, los organismos estatales y el sector privado sometieron una mayor variedad de especies arbóreas a programas de mejoramiento genético formal y a domesticación para producir madera de construcción, pulpa, leña y productos forestales no maderables, y para brindar servicios ambientales. Un ejemplo de ello es que algunos programas se han desarrollado de manera intensiva en algunos países relacionado a la selección y mejoramiento genético, donde se encuentran evaluándose algunas especies como el eucalipto (*Eucalyptus* spp.), pino (*Pinus* spp.), álamo (*Populus* spp.) y teca (*Tectona grandis*). El mejoramiento de híbridos se emplea en muchos países para producir árboles con capacidades productivas superiores (por heterosis), también para incorporar genes que permiten crear resistencia a enfermedades (Mallen, 2014).

3.2 Mejoramiento genético forestal

El bajo abastecimiento de semillas con especies saludables, se considera uno de los cuellos de botella más importantes para el desarrollo de los programas de plantaciones forestales. En los últimos años, se ha reflejado el crecimiento de número de “Proyectos de Centros de Semillas” ya establecidos o que están en preparación (Granhof, 1991).

Cualquier árbol que abastezca de semillas puede ser considerado como semillero, sin embargo; éste debe cumplir ciertas características como: el desarrollo de individuos altos, presencia de tronco lo más recto posible, debe estar libre de bifurcación y presentar un estado fitosanitario bueno; de esta manera la alta heredabilidad se expresa desarrollándose en los caracteres antes mencionados (Vallejos *et al*, 2010).

El desarrollo de proyectos hasta la actualidad ha generado una mayor expansión de la superficie forestal para el incremento de la productividad y el mejoramiento de la oferta de madera en cantidad y calidad. De esta manera, se genera el desarrollo de un mejoramiento genético forestal (Harrand, Oberschelp, Inta y Ríos, 2006).

3.3 Árbol plus o superior (semilleros)

El árbol plus, es un árbol sobresaliente respecto a su fenotipo, pudiendo considerar una o varias características de interés económico. Que permite usarlos como progenitores en las poblaciones de mejoramiento y de producción. La selección de un árbol plus, se puede realizar tanto en plantaciones formadas por el hombre y en bosques naturales (Ipinza, Gutiérrez y Emhart, 1998).

Jara, (1998) afirma que cuando la selección se realiza en plantaciones con una sola especie (homogénea), es posible lograr ganancias en adaptabilidad en el carácter de forma del fuste y en menor proporción las características de crecimiento, donde la variación fenotípica refleja más que la variación genotípica. También es posible lograr ganancia hereditaria en tolerancia a insectos y enfermedades.

3.4 Factores que permite el desarrollo de un programa de mejoramiento forestal a través de árboles plus

De acuerdo a Ipinza (1998), “los factores que controlan el éxito del mejoramiento genético son cantidad de variación presente en las especies, carácter a mejorar, intensidad de selección, método de selección, heredabilidad del carácter, bajo selección y método de propagación”.

La selección de los árboles plus debe realizarse teniendo en cuenta la descripción anterior (Ipinza, 1998), bajo los siguientes pasos:

- Definir el método de selección, el carácter o rasgo que se considerará y los requisitos mínimos de los árboles candidatos.
- Elegir el área de poblaciones donde se efectuará la selección. Se recomienda que sean de las mejores procedencias, conocidas y que se encuentren plantadas en el área donde se utilizará el material mejorado, para evitar reducciones en la ganancia genética por efecto de la interacción genotipo - ambiente.
- Georeferenciar las áreas elegidas y seleccionar los árboles candidatos. Este trabajo lo realizan cuadrillas o brigadas de campo con entrenamiento previo. La selección en plantaciones o en rodales naturales coetáneos (misma edad), los árboles candidatos no deben ser elegidos ubicados al borde de la parcela de plantación. Caso contrario, si un árbol de borde es bueno podría compararse con los árboles de borde vecinos.
- Observar los árboles candidatos y eliminar los que no cumplan con los requisitos preestablecidos. Para llegar a ubicar los árboles se aplicara el formulario de evaluación de campo (anexo 2).

Calcular el puntaje total final de cada árbol candidato y seleccionar los que superan el puntaje mínimo preestablecido o, en su defecto, los mejores hasta completar el número deseado o el diferencial de selección requerido. Por último, seleccionar si es o no un árbol plus.

Existen muchos métodos para seleccionar árboles plus. En la mayoría cada programa desarrolla uno propio de acuerdo a la especie, las características del rodal o de la población, de los objetivos particulares y de los recursos disponibles.

Además, el conocer la caracterización agroclimática de esta región es fundamental, porque permite conocer el período de la disponibilidad térmica, la demanda por evapotranspiración, la disponibilidad de agua para los diferentes estados fenológicos de las plantaciones y cultivos, el período de crecimiento efectivo de los cultivos, la frecuencia de eventos extremos registrados (heladas, sequías); así como otros parámetros agrometeorológicos de utilidad para los diferentes actores relacionados a la actividad agrícola (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología [SENAMHI], 2012).

3.5 Métodos de evaluación fenotípica

Ipinza (1998), describe tres métodos para la evaluación fenotípica, que a continuación se detallarán los mismos:

a) Método de árboles de comparación: Este método consiste en la comparación de las características del árbol candidato con los árboles vecinos con el objetivo de realizar un mejoramiento.

La comparación se realiza con los cinco mejores árboles que se encuentran dentro de una vecindad, la cual generalmente se proyecta un círculo de 10 a 20 metros de radio, usando como centro al árbol candidato. Para la aplicación del método se utiliza un formulario de campo donde se anotan las medidas o puntajes asignados a los árboles de comparación y al árbol candidato. Posteriormente se efectúan los cálculos para obtener el diferencial de selección o el puntaje final del árbol candidato, el cual depende de la superioridad del candidato con respecto a los de comparación. El método de árboles de comparación tiene la ventaja de que a través de la comparación se elimina el efecto de las diferencias de edad (compara árboles de la misma edad) y minimiza el efecto de las diferencias de sitio (compara árboles vecinos), por lo tanto, aumenta la heredabilidad y la ganancia genética. Este método se aplica normalmente en rodales naturales coetáneos o en plantaciones (Zobel y Talbert (1988), en donde generalmente es posible encontrar suficientes árboles vecinos para poder hacer una comparación fenotípica adecuada, especialmente de las características que son más afectadas por la edad. El método también se puede aplicar en rodales multietáneos puros para características que no sean afectadas por la edad.

Cuando se aplica este método y se calcula el diferencial de selección con respecto a la media de los cinco mejores vecinos más el árbol candidato, se puede interpretar que se ha definido como población base sólo aquella parte del rodal que formará parte de la cosecha al final del turno.

En este caso, el diferencial de selección es una estimación de la diferencia entre la media de los árboles seleccionados y la media del rodal final una vez hechos todos los raleos.

La ganancia genética que se estime usando este diferencial de selección es la ganancia con respecto al rodal final y no de todo el rodal.

Cuando el árbol candidato se compara con el promedio de todos los árboles vecinos (incluyendo el candidato) se puede obtener una estimación del diferencial de selección con respecto de todo el rodal, tal como se encuentra en el momento en que se efectúa la selección (Ipinza, 1998, p. 107).

b) Método de selección por regresión o de la línea base: Se aplica en rodales naturales multietaneos pie a pie o disetáneos. Para aplicarlo es necesario conocer con seguridad la edad de cada árbol, por ejemplo, mediante un taladro de incremento se extrae un tarugo y se cuentan los anillos de crecimiento en sitios con estaciones climáticas bien definidas.

El método consiste en el desarrollo de curvas (regresiones) para las variables de interés que dependen de la edad o de algún otro factor (Zobel y Talbert, 1988).

Por ejemplo, si el árbol candidato es de edad conocida y su volumen supera el predicho por la regresión edad - volumen, entonces el árbol puede ser seleccionado. En general, se puede fijar la superioridad del valor real sobre el valor de regresión en un mínimo para aceptar al árbol candidato como árbol plus. Este mínimo puede ser expresado en términos absolutos, porcentaje o en relación a la desviación estándar (Ipinza, 1998).

Para aplicar este método se deben elaborar curvas para las diferentes calidades de sitio donde se pretende efectuar la selección (p. 107 y 108).

c) Método de valoración individual: Se usa cuando se selecciona en bosques disetáneos o heterogéneos donde los árboles se encuentran generalmente dispersos y son de edades distintas y desconocidas y/o cuando la población está formada por árboles aislados. En estas situaciones el método de árboles de comparación no es aplicable. Debido a la alta variación ambiental y a las diferencias de edad entre árboles, en este tipo de poblaciones la heredabilidad es generalmente baja.

Para aplicar la valoración individual el seleccionador debe conocer muy bien el ámbito de variabilidad de la especie para saber exactamente cuál es un árbol superior. Para ello es recomendable efectuar un recorrido previo por la población y así tener una buena idea de la variación existente (p. 108).

3.6 Criterios para la selección correcta de árboles plus

En general, los árboles a estudiar deben cumplir los siguientes requisitos para poder ser arboles plus (Ipinza, 1998):

- 1.- El rodal o área debe estar formada por una sola especie, tener la misma edad de plantación y de densidad uniforme.
- 2.- Los arboles deben ser dominantes
- 3.- El diámetro debe ser mayor al promedio del rodal
- 4.- El individuo debe presentar fuste recto y cilíndrico.
- 5.- Copa de diámetro pequeño y balanceado.
- 6.- El individuo debe tener ramas cortas, de poco diámetro y de ángulo de inserción

en el fuste lo más cercano a 90 grados.

7.- Debe poseer pocos conos en el fuste del árbol.

8.- El individuo debe mostrar alta tolerancia a enfermedades, deficiencias y plagas al resto que puede estar infectado.

9.- Tener noción de las propiedades tecnológicas de la madera de la especie en estudio, según sean las necesidades.

10.- No debe seleccionarse un árbol ubicado en el borde de una plantación.

11.- Una dato importante para la selección es la tenencia legal del sitio o la propiedad, con el fin de asegurar el futuro de los árboles en estudio y posteriormente para su posterior investigación.

3.7 Criterio para la toma de datos e índice de sitio

El suelo es fundamental para el establecimiento de cualquier proyecto. Antes de establecer el lugar o sitio, es necesario conocer las características físicas, químicas y biológicas del suelo (Osorio et al., 2011).

La calidad de sitio es la capacidad productiva de un área que se genera a partir de una representación gráfica constituida por relacionar la altura dominante y la edad del rodal. Generando así, una respuesta en el desarrollo de una determinada especie y conociendo a la vez las condiciones ambientales existentes en el lugar (Contreras, 2007).

La calidad de sitio puede ser definida según (Prodan et al., 1997), como “la capacidad de un área determinada para el crecimiento de los árboles” o según (Clutter et al., 1997), como “la producción potencial de madera de un sitio para una especie en particular o tipo forestal”. Es la respuesta de la especie a determinadas características climáticas, edáficas y bióticas presentes en un lugar determinado.

Un sitio que alcanza una alta productividad suele usarse llamarse “bueno” y cuando el sitio no logra una productividad satisfactoria “pobre”.

La razón por la cual es conveniente medir la calidad de sitio es para predecir el crecimiento de la especie a plantar, realizar un planeamiento de cosechas, generar medidas de conservación y mitigación ambiental entre otros.

El rendimiento y crecimiento de los rodales de una especie o composición de especies, lo determinan cuatro factores:

- a. La edad del rodal
- b. Calidad del sitio
- c. Densidad del rodal
- d. Los tratamientos silviculturales

IV. Objetivos e Hipótesis

4.1 Objetivo general

- Evaluación fenotípica en plantaciones de cuatro especies (*E. nitens*, *E. viminalis*, *E. maidenii* y *E. globulus*), del genero *Eucalyptus* para la identificación de árboles plus, en Llaullipata - cusco”

4.2 Objetivos específicos

- Evaluar las características dasométricas (altura total y diámetro a la altura del pecho) de las especies *E. nitens*, *E. viminalis*, *E. maidenii* y *E. globulus*, del genero *Eucalyptus* instalados en el ANEXO - Llaullipata.
- Evaluar los parámetros fenotípicos (rectitud de fuste, angulo de rama, grosor de rama, bifurcación y estado fitosanitario) de los árboles de la especie *E. nitens*, *E. viminalis*, *E. maidenii* y *E. globulus*,
- Identificar los árboles con mejor respuesta fenotípica a las condiciones geográficas de - Llaullipata.

4.3 Hipótesis de investigación

Que al menos un individuo de las especies *E. nitens*, *E. viminalis*, *E. maidenii* y *E. globulus*, posea características fenotípicas de interés para ser seleccionado como candidato a plus en el campo experimental Llaullipata – Cuzco.

V. Metodología

Para realizar la selección de árboles plus, es indispensable contar con el personal técnico y los equipos adecuados para esta evaluación. Se necesita como mínimo cuatro personas, de esta manera pueden alternarse las actividades para que no sea rutinaria la tarea.

5.1 Materiales

5.1.1 Materiales de medición

- GPSMAP 64s de marca Garmin
- Cinta diamétrica de marca GAFMEX
- Hipsómetro de marca SUUNTO
- Cinta métrica 50m

5.1.2 Materiales para uso personal

- Libreta de nota
- Lapicero de apuntes
- Casco para protección
- Chanca buques

5.1.3 Materiales anexos

- Binoculares
- Pintura acrílica de color rojo
- Brochas y formatos de apuntes

5.2 Ubicación

La plantación se encuentra ubicada en el km 2 de la carretera llamada Don Bosco que lleva al Parque Arqueológico de Sacsayhuaman. Se ingresa al Fundó eco turístico privado de Llaullipata por un desvío en la carretera, como muestra la (figura 1). El Fundo Llaullipata se encuentra a una altura de 3615 m s.n.m., con las coordenadas UTM en el hemisferio sur geográfica de Latitud Sur: 13° 40' 47.7" y Longitud Oeste: 71° 26' 9.1" W perteneciente a la zona 19. Presentando una temperatura media anual que fluctúa entre 7,7C° y 25,3C°. Los valores más altos de la temperatura media generalmente se manifiestan entre la primera década de octubre y la primera década de febrero. Las temperaturas medias más bajas son registradas entre la tercera década de junio y la tercera década de julio, oscilando entre 2,9 °C y 24,2°C.

Los valores más bajos ocurren en los lugares ubicados a mayor altitud y se presentan durante los meses de invierno (segunda década de junio a la primera década de agosto), estos valores oscilan entre 17,8 °C y -9,8 °C. Precipitación reporta un rango min 500(mm/año) y un máximo de 800(mm/año) (SENAMHI, 2012).

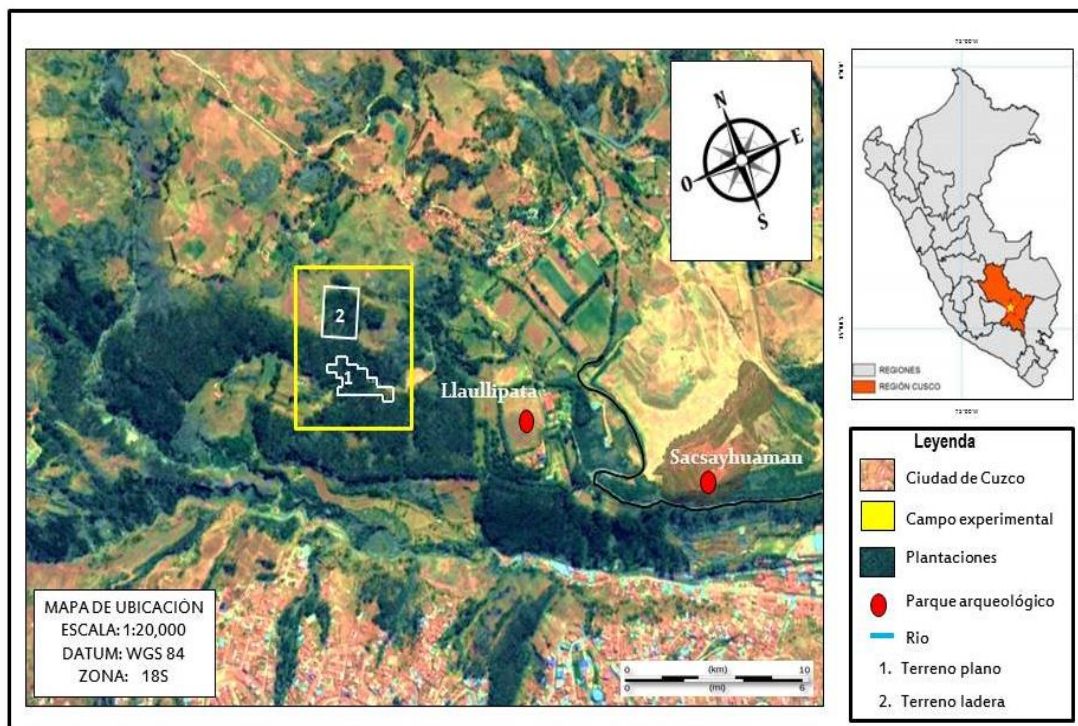


Figura 1 Ubicación de las parcelas de estudio en el fondo de Llaullipata en Cuzco. Fuente: elaboración propia.

5.3 Especies en estudio

Las especies analizadas (*Eucalyptus nitens*, *Eucalyptus globulus*, *Eucalyptus maidenii* y *Eucalyptus viminalis*), fueron caracterizadas mediante los descriptores de Cronquist (1981).

A) Eucalipto nitens - *Eucalyptus nitens* - Moreira, (2011).

Reino: Plantae

Clase: Magnoliidae

Orden: Myrtales

Familia: Myrtaceae

Género: Eucalyptus

Especie: *Eucalyptus nitens* H. Deane & Maiden Maiden

Nombre común: Eucalipto nitens, Eucalipto brillante, Eucalipto de las heladas, Shining gum.

- Descripción general

Muñoz (2005), menciona que *E. nitens* es una especie con potencial económico porque se desarrolla en ambientes con temperatura muy fría que el *E. globulus*.

Los árboles de *E. nitens* alcanza una altura hasta 60 m, formándose el tronco recto y copa amplia. Puede alcanzar en su distribución natural diámetros del fuste en 1,8 m. (Muñoz, 2005).

Las hojas adultas son alternas (hay una hoja por nudo), pecioladas (el peciolo une la lámina con la base foliar), lanceoladas (más ancha en la mitad basal y ápice agudo) a falcadas (curvada con forma de hoz, hojas adultas de algunos *Eucalyptus* sp.). Presentan una tonalidad blanca clara de 10-30 cm. de longitud. La época de floración, se produce en los meses de enero a marzo, la flor presenta una coloración blanco-cremosa. El tipo de fruto es de forma cápsula de tapa semiesférica con 0,5 x 0,6 cm., acostillado (fruto seco), aromático, cubiertas por una capa blanca y cerosa. En un inicio el fruto presenta coloración verde azulado, luego cambia de coloración al marrón al momento de madurar. En la época de verano se produce la fructificación.

B) Eucalipto blanco - *Eucalyptus globulus* - López, (2010)

Reino: Plantae

Clase: Magnoliidae

Orden: Myrtales

Familia: Myrtaceae

Género: *Eucalyptus*

Especie: *Eucalyptus globulus* Labill.

Nombre común: Eucalipto, eucalipto blanco, eucalipto común o eucalipto azul.

- Descripción general

La introducción de la especie *E. globulus* en el Perú, se realizó aproximadamente en el año 1860. En este año se realizó un proyecto de planificación, organizado por el estado para establecer plantaciones, el cual este proyecto brindo asistencia técnica a las comunidades campesinas de la región alto andina. Por esa razón, las primeras plantaciones forestales se encuentran ubicados en los departamentos de Junín, Cusco, Cajamarca y Ancash (Torres, 2012). Para el autor (García, 2011) el árbol de *E. globulus* en plantaciones, es un árbol esbelto que puede alcanzar a desarrollar en mayor rasgo la altura total.

La corteza presenta una coloración blanquecina, gris-azulada o verdosa y con una característica importante que es el fraccionamiento de la corteza del tronco en láminas.

Las hojas juveniles se les reconoce por tener forma lanceoladas (más ancha en la mitad basal y ápice agudo), sésiles (hoja que no se une con el peciolo por la ausencia de este), de coloración verdosa.

La época de floración para el *E. globulus* se da entre los meses de marzo y junio. El fruto es de tipo cápsula, presentando cuatro caras, a modo de pirámide invertida, cerrada en la parte superior por un botón, son más grandes que otras especies del mismo género, La época de fructificación se da al iniciar la temporada de otoño.

La flor presenta una coloración blanco – amarillento

C) Eucalipto de maiden - *Eucalyptus maidenii* - Hill, (1991)

Reino: Plantae

Clase: Magnoliidae

Orden: Myrtales

Familia: Myrtaceae

Género: *Eucalyptus*

Especie: *Eucalyptus maidenii* F. Muell.

Nombre común: Eucalipto de maiden o goma de la doncella.

- Descripción general

Estos autores, (Sotelo y Monza, 2007) mencionan que la especie *E. maidenii* ha mostrado mayor crecimiento de volumen, buena forma, mayor densidad y buena madera en comparación del *E. globulus*. Es un árbol de crecimiento rápido y de fuste recto. El autor menciona que esta especie es de supervivencia en distintos sitios con variedad de clima, nutrientes de suelo y diferentes condiciones geográficas. La madera es muy dura y perdura con el tiempo, con una coloración amarillo - cremoso característico del tronco. El *Eucalipto maidenii*, es una especie de eucalipto nativa de Australia, en la localidad del este de Victoria y sureste de Nueva Gales del Sur. En esas localidades se desarrollan en bosques húmedos, suelos fértiles y en valles. Es un árbol que crece a 40 m. de altura y rara vez a 75 m. de altura (Boland, Brooker, Chippendale, Hall, Hyland, Johnston y Turner, 2006). La característica del fuste de esta especie es la coloración del tronco, presentando un color blanco - amarillento, naranja pálido o gris-blanco y de textura lisa. Las hojas juveniles pueden medir aproximadamente 15 cm de largo y 9 cm de ancho, en cuanto a la hoja adulta mide un aproximado de 25 cm de largo y 2,4 cm de ancho. La inflorescencia consta de 7 flores.

D) Eucalipto del manna - *Eucalyptus viminalis* - Hill, (1991)

Reino: Plantae

Clase: Magnoliidae

Orden: Myrtales

Familia: Myrtaceae

Género: *Eucalyptus*

Especie: *Eucalyptus viminalis* Labill

Nombre común: Eucalipto, goma blanca y eucalipto del manná.

- Descripción general

Una característica interesante del *E. viminalis* es que resiste bien la sequía y no tolera los encharcamientos, por lo que, la zona de plantación de esta especie debe tener un sistema de drenaje óptimo para que pueda desarrollarse (Pérez et al., 2013). Es un árbol que crece aproximadamente 40 m. de altura, en ocasiones hasta 75 m de altura. La corteza del fuste del árbol presenta una coloración blanca, amarilla, naranja pálida o blanca-grisácea y lisa, coloreado hasta el nivel del suelo. Las primeras hojas juveniles son de forma opuesta (hay dos hojas por nudo) y tipo sésiles (hoja que no se une con el peciolo por la ausencia de este). Las hojas en la etapa adulta, miden de 9 - 22 cm de largo x 0,8 - 2 cm de ancho, alternos (hay una hoja por nudo), falcados (curvada con forma de hoz). La inflorescencia esta formadas de 3 ó 7 flores simples y axilares. Los frutos va de 0,5 - 0,9 cm de diámetro y forma globosa.

5.4 Diseño y tipo de investigación

El tipo de investigación es descriptiva con un análisis multivariado. La Investigación es descriptiva porque se observó y describió las características fenotípicas y medidas de cada árbol en el campo. Además, se realizó con un análisis multivariado; aplicándose un análisis de componentes principales y un análisis por conglomerados (obteniendo dendrogramas); ya que, la finalidad es analizar simultáneamente varias características de cada individuo de interés y encontrar a los mejores del género *Eucalyptus* en Llaullipata – Cuzco.

5.5 Técnica e instrumento de evaluación

Se realizó el inventario de todos los árboles presentes en la plantación, realizándose las medidas dasométricas (altura total y diámetro a la altura del pecho) y fenotípicas (rectitud de fuste, grosor de rama, ángulo de ramificación) de todos los individuos, para posteriormente realizar la comparación y selección.

El instrumento de evaluación es la ficha de observación fue propuesta por Ipinza (1998) (anexo 3).

5.6 Población y muestra

La población total está constituida por 2320 árboles en total del género *Eucalyptus*, se encuentra distribuida en:

- i) zona 1, llamado también de espaciamento, esta zona se encuentra ubicado con zona de terreno plano. Está diseñado con una sola especie (*E. nitens*) con medidas de distanciamiento entre árboles en un terreno plano, y
- ii) zona 2, llamado también de introducción de especies, diseñado para que las 4 especies se adapten al entorno. Los tratamientos se encuentran a distinta altitud, debido a que, el terreno es en ladera y los tratamientos se encuentran distribuidos al azar.

En la primera zona se encuentra un solo género, el *E. nitens* con 222 árboles (figura 2). Esta zona se encuentra en terreno plano, el sistema de plantación registrado es en cuadrado, que está conformado por 4 bloques y cada bloque está dividido por 4 tratamientos y en cada tratamiento por teoría hay 64 árboles (suponiendo que todos hayan sobrevivido).

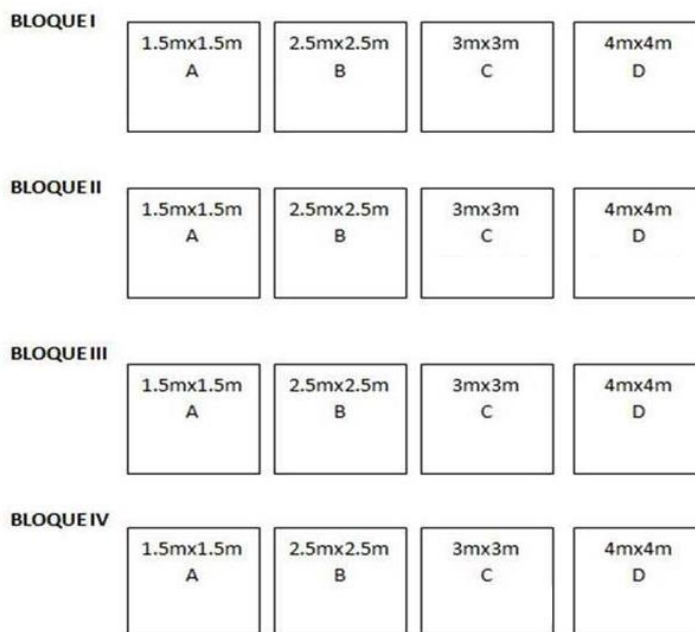


Figura 2 Zona 1 de distribución de los bloques, el tratamiento y el espaciamiento de la especie *E. nitens*. Fuente: elaboración propia.

Esta figura representa la zona 1 (terreno plano) donde solo se encuentra la especie *E. nitens*. Las letras representan la distancia entre árboles A) 1.5mx1.5m de distancia entre árbol, B) 2.5mx2.5m de distancia entre árbol, C) 3mx3m de distancia entre árbol y D) 4mx4m de distancia entre árbol.

Zona 2: En la segunda zona se encuentran las 4 especies de *Eucalyptus*; 59 (*E. nitens*), 94 (*E. globulus*), 32 (*E. maidenii*) y 53 (*E. viminalis*). Son plantaciones de introducción y procedencia. Esta zona se encuentra en ladera, está formado por cuatro bloques y cada bloque consta de cuatro tratamientos (Figura 5).

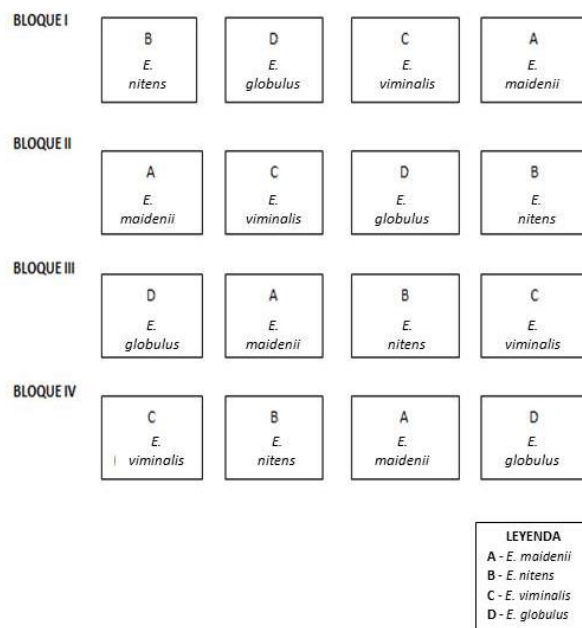


Figura 3 Zona 2 de distribución de los bloques y los tratamientos en ladera. Fuente: elaboración propia.

Las letras representan el tipo de especie A) *E. globulus*, B) *E. viminalis*, C) *E. maidenii* y D) *E. nitens*. En cada tratamiento los árboles tienen un tipo de plantación en cuadrado con 9 filas y 9 columnas en cada tratamiento, que por teoría debe haber 81 árboles que sobreviven en cada tratamiento.

La investigación será tipo censo forestal, tal como lo menciona el siguiente autor Carrera (1996) define a los inventarios forestales como un “sistema de recolección y registro cuali-cuantitativo de todos los árboles presentes en el área de estudio, además de las características del área sobre la cual se desarrolla el bosque o plantación, de acuerdo con objetivos previstos y con base en métodos apropiados y confiables”.

5.7 Censo forestal

El censo es el registro de todos los árboles de interés, realizándose un inventario que posteriormente dará a conocer qué especie o árbol sea de interés, también se conoce la ubicación de cada árbol, cuál es el diámetro y la altura de cada árbol, cuál es el estado fitosanitario de los árboles, cuáles son las características del terreno: fisiografía y topografía (Kometter, 2005).

Los pasos a seguir son los siguientes:

1. Identificar el árbol de interés: se deben identificar todos los árboles.
2. Ubicación del árbol con respecto al tratamiento y bloque al que pertenecen.
3. Limpieza de malezas, musgos y corte de lianas, antes de tomar las mediciones.

4. Medir el DAP: con cinta diamétrica o forcípula o en forma perpendicular al eje del fuste.

5. Medir la altura total se realiza desde la base del tronco hasta donde termina la copa del árbol y la altura comercial, que es la altura desde el nivel de corte, hasta donde empieza a ramificarse el árbol. Se recomienda medir la altura con hipsómetro o clinómetro.

5.8 Diseño experimental o diseño operacional

Consiste en los pasos que se va a realizar para la toma de datos en campo, por ese motivo se realiza el siguiente flujo grama como guía de cada paso a seguir en esta investigación.

1. Delimitación del área de estudio
2. Identificación de bloques y tratamientos
3. Marcación de árboles
4. Toma de datos de campo
5. Procesamiento de datos y discusión
6. Elaboración de la investigación final

5.9 Desarrollo del proceso metodológico

5.9.1 Delimitación del área de estudio

El área de estudio comprende dos zonas, la primera llamado ensayos de espaciamiento y la segunda llamado ensayos de introducción y procedencia. El proceso de selección inicia con una primera revisión de toda la plantación, buscando a individuos sobresalientes en crecimiento o en calidad de su fuste. Esta plantación cumple los 35 años y sirve como ventaja su edad; ya que, algunos defectos no se expresan o no son visibles (granos de inserción). En la primera zona la plantación es solo de la especie *E. nitens* que consta de un área de 1 ha. En la segunda zona se encuentran las cuatro especies (*E. maidenii*, *E. nitens*, *E. viminalis* y *E. globulus*), distribuidos en bloques y consta con un área de 0.60 ha.

5.9.2 Identificación de bloques y tratamientos

Se visitará cada uno de los bloques, luego se procederá a identificar y caracterizar cada uno de ellos con ayuda del GPS, ya que se encuentran dispersos en las zonas. Se trazara los bloques y distribución de tratamientos.

5.9.3 Marcación de árboles

a) Marcación: Para el marcado de los árboles se utilizara pintura color rojo, realizando primero un raspado superficial en la corteza del árbol y posteriormente el pintado de la codificación respectiva.

b) Codificación: Para realizar el censo en la primera zona, los bloques serán marcados con números en romanos (I, II, III, IV), mientras que los tratamientos, se les marcará con letras (A, B, C y D), cada letra representa un tipo de espacio o medida (1.5m x 1.5m; 2.5m x 2.5m; 3m x 3m; 4m x 4m) respectivamente.

Para la segunda zona, los bloques serán marcados con números en romanos (I, II, III, IV), mientras que las especies (*E. maidenii*, *E. nitens*, *E. viminialis* y *E. globulus*) se les marcará con letras A, B, C y D (de acuerdo a la especie va su respectiva letra).

5.10 Toma de datos de campo

Además de la valoración fenotípica (visuales) de los individuos, se realizará una evaluación cuantitativa considerando parámetros dasométricos como altura total, DAP (diámetro a la altura del pecho) y altura comercial para tener una referencia de crecimiento de los árboles.

Altura total del árbol:

La altura total de los árboles se realizará mediante el uso del hipsómetro marca Sunnto, tomando la distancia que existe entre la base y el ápice de los árboles. El hipsómetro da la altura de los árboles en función de la distancia que nos encontramos a su pie; ya sea, de 30m o 40m.

Diámetro del árbol:

Mediante una cinta métrica se medirá el diámetro del árbol a la altura del pecho (DAP). La medición se toma siempre a 1,30 m, desde el punto donde el tallo principal sale del suelo.

Altura comercial:

Se realizará usando el hipsómetro de marca Sunnto, tomando la distancia que existe desde la base del árbol hasta el inicio de la ramificación.

Toma de datos fenotípicos

Como rectitud de fuste, ángulo de ramificación, grosor de rama, bifurcación y orificios en la rama.

5.11 Método de árboles de comparación

La metodología usada es el método de árboles de comparación propuesta por Ipinza (1998):

La aplicación de este método consiste en la comparación del árbol candidato con los árboles vecinos para las características que son objeto de mejoramiento.

Frecuentemente, la comparación se efectúa con respecto de los cinco mejores árboles que existen dentro de una vecindad, la cual normalmente se define como un círculo de 10 a 20 metros de radio, con el árbol candidato como centro.

Para la aplicación del método se utiliza un formulario de campo donde se anotan las medidas o puntajes asignados a los árboles de comparación y al árbol candidato. Posteriormente se efectúan los cálculos para obtener el diferencial de selección o el puntaje final del árbol candidato, el cual depende de la superioridad del candidato con respecto a los de comparación.

El método de árboles de comparación tiene la ventaja de que a través de la comparación se elimina el efecto de las diferencias de edad (compara árboles de la misma edad) y minimiza el efecto de las diferencias de sitio (compara árboles vecinos), lo que, como se explicó en el capítulo anterior, aumenta la heredabilidad y por tanto, la ganancia genética.

Este método se aplica normalmente en rodales naturales coetáneos o en plantaciones (Zobel y Talbert, 1988), en donde generalmente es posible encontrar suficientes árboles vecinos para poder hacer una comparación fenotípica adecuada, especialmente de las características que son más afectadas por la edad.

El método también se puede aplicar en rodales multietáneos puros para características que no sean afectadas por la edad. Cuando se aplica este método y se calcula el diferencial de selección con respecto a la media de los cinco mejores vecinos más el árbol candidato, se puede interpretar que se ha definido como población base sólo aquella parte del rodal que formará parte de la cosecha al final del turno.

En este caso, el diferencial de selección es una estimación de la diferencia entre la media de los árboles seleccionados y la media del rodal final una vez hechos todos los raleos. La ganancia genética que se estime usando este diferencial de selección es la ganancia con respecto al rodal final y no de todo el rodal.

Cuando el árbol candidato se compara con el promedio de todos los árboles vecinos (incluyendo el candidato) se puede obtener una estimación del diferencial de selección con respecto de todo el rodal, tal como se encuentra en el momento en que se efectúa la selección (p. 107).

Se llenará un formato en donde se tendrán los siguientes puntajes (Ipinza, 1998, p. 113):

PUNTAJE

- Variables cuantitativas

Estas características son las que muestran la superioridad en crecimiento del individuo. A través de la altura y del diámetro reflejan exactamente el potencial volumétrico del candidato. Estas deben ser medidas, tanto en el árbol candidato como en los de comparación.

ALTURA

Determinar la razón de altura mediante la siguiente fórmula:

$$A = (H_s / H_c) * 100 - 100$$

Dónde:

H_s: Altura candidato.

H_c: Altura media 5 árboles de comparación.

INFERIORIDAD: Si el árbol candidato es peor que el promedio de los árboles de comparación, se deducirán puntos con la misma escala como ellos son designados cuando el candidato es superior.

VOLUMEN

Determinar la razón de volúmenes por las fórmulas:

$$V = (V_s / V_c) * 100 - 100$$

Dónde:

V_s: Volumen candidato (según función o D²H).

V_c: Volumen medio 5 árboles de comparación.

SUPERIORIDAD: Por cada 10% de exceso de volumen del candidato sobre los 5 árboles de comparación se asigna 1 punto extra.

- Peso específico

Cuando el interés sea la densidad de la madera, se deben extraer muestras con taladros incrementales de 12 mm al DAP, en dos puntos opuestos del fuste, tanto en el candidato como en los árboles de comparación.

El puntaje se asignará en forma similar y con los mismos valores que en el caso de volumen. La razón de esto es que el rendimiento pulpable es producto del volumen y de la densidad

$$(Rp= Vol * Db)$$

- Variables cualitativas

Rectitud

Siendo una de las variables cualitativas de importancia en la toma de decisiones, se debe tener claridad al definir si un árbol es o no recto y verificar que esto no haya sido alterado por efectos externos como daños durante el control de malezas, daño mecánico producto del viento en etapas juveniles, entre otros. Cualquiera sea el caso, bajo estas circunstancias se aceptará una torcedura basal leve hasta 1.0 metro desde el suelo.

Restricciones:

No se aceptarán árboles torcidos en dos planos.

Tampoco se aceptarán árboles torcidos en un plano que no permita una proyección del punto más alto del tronco comercializable a la base del árbol.

Rango de calificación: De 1 a 4 puntos.

El puntaje del candidato se asigna de la siguiente manera:

- 1: Árbol con torceduras más que leves que impiden proyectarse hasta su ápice a través del fuste.
- 2: Árbol recto, con más de una leve torcedura.
- 3: Árbol recto, con una leve torcedura.
- 4: Árbol perfectamente recto.

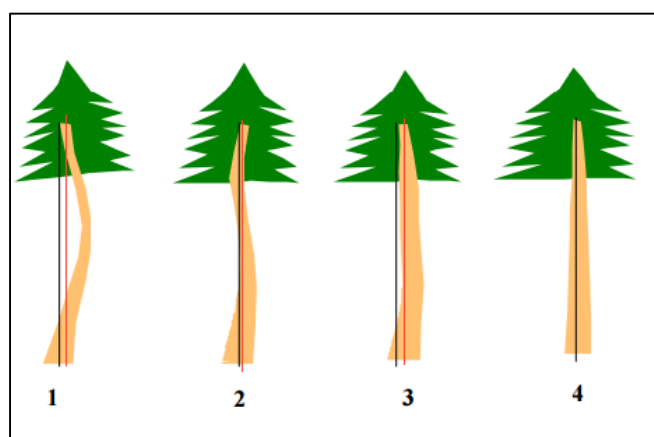


Figura 4 Representación de números por cada ejemplo para la rectitud de fuste. Fuente: (Ipinza 1998).

Diámetro de ramas

Rango de calificación: De -2 a 2 puntos.

La medición se hace con respecto a los árboles de comparación. El puntaje del candidato se asigna de la siguiente manera:

- 2: Diámetro muy superior al promedio.
- 1: Diámetro moderadamente superior al promedio.
- 0: Diámetro promedio.
- 1: Diámetro moderadamente inferior al promedio.
- 2: Diámetro muy inferior al promedio.

Nota: Si los DAP de los árboles de comparación son similares a los del candidato, entonces la comparación de esta característica es directa. En caso contrario la comparación debe realizarse en términos relativos al DAP, vale decir, la relación entre el diámetro de ramas y el DAP, en términos generales es proporcional, por lo tanto debemos ser muy cuidadosos al momento de asignar la calificación de la característica.

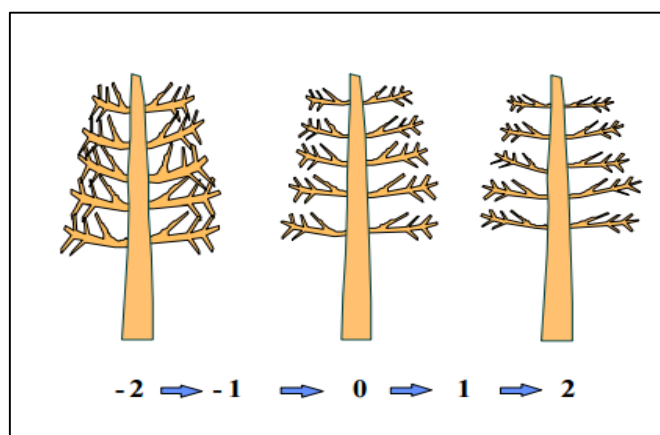


Figura 5 Categorías de diámetro de ramas. Fuente: (Ipinza 1998).

Ángulo de ramas

Para ser calificada respecto de los árboles de comparación.

Rango de calificación: De -2 a 2 puntos.

El puntaje del candidato se asigna de la siguiente manera:

- 2: Ángulo muy cercano a 0 grados
- 1: Ángulo cercano a 0 grados
- 0: Ángulo promedio.
- 1: Ángulo cercano a 90 grados
- 2: Ángulo muy cercano o igual a 90 grados

Nota: De contemplarse podas en el manejo, estas características no deben ser relevantes en la decisión.

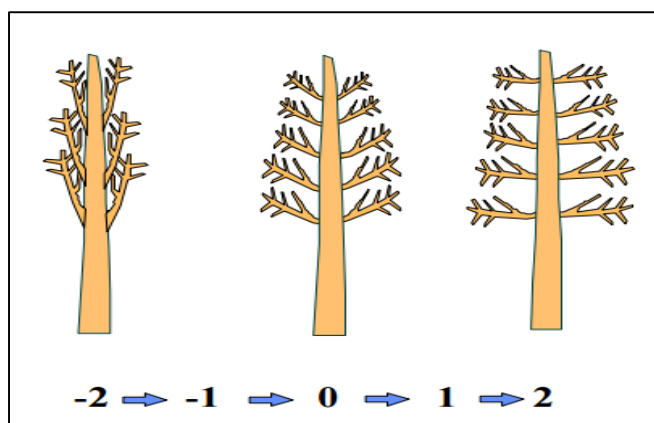


Figura 6 Categorías de ángulo de inserción de ramas con su respectivo puntaje. Fuente: (Ipinza, 1998).

TOMA DE DECISIÓN

De acuerdo a Ipinza (1998):

Una vez que se ha completado la pauta con la totalidad de la información, se procede a la sanción definitiva del árbol candidato. Para esto se considera cada una de las variables ponderadas según sea el objetivo del programa. Por ejemplo, si el interés es madera aserrada, lo principal será el volumen, que a su vez deberá ser asociado a la calidad de ramas y rectitud o forma del árbol.

La decisión se toma en terreno de acuerdo al siguiente procedimiento:

1. Verificar durante la pre-sanción que las mediciones sean correctas y los árboles de comparación sean los adecuados. Se entenderá por pre-sanción la recepción de faena que realiza el encargado de programa y donde se decidirá cual material pasa a la fase de sanción.
2. Tener registros completos y claros durante la sanción. La sanción se refiere al destino final que se dará al material.
3. Cuantificar la superioridad real del individuo selecto de acuerdo a la situación en la que se encuentre. Se debe evitar comparaciones con otros candidatos visitados con anterioridad para no sesgar la decisión.
4. Tener en claro los objetivos respecto del material que está seleccionando.
5. Decidir con respecto a la superioridad de un candidato, para esto se requiere ver los datos en su conjunto, ponderando la variable volumen en primer lugar, pero sin descuidar otras, como rectitud o eficiencia de copa.
6. Para que un candidato sea considerado sobresaliente deberá como mínimo tener sobre 15% de superioridad en volumen, complementado con una forma y aspecto lo más uniforme posible.
7. Cuidar que el candidato o los árboles de comparación no se encuentren en

una situación de privilegio, como por ejemplo mayor espaciamiento, cercano a una fuente de agua o en la parte baja de una ladera (p. 118).

5.12 Análisis estadísticos

5.12.1 Análisis multivariado

La estadística multivariada es usada para describir y analizar observaciones multidimensionales obtenidas al relevar información sobre varias variables para cada una de las unidades o casos en estudio (Balzarini, Casanoves, Di Rienzo, González, Robledo y Tablada, 2001).

Explicado de otra manera, según el autor (Cuadras, 2004). El análisis multivariante (AM) es la parte de la estadística que estudia, analiza, representa e interpreta los datos que resulten de observar un número de variables estadísticas sobre una muestra de "n" individuos. Las variables observables son homogéneas y correlacionadas, sin que alguna predomine sobre las demás.

5.12.2 Análisis de componentes principales

Este método se desarrolló en 1901 por Karl Pearson, permitiendo encontrar asociaciones entre las variables usadas y reducir el número de estas para agilizar o facilitar su análisis. Este método trata de buscar una estructura de un conjunto de datos multivariado mediante la reducción del número de variables originales a un conjunto más pequeño, las cuales son combinaciones lineales de aquellas que recogen la mayor parte de la variabilidad del conjunto inicial de variables (Gutiérrez, 2014).

Las principales ventajas:

- Generar nuevas variables que expresen información acerca del conjunto de datos.
- Reducir la dimensión del espacio en el que están contenidos los datos.
- Eliminar (si es posible) las variables que aportan poca información al estudio del problema.
- Facilitar la interpretación de la información contenida en los datos.
- Determinación de unos pocos factores (componentes principales) que retengan la mayor variabilidad contenida en los datos. Las nuevas variables generadas cumplen con las características de independencia (bajo el supuesto de normalidad) y no correlación.

El gráfico o tipo de gráfico será biplot, un biplot es una representación, en un mismo gráfico, de las filas (individuos) y las columnas (variables) de una matriz de datos X.

En este trabajo el análisis empieza con uniformizar dos datos cuantitativos (altura total

y diámetro a la altura del hombro) aplicando Likert para generar un número que codifica el individuo en arboles con puntaje bajo, medio y alto. Luego se ordenan los tres datos fenotípicos (rectitud de fuste, ángulo de ramificación y grosor de rama) estos son datos cualitativos que se ordenan de menos a mayor según la importancia generada. Una vez realizado este proceso, se realiza el gráfico de componentes principales con biplots; ya que, son útiles para describir gráficamente los datos.

5.12.3 Análisis de agrupamiento o conglomerado

Permite implementar distintos procesos para agrupar objetos descritos por un conjunto de valores de varias variables.

Los objetos generalmente representan las filas de la tabla de datos. Ocasionalmente, estos procedimientos son usados para agrupar variables en lugar de observaciones (es decir conglomerar columnas en lugar de filas) (Balzarini., 2001).

Este análisis es llamado método jerárquico porque tiene por objetivo agrupar clúster para formar un nuevo o separar alguno ya existente para dar origen a otros dos, de tal forma que, si sucesivamente se va efectuando este proceso de aglomeración o división, se minimice alguna distancia o bien se maximice alguna medida de similitud.

Los métodos jerárquicos se subdividen en aglomerativos y disociativos. Cada una de estas categorías presenta una gran diversidad de variantes.

1. Los métodos aglomerativos, también conocidos como ascendentes, comienzan el análisis con tantos grupos como individuos haya. A partir de estas unidades iniciales se van formando grupos, de forma ascendente, hasta que al final del proceso todos los casos tratados están englobados en un mismo conglomerado.

2. Los métodos disociativos, también llamados descendentes, constituyen el proceso inverso al anterior. Comienzan con un conglomerado que engloba a todos los casos tratados y, a partir de este grupo inicial, a través de sucesivas divisiones, se van formando grupos cada vez más pequeños. Al final del proceso se tienen tantas agrupaciones como casos han sido tratados.

En resumen, este tipo de gráfico se realiza para agrupar elementos (o variables) tratando de lograr la máxima homogeneidad en cada grupo y la mayor diferencia entre los grupos. El análisis empieza con agregar los dos datos cuantitativos (altura total y diámetro a la altura del hombro) y los tres datos fenotípicos (rectitud de fuste, ángulo de ramificación y grosor de rama). Generando grupos formados por individuos presentando cierto grado de homogeneidad en base a los valores adoptados sobre un conjunto de variables. Se usó Gower como método de agrupación jerárquica para agrupar clúster que dispongan de menos distanciamiento a través de enlace simple o vecino más próximo.

Escala de Likert

Para determinar el árbol plus, se realizó la escala de Likert. La escala se construye en función de una serie de ítems que reflejan una actividad positiva o negativa. La descripción positiva tendrá mayor puntaje (se usaron de manera general, usándolos

en las 2 zonas). Se colocan puntajes a las características fenotípicas del árbol (Anexo 1). Cada ítem está estructurado con números que representan el grado de interés de cada descripción:

Tabla 1: Puntajes originales y modificados

Puntajes	Rectitud de Fuste	Rectitud de inserción o ramificación	Grosor de rama
5	Fuste recto	Normal	Mediano
4	Ligeramente torcido	--	--
3	--	Recto	Delgado
2	Torcido	--	--
1	Muy torcido	Agudo	Grueso

Rangos

Se emplea si las variables toman un número grande de valores. Se agrupan los valores en intervalos que contengan la misma amplitud denominados clases. A cada clase se le asigna su frecuencia correspondiente. Se usó la regla de Sturges.

Fórmula:

$$ni = 1 + 3.3 * \text{Log}_{10} N$$

Dónde:

“ni”: representa el número de intervalos de clase, y “N”: representa el número total de datos u observaciones que tenemos recopilados. Evidentemente, el número de intervalos debe ser exacto; es decir, un número entero.

En un primer lugar, Sturges se aplicó en los datos cuantitativos, altura total y diámetro a la altura del pecho-DAP), para más adelante poder analizarlos con los datos cualitativos. Se realizó una tabulación para corroborar los datos trabajados. En la cantidad de intervalos, se modificó a 3 para poder dividirlos en individuos de puntaje alto, medio y bajo.

Se procedió a colocar los puntajes correspondientes de alturas y diámetros a todos los individuos. Se realiza un último análisis de Sturges para sacar 3 rangos que ayudaran a señalarlos como arboles inferiores, intermedios y superiores (alcanzando este último con el máximo puntaje).

Este último análisis determinara la cantidad de individuos que pertenecerán a la clasificación inferior con un rango entre 11 a 15 de puntaje, intermedio con un rango entre 16 a 19 de puntaje y superior con un rango entre 20 a 24 de puntaje. Se analiza los datos cualitativos y cuantitativos generando así un listado de los mejores arboles según su clasificación (tabla 10).

- Regla de Sturges

Los caracteres fenotípicos se analizaron con puntajes, estableciendo 3 rangos (mínimo, medio y máximo). La regla de Sturges es un criterio utilizado para determinar el número de clases o intervalos que son necesarios para representar gráficamente un conjunto de datos estadísticos.

Esta regla fue enunciada en 1926 por el matemático alemán Herbert Sturges.

Para establecer cuántos intervalos de clase debían utilizarse, se usó la regla de Sturges, cuya fórmula se enuncia de la siguiente manera:

$$K = 1 + 3,322x(\log_{10}n)$$

Donde K es el número de intervalos de clase y n es el número de valores en el conjunto de datos en observación.

VI. Resultados

6.1 Características dasométricas

En la zona 1 (terreno plano) se encontraron 5 individuos de la especie *E. nitens* con puntajes máximos posibles a ser arboles plus (tabla 1). Estos individuos se encuentran en los tratamientos B que representa 2.5 metros por 2.5 metros de distancia entre árbol plantado y C que representa 3 metros por 3 metros de distancia entre árbol plantado. Los tratamientos B y C demostraron un mayor desarrollo en altura total (HT), en el diámetro a la altura del hombro (DAP), de igual manera en los caracteres fenotípicos: rectitud de fuste (RF), ángulo de ramificación (AR) y grosor de rama (GR). En la siguiente tabla se realiza la descripción de la especie *E. nitens* localizado en la zona 1 (terreno plano), se registraron los datos de los arboles candidatos a posibles arboles plus.

Tabla 2: Descripción de los individuos de la zona 1 (terreno plano)

ZONA	Código	Tratamiento (metros)	Bloque	Especie	HT	DAP	RF	AR	GR	Puntaje
Terreno plano (Zona 1)	E43	B	II	<i>E. nitens</i>	41	36.4	5	5	5	25
	E53	B	II		38.5	32.8	5	5	5	25
	E3	B	III		32.5	34.2	5	5	5	25
	E63	B	III		34.5	36.9	5	5	5	25
	E24	C	IV		37.5	46.7	5	5	5	25

Para comparar los cuatro bloques y los cuatro tratamientos, se realizó el análisis de varianza (ANOVA) evaluándose la relación de la HT y el DAP dispuestos en la zona 1 (terreno plano), para demostrar de manera objetiva la selección y relación de los arboles con las mejores características para nombrarlo plus.

6.2 Características generales

Realización del inventario tipo censo

Los árboles presentan un registro de distanciamiento en metros (entre árboles, zonas de plantación y modelo de plantación), actualmente la plantación cuenta con 35 años de vida y sin haberle realizado ninguna práctica silvicultural. Por esta razón, se inició un inventario tipo censo forestal para registrar los individuos en el campo experimentar; a la vez, saber en qué estado se encuentran. Se llegó a evaluar las dos zonas que componen este trabajo de investigación (Zona 1. Ensayo de espaciamiento – En Plano, ubicándose sólo la especie *E. nitens*) y (Zona 2. Ensayo de introducción y procedencias – En Ladera, ubicándose las cuatro especies *E. globulus*, *E. maidenni*, *E. viminalis* y *E. nitens*).

Se realizó la evaluación en 222 individuos distribuidos en la zona 1 – Espaciamiento; y con 234 árboles presentes en la zona 2 – Introducción y procedencias. En el campo se logró evidenciar un terreno fragmentado producto a un deslizamiento producto de las lluvias que ocurre en temporada de invierno. Lo que nos explican estos autores (Trigueros, Villavicencio y Santiago, 2014) Los bosques, no son estáticos, sino que están en constante cambio debido a circunstancias tanto naturales como artificiales. Los bosques cuando no son expuestos a disturbios de impacto relevante mantienen un relativo equilibrio; por el contrario, un efecto negativo tiene como consecuencia la fragmentación y deforestación.

El procesamiento de datos se realizó con el llenado del formulario detallando las características fenotípicas y medidas dasométricas (Anexo 2), paralelamente se añadió el uso del programa INFOSTAT que es un software para análisis estadístico de aplicación general. Con este software se ha podido realizar análisis de varianza (ANOVA), análisis de componentes principales y análisis de conglomerados para obtener un gráfico llamado dendrograma.

Todos los árboles evaluados, fueron geo referenciados, codificados y evaluados fenotípicamente; construyendo la primera investigación próxima para iniciar nuevas investigaciones complementarias para la toma de decisión en lo que respecta al manejo forestal, manejo genético, aprovechamiento económico, entre otros.

6.3 Identificación de los árboles plus en la zona 1 – Terreno en plano

Se realizó un cuadro de ANOVA donde se muestra la existencia de diferencia significativa en el resultado de altura total (Tabla 2), entre los diferentes tratamientos y bloques. El dato del p-value en bloque y en tratamiento es menor que el nivel de significación ($\alpha = 0.05$), donde las diferencias entre algunas alturas son estadísticamente significativas. Por esta razón, se rechaza la hipótesis nula para concluir que no todas las alturas de la población son iguales.

Se evaluó la zona 1 (Espaciamiento en plano), el cual se procesaron los cuatro tratamientos de distanciamiento (1.5m x 1.5m; 2.5m x 2.5m; 3m x 3m y 4m x 4m) de cada bloque (I, II, III y IV). Seguido de un análisis de Tukey, para saber que bloques están relacionados con la altura total de la zona 1.

Tabla 3: Cuadro de análisis de la varianza en la zona 1 con respecto a la altura total (HT)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valué
Modelo	621.06	6	103.51	7.17	<0.0001
BLOQUE	368.92	3	122.97	8.52	<0.0001
TRATAMIENTO	203.92	3	67.97	4.71	0.0033
Error	3103.81	215	14.44		
Total	3724.87	221			

Al realizar el cuadro de tukey (Tabla 4), podemos afirmar que los individuos que pertenecen al Bloque III y IV presentan medias similares formando un grupo “A”, los Bloques IV y II presentan medias similares formando un grupo “B” y los Bloques II y I forman un grupo “C”. El bloque IV se encuentra perteneciendo a los grupos A y B, mientras que el bloque II se encuentra en los grupos B y C. Las diferencias entre las medias que comparten una letra no son estadísticamente significativas. Los bloques III y I no comparten una letra, lo que indica que el bloque I posee una media significativamente mayor que el bloque IV.

Tabla 4: Cuadro de Análisis de Tukey en los bloques de la zona 1 con respecto a la altura total (HT).

BLOQUE	Medias	n	E.E.		
III	30.40	71	0.46	A	
IV	31.62	37	0.65	A	B
II	32.83	46	0.57		B C
I	33.59	68	0.48		C

Se desarrolló un gráfico de barras para representar los datos de manera gráfica en donde indica la similitud entre las medias.

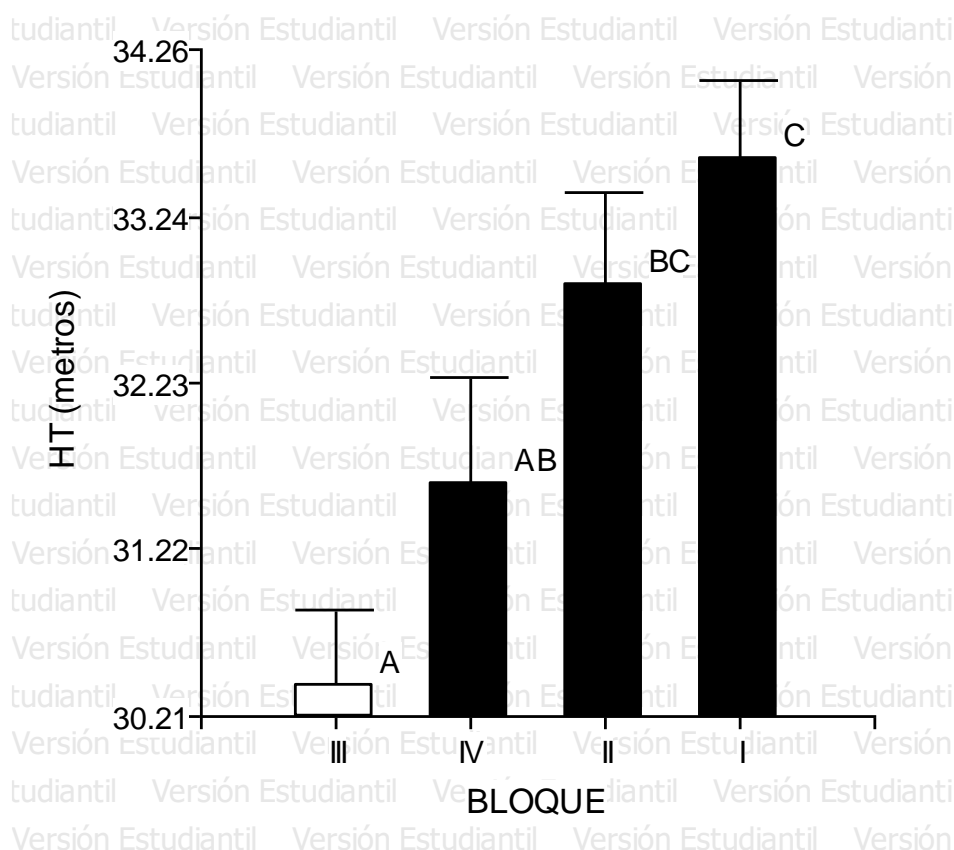


Figura 7: Gráfico de barras entre altura total y los cuatro bloques

La Figura 7 representa gráficamente dos grupos, en el bloque I, II y IV se encuentran los individuos con mayor altura total y en el bloque II los individuos que no han desarrollado de manera significativa la altura total. En el bloque I se encuentra la mayor cantidad de individuos que presentan mayor desarrollo con respecto a su altura total.

Posteriormente, se da otro análisis de Tukey donde todos los tratamientos presentan similitud en medias generando solo un grupo “A” (Tabla 5), para saber que tratamientos presentan mejor relación con la altura.

La estimación de la altura total de un árbol o grupo de árboles es una de las mediciones requeridas para la toma de decisiones sobre el manejo de una plantación y para los trabajos de investigación sobre crecimiento y rendimiento (Arias, 2014).

Tabla 5: Tabla de Análisis de Tukey relacionados con los tratamientos y altura total (HT).

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.		
C	31.40	74	0.46	A	
D	31.66	45	0.58	A	B
A	31.75	32	0.69	A	B
B	33.62	71	0.46		B

Los datos de altura total (representado en metros) mostro que el tratamiento B (2.5x2.5) ha obtenido mejor desarrollo de altura a que los tratamientos A (1.5X2.5), D (4x4) y C (3x3). Existe un efecto del tratamiento de distanciamiento donde el tratamiento C no es muy significativa a comparación del tratamiento B (Grafico 8).

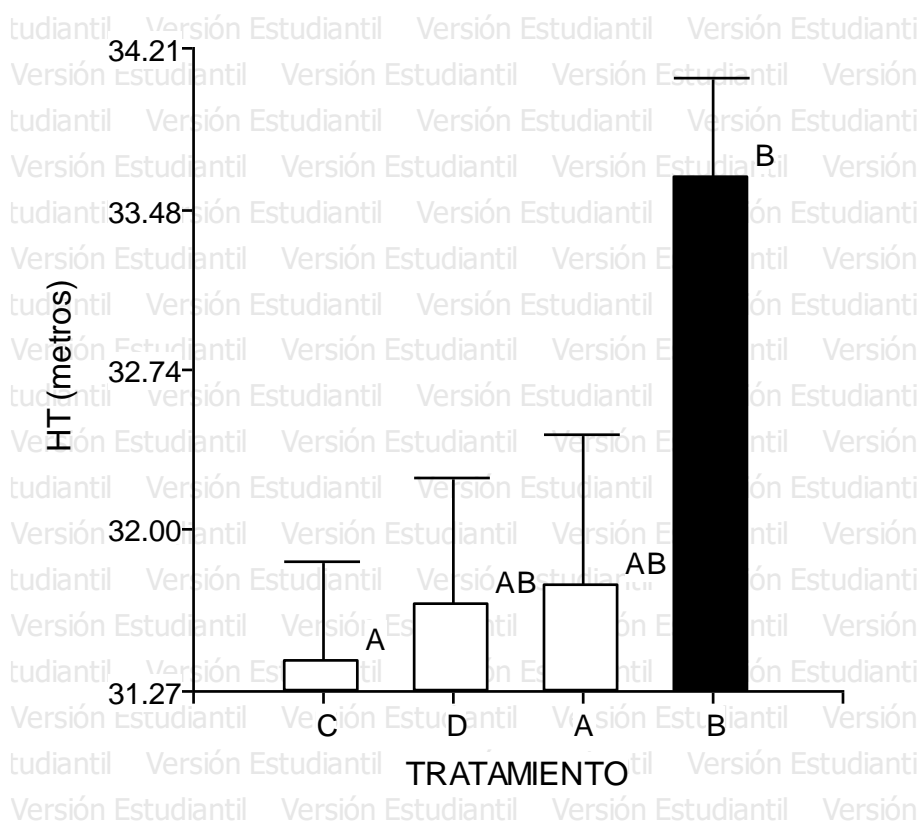


Figura 8: Gráfico de barras entre altura total y los distintos tratamientos de distanciamiento (A: 1.5x1.5; B: 2.5x2.5; C: 3x3 y D: 4x4).

Por otro lado, se realizó otro cuadro de ANOVA donde se muestra la existencia de diferencia significativa en el resultado de diámetro a la altura del pecho (DAP) (Tabla 6), entre los diferentes tratamientos y bloques.

Se evaluó la zona 1 (Espaciamento en plano), el cual se procesaron los cuatro tratamientos de distanciamiento (1.5m x 1.5m; 2.5m x 2.5m; 3m x 3m y 4m x 4m) de cada bloque (I, II, III y IV).

El dato del p-value en bloque y en tratamiento es menor que el nivel de significación ($\alpha = 0.05$), donde las diferencias del diámetro a la altura del pecho son estadísticamente significativas.

Por esta razón, se rechaza la hipótesis nula para concluir que no todos los diámetros a la altura del pecho de la población son iguales.

Tabla 6: Cuadro de análisis de la varianza en la zona 1 con respecto al diámetro de la altura del hombro

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	2173.02	6	362.17	6.97	<0.0001
BLOQUE	1434.26	3	478.09	9.20	<0.0001
TRATAMIENTO	617.33	3	205.78	3.96	0.0089
Error	11175.88	215	51.98		
Total	13348.90	221			

Seguido de un análisis de Tukey para saber que bloques presentan más altura total de la zona 1 (tabla 8). Se formaron dos grupos que diferencia la media del DAP. Los bloques II y III formaron un grupo "A"; por otro lado, los Bloques IV y I formaron un grupo "B". En esta tabla ningún grupo comparte algún grupo. Los bloques III y IV no comparten ninguna letra, esto significa que el bloque IV posee una media significativa mayor que el bloque III.

Tabla 7: Cuadro de análisis de Tukey en los bloques con el diámetro a la altura del pecho (DAP)

BLOQUE	Medias	n	E.E.	
III	23.61	71	0.88	A
II	23.65	46	1.08	A
I	27.84	68	0.92	B
IV	29.96	37	1.23	B

En el gráfico de barra (figura 9) se puede observar que los individuos presentes en los bloques IV y I presentan mejor desarrollo de DAP. En los bloques II y III, los individuos no han desarrollado de manera favorable el DAP. Por otro lado los individuos con máxima expresión se encuentran en el bloque IV.

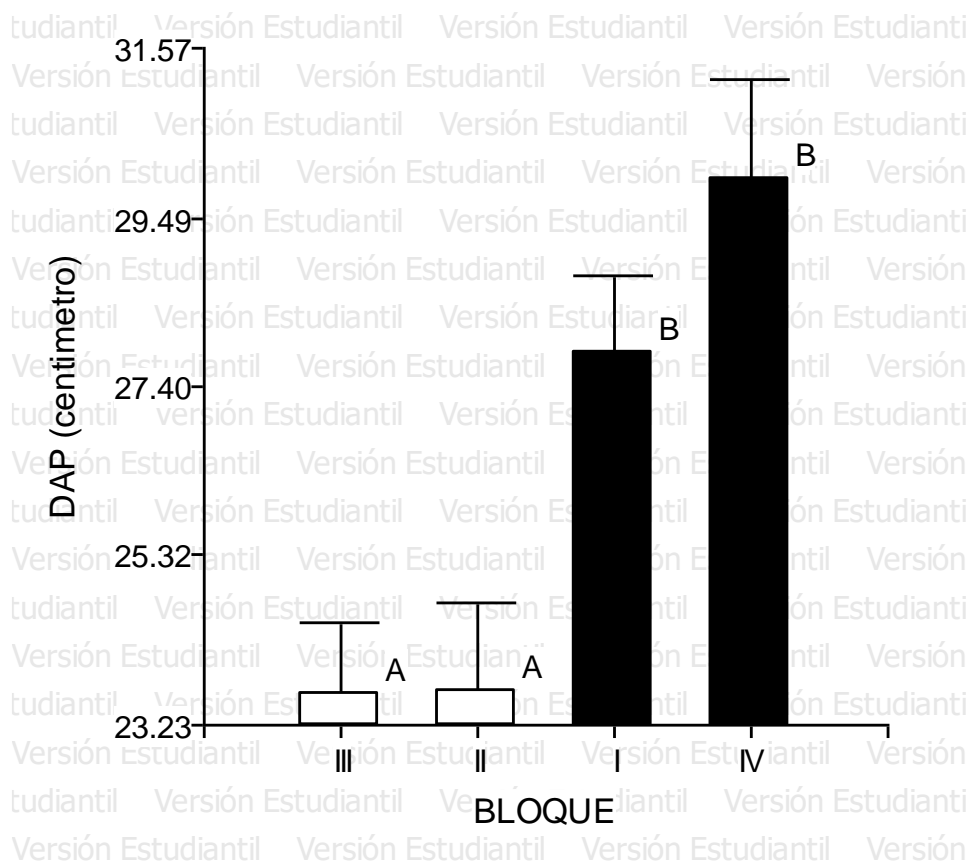


Figura 9: Grafico de barras entre diámetros y los cuatro bloques (I, II, III y IV)

Seguidamente se averiguo que tratamiento desarrollaba mayor DAP y para eso se realizó un análisis entre los tratamientos y bloques para identificar a los individuos y sus respectivos tratamientos de distanciamiento. (tabla 8).

Tabla 8: Cuadro de análisis de Tukey en los tratamientos con el diámetro a la altura del pecho (DAP)

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.	Grupo	Grupo
A	23.78	16	1.79	A	
D	24.95	26	1.41	A	B
B	28.51	63	0.93	A	B
C	29.53	46	1.08		B

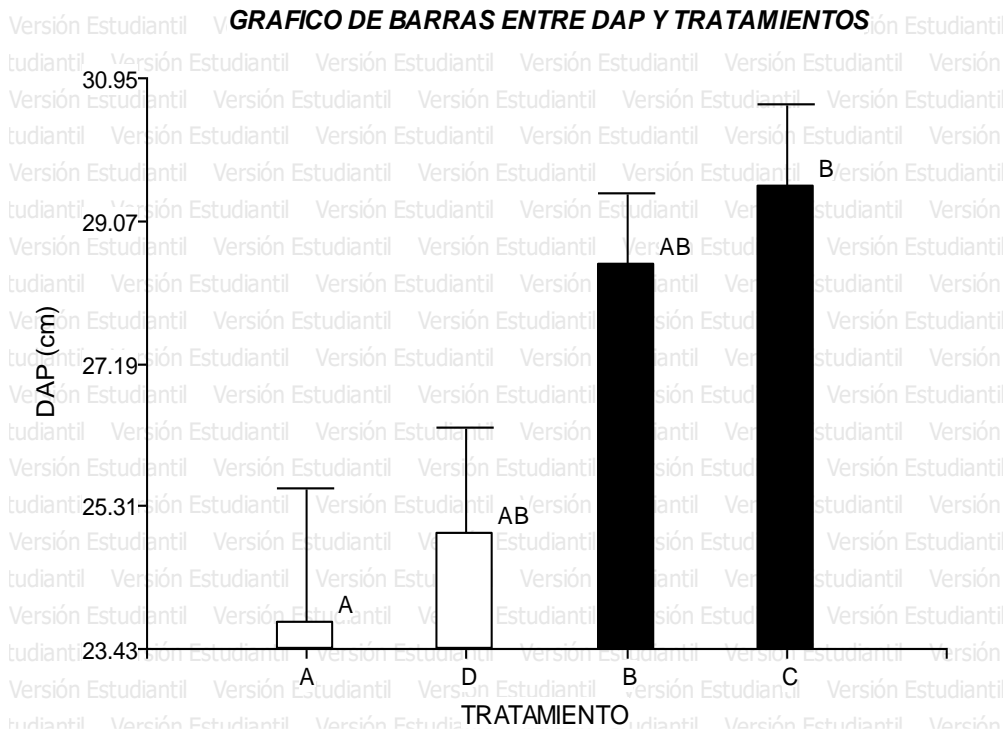


Figura 10: Grafico de barras entre el diámetro a la altura del pecho y los distintos tratamientos de distanciamiento (A: 1.5x1.5; B: 2.5x2.5; C: 3x3 y D: 4x4)

En el grafico los tratamientos C y B reflejan similitud en sus medias por lo tanto presentan mayor medida de diámetro a la altura del pecho (DAP). Posteriormente en los tratamientos A y D los individuos no han desarrollado el DAP. Por esa razón, se procedió a analizar solo los tratamientos B y C (B: 2.5x2.5 y C: 3x3) de todos los bloques (I, II, III y IV). La altura total (HT) es óptima en el tratamiento B, ya que el distanciamiento plantado ha desarrollado de manera óptima a los individuos. Por otro lado va ligado a la vez por el DAP, ya que los tratamientos permiten un mayor crecimiento longitudinal del *E. nitens*.

Seguidamente, se realizó un análisis de componentes principales entre las variables HT, DAP, RF, AR, GR con el número de árbol y bloque que representa el individuo, analizando así los 194 individuos. Se detectaron cinco individuos con mayor puntaje en el cuadrante superior derecho. Se puede apreciar que el ángulo de ramificación y rectitud de fuste tienen una dirección distinta a que la altura total (HT) y diámetro a la altura del pecho (DAP), mientras que el grosor de rama de mantiene entre la rectitud y el ángulo de ramificación. Quedando en el cuadrante derecho superior los mejores árboles que cumplen con los puntajes altos (tabla 1). En la mitad del plano cartesiano margen izquierdo, se encuentran los de menor puntaje (figura 11).

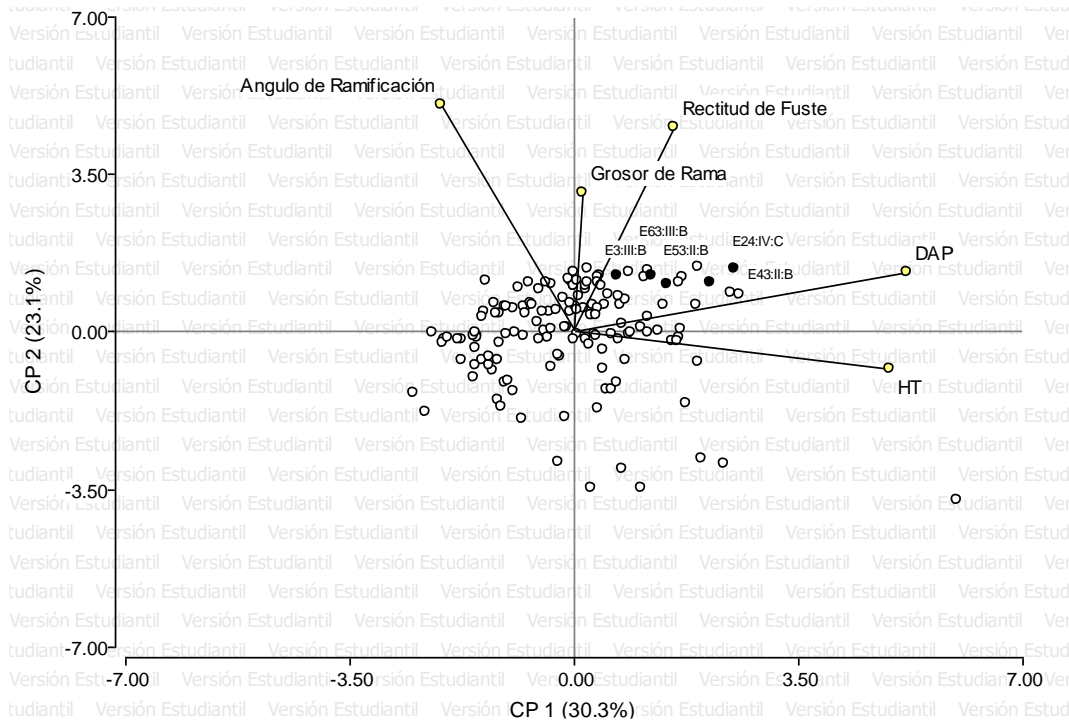


Figura 11: Análisis de componentes principales en los tratamientos B y C

Los puntos de color negro representa a los individuos que obtienen el mayor puntaje por lo tanto, son individuos que presentan características de crecimiento superiores al resto y los de color blanco son los demás individuos. El plano formado por los ejes 1 -2 de tal manera que el primer eje (CP1) absorbe un 30.3% de la varianza total y el segundo eje (CP2) un 23.1%. Lo que hace un total de 53.4%

6.4 Identificación y selección de los árboles plus en la zona 2 – terreno en ladera

En la zona 2 - (terreno en ladera) se encuentran las 4 especies (*E. globulus*, *E. nitens*, *E. maidenii* y *E. viminalis*), cada tratamiento consta de 4 bloques en donde las especies se encuentran plantadas al azar. El bloque II y III se analizó como uno, logrando así distribuir la zona en ladera por 3 estratos o espacios de nivel (estrato alto o colina alta, estrato medio o colina media y estrato bajo o colina baja) (anexo 4). Luego se realizó una tabulación describiendo los límites superiores y límites inferiores de cada especie. Así se generó un cuadro en donde se representan los individuos con límites inferiores “LI” y límites superiores “LS” que representan los rangos de puntajes ubicados en sus respectivos estratos.

Tabla 9: Intervalos de puntajes máximos y mínimos en los individuos pertenecientes a cada estrato

	CANDIDATOS A PLUS			NO PLUS		
	ESTRATOS	LI	LS	ESTRATOS	LI	LS
<i>E. globulus</i>	Superior	19	22	Superior	11	14
	Medio	20	23	Medio	13	16
	Inferior	22	26	Inferior	13	17
<i>E. maidenni</i>	Superior	17	19	Superior	11	13
	Medio	22	26	Medio	11	15
	Inferior	22	25	Inferior	13	16
<i>E. nitens</i>	Superior	20	23	Superior	11	14
	Medio	22	26	Medio	13	17
	Inferior	22	25	Inferior	13	16
<i>E. viminalis</i>	Superior	21	26	Superior	9	14
	Medio	20	23	Medio	11	14
	Inferior	22	25	Inferior	13	16

Los datos se procesaron por ubicación de estrato para cada especie en la zona 2 (terreno en ladera); por ello, se realizaron 2 tipos de gráficos (componentes principales y dendrograma) usando las cinco variables (HT, DAP, rectitud de fuste, ángulo de ramificación y grosor de rama), se tomó de referencia el estado fitosanitario de los individuos para descartar los que estén infectados.

Se empezó a separar las 4 especies y a dividir los análisis en cada estrato para realizar los siguientes cuadros y gráficos. Para así, explicar los puntajes en cada estrato y que individuos tienden a ser plus y no plus.

– *E. globulus* (Identificación de posibles candidatos a plus)

Los individuos de la especie *E. glóbulos*, presentes en el campo experimental consta de 90 individuos, de los cuales 28 individuos se encuentran en la zona alta, 41 individuos se encuentran en la zona media y 21 individuos se encuentran en la zona baja. Por otro lado en el estrato alto o superior se seleccionaron solo 3 individuos por presentar puntajes de acuerdo al rango de árboles superiores, solo 9 individuos se ubicaron en el estrato medio y en el estrato bajo solo 2 individuos (tabla 9).

Tabla 10: Individuos analizados en la especie *E. globulus*

ZONA	NIVEL	ESPECIE	INDIVIDUOS	TOTAL	CANDIDATOS A PLUS (mayor puntaje)
TERRENO	ALTO		28		3
LADERA	MEDIO	<i>E.</i>	41	90	9
ENSAYO POR PROCEDENCIA	BAJO	<i>glóbulus</i>	21		2

Las características son distintas en cada individuo y se necesita variedad de caracteres para poder seguir con más investigaciones posteriores. Por esa razón, no solo se mencionó a un individuo con mayor puntaje, también a los que presentan mejor puntaje. Los individuos se encuentran georeferenciados, calificados y medidos (anexo 4).

A la vez un análisis de componentes principales donde se identifica y se observa la ubicación de los posibles candidatos a plus en los 3 estratos de evaluación. Este tipo de análisis es llamado de agrupamiento en función a los descriptores usados. En el plano cartesiano se observa los vectores que representan a los descriptores, pudiendo observar así en el margen derecho superior los individuos con mayor puntaje.

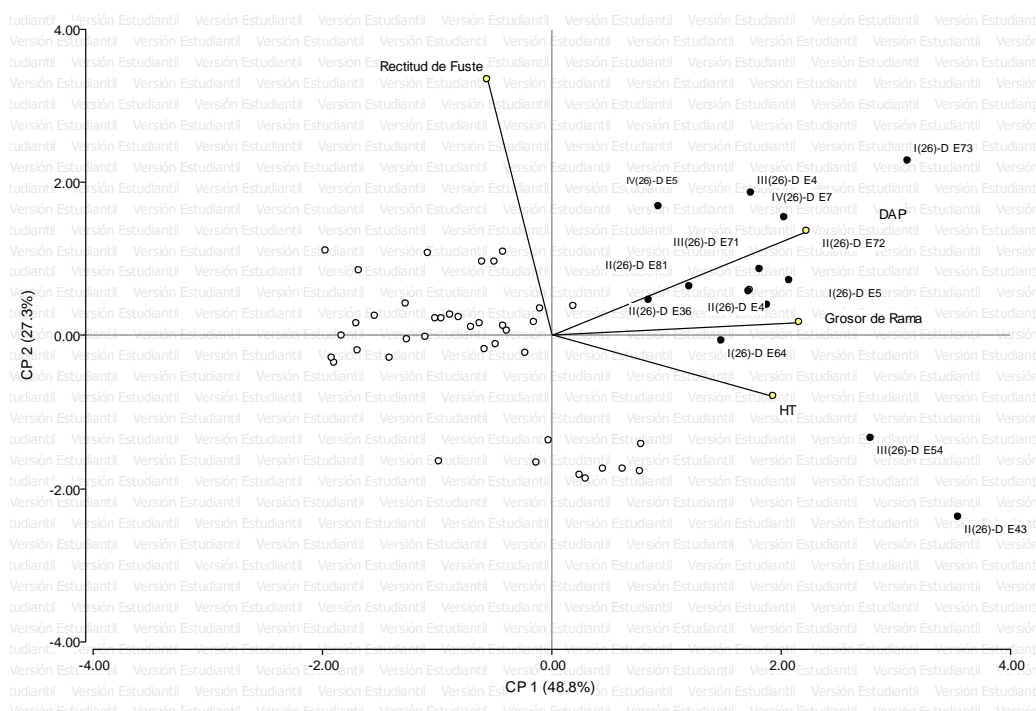


Figura 12: Indicador de individuos con mayor puntaje en *E. globulus*

El gráfico de conglomerados o llamado también Dendrograma se realizó con los mismos descriptores tomados en el gráfico de componentes principales, se puede

observar que algunos de los individuos se agrupan, estos individuos son los candidatos a ser plus. Con este grafico se obtiene una primera visión para más adelante poder realizar un análisis genético. Posiblemente los individuos que forman un grupo o cluster pueden ser duplicados o clones, por lo tanto se puede escoger un solo individuo.

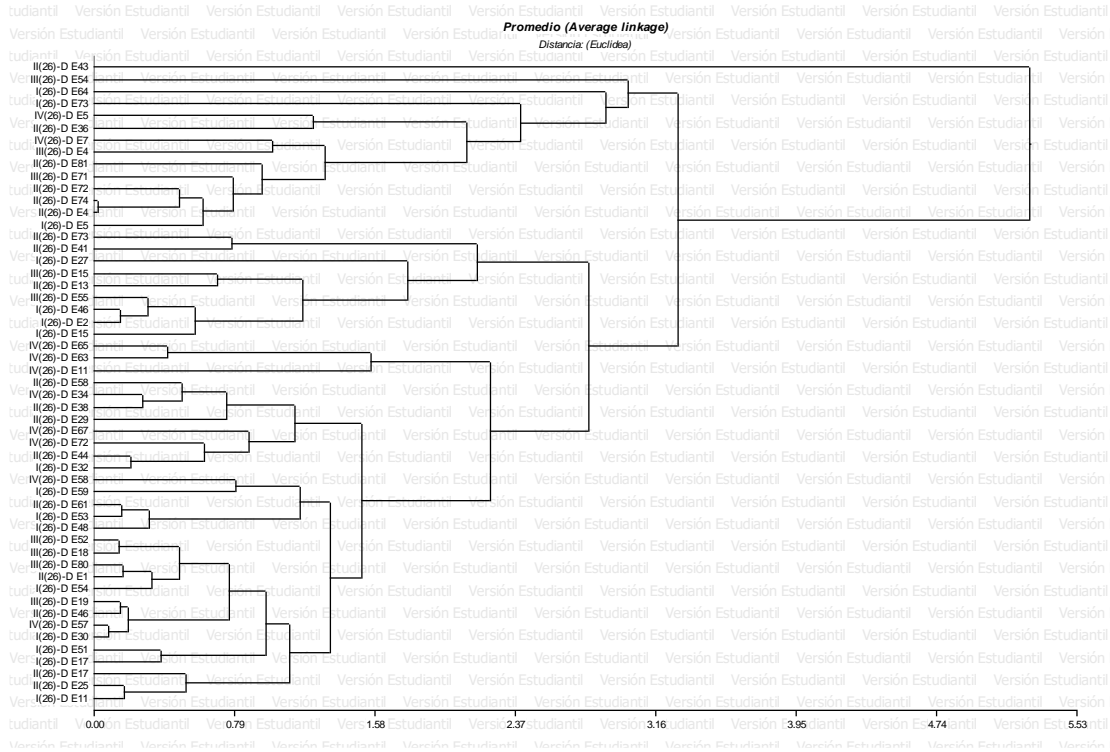


Figura 13: Agrupación de individuos con características similares en la especie *E. globulus*

– *E. maidenii* (Identificación de posibles candidatos a plus)

Los individuos de la especie *E. maidenii* ocupan el estrato medio y bajo, consta de 32 individuos en total, de los cuales 6 individuos se encuentran en la zona alta, 22 individuos se encuentran en la zona media y 4 en la zona baja. (Tabla 11).

Tabla 11: Individuos analizados en la especie *E. maidenii*.

ZONA	NIVEL	ESPECIE	INDIVIDUOS	TOTAL	CANDIDATOS A PLUS (mayor puntaje)
TERRENO LADERA ENSAYO POR PROCEDENCIA	ALTO	<i>E. maidenii</i>	6	32	2
	MEDIO		22		4
	BAJO		4		1

Se realizó el análisis de componentes principales donde se identifica y se observa la ubicación de los posibles candidatos a plus en los 3 estratos de evaluación.

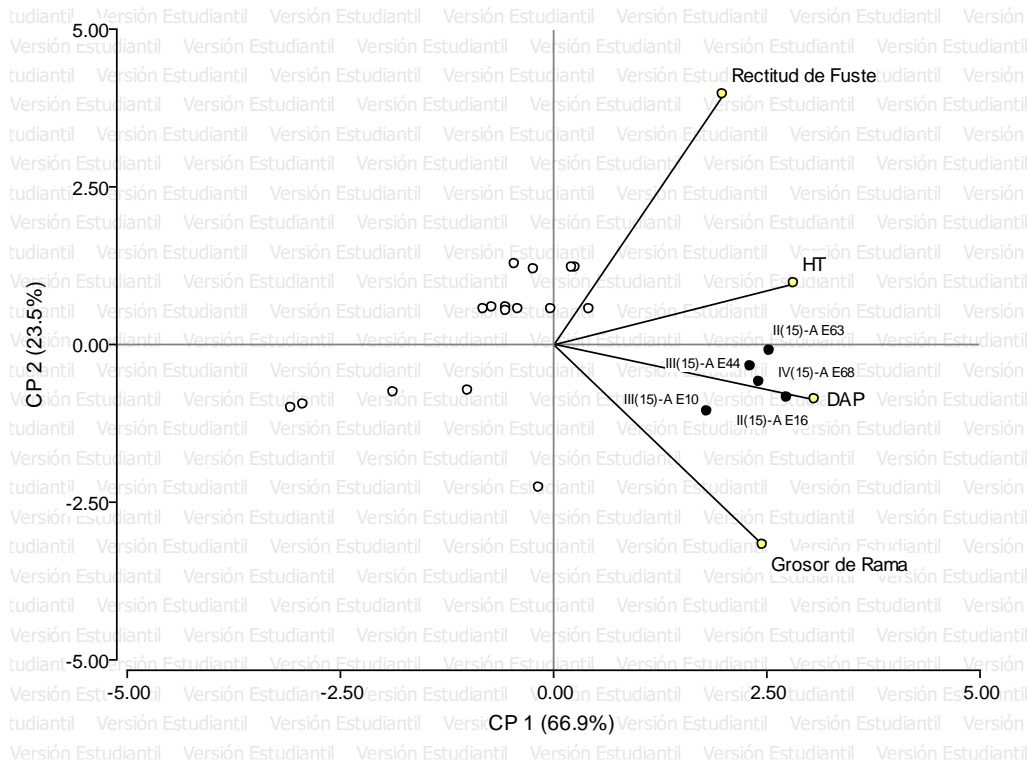


Figura 14: Individuos con mayor puntaje en los 3 estratos E. maidenii

En gráfico de dendrograma se puede observar que algunos de los individuos se agrupan representando varias semejanzas con respecto a los datos evaluados.

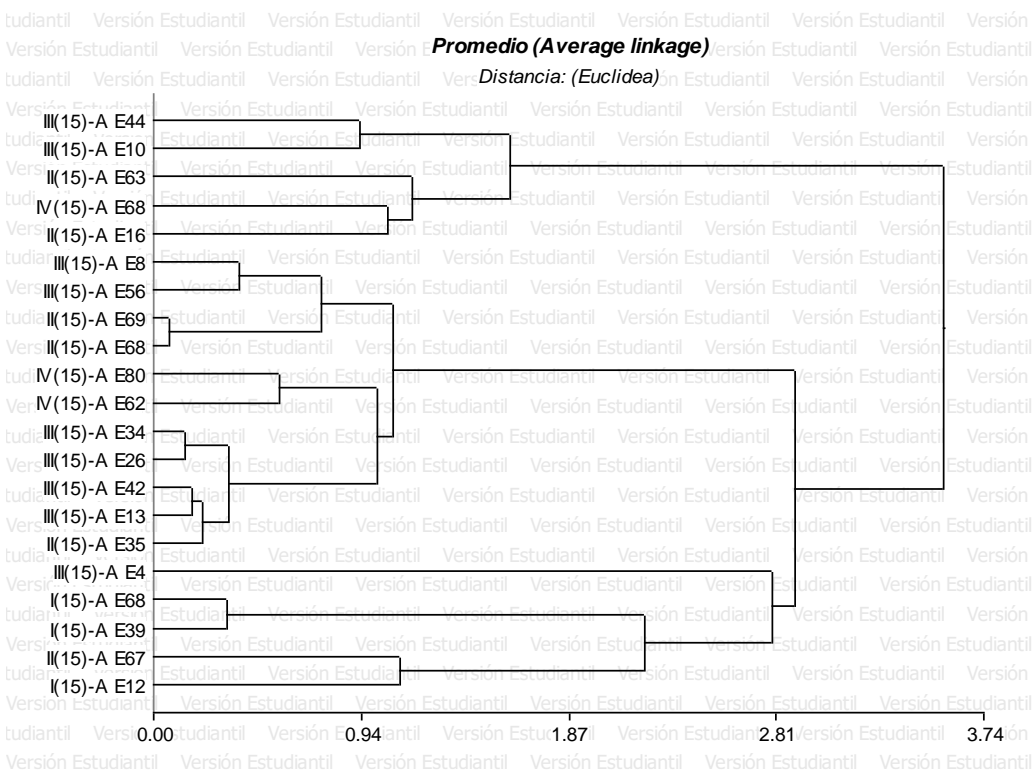


Figura 15: Indicador de individuos con mayor puntaje en los 2 estratos E. maidenii

– *E. nitens* (Identificación de posibles candidatos a plus)

Los individuos de la especie *E. nitens*, presentes en el campo experimental consta de 59 individuos en total, de los cuales 19 individuos se encuentran en la zona alta, 33 individuos se encuentran en la zona media y 7 individuos se encuentran en la zona baja. Por otro lado en el estrato alto o superior se seleccionaron solo 7 individuos por presentar puntajes de acuerdo al rango de árboles superiores, solo 4 individuos se ubicaron en el estrato medio y en el estrato bajo solo 2 individuos (tabla12).

Tabla 12: Individuos analizados para la especie *E. nitens*

ZONA	NIVEL	ESPECIE	INDIVIDUOS	TOTAL	CANDIDATOS A PLUS (mayor puntaje)
TERRENO	ALTO	<i>E. nitens</i>	19	59	7
LADERA	MEDIO		33		4
ENSAYO POR PROCEDENCIA	BAJO		7		2

Se realizó a la vez un análisis de componentes principales donde se identifica y se observa la ubicación de los posibles candidatos a plus.

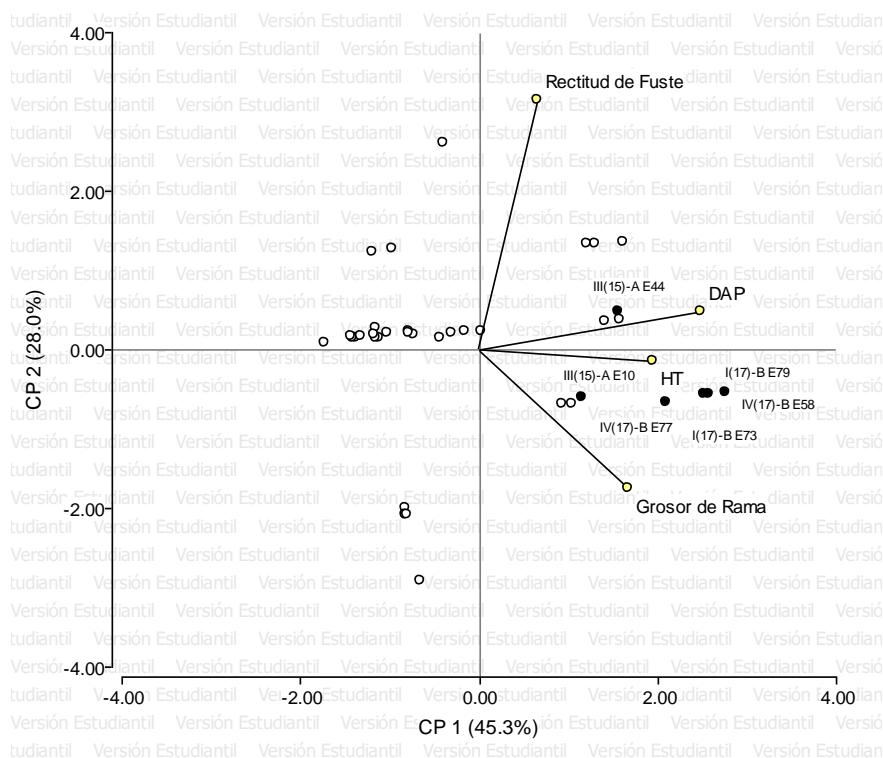


Figura 16: Indicador de individuos con mayor puntaje en los 3 estratos *E. nitens*

En gráfico de dendrograma se puede observar que algunos de los individuos se agrupan.

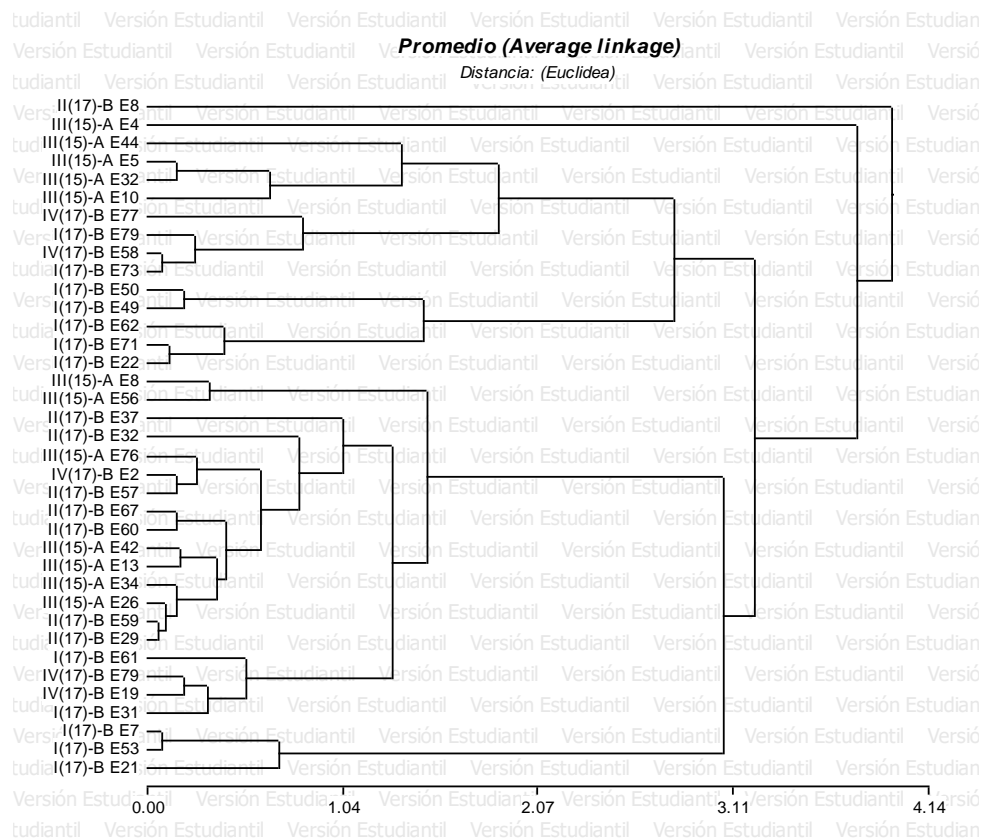


Figura 17: Indicador de individuos con mayor puntaje en los 3 estratos E. nitens

– *E. viminalis* (Identificación de posibles candidatos a plus)

Los individuos de la especie *E. viminalis*, presentes en el campo experimental consta de 53 individuos en total, de los cuales 21 individuos se encuentran en la zona alta, 27 individuos se encuentran en la zona media y 5 individuos se encuentran en la zona baja.

Por otro lado en el estrato alto o superior se seleccionaron solo 4 individuos por presentar puntajes de acuerdo al rango de árboles superiores, solo 4 individuos se ubicaron en el estrato medio y en el estrato bajo solo 2 individuo (Tabla13).

Tabla 13: Individuos analizados para la especie *E. viminalis*

ZONA	NIVEL	ESPECIE	INDIVIDUOS	TOTAL	CANDIDATOS A PLUS (mayor puntaje)
TERRENO LADERA ENSAYO POR PROCEDENCIA	ALTO	<i>E. viminalis</i>	21	53	4
	MEDIO		27		4
	BAJO		5		2

Se realizó a la vez un análisis de componentes principales donde se identifica y se observa la ubicación de los posibles candidatos a plus en los 3 estratos de evaluación.

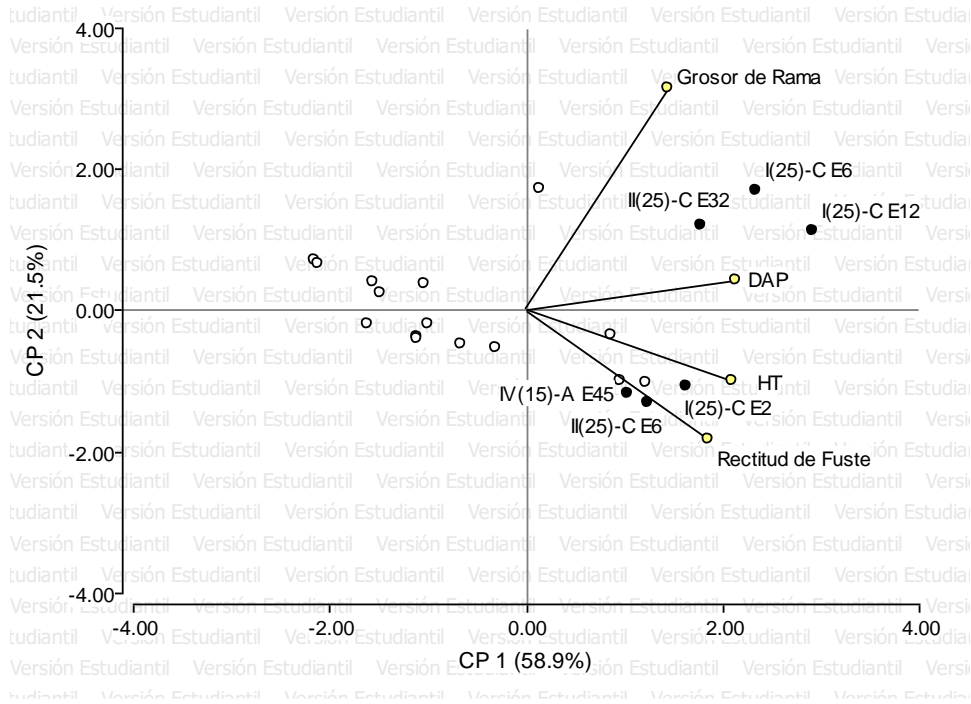


Figura 18: Indicador de individuos con mayor puntaje en los 3 estratos *E. viminalis*

En grafico de dendrograma se puede observar que algunos de los individuos se agrupan.

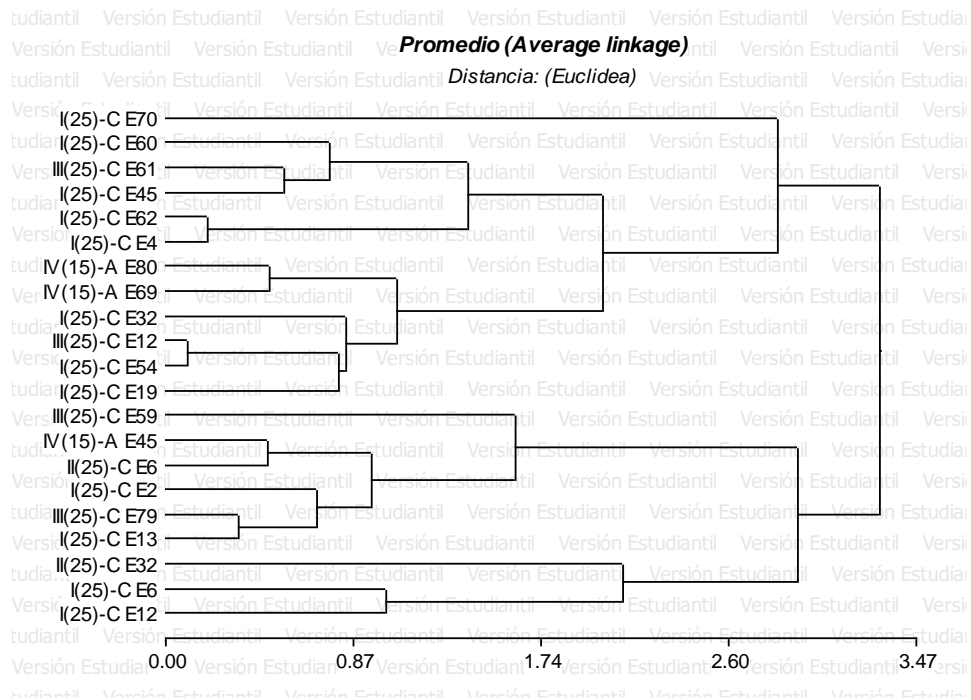


Figura 19: Indicador de individuos con mayor puntaje en los 3 estratos *E. viminalis*

VII. Discusión

La evaluación de las características dasométricas de las cuatro especies forestales *E. globulus*, *E. maidenii*, *E. nitens* y *E. viminalis* ubicados en la localidad de Llaullipata es necesaria, debido a la importancia económica, ecológica y social que presentan. No ha registrado ningún avance científico; ya que, las plantaciones se encuentran a la intemperie sin ningún manejo silvicultura. Como describe (Murillo, Badilla y Obando, 2002) el propósito de introducir especies a un determinado lugar, da lugar al desarrollo de futuros huertos semilleros.

Por otro lado, la manera de evaluar los árboles fueron registrando datos dasométricos (datos cuantitativos) que corresponde a altura total y diámetro a la altura del pecho. También, se registraron los datos fenotípicos (datos cualitativos) ángulo de rama, rectitud de fuste, estado fitosanitario, grosor de rama). De esta forma se llegó a obtener árboles candidatos a plus debido a que en el campo experimental presentaron zonas de recalce. Así mismo, (Ramos y Domínguez, 2016) menciona que reportaron árboles candidatos y no plus debido a que no reportaba cierta información en la zona evaluada.

De acuerdo con Falconer y Mackay (1996), el trabajo de selección fue de manera individual porque se registró cada individuo en un censo tipo inventario forestal. Por otro lado, se evaluó en total 456 árboles en las 2 zonas con diámetros entre 5.8 a 59.1cm. En la especie *E. maidenii* se reportan 7 individuos mejor desarrollos; en la especie *E. nitens* se reportan 13 individuos; en *E. viminalis* se reporta 10 individuos y en *E. globulus* se reporta 13 individuos con características superiores al promedio, estos datos se asemejan a la identificación y Selección de Árboles plus de las especies *Tabebuia donnellsmithii* Rose y *Tabebuia rosea* Bertol en la localidad de Mexico (Meza, 2014).

Para llegar a seleccionar árboles candidatos a plus, se analizaron las características fenotípicas y dasométrica. Así lo menciona (Ramos y Dominguez, 2016) los árboles candidatos a plus son de apariencia sobresaliente (como sanidad y calidad de fuste), de características dasométricas no cuantificadas pero calificadas como altas y/o por encima del promedio poblacional, es decir es aquel que muestra superioridad fenotípica comparada con sus vecinos más cercanos. Los factores que permiten el desarrollo de un programa de mejoramiento forestal a través de árboles plus, son cuantitativos que se pueden medir estadísticamente, pero también hay factores cualitativos (heladas, sequias, temperaturas extremas, inundaciones, incendios, entre otros) que determinan la viabilidad de desarrollo de una especie.

En el presente trabajo se llegó a validar una superioridad fenotípica que es asociada a la calidad del árbol (Berreiro, 2017), de las dos que menciona (Vallejos, Badilla, Picado y Murillo, 2010). Estas variables cualitativas son diámetro de ramas, ángulo de inserción de ramas, rectitud de fuste, grosor de rama, entre otros. De esta manera los 5 árboles de la zona plana y los 43 árboles encontradas en la zona de ladera representan a la lista B. como menciona (Vallejos, 2010)

Estos individuos posee al menos un carácter deseable, que podría ser capturado a través de cruzas controladas en el programa de mejoramiento.

La selección de árboles candidatos a plus mediante la selección fenotípica que se ha realizado en este trabajo corresponde un desarrollo de metodología multivariada ya usada en distintas localidades de carácter forestal en zonas de bosques naturales o plantaciones, por ejemplo para la selección de Caoba en México (Gutiérrez et al., 2016), selección de árboles de Cedro en Ecuador (Salan, 2011), selección de árboles de teca en Colombia, Llanos (2017), selección de palmeras en EE.UU y (Henderson, 2004). Estos estudios nos demuestra el enfoque de importancia al realizar una selección de árboles superiores.

Al momento de comparar el individuo con los vecinos al perímetro, al menos un está muerto y no es posible llegar con exactitud al árbol plus, como mencionan los autores (Vallejos, et al., 2010) por esa razón, solo se han encontrado individuos candidatos a ser arboles plus.

Ramos (2016) en su estudio menciona que un árbol plus de determina por la ganancia genética esperada, su superioridad en volumen y calidad definición según, Vallejos et al., (2010). Por lo tanto, según la metodología de selección aplicada, los árboles seleccionados para el programa solo son candidatos a árbol plus hasta validar sus características mediante ensayos de progenie y/o ensayos clónales.

VIII. Conclusiones

En la plantación forestal del género *Eucalyptus* de 35 años de edad establecido en el fundo privado Llaullipata en el departamento de Cuzco con una altitud de 3630 m s.n.m se encontró individuos con mejor carácter fenotípico, identificando 7 individuos de *E. maidenii*, 13 individuos de *E. nitens*, 10 individuos de *E. viminalis* y 13 individuos de *E. globulus*.

De acuerdo a los resultados del PCA las características que contribuyeron a la separación fueron mayor puntaje en altura total, diámetro a la altura del pecho, rectitud de fuste, ángulo de rama y grosor de rama.

Se concluyó que el mejor distanciamiento en la zona 1 (terreno plano) para la especie *E. nitens* va desde un espaciamiento de 2.5 x 2.5 metros a 3 x 3 metros, Así se obtendrá un mayor desarrollo de altura y DAP.

La especie que presenta más individuos en la zona de altura es la especie *E. globulus*, con 90 individuos vivos seguido de *E. nitens* con 59 individuos vivos, seguido de *E. viminalis* con 53 y finalmente con *E. maidenii* con 32 individuos que sobrevivieron a distintos cambios climáticos.

Se seleccionó más de un individuo para obtener material con variabilidad genética, al tener más individuos con características superiores, los individuos no solo mantendrán una sola carga genética, sino varias y eso generaría un mejor desarrollo.

IX. Recomendaciones

Cuando se determinen los factores que permite el desarrollo de un programa de mejoramiento forestal a través de árboles plus, considerar el registro de la respuesta positiva de las especies a factores cualitativos (heladas, sequías, temperaturas extremas, inundaciones, incendios, entre otros) que determinan la viabilidad de desarrollo de una especie.

Conocer las propiedades físicas del suelo en los sitios de cada zona experimental, generaría mayor información; ya que, se conocería una estrecha relación entre la naturaleza textural de los suelos y sus propiedades físicas (Ingelmo y Cuadrado, 1986).

Este trabajo debe emplearse posteriormente en un programa de mejoramiento genético ya sea en el sector privado y público en el Perú, realizándose la aplicación de metodologías de comparación y valoración de cada individuo como lo menciona Meza (2014). La selección de estos árboles candidatos a plus podría ser una propuesta ante el Instituto de Innovación Agrario – INIA como unidades productoras de germoplasma forestal.

Por otro lado, se puede impulsar en dar prioridad a las plantaciones forestales, al degenerarse los bosques naturales por la tala ilegal y extracción de recursos naturales, la fauna se ve afectada al igual que los pobladores nativos y campesinos. Las plantaciones pueden brindar servicios en los ámbitos sociales, ecológicos y económicos.

Se recomienda monitorear y evaluar periódicamente el crecimiento y desarrollo de los árboles seleccionados en las plantaciones de Llaullipata, de la misma manera comparar y validar los resultados con otras plantaciones existentes en la provincia de Cuzco.

Finalmente, se recomienda realizar pruebas de distanciamiento con las especies *E. maidenni*, *E. viminalis* y *E. globulus* para determinar el mejor distanciamiento entre árboles para que desarrolle de manera óptima la altura y diámetro para evitar conflicto radicular y sea fundamental para un posterior aprovechamiento.

X. Referencias bibliográficas

Arias, 2014. Estudio de las relaciones altura-diámetro para seis especies maderables utilizadas en programas de reforestación en la Zona Sur de Costa Rica. Kurú: Revista Forestal (Costa Rica) 1(2), 2004.

Berreiro, P. (2017). *Caracterización fenotípica de la población de teca (tectona grandis linn. f.) existente en la estación experimental tropical pichilingue-iniap, provincia de los rios*. Tesis para optar el grado de Ingeniero Forestal. Escuela superior politécnica de Chimborazo facultad de recursos naturales, Ecuador. (Disponible en: <http://dspace.esepoch.edu.ec/bitstream/123456789/6583/1/33T0163-.pdf>).

Balzarini, M., Casanoves, F., Di Rienzo, J. A., González, I. A., Robledo, C. W., & Tablada, M. E. (2001). Software estadístico INFostat. Manual de usuario, Versión 1. Córdoba. Argentina.

Barros, S., Gutierrez, B., & Ipinza, C. (2015). Conservación de Recursos Genéticos Forestales Principios y Practicas. (Recuperado de: <http://biblioteca.infor.cl/Data-Files/31363.pdf>).

Boland J., Brooker, H., Chippendale M., Hall N., Hyland M., Johnston, R. & Turner D. 2006. Forest trees of Australia. CSIRO publishing.

Carrera, 1996. Guía para la planificación de inventarios Forestales en la zona de usos múltiples de la reserva de la Biosfera Maya, Peten, Guatemala.

Balzarini, M., Bruno, C., Cordoba, M. y Teich, I. (2015). Herramientas en el Análisis Estadístico Multivariado. Escuela Virtual Internacional (CAVILA). Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. (Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/286931204_Herramientas_en_el_Analisis_Estadistico_Multivariado).

Contreras O. 2007. Análisis de Curvas de índice de sitio/altura dominante para un bosque siempreverde de *Nothofagus dombeyi* (Mirb.), en Valle Mirta, XI Región de Aysén del General Carlos Ibáñez del Campo.

Clutter J; et al. (1983). A quantitative approach. Timber Management New York. 333p.

Cronquist A. 1981. An integrated system of classification of flowering plants. Columbia University Press. New York. 1262p

Cuadras, C. M. (2004). Análisis multivariante. (Disponible en: <http://www.ub.es/stat/personal/cuadras/cuad.html>).

I.

Cuellar J., Ugarte J., Vilcapoma E. (2016). Las Semillas Forestales en el Perú; Desafíos y Oportunidades. Instituto Nacional de Innovación Agraria INIA. Lima Perú. 76 p. (Disponible en: <http://repositorio.inia.gob.pe/handle/inia/734>).

Eresue, M., Gastellu, J.M., Malpartida, E., & Poupon, H. (1990). Agricultura Andina: unidad y sistema de producción. (Sitio Web disponible en: http://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/pleins_textes_7/b_fdi_03-01/31596.pdf).

Falconer, D. and Mackay, T. 1996. Introduction to quantitative genetics, 4th Edition. Longman. London and New York. 464 p.

FAO. (2009). Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. La agricultura mundial en la perspectiva del año 2050. (Sitio Web disponible: http://www.fao.org/fileadmin/templates/wsfs/docs/Issues_papers/Issues_papers_SP/La_agricultura_mundial.pdf).

FAO. (2014). Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. The estate of the world's forest genetic resources. Commission on Genetic Resources for Food and Agriculture. (Sitio Web disponible en: <http://www.fao.org/3/a-i3825e.pdf>).

Fernandez, A. (2008). *Estudio de pre factibilidad para la producción y comercialización de papel a partir de eucalipto*. Tesis para obtener el grado de Ingeniero Industrial. Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima. (Disponible en: http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/123456789/1029/FERNANDEZ_EGUSQUIZA_ALEXANDER_PRODUCCION_PAPEL_EUCALIPTO.pdf?sequence=1).

Gestión. (Diario). (2018). Perú tiene el compromiso de restaurar 3.2 millones de hectáreas degradadas. (Disponible en; <https://gestion.pe/economia/peru-compromiso-restaurar-3-2-millones-hectareas-degradadas-232475>).

Gutiérrez, 2014. Análisis de componentes principales en la estimulación de índices de empoderamiento en mujeres de Colombia. Departamento de estadística e investigación operativa. Universidad de Granada. Investigación para obtener grado de Master. (Disponible en: <http://masteres.ugr.es/moea/pages/tfm1314/tfmpenamendez/>).

Harrand, L., Oberschelp, J., Inta E., & Ríos E. (2006). Oportunidades y limitaciones en el mejoramiento genético de *Eucalyptus grandis* para usos sólidos. XXI Jornadas Forestales de Entre Ríos.

Herrera, C. (2016). *Evaluación de fuentes semilleras de especies forestales nativas, como apoyo a programas y políticas de reforestación de la provincia de Loja*. Tesis de postgrado previa a la obtención del título de magister en desarrollo rural. Universidad nacional de Loja, Ecuador. (Disponible en: <http://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/9919/1/TESIS%20FINAL%20Clemencia.pdf>).

INFOR. (1997). Instituto Forestal de Chile. Ciencia e investigación Forestal. Vol. 11 N° 1 y 2. (Disponible en: https://www.infor.cl/cifor/pdf/cifor11_1/CIFOR11_1_1997.pdf).

Ingelmo, F. y Cuadrado S. (1986). El agua y el medio físico del suelo. Temas monográficos. Centro de Edafología y Biología Aplicada (C.S.I.C.) Salamanca, España. 101 pp.

Ipinza, R., Gutiérrez, B., & Emhart, V. (1998). Mejora Genética Forestal Operativa. Valdivia, Chile. Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Forestales. (Sitio Web disponible en: https://www.researchgate.net/profile/Roberto_Ipinza2/publication/253340301_Curso_Mejora_Genetica_Forestal_Operativa/links/02e7e51f8aae3df7b8000000/Curso-Mejora-Genetica-Forestal-Operativa.pdf).

García, V. 2011. Modelización del crecimiento y la producción de plantaciones de Eucalyptus globulus Labill. En el Noroeste de España. Departamento de Ingeniería Agroforestal. Investigación e tesis para obtener el grado Doctoral.

Gutiérrez, B., Cornejo, E., Rodríguez, B., López, J., Gutiérrez, M., Gómez, M. & Flores, A. (2016). Selección de árboles sobresalientes de caoba (*Swietenia macrophylla* King.) en un rodal natural mediante métodos multivariados. *Revista mexicana de ciencias forestales*, 7(37), 51-63. (Disponible en <http://www.scielo.org.mx/pdf/remcf/v7n37/2007-1132-remcf-7-37-00051-en.pdf>).

Henderson, A. J. (2004). A multivariate analysis of Hyospathe (Palmae). *American Journal of Botany*, 91(6), 953-965. (Disponible en: <https://bsapubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.3732/-ajb.91.6.953>).

Jara, L. (1998). Selección y manejo de fuentes semilleros en América Central y República Dominicana. Serie técnica – reuniones técnicas / CATIE N°3, pag: 32. CATIE, Costa Rica. (Disponible en: <https://books.google.com.-pe/books?id=M8c-G5GfGe54C&pg=PA32&lpg=PA32&dq=plantaciones+con+una+sola+especie+es+posible+lograr+ganancias+en+adaptabilidad&source=bl&ots=aR8JCLCfOq&sig=ACfU3U19u3C8CuGzcaQS4vtuFI4mQF0diA&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwittvzDp8Tg-AhWmT98KHbVQAfQQ6AEwAHoECAo-QAQ#v=onepage&q=plantaciones%20con%20una%20sola%20especie%20es%20posible%20lograr%20ganancias%20en%20adaptabilidad&f=false>).

Kometter, (2005). Manual de Censos Forestales 14 jun 2017. (Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/317017325_MANUAL_DE_CENSO_FORESTAL).

Llanos, L. (2017). *Selección de progenies superiores de tectona grandis LF en el norte del Tolima*. Título para optar el grado de Ingeniero Forestal. Universidad del Tolima facultad de ingeniería forestal ingeniería forestal, Colombia.

López, 2010. Scollo, Domesticación y cultivo del eucalipto. Boletín Informativo CIDEU, (8), 83-95.

Mallen, C. (2014). Recursos Genéticos Forestales. Revista Mexicana de Ciencias Forestales. vol.5 no.22 México. (Disponible en: <https://cienciasforestales.inifap.gob.-mx/editorial/index.php/forestales/issue/view/26>).

Meza S. (2014). *Identificación y Selección de Árboles plus de las especies Tabebuia donnell-smithii Rose y Tabebuia rosea Bertol en el Soconusco, Chiapas, Mexico*. Tesis para obtener el grado de master en Ciencias en Recursos Naturales y Desarrollo Rural. Colegio de la Frontera Sur, México. (Disponible en: <http://bibliotecasibe.ecosur.mx/sibe/book/000053942>).

Moreira Q., (2011). Uso de antraquinona en cocción kraft de Eucalyptus globulus y Eucalyptus nitens (Doctoral dissertation, Universidade Federal de Viçosa).

Muñoz, S. (2005). Evaluación de prácticas silvícolas en plantaciones de Eucalyptus nitens (Deane & Maiden) Maiden en Chile. Universidad de Córdoba, Departamento de Ingeniería Forestal.

Murillo, Badilla y Obando, (2002). Estrategia de mejoramiento genético de Eucalyptus globulus en Costa Rica. Tecnología en Marcha. Vol. 15 N° 4. 2002.

Osorio S., Zúñiga E., Cuero R., y Peña A. (2011). Evaluación de tecnologías para la recuperación de suelos degradados por salinidad. Revista Facultad Nacional de Agronomía, Medellín, 64(1), 5769-5779.

Paredes, A., y Peñafiel, J. (2014). *Análisis de factibilidad para la producción de aceite esencial de eucalipto en el departamento de Arequipa y su exportación al mercado canadiense, 2014 – 2018*. Tesis para obtener el grado de Ingeniero Comercial. Universidad Católica de Santa María, Arequipa. (Disponible en: <https://tesis.ucsm.edu.pe/repositorio/handle/UCSM/2043>).

Pérez, C., Frangi, J., Goya, J., Luy, A., & Arturi, M. (2013). Contenido de nutrientes en las raíces finas y el mantillo de rodales de Eucalyptus grandis de diferente edad en la Mesopotamia Argentina. Bosque (Valdivia), 34(3), 303-310.

Prodan M., R. Peters, F. Cox y P. Real (1997) Mensura Forestal. Serie Investigación y Educación en Desarrollo Sostenible. Proyecto IICA/GTZ Sobre Agricultura, Recursos Naturales y Desarrollo Sostenible. San José, Costa Rica. 561 p.

Quédraogo, A. (1997). La conservación y utilización de los recursos genéticos forestales. In Memoria especial presentada al XI Congreso Forestal Mundial (pp. 13-22).

Ramos, E., y Torrejón, D. (2016). Selección de árboles de Bolaina Blanca (*Guazuma crinita* Mart.) como candidatos a árboles " Plus" para ensayos de rejuvenecimiento y brotación. *Ecología Aplicada*, 15(2), 115-123. (Disponible en: DOI <http://dx.doi.org/10.21704/rea.v15i2.751>).

Ramos, A., y Torrejón, G. (2016). Selección de árboles de Bolaina Blanca (*Guazuma crinita* Mart.) como candidatos a árboles " Plus" para ensayos de rejuvenecimiento y brotación. *Ecología Aplicada*, 15(2), 115-123.

Roulund, H., y Olesen, K. (1992). Árbol de mejora en la familia y nivel individual. Nota conferencia D-4. Danida Semilla Centro del Bosque, Humlebaek, Dinamarca. (Disponible en: <https://curis.ku.dk/ws/files/20684855/d4.pdf>).

Salán I. (2011). *Inventariación y Selección de Árboles de Cedro, con características semilleras en los sectores: El 51, El Pindo y El Mirador de los cantones de la provincia de Pastaza*. Tesis para obtener el grado de Ingeniero. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Ecuador. (Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/778/1/33T0083.pdf>).

SENAMHI 2012. "Caracterización agroclimática de la región Cusco". Serie de investigación regional # 11. Programa de Adaptación al Cambio Climático PACC - Perú. (Disponible en: <http://www.paccperu.org.pe/publicaciones/pdf/53.pdf>).

Scabuzzo, C. (2016). Cuando los humanos dominamos a las plantas. (Sitio Web disponible en: <https://laterminalrosario.wordpress.com/2016/02/01/cuando-los-humanos-dominamos-a-las-plantas/>).

Silva, C. (2012). Evaluación de los ensayos de Introducción de especies forestales y de Mejoramiento genético en el Departamento de Cajamarca. Tesis para optar el grado de ingeniero forestal. Universidad Agraria La Molina, en la rama de ciencias forestales, Lima. (Disponible en: <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/1686/F30.S55-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>).

Sotelo, M., & Monza, J. (2007). Micropropagation of *Eucalyptus maidenii* elite trees. *Agrociencia*, 11(1), 81-89.

Suárez, G. (2001). I Congreso Nacional del Eucalipto. Pre Prensa, Impresión ALTEC S.R.L. 21-22. Huancayo, Perú.

Trigueros, Villavicencio y Santiago, 2014. Mortalidad y reclutamiento de árboles en un bosque templado de pino-encino en Jalisco. Rev. mexicana de ciencias forestales Vol.5 N°.24. México jul. /ago. 2014. (Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S200711322014000400013).

Torres Z., Utani S. & Zaga H. (2012). Instalación de una planta procesadora para la producción y comercialización de papel a partir de eucalipto en Apurímac. Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurimac.

Vallejos, J., Badilla, Y., Picado, F. & Murillo, O. (2010). Metodología para la selección e incorporación de árboles plus en programas de mejoramiento genético forestal. Agronomía Costarricense 34(1): 105-119. (Disponible en: http://www.mag.go.cr/rev_agr/v34n01_105.pdf).

Zobel, B., Talbert, J. (1988). Técnicas de mejoramiento genético de árboles forestales. Ed, Limusa, Mexico. 545p.

Zubieta, A. (2015). *Evaluación de la eficacia de los extractos naturales de Eucaliptus globulus y Platycladus orientalis como repelente natural contra mosquitos adultos de la especie Aedes aegypti*. Tesis para optar el grado de Tecnólogo en saneamiento ambiental. Universidad Distrital Francisco Jose de Caldas, Bogota. (Disponible en: <http://repository.udistrital.edu.co/bitstream/11349/4712/1/Zubieta-GiraldoAngelicaLize205.pdf>).

XI. Abreviaturas

HT:	Altura total
DAP:	Diámetro a la altura del hombro
AR:	Ángulo de rama
RF:	Rectitud de fuste
GR:	grosor de rama
RGF:	Recursos genéticos forestales
FAO:	Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación
MINAM:	Ministerio de ambiente
INIA:	Instituto de Innovación Agraria
MINAGRI:	Ministerio de agricultura y riego
SERFOR:	El Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre
INIFAP:	Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias
INFOR:	Instituto Forestal de Chile

XII. Anexos

Anexo 1: Matriz del trabajo

AUTOR: Iván Alexis Farroñan Espinoza				
PROBLEMA	OBJETIVOS	VARIABLE, DIMENSIONES E INDICADORES		
Problema principal: Limitado programa para la identificación de árboles plus en una especie forestal del genero Eucalyptus.	Objetivo general: Evaluación fenotípica de árboles en una plantación del género Eucalyptus en el fundo de Llaullipata en el departamento de Cusco.	Variable: Plantaciones del género Eucalyptus.		
Problemas específicos: Saber cuáles son las características dasométricas de los árboles candidatos. Saber cuáles son los parámetros fenotípicos de los árboles candidatos. Desconocimiento de la calidad de sitio en una plantación de árboles candidatos.	Objetivos específicos: Evaluar las características dasométricas de los posibles árboles semilleros. Evaluar parámetros fenotípicos de los árboles candidatos.	Dimensiones	Indicadores	Escala de medición
		Incremento de biomasa	Altura total. Altura comercial. DAP.	Metros
		Forma del árbol	Rectitud de fuste. Ángulo de ramificación. Grosor de ramas. Bifurcación.	Cualitativa

Anexo 2: Formato para evaluación de plantación forestal

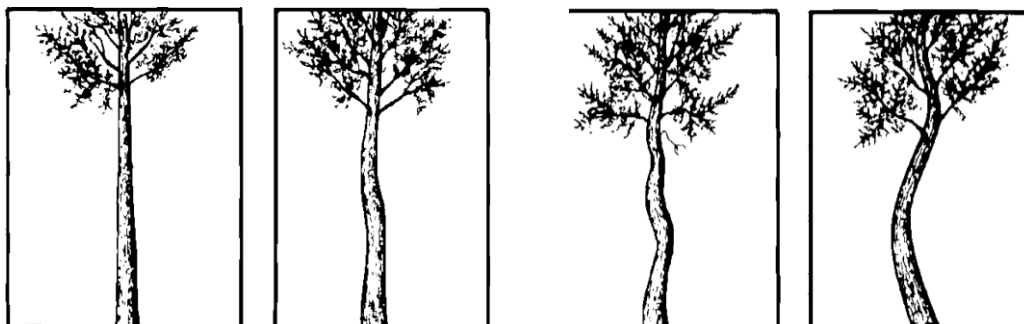
ID Region:		Caserío:				
Coord:		Error:		Altitud:		
Responsable:						
Propietario Fundo:					Fecha:	
Edad:		Área:		Bloque:		Parcela:
Hora de inicio y finalización:			Inclinación de la parcela (%):			

N° de árbol	Altura (m)		DAP (cm)	UTM	Rectitud de Fuste	Angulo de Ramificación	Grosor de Rama	Bifurcación	Orificios en la Rama	Trozos Aprovechados	Estado Fitosanitario	Observaciones
	HT	HC										

	Descripción	Valores
RF	Rectitud del Fuste	1: recto - 2: ligeramente torcido - 3: torcido - 4: muy torcido
AR	Angulo de Ramificación	1: recto - 2: normal - 3: agudo
GR	Grosor de Rama	1: delgado - 2: mediano - 3: grueso
B	Bifurcación	0: ausencia - 1: presencia
GI	Inserción de Granos (orificios en rama)	1: recto - 2: helicoidal - 3: mixto
TA	Cantidad de Trozas Aprovechadas x cada 10 pies	1: 3.05m - 2: 6.1m - 3: 9.1m - 4: 12.2m
EF	Estado Fitosanitario	0: Ausencia - 1: presencia

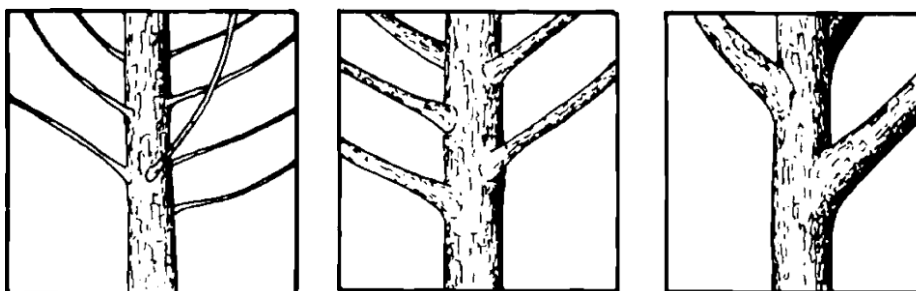
Anexo 3: Rasgos morfológicos utilizados en la selección de árboles semilleros

Forma del fuste



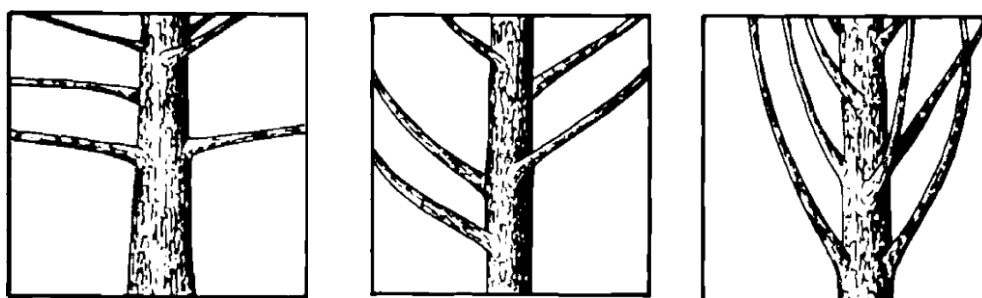
1. Recto 2. Ligeramente recto 3. Torcido 4. Muy torcido

Grosor de ramas



1. Delgada 2. Mediana 3. Gruesa

Angulo de ramas



1. Recto 2. Normal 3. Agudo

Bifurcaciones

Grano en espiral



Leyenda



Rectitud del fuste:

- 1- Fuste recto,
- 2- Ligeramente torcido: Árboles con ligeras desviaciones causadas por curvatura basal, sinuosidad, curvatura o torceduras. Estos árboles podrían quedar como remanentes después de un raleo selectivo inicial, para ser eliminados en los raleos de refinamiento.
- 3- Torcido: Árboles que manifiestan en manera más severa los defectos mencionados en la categoría 2. La falta de rectitud en estos fustes justifica su extracción desde el primer raleo.
- 4- Muy torcido: Árboles que presentan severas torceduras repetidas o combinación de los otros defectos mencionados, deben desaparecer en el primer aclareo.

Grosor de ramas (a partir de la copa viva):

- 1- Ramas delgadas: Menos de 1/4 del grosor del fuste en el punto de inserción
- 2- Ramas medianas: Entre 1/4 y 1/2 del grosor del fuste en el punto de inserción
- 3- Ramas gruesas: Más de la mitad del grosor del fuste en el punto de inserción

Angulo de inserción de ramas (a partir de la copa viva):

- 1- Recto Salida de las ramas más o menos horizontal, formando un ángulo recto o casi recto con respecto al fuste.
- 2- Normal Angulo de salida ligeramente inclinado, menos de 30 grados.
- 3- Agudo Angulo de salida agudo y fuertemente ascendente.

Bifurcaciones: Presencia o ausencia. Se elimina cualquier árbol bifurcado.

Grano espiral: Presencia o ausencia. Se elimina el que tenga grano en espiral.

Con base en las categorías anteriormente definidas para los cinco rasgos morfológicos en estudio, resultan un total de 144 posibles combinaciones de rasgos. El manejo de tal cantidad de tipos de árbol no es práctico y, por lo tanto es preciso clasificar estas combinaciones observadas según su importancia con respecto a los propósitos de producción.

Anexo 4: Ubicación del campo experimental y parcelas

