



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

EVALUACIÓN DE LA PLANTACIÓN DE *Eucalyptus globulus* Labill (EUCALIPTO) CON FINES DE MANEJO EN LA HACIENDA TUNSHI-ESPOCH

AUTOR: MIGUEL ANGEL GUALLPA CALVA

Proyecto de investigación presentado ante el Instituto de Posgrado y Educación Continua de la ESPOCH, como requisito parcial para la obtención del grado de **MAGÍSTER EN FORMULACIÓN, EVALUACIÓN Y GERENCIA DE PROYECTOS PARA EL DESARROLLO**

Riobamba – Ecuador

2016

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
INSTITUTO DE POSGRADO Y EDUCACIÓN CONTINUA
CERTIFICACIÓN

EL TRIBUNAL DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN CERTIFICA QUE:
El trabajo de titulación, **EVALUACIÓN DE LA PLANTACIÓN DE *Eucalyptus globulus* Labill (EUCALIPTO) CON FINES DE MANEJO EN LA HACIENDA TUNSHI-ESPOCH**, de responsabilidad del señor Miguel Ángel Guallpa Calva, ha sido prolijamente revisado, y se autoriza su presentación.

Tribunal de Tesis

Ing. Wilian Pilco Mosquera Mgs
PRESIDENTE

FIRMA

Ing. Eduardo Cevallos Rodríguez M.Sc.
TUTOR

FIRMA

Ing. Sonia Rosero Haro M.Sc.
MIEMBRO

FIRMA

Ing. María Samaniego Erazo M.Sc.
MIEMBRO

FIRMA

COORDINADOR SISBIB ESPOCH

FIRMA

Riobamba, Enero del 2016

DERECHOS INTELECTUALES

Yo Miguel Ángel Gualpa Calva, declaro que soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en el presente Proyecto de Investigación, y que el patrimonio intelectual generado por la misma pertenece exclusivamente a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

060326954-9

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo, Miguel Angel Gualpa Calva, declaro el presente Proyecto de Investigación, ES DE MI AUTORÍA y que los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos constantes en el documento que provienen de otra fuente están debidamente citados y referenciados.

Como autor, asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este proyecto de investigación de maestría.

Riobamba, 22 de enero de 2016

Miguel Angel Gualpa Calva

060326954-9

DEDICATORIA

A Dios por la vida y la fuerza necesaria que me ha brindado para realizar este trabajo, a mis padres José y Rosa que con su motivación y enseñanzas han conseguido que me convierta en una buena persona y en un buen profesional y, a mis hermanos Javier, Omar, Rosa Ana, Francisco, Cristian, Joselyn y Diego que siempre han estado pendientes de mí. También a mis sobrinas: Michel, Anahí y a mi sobrino Kevin por sus ocurrencias.

AGRADECIMIENTO

A la ESPOCH a través del Instituto Posgrado y Educación Continua por haberme brindado la oportunidad de realizar los estudios que concluyen con este documento.

Agradezco al Ing. Eduardo Cevallos por su invaluable apoyo en la elaboración del documento con las implicaciones que el grado requiere y por su amistad.

Mi agradecimiento especial a la Ing. Sonia Rosero por su amistad siempre brindada, consejos y atinadas sugerencias para el desarrollo del presente documento.

De igual manera a la Ing. María Eugenia Samaniego por sus valiosos aportes.

Al Dr. Osvaldo Fosado por su valioso aporte en la realización de la parte estadística de esta tesis.

A mis amigas y amigos que no menciono aquí pero que han compartido mucho conmigo en las buenas y en las malas, momentos que no se olvidan.

Y en especial a mi amigo Manuel que siempre ha estado en los momentos más oportunos.

Gratitud especial para mi familia, quienes con su apoyo que me inspira a siempre seguir creciendo como persona y como profesional

Finalmente mi agradecimiento a Papa Dios por haberme mostrado el camino, dado la sabiduría y la fuerza necesaria para hacer que los proyectos sucedan y concluir satisfactoriamente con este trabajo

ÍNDICE GENERAL

PORTADA

HOJA DE CERTIFICACIÓN

DERECHOS INTELECTUALES

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

ÍNDICE GENERAL

LISTADO DE TABLAS

LISTADO DE FIGURAS

LISTADO DE ANEXOS

RESUMEN

SUMMARY

CAPITULO I

1.	INTRODUCCIÓN.....	1
1.1	Problema de la investigación.....	2
1.1.1	Planteamiento del problema.....	2
1.1.2	Formulación del problema.....	4
1.1.3	Sistematización del problema.....	4
1.2	Justificación de la investigación.....	5
1.3	Objetivos.....	6
1.3.1	Objetivo general.....	6
1.3.2	Objetivos específicos.....	6
1.4	Hipótesis.....	7
1.4.1	Hipótesis nula.....	7
1.4.2	Hipótesis alternante.....	7
1.4.3	Operacionalización de variables.....	7
1.4.3.1	Operacionalización de las variables independientes.....	7
1.4.3.2	Operacionalización de las variables dependientes.....	8

CAPITULO II

2.	MARCO DE REFERENCIA.....	9
2.1	Marco conceptual.....	9

2.1.1	Bosque plantado.....	9
2.1.2	Bosque plantado de producción.....	9
2.1.3	Bosque plantado de protección.....	9
2.1.4	Calicata.....	10
2.1.5	Calificación del sitio forestal.....	10
2.1.6	Capacidad de intercambio catiónico.....	10
2.1.7	Carbonato de calcio (CaCO ₃).....	10
2.1.8	Color del suelo de los horizontes.....	11
2.1.9	Conservación.....	11
2.1.10	Densidad aparente.....	11
2.1.11	Elementos nutritivos esenciales para las plantas.....	11
2.1.12	El pH del suelo.....	11
2.1.13	Estructura.....	12
2.1.14	Evaluación de plantaciones forestales.....	12
2.1.15	Estratificación.....	12
2.1.16	Factores fisiográficos.....	12
2.1.17	Factores climáticos.....	12
2.1.18	Factores edáficos.....	13
2.1.19	Índices de Hart (IH).....	13
2.1.20	Inventarios forestales.....	13
2.1.21	Intervención selectiva.....	14
2.1.22	Manejo forestal sustentable.....	14
2.1.23	Mantenimiento de la cobertura boscosa.....	14
2.1.24	Materia orgánica.....	14
2.1.25	Muestreo.....	15
2.1.26	Muestreo de suelos.....	15
2.1.27	El perfil del suelo.....	15
2.1.28	Plan de manejo forestal.....	15
2.1.29	Profundidad efectiva.....	16
2.1.30	La Poda.....	16
2.1.31	Raleo.....	16
2.1.32	Rodal.....	16
2.1.33	Recursos forestales.....	17

2.1.34	Suelo.....	17
2.1.35	Textura.....	17
2.2	Marco teórico.....	17
2.2.1	El eucalipto en la actualidad.....	17
2.2.1.1	El eucalipto, una especie introducida.....	18
2.2.1.2	El eucalipto, una oportunidad de desarrollo sostenible.....	18
2.2.1.3	Frente a la agricultura.....	18
2.2.1.4	Frente a otras especies forestales.....	19
2.2.2	Análisis de la situación de los bosques en el Ecuador.....	19
2.2.3	Análisis de la situación del eucalipto en el Ecuador.....	20
2.2.4	Descripción taxonómica, características; botánicas, ecológicas y de rendimiento de la especie <i>Eucalyptus globulus</i> Labill.....	20
2.2.4.1	Caracteres botánicos.....	21
2.2.4.2	Control de enfermedades.....	22
2.2.4.3	Turno o corta final de la especie <i>Eucalyptus globulus</i> Labill.....	22
2.2.4.4	Crecimiento (IMA).....	22
2.2.4.5	Rendimientos volumétricos.....	22
2.2.4.6	Usos de la madera.....	22
2.2.5	Evaluación de plantaciones forestales.....	23
2.2.6	Calificación del sitio forestal.....	23
2.2.6.1	Factores fisiográficos.....	23
2.2.6.2	Factores climáticos.....	24
2.2.7	Factores edáficos.....	25
2.2.7.1	El suelo.....	25
2.2.7.2	Pedón.....	26
2.2.7.3	Polipedón.....	26
2.2.7.4	El perfil del suelo.....	26
2.2.7.5	Profundidad efectiva.....	28
2.2.7.6	Color del suelo de los horizontes.....	29
2.2.7.7	Textura.....	29
2.2.7.8	Estructura.....	30
2.2.7.9	Densidad aparente.....	30
2.2.7.10	Materia orgánica.....	30

2.2.7.11	El pH del suelo.....	31
2.2.7.12	Elementos nutritivos esenciales para las plantas.....	32
2.2.7.13	Capacidad de intercambio catiónico.....	33
2.2.7.14	Carbonato de calcio (CaCO ₃).....	34
2.2.8	Importancia del muestreo del suelo.....	34
2.2.8.1	Muestreo de suelos.....	34
2.2.8.2	Objetivo del muestreo.....	34
2.2.8.3	Método a ser usado.....	35
2.2.8.4	El tipo de muestra.....	35
2.2.8.5	El tamaño y dimensiones de las muestras.....	35
2.2.8.6	La localización de la muestra en el campo.....	36
2.2.8.7	La localización de las muestras dentro del perfil de suelo.....	37
2.2.8.8	Calicata.....	37
2.2.8.9	Frecuencia de muestreo.....	37
2.2.8.10	El número de replicaciones.....	37
2.2.8.11	La época de muestreo.....	38
2.2.8.12	Inventarios forestales.....	38
2.2.8.13	Medición forestal.....	39
2.2.8.14	Muestreo e inferencia estadística.....	39
2.2.8.15	Diseño del inventario.....	39
2.2.8.16	Procedimiento del inventario de campo.....	41
2.2.8.17	Unidad de muestreo.....	41
2.2.8.18	Parámetros básicos.....	41
2.2.8.19	Relación entre sitio y productividad.....	46
2.2.8.20	Calidad de árboles.....	46
2.3	Ordenación forestal.....	47
2.3.1	Las actividades de la gestión forestal.....	47
2.3.2	Manejo forestal.....	48
2.3.2.1	Actividades necesarias para el manejo forestal.....	48
2.3.2.2	Plan de manejo forestal.....	49

2.3.2.3	Importancia del manejo forestal.....	49
2.3.3	La poda.....	49
2.3.3.1	Objetivos de la poda.....	50
2.3.3.2	Criterios o edad para podar.....	50
2.3.3.3	Cantidad de ramas a podar.....	50
2.3.3.4	Forma de podar.....	51
2.3.4	El raleo en plantaciones forestales.....	51
2.3.4.1	Beneficios del raleo.....	51
2.3.4.2	Consideraciones básicas para el raleo.....	51
2.3.4.3	Raleo.....	52
2.3.4.4	Selección de árboles para el raleo.....	52
2.3.4.5	Algunos tipos de raleo.....	52
2.3.4.6	Raleo basado en los índices de Hart (IH) y de Hart-Becking.....	54
2.3.4.7	Método de área basal (G).....	55
2.3.4.8	Esquema general de manejo.....	57
2.3.4.9	Manejo de regeneración de tocón en <i>Eucalyptus sp</i>	57
2.3.4.10	Evaluación de esquemas de manejo.....	59
2.3.4.11	Deshierbe.....	59
2.3.4.12	Fertilización.....	60
2.4	Prevención de incendios forestales.....	60
2.4.1	Medidas consideradas para prevenir incendios.....	60
2.5	Aprovechamiento de una plantación forestal.....	61
2.6	Sistemas y diseños de aprovechamiento.....	62
2.6.1	La planificación estratégica.....	62
2.6.2	La planificación táctica.....	62
2.6.3	Planificación operativa.....	62
2.6.4	Extracción.....	62
2.6.5	Transporte.....	63

2.6.6	Abastecimiento.....	63
2.6.7	Plantaciones con especies de lento crecimiento (turno 20–30 años)....	64
2.6.8	Impactos al suelo.....	64
2.6.9	Medidas generales para reducir los impactos sobre el suelo.....	64
2.6.10	En la apertura de caminos.....	65
2.6.11	El arrime.....	65
2.7	Régimen forestal vigente en el ecuador.....	66
2.7.1	Generalidades.....	66
2.7.1.1	Bases legales.....	66
2.7.1.2	La producción y el aprovechamiento forestal.....	69
CAPITULO III		
3.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	70
3.1	Diseño de la investigación.....	70
3.1.1	Métodos.....	70
3.1.2	Tipo de estudio.....	70
3.1.3	Técnicas.....	70
3.1.4	Instrumentos.....	70
3.2	Características del lugar.....	71
3.2.1	Localización.....	71
3.2.1.1	Ubicación geográfica.....	71
3.2.1.2	Clasificación ecológica.....	72
3.2.1.3	Características climáticas.....	72
3.3	Recursos humanos.....	72
3.4	Materiales.....	72
3.4.1	Materiales y equipos de campo.....	72
3.4.2	Materiales, equipos de oficina y laboratorio.....	73
3.5	Manejo del estudio observacional.....	73
3.5.1	Distribución de los rodales en la superficie de la plantación en estudio.....	73
3.5.2	Edad de los rodales de la plantación de Tunshi.....	74
3.5.3	Tipo de muestreo y análisis de la información en la medición de las	

	variables isiográficas, climáticas, edáficas y dasométricas.....	74
3.5.4	Análisis estadístico.....	75
3.6	Diseño.....	75
3.6.1	Análisis de las características fisiográficas, climáticas, edáficas de las áreas de plantación y prácticas empleadas en su establecimiento y manejo.....	75
3.6.1.1	Variables fisiográficas.....	75
3.6.1.2	Variables climáticas.....	79
3.6.1.3	Propiedades edáficas y cobertura herbácea.....	79
3.6.1.4	Toma de muestras de suelo.....	80
3.6.1.5	Trabajo de laboratorio.....	80
3.6.1.6	Inventario forestal.....	82
3.6.2	Comparación del crecimiento, productividad, calidad y estado de los árboles en los diferentes rodales de la plantación en estudio.....	84
3.6.3	Diseño de un plan aprovechamiento y manejo sostenible de la plantación.....	85
3.6.3.1	Plan de aprovechamiento y manejo.....	85
CAPITULO IV		
4	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	89
4.1	Caracterización fisiográfica.....	89
4.1.1	Variables fisiográficas.....	89
4.1.1.1	Altitud.....	89
4.1.1.2	Pendiente del terreno.....	90
4.1.1.3	Pedregosidad interna.....	91
4.1.1.4	Drenaje interno.....	91
4.2	Caracterización climática.....	92
4.2.1	Variables climáticas.....	92
4.2.1.1	Temperatura.....	92
4.2.1.2	Precipitación.....	93
4.2.1.3	Humedad relativa.....	94
4.3	Caracterización edáfica.....	95
4.3.1	Parámetros físicos.....	95

4.3.1.1	Profundidad efectiva del suelo.....	95
4.3.1.2	La cobertura herbácea.....	96
4.3.1.3	Grado de erosión de los suelos.....	97
4.3.1.4	Color del suelo.....	97
4.3.1.5	Textura.....	98
4.3.1.6	Estructura.....	98
4.3.1.7	Densidad aparente.....	99
4.3.2	Parámetros químicos.....	100
4.3.2.1	Materia orgánica.....	101
4.3.2.2	El potencial de hidrógeno (pH).....	102
4.3.2.3	Elementos nutritivos esenciales para las plantas.....	103
4.3.2.4	Capacidad de intercambio catiónico (CIC).....	106
4.3.2.5	Boro.....	107
4.3.2.6	Análisis de carbonatos y salinidad proveniente del muestreo compuesto.....	108
4.4	Prácticas empleadas en el establecimiento y manejo de la plantación.....	110
4.5	Análisis de crecimiento de los rodales del bosque plantado.....	113
4.5.1	Comparación descriptiva a través de la estimación estadística de las variables de crecimiento.....	113
4.5.1.1	Diámetro a la altura del pecho promedio / árbol de los 7 rodales en estudio (cm).....	113
4.5.1.2	Distribución de árboles /clase diamétrica en los 7 rodales.....	115
4.5.1.3	Altura comercial promedio / árbol de los 7 rodales (m).....	116
4.5.1.4	Altura total promedio /árbol de los 7 rodales (m).....	118
4.6	Análisis de la productividad alcanzada por los rodales.....	119

4.6.1	Comparación descriptiva a través de la estimación estadística de las variables de productividad.....	119
4.6.1.1	Área basal promedio / árbol de los rodales en estudio (m ²).....	119
4.6.1.2	Volumen comercial promedio / árbol de los 7 rodales (m ³).....	121
4.6.1.3	Volumen total promedio /árbol de los rodales en estudio (m ³).....	122
4.7	Análisis de cluster.....	124
4.7.1	Análisis de la varianza multivariado.....	126
4.8	Calificación de la calidad de los árboles entre los rodales de la plantación en estudio.....	127
4.9	Plan de aprovechamiento y manejo sostenible de la plantación.....	128
4.9.1	Alternativas de aprovechamiento y manejo de los rodales.....	129
4.9.2	Volumen comercial estimado para aprovechamiento.....	131
4.9.2.1	Métodos de raleo.....	132
4.9.2.2	Manejo de rebrotes.....	132
4.10	Comprobación de la hipótesis.....	133
4.10.1	Hipótesis nula	133
4.10.2	Hipótesis alternante.....	133
4.10.3	Relaciones significativas.....	133
CONCLUSIONES		
RECOMENDACIONES		
BIBLIOGRAFÍA		
ANEXOS		

LISTADO DE TABLAS

No.	Descripción	Pág.
Tabla 1-2.	Componentes químicos del material originario de la materia orgánica del suelo.....	31
Tabla 2-2.	Régimen de raleo.....	53
Tabla 3-2.	Esquema de manejo aserrable de <i>Eucalyptus sp.</i>	57
Tabla 4-2.	Manejo de monte bajo de <i>Eucalyptus sp.</i>	58
Tabla 1-3.	El promedio multi anual de las variables climáticas. 1990-2012.....	72
Tabla 2-3.	Distribución de los rodales por tipo de cobertura forestal.....	73
Tabla 3-3.	Caracterización de los rodales en estudio.....	74
Tabla 4-3.	Resumen constantes de la ecuación de la lámina.....	77
Tabla 5-3.	Categorías de drenaje interno del suelo (USDA, Handbook N° 18).....	78
Tabla 6-3.	Grado de erosión de los suelos.....	79
Tabla 7-3.	Metodología empleada en los análisis de laboratorio-ESPOCH para muestras simples.....	81
Tabla 8-3.	Metodología empleada en los análisis de laboratorio-INIAP para muestras compuestas.....	81
Tabla 9-3.	Valores para la interpretación de los análisis de suelo.....	82
Tabla 10-3.	Criterios de calidad de los árboles.....	84
Tabla 11-3.	Resumen cálculo del índice de Hart, y porcentaje de raleo en 48 parcelas inventariadas en la plantación de Eucalipto de la Estación Tunshi, ESPOCH, 2015.....	87
Tabla 1-4.	Principales características fisiográficas en el área de estudio (Bosque plantado, Estación Tunshi, ESPOCH. 2014).....	89

Tabla 2-4.	El promedio de temperaturas máximas, mínima, media, precipitación y humedad relativa. 1990-2012. Riobamba.....	92
Tabla 3-4.	Principales características físicas de 0-30 y de 30-100 cm de profundidad en el área de estudio.....	95
Tabla 4-4.	Principales parámetros químicos de 0-30 y de 30-100 cm de profundidad.....	100
Tabla 5-4.	Resumen indicadores de salinidad y sodicidad de 0-30 y de 30-100 cm de profundidad.....	109
Tabla 6-4.	Superficie por rodal, labores de establecimiento y manejo del bosque plantado.....	110
Tabla 7-4.	Estimación estadística para el diámetro a la altura del pecho promedio / árbol de los 7 rodales.....	113
Tabla 8-4.	Distribución de árboles / clase diamétrica en los 7 rodales.....	115
Tabla 9-4.	Estimación estadística para la altura comercial promedio / árbol de los 7 rodales.....	116
Tabla 10-4.	Estimación estadística para la altura total promedio / árbol de los 7 rodales.....	118
Tabla 11-4.	Estimación estadística para el área basal promedio / árbol de los 7 rodales.....	119
Tabla 12-4.	Estimación estadística para el volumen comercial promedio / árbol de los 7 rodales.....	121
Tabla 13-4.	Estimación estadística para el volumen total promedio / árbol de los 7 rodales.....	122
Tabla 14-4.	Variables dasométricas consideradas para el análisis de Cluster.....	124
Tabla 15-4.	Análisis de la varianza (Roy).....	126
Tabla 16-4.	Frecuencia de calidad de árboles para la especie eucalipto entre los rodales en estudio.....	127

Tabla 17-4	Esquema general de manejo de los rodales en el bosque plantado de eucalipto de la Estación Tunshi, ESPOCH, 2015.....	128
Tabla 18-4.	Distribución de superficie de manejo según alternativas de aprovechamiento y manejo.....	129
Tabla 19-4.	Resumen, aprovechamiento, manejo, forestación y reforestación según el requerimiento por rodal.....	130
Tabla 20-4.	Resumen volumen comercial estimado de los rodales seleccionados para el aprovechamiento forestal.....	131
Tabla 21-4.	Esquema de manejo de rebrotes en función del objetivo de cada rodal.....	132
Tabla 22-4.	Prueba de correlación	133

LISTADO DE FIGURAS

No.	Descripción	Pág.
Figura 1-2.	Origen y formación del suelo. Factores influyente.....	27
Figura 2-2.	Esquemas de muestreo.....	36
Figura 3-2.	Medición de diámetros en terrenos planos.....	42
Figura 4-2.	Medición de diámetros de árboles en terrenos inclinados.....	43
Figura 5-2.	Medición de altura total, si el observador se ubica sobre la base del árbol.....	44
Figura 6-2.	Medición de altura total, si el observador está debajo de la base del árbol....	44
Figura 7-2.	Representación de parámetros del Índice de Hart.....	54
Figura 1-3.	Mapa de ubicación geográfica de la Estación Tunshi-ESPOCH.....	71
Figura 2-3.	Mapa de distribución de los rodales y las áreas sin vegetación en la plantación de eucalipto.....	74
Figura 1-4.	Altitud media de los rodales en estudio.....	90
Figura 2-4.	Pendiente media del terreno en los rodales en estudio.....	90
Figura 3-4.	Temperaturas; máxima, mínima y media.....	92
Figura 4-4.	Precipitación promedio mensual y anual 1990-2012.....	93
Figura 5-4.	Humedad relativa mensual y multianual media periodo 1990-2012.....	94
Figura 6-4.	Cobertura herbácea promedia del suelo.....	96
Figura 7-4.	Densidad aparente media de los suelos de los rodales en estudio.....	99
Figura 8-4.	Porcentajes promedios de materia orgánica para el suelo de cada rodal en estudio.....	101
Figura 9-4.	Niveles de pH en los suelos de los rodales en estudio.....	102
Figura 10-4.	Nivel de nitrógeno (NH ₄) promedio en los suelos de los rodales en estudio ...	103
Figura 11-4.	Fósforo promedio en los suelos de los rodales en estudio.....	104

Figura 12-4.	Potasio promedio en los suelos de los rodales en estudio.....	105
Figura 13-4.	Valores promedio de la capacidad de intercambio catiónico en los suelos de los rodales en estudio.....	106
Figura 14-4.	Concentración promedio de Boro en los suelos de los rodales en estudio.....	107
Figura 15-4.	Concentración promedio de carbonato de calcio en el muestreo compuesto.....	109
Figura 16-4.	Área neta por rodal y área sin vegetación de los rodales 4 y 6.....	111
Figura 17-4.	Densidad promedio de árboles /ha.....	111
Figura 18-4.	Diámetro a la altura del pecho de los rodales del bosque plantado (cm).....	114
Figura 19-4.	Distribución por clases diamétricas de los árboles entre los rodales del bosque plantado.....	116
Figura 20-4.	Altura comercial promedio / árbol de los 7 rodales muestreados.....	117
Figura 21-4.	Altura total promedio /árbol en los 7 rodales muestreados.....	118
Figura 22-4.	Área basal promedio /árbol en los 7 rodales muestreados.....	120
Figura 23-4.	Volumen comercial promedio / árbol de los 7 rodales en estudio.....	122
Figura24-4.	Volumen total promedio /árbol en los 7 rodales de la plantación.....	123
Figura 25-4.	Resumen conglomerados.....	126
Figura 26-4.	Resumen volumen comercial de madera por calidad de árboles.....	131
Figura 27-4.	Método de raleo sistemático por fajas o hileras.....	132
Figura 28-4.	Relación volumen comercial – altitud.....	134
Figura 29-4.	Relación volumen comercial – nitrógeno.....	134
Figura 30-4.	Relación volumen comercial – contenido de boro a nivel subyacente.....	135

LISTADO DE ANEXOS

N°	Descripción	Pág.
Anexo 01.	Gradiente de pendiente simple.....	148
Anexo 02.	Clases de profundidad de suelo.....	148
Anexo 03.	Clases texturales y su agrupamiento.....	148
Anexo 04.	Presencia de carbonatos.....	149
Anexo 05.	Clases de salinidad.....	149
Anexo 06.	Clases de sodicidad en los suelos.....	149
Anexo 07.	Mapa de distribución de unidades de muestreo del suelo y dasométricas en cada rodal de la plantación en estudio.....	150
Anexo 08.	Formato de campo suelo.....	151
Anexo 09.	Formato de campo variables dasométricas.....	152
Anexo 10.	Reporte de análisis de suelos laboratorio FRN- ESPOCH.....	153
Anexo 11.	Reporte de salinidad laboratorio-INIAP.....	163
Anexo 12.	Datos dasométricos por rodal de la plantación de eucalipto.....	164
Anexo 13.	Resumen general de variables dasométricas plantación de eucalipto-Tunshi	201
Anexo 14.	Análisis de supuestos (Independencia, aleatoriedad, normalidad y Homocedasticidad) de las variables dasométricas.....	202
Anexo 15.	Definición de conglomerados.....	208
Anexo 16.	Tipos de espesura de masas forestales.....	209
Anexo 17.	Distribución de volumen de madera para manejo y aprovechamiento forestal de la plantación de eucalipto en Tunshi.....	210
Anexo 18.	Fotografías.....	211

RESUMEN

La evaluación de la plantación de *Eucalyptus globulus* Labill realizada en la hacienda Tunshi de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, localizada a 12 km de la ciudad de Riobamba. Sitio caracterizado por sus condiciones variables: fisiografía, propiedades edáficas y su manejo; se identificó la necesidad de estimar el crecimiento y productividad de la masa forestal de eucalipto con fines de manejo y aprovechamiento. Aplicando los métodos: exploratorio, descriptivo, e interpretativo de los datos tomados en el campo y laboratorio. Mediante muestreo estratificado con tres calicatas en parcelas circulares por rodal y el muestreo sistemático de información dasométrica. El análisis estadístico con aplicación de estimadores estadísticos, y formación de conglomerados, determinó a una altitud de 2755 msnm un incremento medio anual de $23,86 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ en comparación con el $2,28 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ obtenido a una altitud de 2930 msnm. Los parámetros altitud, profundidad efectiva, drenaje, contenido de nitrógeno a nivel superficial y boro a nivel subyacente son determinantes en el crecimiento y productividad de la especie *E. globulus* Labill en la hacienda Tunshi. Luego de haber hecho la investigación concluyo que se definieron dos áreas: de conservación y de aprovechamiento forestal. Finalmente sugiero a las autoridades de la institución y administrador de la hacienda Tunshi ejecutar el plan de manejo para aprovechar la madera de los rodales que han cumplido su ciclo de productividad y mantener los rodales que tuvieron rendimiento menor para la función protectora del suelo, restauración de áreas degradadas y la generación de microclima para su entorno.

PALABRAS CLAVE: <SUELO FORESTAL>, <DASOMETRÍA>, <REBROTOS DE ÁRBOLES>, <CLIMA>, <FERTILIZACIÓN>, <TUNSHI>, <ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO [ESPOCH]>

SUMMARY

The evaluation of the *Eucalyptus globulus* Labill plantation carried out in the Tunshi plantation at Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (Higher Education), located 12 km from the city of Riobamba. As a place characterized by its variable conditions: physiography, soil conditions and its management; the need to calculate the growth and productivity of the eucalyptus forest cover was identified with a view to controlling and using it. This was achieved by applying exploratory, descriptive, and interpretative methods to the data collected in the field and the laboratory. By means of stratified sampling with three probes in circular fields using a habitat stand as well as systematic sampling of dasometry information. The statistical analysis with the application of statistical estimators and the forming of conglomerates determined that at an altitude of 2755 meters above sea level, there was an annual medium increase of $23,86 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ year}^{-1}$ compared to the $2,28 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ year}^{-1}$ increase which occurs at an altitude of 2930 meters above sea level. The parameters of altitude, effective depth, and drainage, nitrogen content at surface and boron at an underlying level are growth and productivity determiners of the specie *E. globulus* Labill in the Tunshi plantation. After having carried out the research, conclusions were drawn in the two defined areas: forestry conservation and forestry use. Finally, the recommendation was made that the university's authorities and the manager of Tunshi plantation should create a management plan in order to use the wood from the habitat stands which have reached the end of their productivity cycle and to maintain those habitat stands which produce a lower yield with the goal of protecting the ground, restoring of degraded areas and generating a microclimate for the surrounding environment.

KEY WORDS: <FOREST SOIL>, <DASOMETRY>, <TREE SPROUTS>, <CLIMATE>, <FERTILIZATION>, <TUNSHI>, <ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO [ESPOCH]>

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

Ecuador es un país con alrededor del 34,51% con cobertura de bosque y con el 7,92 % de tierras disponibles para repoblación forestal (Clirsen 2006); pero es necesario que el manejo de sus bosques y plantaciones se realice de tal forma que asegure su producción sostenible para promover el desarrollo del país, lo cual contribuye positivamente a la generación de riqueza y la obtención de beneficios directos e indirectos.

En el país, el mayor volumen de madera proviene de las plantaciones forestales, representando el 62,81% del total de madera autorizada en promedio entre el 2007 y 2009 (Ministerio del Ambiente del Ecuador. MAE, 2010)

El eucalipto ocupa el primer lugar con el 19,43% del volumen total de madera autorizada a nivel nacional (MAE, 2010).

La tendencia de autorización del aprovechamiento para el eucalipto entre el 2008 y 2009 se ha reducido levemente bajando de 600,0 a 570,4 miles de m³ de madera autorizada. El 66,87% del volumen total de eucalipto autorizado se ubica en las provincias de Pichincha, Cotopaxi y Chimborazo (MAE, 2010).

El *Eucalyptus globulus* Labill es la especie mayormente plantada y difundida en la serranía ecuatoriana, debido a su adaptabilidad a climas y suelos relativamente diversos, rápido crecimiento y la rentabilidad de su producción.

Actualmente el eucalipto es muy utilizado para la elaboración de columnas, vigas, tablas, pallets, parquet y para la transformación de astillas que se exportan para la fabricación de papel, se lo puede establecer en cortinas rompevientos, cercas vivas, sistemas silvopastoriles o en plantaciones puras. La madera aserrada se usa en la fabricación de revestimientos, muebles y carpintería en general.

La escasa de información específica para un sitio o micro sitio en particular sobre el crecimiento y rendimiento de los árboles que se encuentran formando bosques plantados en condiciones similares o diferentes de fisiografía, clima, propiedades físico-químicas del suelo variables, carente de datos técnicos sobre el manejo histórico de una plantación limitan la posibilidad de estimar su productividad y proponer un plan de manejo de las mismas, en base a la función de producción o protección para la cual se establecieron inicialmente tanto a nivel de sitio y micro sitio.

En este sentido la calidad de un sitio, está representado por la productividad de un monocultivo o plantación forestal mixta en una determinada área, y depende de la interacción entre factores climatológicos, edáficos y bióticos.

Por ende, un sitio constituye un área considerada en términos de todo lo que la rodea o exista, particularmente determinada por el tipo y calidad de vegetación que ésta puede contener o soportar. Según esto, el estudio del crecimiento de una especie se traduce en la búsqueda de cuantificar la productividad que logra bajo los distintos sitios en que se desarrolla una o varias especies forestales.

En la hacienda Tunshi existe el bosque plantado de *Eucalyptus globulus* Labill distribuido en varios rodales y con diferentes crecimientos, fundamentalmente debido a la respuesta de la especie (factores internos) ante el efecto de los factores del entorno (edafoclimáticos) que influyen en el crecimiento de los árboles.

1.1 Problema de investigación

1.1.1 Planteamiento del problema

Las plantaciones forestales se suelen establecer como bosques de producción o protección con el propósito del control de la erosión eólica o el resguardo del suelo, el agua y otros fines de interés del propietario. Adecuadamente gestionadas, estas plantaciones pueden proporcionar varios productos, servicios y contribuir a limitar la presión sobre los bosques naturales. Para asegurar que las plantaciones se gestionen en

el largo plazo, el fin de los planes de gestión forestal debe ser la producción, conservación y provisión de servicios ambientales.

El afán de mantener y de mejorar las propiedades de una plantación forestal y de los indicadores forestales relacionados con la sostenibilidad a largo plazo ha conducido a multiplicar el interés por la gestión sostenible cuyos principios son universalmente aceptados, pero sus elementos específicos suelen ser vistos de modos diferentes por las diferentes partes involucradas.

En nuestro caso, el manejo de *Eucalyptus globulus* Labill en el Ecuador, debido a factores económicos, de mercado, y de factores; internos (genéticos) y externos (edafoclimáticos) limitan su crecimiento y calidad de los árboles a nivel de sitio y micro sitio. En esta perspectiva, se identificó la necesidad de caracterizar su nivel de adaptabilidad bajo condiciones adversas de ciertos parámetros que influyen a nivel productivo o de conservación en el área considerada.

Al respecto al disponer de escasa información técnica del bosque plantado de la Estación Tunshi en cuanto a los parámetros del sitio que se agrupan en fisiográficas, climáticas, propiedades físico-químicas del suelo, y por otra tampoco existe datos sobre el manejo histórico de la misma.

En la búsqueda de respuestas sobre la dinámica de crecimiento, mediante el estudio de los factores del entorno ligados al desarrollo del eucalipto se identificó la necesidad de tipificar los suelos y asimismo el evaluar la calidad de los árboles de cada rodal. Todo esto con el fin de disponer de insumos para construir instrumentos prácticos y de toma de decisiones de los técnicos forestales, autoridades, en lo referente a la planificación, establecimiento, manejo y aprovechamiento con la aplicación de tratamientos silvícolas a plantaciones forestales comerciales o de protección.

Por tanto en el presente estudio priorizo obtener indicadores válidos de esta área y demás sub áreas específicas mediante el análisis de variables edáficas, dasométricas y de la calidad de los árboles en base al proceso de evaluación.

Mediante la presente investigación, actualmente la ESPOCH, dispone con la información técnica de la plantación necesaria para la planificación del manejo adecuado de la especie *Eucalyptus globulus* Labill en cada rodal, al disponer de las respuestas que evidencian la influencia de los factores edáficos en el crecimiento y productividad de esta plantación, que servirán además en otros sitios con parámetros edafoclimáticos similares.

De esta manera se contribuyó con la información vital para la formulación de las acciones a ejecutar en una plantación forestal y a la vez permitio definir las principales actividades técnicas de intervención y la definición del plan en sí.

1.1.2 *Formulación del problema*

De la situación planteada sobre el bosque plantado en la estación Tunshi, donde la caracterización de parámetros fisiográficos, climáticos, las propiedades físico-químicas del suelo y la información referente al manejo histórico fueron limitadas, se planteó la incógnita ¿Que parámetros edafoclimáticos, de crecimiento y técnicas silvícolas sirven como base para proponer la aplicación de técnicas silvícolas de acuerdo a las características existentes en cada rodal de la plantación de *Eucalyptus globulus* Labill ?

1.1.3 *Sistematización del problema*

Para dar respuesta a lo planteado anteriormente se ha propuesto una serie de actividades del estudio observacional, de las cuales arrojaron un aporte científico o técnico como la caracterización edafoclimática y dasométrica que constituyen la base para la generación de un plan de manejo de la plantación de *Eucalyptus globulus* Labill a nivel de sitio y micro sitio en el sector de Tunshi y de otras plantaciones con similares características en la provincia de Chimborazo, sin embargo primeramente se generó respuestas a varias incógnitas importantes las cuales fueron el punto de partida para determinar la viabilidad del proyecto, como:

¿Cuáles son las características edafoclimáticas que oferta el sitio a la plantación de *Eucalyptus globulus* Labill de la estación Tunshi de la ESPOCH?

¿Cuál es el manejo histórico de la plantación de *Eucalyptus globulus* Labill de la estación Tunshi de la ESPOCH?

¿Qué parámetros de crecimiento, productividad y calidad de los árboles reflejan la influencia de los factores fisiográficos, climáticos y edáficos en la dinámica de crecimiento de los árboles?

¿Será necesario comparar las variables para diseñar el plan de manejo de la plantación en estudio?

¿El plan de manejo a diseñar, contribuirá al manejo sostenible del bosque a largo plazo, en este sitio y en otros de similares condiciones edafoclimáticas?

1.2 Justificación de la investigación

En base a los antecedentes expuestos se ejecutó la caracterización de los suelos y su influencia sobre la productividad que alcanza durante un determinado periodo de tiempo en la plantación de *Eucalyptus globulus* Labill en un sitio específico, basados en el análisis de los factores edafoclimáticos, pruebas de laboratorio, más la utilización de indicadores; área basal, volumen comercial y total permitió estimar el crecimiento y la producción de los rodales de esta especie para las áreas potenciales productivas o de conservación en el sector de Tunshi, y representa un insumo requerido para la planificación de actividades silviculturales (manejo y aprovechamiento) de la plantación en estudio y otras existentes en la zona. Además constituye una alternativa viable que aporta en la disminución de la presión sobre el bosque nativo y de esta manera contribuir a un manejo forestal sustentable de los recursos forestales a nivel de nuestra provincia, con el establecimiento, manejo y aprovechamiento de estas plantaciones.

Al respecto, existe una gran acogida y buen grado de empoderamiento para manejar esta especie, por sus características de rebrote, su turno y usos potenciales que presenta (leña, carbón, madera, entre otros), al igual que en las plantaciones existentes en el cantón, la provincia y en el país en general.

Actualmente en la estación Tunshi, se dispone de una plantación de eucalipto de 39 hectáreas aproximadamente con escaso manejo que puede servir como un referente para la conservación, manejo y producción de plantaciones localizadas en condiciones similares de sitio, que suplen en parte la extracción de madera de los bosques nativos.

De aquí la importancia de esta investigación, pues a partir del análisis de las variables edáficas y dasométricas permitieron estimar las características de crecimiento, productividad de la especie arbórea establecida, así como identificar las áreas de producción, conservación y de restauración y encauzar las posibles propuestas de manejo y aprovechamiento forestal a fin de planear las acciones operativas futuras en tiempo y espacio del bosque plantado.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Evaluar la plantación de *Eucalyptus globulus* Labill (eucalipto) con fines de manejo en la hacienda Tunshi-ESPOCH

1.3.2 Objetivos específicos

- Analizar las características fisiográficas, climáticas, edáficas y las prácticas empleadas de mantenimiento en la plantación de *Eucalyptus globulus* Labill en la hacienda Tunshi.
- Comparar el crecimiento, productividad y calidad de los árboles en los diferentes rodales de la plantación en estudio.
- Diseñar un plan de aprovechamiento y manejo sostenible de la plantación.

1.4 Hipótesis

1.4.1 *Hipótesis nula*

El rendimiento de volumen de madera del *Eucalyptus globulus* Labill no tiene relación con las características fisiográficas, climáticas, edáficas y las prácticas de manejo de la plantación en la hacienda Tunshi.

1.4.2 *Hipótesis alternante*

El rendimiento de volumen de madera del *Eucalyptus globulus* Labill tiene relación con al menos una de las características fisiográficas, climáticas, edáficas y las prácticas de manejo de la plantación en la hacienda Tunshi.

1.4.3 *Operacionalización de variables*

1.4.3.1 *Operacionalización de las variables independientes*

Parámetros	Variables	Tipo de variable	Técnicas	Instrumento
Fisiográficas	Altitud	Cuantitativa	Observación directa	Guía de caracterización de suelos
	Pendiente del terreno	Cuantitativa		
	Pedregosidad interna	Intervalo	Recolección de la información	
	Drenaje interno	Intervalo		
Climáticas	Temperatura	Intervalo	Análisis de la información	Ficha técnica de la especie <i>Eucalyptus globulus</i>
	Precipitación	Intervalo		
	Humedad relativa	Cuantitativa		
Suelo (propiedades físicas)	Profundidad efectiva	Intervalo	Identificación de especies herbáceas.	Guía de caracterización de suelos
	Cobertura herbácea	Intervalo		
	Grado de erosión	Ordinal	Recolección de muestras de suelo	
	Color Munsell en seco	Intervalo		
	Color Munsell en húmedo	Intervalo	Determinación de propiedades físicas a nivel de laboratorio	
	Textura del suelo	Intervalo		
	Estructura	Ordinal		
	Densidad aparente	Intervalo		
Suelo	Materia orgánica	Intervalo		
	pH	Intervalo		

(propiedades químicas)	Nitrógeno	Intervalo	Recolección de muestras de suelo	Guía de caracterización de suelos	
	Fosforo	Intervalo			
	Potasio	Intervalo			
	Capacidad de intercambio catiónico	Intervalo			Determinación de parámetros químicos a nivel de laboratorio
	Boro	Intervalo			
	CaCO ₃	Intervalo			
Establecimiento y manejo	Número de árboles por hectárea	Cuantitativa	Recolección de la información	Guía de manejo de plantaciones forestales	
	Se han utilizado fertilizantes	Ordinal			
	Coronamiento alrededor de la planta	Ordinal			
	Monitoreo	Ordinal			
	Intervención antrópica	Ordinal			
	Censo de árboles aprovechables	Ordinal			
	Vías forestales	Ordinal			
	Existe plan de manejo	Ordinal			
	Altura mayor promedio	Cuantitativa	Recolección de la información		
	Índice de Hart	Intervalo	Cálculo de variables		
	Actividades de raleo	Ordinal			
	Manejo de rebrotes	Ordinal	Recolección de la información		

1.4.3.2 Operacionalización de las variables dependientes

Parámetros	Variables	Tipo de variable	Técnicas	Instrumento
Crecimiento	Diámetro promedio	Cuantitativa	Recolección de información	Formato de campo
	Altura comercial promedio	Cuantitativa		
	Altura total promedio	Cuantitativa		
Productividad	Área basal promedio por árbol	Continua	Cálculo de variables	Guía de inventarios en manejo de plantaciones forestales
	Volumen comercial promedio por árbol	Continua		
	Volumen total promedio por árbol	Continua		
Calificación de los árboles	Calidad de los árboles	Cualitativas	Recolección de la información	

CAPÍTULO II

2. MARCO DE REFERENCIA

2.1 Marco conceptual

2.1.1 *Bosque plantado*

Son poblaciones arbóreas sembradas o plantadas bajo la supervisión e intervención del hombre en el proceso de forestación y reforestación, sea con una o varias especies; por lo general tienen una misma edad, altura y similar densidad entre individuos (Ecuador Forestal, 2012).

2.1.2 *Bosque plantado de producción*

Cuando se plantan especies arbóreas para satisfacer la demanda de madera u otros bienes, se le atribuye el nombre de bosque plantado productivo o plantación productiva. Dicha plantación genera rendimientos económicos y su estructura es de una o varias especies de una misma edad, nativas o introducidas, adaptadas a una zona de vida (Ecuador Forestal, 2012).

2.1.3 *Bosque plantado de protección*

Existen muchas áreas susceptibles a desastres naturales y a cambios ambientales debido a la degradación del suelo. Estas áreas se convierten en fuente de vida con el establecimiento de las plantaciones de protección. En el Ecuador las plantaciones con fines de protección se realizan con mayor intensidad en la Sierra, en especial en las cuencas altas y cejas andinas donde diferentes problemas como la erosión del suelo, son más notables (Forestal, 2012).

Si se utilizan de manera adecuada las plantaciones forestales, pueden cultivarse con fines múltiples, de manera que proporcionen leña y madera y, al mismo tiempo, formen

un hábitat que atraiga a ciertas especies de animales. Se puede estimular a los mamíferos y a las aves que vivían habitualmente en bosques naturales a que regresen a un bosque reforestado con una mezcla de especies exóticas, dejando para ello algunos espacios abiertos y dejando que el sotobosque permanezca (Lima, 1996).

2.1.4 *Calicata*

Es una excavación que se hace en el suelo, de medidas variables, generalmente 1 cubo de 1m de largo x 1m de ancho x 1 m de profundidad = 1m³, lo cual permite apreciar claramente el perfil de suelo donde crecen las raíces del cultivo (Centro de Investigación y Transferencia en Riego y Agroclimatología-CITRA, sf)

2.1.5 *Calificación del sitio forestal*

(Gayoso & Alarcón, 1999), sostienen que la productividad del suelo está determinada por el conjunto de sus características tanto físicas como químicas, que expresan la relación entre el suelo, el agua y las plantas que soportan.

2.1.6 *Capacidad de intercambio catiónico*

Es la capacidad que tiene el suelo de retener e intercambiar cationes. La fuerza de la carga positiva varía dependiendo del catión, permitiendo que un catión reemplace a otro en una partícula de suelo cargada negativamente (Instituto de la Potasa y el Fósforo. INPOFOS, 1997).

2.1.7 *Carbonato de calcio (CaCO₃)*

Los carbonatos en los suelos son residuales del material parental, o resultado de neoformación (secundarios) (Casanova M. , 2010).

2.1.8 *Color del suelo de los horizontes*

Corresponde a la longitud de onda del espectro visible reflejada por una superficie de suelo. Debe medirse por comparación de acuerdo a “Munsell Soil Color Chart”. Constituye una de las características físicas más obvias y más fáciles de medir y valorar, sin embargo, puede ser de gran utilidad pues permite hacer algunas predicciones sobre propiedades y comportamiento del suelo (Casanova, 2010).

2.1.9 *Conservación*

Actividad de protección, rehabilitación, fomento y aprovechamiento racional de los recursos naturales renovables, de acuerdo con principios y técnicas que garanticen su uso actual y permanente (Corporación de Estudios y Publicaciones, 2013).

2.1.10 *Densidad aparente*

(Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación. FAO, 2009) expresa que la densidad aparente es un parámetro importante para la descripción de la calidad del suelo y la función del ecosistema.

2.1.11 *Elementos nutritivos esenciales para las plantas*

Los elementos nutritivos considerados esenciales para el crecimiento de las plantas suman alrededor de 16 (Rodríguez, 1993), Sin embargo, las mayores demandas en el establecimiento de las plantaciones se concentran en unos pocos elementos, tales como Nitrógeno (N), Fósforo (P), Potasio (K) y Boro (B) (Aparicio & López, 1998).

2.1.12 *El pH del suelo*

El pH del suelo expresa la actividad de los iones hidrógeno en la solución del suelo. Este afecta la disponibilidad de nutrientes minerales para las plantas. (FAO, 2009).

2.1.13 Estructura

(Buol, Hole, & Cracken, 1989), Es la forma en que las partículas del suelo se reúnen para formar agregados. De acuerdo a esta característica se distinguen suelos de estructura esferoidal (agregados redondeados), laminar (agregados en láminas), prismática (en forma de prisma), blocosa (en bloques), y granular (en granos).

2.1.14 Evaluación de plantaciones forestales

La evaluación de una plantación consiste en aplicar cierta técnica para recopilar información de alguna o algunas características particulares requeridas, para la elaboración de un plan eficiente de acciones a llevar a cabo en la masa arbolada, tanto en el manejo y administración de la misma, independientemente de que se cuente con guías bien definidas sobre su manejo de plantaciones establecidas en condiciones similares (Torres & Magaña, 2001).

2.1.15 Estratificación

Zonificación del bosque con el objetivo de conseguir estratos más homogéneos, esta resulta eficiente si la variación dentro de los estratos es pequeña y entre los estratos grandes (Ministerio del Ambiente del Ecuador.MAE/Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación.FAO., 2012).

2.1.16 Factores fisiográficos

Constituyen los aspectos naturales del paisaje terrestre: relieve, altitud, modelado, vegetación, hidrografía, pedregosidad, drenaje, entre otros (Casanova, 2010).

2.1.17 Factores climáticos

Las condiciones climáticas del sitio son propiedades importantes que influyen el crecimiento de las plantas y la formación de suelos. Como mínimo, se debe recolectar información sobre la temperatura promedio mensual (en grados Celsius) y la

precipitación media mensual (en milímetros), haciendo uso de datos existentes de la estación meteorológica más cercana al sitio (FAO, 2009).

Los factores climáticos fácilmente medibles que más afectan la salud del árbol son la temperatura media anual, la temperatura mínima por mes, la evapotranspiración, la precipitación por mes y la humedad relativa. Otros factores climáticos importantes en algunas partes del Ecuador son la cantidad de neblina y la presencia de granizadas (Cannon, 1990).

2.1.18 *Factores edáficos*

(Villena, Eduardo (Coordinador), 2003), manifiesta que las características edáficas que más influencia tienen a la hora de elegir la especie adecuada son la profundidad y la capacidad de retención del agua. Por otro lado se valoran características como la pedregosidad, la estructura, la textura, la profundidad, la presencia de caliza, la permeabilidad o la salinidad, que se comparan con los requerimientos de las plantas propuestas para la repoblación, eliminando aquellas especies para las que el suelo resulte restrictivo.

2.1.19 *Índices de Hart (IH)*

Son índices que relacionan el espaciamiento medio de los árboles de la masa con la altura dominante (González, 2011).

2.1.20 *Inventarios forestales*

(Ministerio del Ambiente del Ecuador. MAE/Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación. FAO, 2012), manifiestan que un inventario forestal constituye el conjunto de procedimientos aplicados para determinar el estado actual del bosque, en cuanto a su volumen y tasa de crecimiento, cuyo objetivo es generar información para facilitar la planificación del manejo forestal a mediano y largo plazo.

2.1.21 *Intervención selectiva*

El sistema de intervención selectiva es el que se realiza respetando los parámetros definidos para su aprovechamiento como variabilidad de especies, diámetros, función fisiológica, biodiversidad, y otras limitaciones establecidas en la norma (Corporación de Estudios y Publicaciones, 2013).

2.1.22 *Manejo forestal sustentable*

Comprende el conjunto de acciones y procedimientos que tienen por objeto la ordenación, el cultivo, la protección, la conservación, la restauración y el aprovechamiento de los recursos y servicios ambientales de un ecosistema forestal, considerando los principios ecológicos, su funcionalidad e interdependencia de recursos y sin que merme la capacidad productiva de los ecosistemas y recursos existentes en la misma (Hernández, 2014).

El conocimiento de las interacciones entre especies e individuos del ecosistema forestal, es imprescindible, para entender, predecir y manejar el desarrollo del rodal.

2.1.23 *Mantenimiento de la cobertura boscosa*

Las áreas con bosque cualquiera sea su forma de aprovechamiento de productos, bienes indirectos o servicios del bosque, deben mantenerse bajo uso forestal, esto es garantizar la permanencia de un mínimo de cobertura vegetal y que su aprovechamiento será permitido únicamente de acuerdo al programa de manejo sustentable (Corporación de Estudios y Publicaciones, 2013).

2.1.24 *Materia orgánica*

La materia orgánica se refiere a todo el material de origen animal o vegetal que este descompuesto, parcialmente descompuesto y sin descomposición. Generalmente es sinónimo con el humus aunque este término es más usado cuando nos referimos a la materia orgánica bien descompuesta llamada sustancias húmicas (FAO, 2009).

2.1.25 Muestreo

Herramienta de la investigación científica estadística. Cuya función básica es determinar que parte de una realidad en estudio (población o universo) debe examinarse con la finalidad de hacer inferencias sobre dicha población (Ministerio del Ambiente del Ecuador.MAE/Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación.FAO, 2012).

2.1.26 Muestreo de suelos

Se entiende por “muestreo” tanto la remoción de las muestras del suelo en el campo para ser analizadas en el laboratorio, como la localización *in situ* del equipo medidor en sitios seleccionados (Lozano, 2014).

2.1.27 El perfil del Suelo

Oñate (2012), considera al perfil de un suelo como la exposición vertical de los horizontes distribuidos en forma secuencial o alterada el mismo que puede ser definido en función de los rasgos del perfil o de cada uno de los estratos que lo forman y que son únicos o característicos de una zona o sector, el perfil de suelos puede ser observado en una calicata o hueco cavado a propósito en un corte de carretera.

(Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación.FAO, 2009), donde se indica que el contenido de materia orgánica de los horizontes minerales se puede estimar mediante el color del suelo seco y/o húmedo en la tabla Munsell, tomando en cuenta su clase textural. Esta estimación se basa en la suposición de que el color del suelo (valor) es debido a la mezcla de sustancias orgánicas de color oscuro y minerales de color claro.

2.1.28 Plan de manejo forestal

Conjunto de normas técnicas que regularán las acciones por ejecutar en un bosque o plantación forestal, en un predio o parte de este con el fin de aprovechar, conservar y desarrollar la vegetación arbórea que exista o se pretenda establecer, de acuerdo con el principio del uso

racional de los recursos naturales renovables que garantizan la sostenibilidad del recurso (MAE., 2010).

2.1.29 Profundidad efectiva

(León R. , 2007) sostiene que la profundidad efectiva de un suelo es el espacio en el que las raíces de las plantas comunes pueden penetrar sin mayores obstáculos, con vistas a conseguir el agua y los nutrimentos indispensables.

2.1.30 La Poda

Es una operación que consiste en la corta de ramas muertas y/o vivientes de un árbol o arbusto con el objetivo de mejorar su aspecto y su fuste, eliminando los nudos que se puedan presentar en el fuste.

Esta labor no incrementa el desarrollo del árbol (ni en altura ni en diámetro); pero si permite obtener madera de mejor calidad y si el objetivo de su plantación es producir madera de calidad para muebles o tablillas, la poda le permitirá obtener un fuste recto y sin nudos (FONAM, 2007).

2.1.31 Raleo

Eliminar poco a poco algunos árboles para dar mayor espacio a los “árboles seleccionados” y mejorar sus condiciones de luz (aclareo del bosque), agua, nutrientes, entre otros.; y así poder estimular el crecimiento de los mejores árboles buscando incrementar sus dimensiones (grosor comercial) y mejorar a su vez la calidad de la madera en un menor tiempo (FONAM, 2007).

2.1.32 Rodal

Población de árboles de una misma especie con características suficientes de uniformidad, edad, composición, calidad, constitución y disposición; que la hace

distinguible de otras poblaciones adyacentes (Corporación de Estudios y Publicaciones, 2013).

2.1.33 *Recursos forestales*

Conjunto de elementos, como suelo, y vegetación; y de factores, como temperatura y humedad, en que predomina la vegetación arbórea (Corporación de Estudios y Publicaciones, 2013).

2.1.34 *Suelo*

El suelo se lo considera como el producto de diferentes procesos dinámicos y biológicos que han obrado sobre las rocas y minerales a través del tiempo (Oñate, 2012).

2.1.35 *Textura*

La textura del suelo se considera una propiedad básica porque los tamaños de las partículas minerales y la proporción relativa de los grupos por tamaños varían considerablemente entre los suelos, pero no se alteran fácilmente en un determinado suelo (Oñate 2012).

2.2 *Marco teórico*

2.2.1 *El eucalipto en la actualidad*

Actualmente el eucalipto está presente en más de 90 países, la mayoría en zonas tropicales y subtropicales, aunque existen plantaciones de gran productividad en zonas templadas de Nueva Zelanda, Chile, Argentina, Brasil, Uruguay, Sudáfrica, la Península Ibérica y Estados Unidos. La razón de esta dispersión es el gran número de especies y, por tanto, de tolerancia a condiciones ecológicas diferentes.

Hoy en día el eucalipto se extiende sobre más de 22 millones de hectáreas en todo el mundo (a las que habría que añadir más de 11 millones de bosque nativo de eucalipto en

Australia), lo que representa el 12% de las plantaciones forestales mundiales. Sin embargo, se estima que no más de 13 millones de hectáreas de estas plantaciones tienen realmente productividad de interés industrial (Grupo Empresarial ENCE, S.A., 2009).

2.2.1.1 *El eucalipto, una especie introducida*

Existen muchas opiniones sobre las ventajas y desventajas del uso de especies introducidas, dentro de éstas se menciona su desadaptación al ecosistema, incluyendo posibles daños a éste. Como una ventaja se menciona que estarían libres de sus plagas naturales, aunque también podrían estar expuestas a nuevas plagas y agentes patógenos (Guerinot & Salt, 2001).

La realidad es que la gran ventaja de considerar la posibilidad de incluir especies provenientes de otras regiones, es la de ampliar la base para una buena selección de especies que se adapten a las condiciones actuales de los sitios a plantar y cumplan con los objetivos de producción, económicos y financieros que se tracen (Lindenmayer & Cunningham, 2000).

2.2.1.2 *El eucalipto, una oportunidad de desarrollo sostenible*

(ENCE, S.A., 2009), indica que la falta de especies autóctonas de alta capacidad productiva y la dificultad para que puedan prosperar en terrenos forestales degradados o inutilizados, son razones suficientes para la introducción ordenada de especies forestales como el eucalipto, cuyas características le permiten vivir en condiciones climáticas muy diversas.

2.2.1.3 *Frente a la agricultura*

- Actúan como sumideros de carbono.
- Precisan menor consumo energético.
- Presentan tasas muy inferiores de erosión.
- Requieren menor intensidad de gestión.

- Ofrecen mayor biodiversidad.
- Permiten mayor multifuncionalidad.
- Mejoran el balance en el ciclo del agua.

2.2.1.4 *Frente a otras especies forestales*

- Tienen mayor productividad forestal y, por lo tanto, requieren menos superficie.
- Algunas especies son más eficientes en el uso del agua.
- Ofrecen mayor capacidad de adaptación y rápido crecimiento, lo que multiplica su potencial ambiental, industrial y de generación de empleo y riqueza.
- Presentan mayor rendimiento industrial para la producción de celulosa.
- Poseen una amplia versatilidad industrial, destacando especialmente como fuente de energía renovable y materia prima idónea para la fabricación de productos de calidad superior como el papel, la miel o los aceites esenciales.
- Sus características como árbol facilitan un mayor desarrollo de la biodiversidad.

2.2.2 *Análisis de la situación de los bosques en el Ecuador*

La administración del Patrimonio Forestal del Estado Ecuatoriano está bajo la responsabilidad del Ministerio del Ambiente. La superficie de bosque natural la superficie con bosques nativos es de las 12.793.642, ha. Del total de la superficie con cobertura forestal, solo 4'000.000 ha pueden ser utilizadas como bosques productores (Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca. MAGAP, 2015).

En Ecuador la tasa “media” del crecimiento de la masa forestal del bosque natural se ha fijado en un metro cúbico por ha año⁻¹. En lo que respecta a las plantaciones forestales, el eucalipto tendría un crecimiento hasta de 15 m³ ha⁻¹año⁻¹ (MAGAP, 2015).

Aproximadamente 2'616.555,50 ha (9,61%), de la superficie del país son tierras de uso con potencial forestal. Según el Ministerio del Ambiente, en Ecuador existe una superficie de 164.000 hectáreas de plantaciones, de las cuales las plantaciones de la Sierra representan el 50 %. Aproximadamente el 48% corresponden en su mayoría a especies de Pino y Eucalipto (MAGAP, 2015).

2.2.3 *Análisis de la situación del eucalipto en el Ecuador*

Durante el 2010 representó la segunda especie, con un volumen aprovechado de 619.243,35 m³, a través de la aprobación de 1.301 programas, en 13 provincias de la sierra y costa ecuatoriana. El 76,55% de este volumen se autorizó mediante la aprobación de programas de corta de plantaciones forestales en 12 provincias de la región sierra y costa, principalmente Pichincha, Cotopaxi, Imbabura, Chimborazo, Loja, Esmeraldas y Carchi.

El volumen restante se autorizó a través de programas de corta de árboles plantados, en 10 provincias principalmente en Chimborazo, Pichincha, Tungurahua, Carchi, Esmeraldas, Bolívar e Imbabura. En relación al año anterior el volumen de madera aprobado se incrementó en un 8,55% de esta especie (Ministerio del Ambiente del Ecuador. MAE, 2010).

2.2.4 *Descripción taxonómica, características; botánicas, ecológicas y de rendimiento de la especie Eucalyptus globulus Labill*

Según (ENGLER'S, 1964), la clasificación sistemática del *Eucalyptus* es la siguiente:

Reino:	Plantae
Subreino:	Spermatophitas
División	Angiospermae
Clase:	Magnoliopsida
Orden	Myrtales
Familia:	Myrtaceae
Género:	Eucalyptus
Especie.	globulus
Nombre científico:	<i>Eucalyptus globulus Labill</i>

2.2.4.1 *Caracteres botánicos*

- **Tronco** cilíndrico, recto, grueso alcanza hasta 2m de DAP
- **Corteza** de 3 cm. de grosor que desprende en tiras al madurar dejando una segunda corteza lisa dando al árbol un aspecto característica en ocasiones expulsa resina.
- **Copa** alargada e irregular sobre un fuste limpio de ramas hasta en 2/3 de su altura total.
- **Hojas** juveniles opuestas, sésiles, de base cordada, de color gris-azulado, de 8-15 cm de longitud y 4-8 cm. de anchura. Las adultas alternas, pecioladas, con la base cuneada, linear-lanceoladas, de 15-25 cm de longitud, con el ápice acuminado.
- **Flores** axilares, solitarias o en grupos de 2-3, de hasta 3 cm de diámetro, con numerosos estambres de color blanco.
- **Fruto** en cápsula campaniforme de color glauco y cubierta de un polvo blanquecino, de 1.4-2.4 cm. de diámetro.
- **Semillas** fértiles son negras, rugosas y más grandes, los óvulos abortados son, rojizos y livianos (Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca. MAGAP, 2015)

Un kilogramo tiene 55.000 semillas, cuya germinación ocurre entre los 5 y 22 días. Al ser una semilla de tipo ortodoxa se debe almacenar a una temperatura de 3 - 5°C con un contenido de humedad del 4 - 8% (Trujillo E. , 2004).

2.2.4.2 *Control de enfermedades*

Esta especie es atacada por hongos de la especie *Diplodia sp.* y *Amarillaria sp.*, que se hacen presentes en época lluviosa, la misma que se puede controlar aplicando una dosis de 1,7 kg/ha de oxiclورو de cobre u óxido cuproso, sin embargo la dosis puede variar en función de la intensidad del ataque (MAGAP, 2015).

2.2.4.3 *Turno o corta final de la especie Eucalyptus globulus Labill*

Puede estar entre el año 12 y el 15, llegando a la corta final con aproximadamente 350 a 400 árb/ha (MAGAP, 2015).

2.2.4.4 *Crecimiento (IMA)*

Los incrementos medios anuales son: de 1,2 – 1,6 m. en altura y de 1,1 – 1,2 cm en diámetro con un rendimiento en volumen de 16,76 – 26,24 m³/ha/año (Ecuador Forestal, 2013).

2.2.4.5 *Rendimientos volumétricos*

10-12m³/ha/año (MAGAP, 2015)

2.2.4.6 *Usos de la madera*

Como trozas de más de 10 cm. de diámetro se exporta al Japón, Estados Unidos, Europa para pulpa de papel de alta calidad (MAGAP, 2015).

La industria de la construcción, por ser madera dura la utiliza en todas las formas que integra la llamada construcción estructural (columnas, vigas, parquet y otros pisos). La madera aserrada se usa en la fabricación de revestimientos, muebles y carpintería en general (MAGAP, 2015).

También se utiliza como postes, durmientes y mangos de herramientas. Como leña o carbón no se consume tan rápido como el aliso, arde bien deja poca ceniza y se carboniza fácilmente produciendo un carbón de buena calidad (MAGAP, 2015).

2.2.5 *Evaluación de plantaciones forestales*

De acuerdo con la (Organización Mundial para la Agricultura y la Alimentación. FAO, 2006) “Evaluación es el proceso de contextualización de los datos del inventario y de asignación de valores al recurso”. Esto quiere decir que la evaluación de los recursos forestales va más allá de la simple toma de datos o mediciones; implica todo el análisis de estos datos a la luz de una situación económica, ecológica y social en que se encuentre el desarrollo del recurso.

2.2.6 *Calificación del sitio forestal*

(Gayoso & Alarcón, 1999), sostienen que la productividad del suelo está determinada por el conjunto de sus características tanto físicas como químicas, que expresan la relación entre el suelo, el agua y las plantas que soportan.

2.2.6.1 *Factores fisiográficos*

Constituyen los aspectos naturales del paisaje terrestre: relieve, altitud, modelado, vegetación, hidrografía, pedregosidad, drenaje, entre otros (Casanova M. , 2010).

- Altitud

Se puede plantar en altitudes entre 2.200 a 3.300 msnm (MAGAP, 2015).

Trujillo (2013), manifiesta que la especie *Eucalyptus globulus* Labill se puede encontrar entre los 1.600 y 2.900 msnm.

(Tunari, 2001) en su informe técnico sobre la evaluación de la aptitud de las tierras con fines forestales de la ladera sur del “parque Tunari” considero las siguientes escalas para la variable altitud (Altamente apto de 2700 – 2900 msnm, moderadamente apto de 2500 - 2700 o 2900 – 3700 msnm y de marginalmente apto cuando es menor a 2500 o mayor 3700 mm).

- Pendiente del terreno

Los componentes del concepto de pendiente son básicamente: gradiente (inclinación), complejidad (uniformidad o irregularidad relativa), forma y aspecto (exposición). No obstante, en los estudios de suelo, se suele incluir solo los primeros dos componentes, para caracterizar las unidades cartográficas (Casanova M. , 2010).

(Tunari, 2001) categorizo a esta variable en; moderadamente inclinado cuando es menor 30 %, inclinado de 30 – 60 %, muy inclinado de 60 – 100 % y escarpado si es mayor al 100%.

- Pedregosidad interna

(Tunari, 2001) indica las siguientes escalas, desde no pedregoso si el valor es inferior al 5% pasando a moderadamente pedregoso de 5 – 20 % a pedregoso si el valor oscila de 20 – 50 % hasta excesivamente pedregoso cuando es mayor al 50%.

- Drenaje interno

Libre flujo del agua al interior del perfil y en su entorno considerando la influencia y restricciones de las características del suelo y del terreno en su estado natural.

2.2.6.2 *Factores climáticos*

Las condiciones climáticas del sitio son propiedades importantes que influyen el crecimiento de las plantas y la formación de suelos. Como mínimo, se debe recolectar información sobre la temperatura promedio mensual (en grados Celsius) y la precipitación media mensual (en milímetros), haciendo uso de datos existentes de la estación meteorológica más cercana al sitio (FAO, 2009).

Las condiciones climáticas de cada región son uno de los factores más importantes al momento de determinar la especie a manejar y aprovechar, ya que no es posible en la práctica influir sobre ellas (FAO, 2009).

Hay que tener en cuenta siempre los picos máximos y mínimos de cada uno de los factores que integran el clima ya que un momentáneo exceso o escasez de alguno de ellos puede reducir drásticamente la productividad (FAO, 2009).

- Temperatura

Generalmente las altas temperaturas no afectan de forma directa a los árboles, siendo más importante la distribución de las temperaturas mínimas.

(MAGAP, 2015), indica una temperatura entre 10,8–16,8°C

- Precipitación

Se considera una precipitación de 800 a 1.500 mm y (MAGAP, 2015)

(Tunari, 2001) en su informe técnico sobre la evaluación de la aptitud de las tierras con fines forestales de la ladera sur del “parque Tunari” considero las siguientes escalas (Altamente apto de 800 – 900 mm, moderadamente apto de 600 – 800 o 900 – 1200 mm y de marginalmente apto el sitio cuando es menor a 600 mm o mayor 1200 mm).

2.2.7 Factores edáficos

2.2.7.1 El suelo

(Buckman & Brady, 1993), en el suelo hemos visto materiales sueltos, no consolidados, yacentes sobre las rocas del subsuelo. Sobre un lecho de rocas, casi universalmente, se hallan restos incoherentes, este material, conocido como capa filtrante u horizontal iluvial, puede ser muy delgado o, al contrario, alcanzar centenares de metros de espesor.

La presencia de cierta cantidad de materia orgánica no descompuesta, junto con la meteorización de los minerales en el suelo, da por resultado, muchas veces, una estratificación horizontal característica. Esta porción superior del horizonte iluvial, modificada bioquímicamente (suelo), puede distinguirse del material subyacente por un contenido relativamente alto de materia orgánica una abundancia de raíces de plantas

superiores y microorganismos del suelo una meteorización más intensa y la presencia de capas horizontales.

Para la (Universidad de Chile, 2010) existen dos maneras generales de considerar a los suelos:

(1) Sobre la base de sus propiedades; y (2) las funciones específicas o usos del suelo. Lo usual es comenzar con los factores principales de formación del suelo o a partir de fenómenos de formación del suelo o a partir de fenómenos involucrados en el origen y evolución de los suelos. Cuando se considera la función del suelo, lo usual es evaluar aquellos factores que son función de las propiedades del suelo de acuerdo al rol que el suelo cumple en la vida individual y social del hombre.

2.2.7.2 *Pedón*

Oñate (2012), señala que es el volumen más pequeño de suelo que se puede describir y muestrear para representar la naturaleza y el arreglo de los horizontes de un suelo. Un pedón tiene tres dimensiones: el límite inferior es algo vago entre el suelo y lo que no es suelo, material geológico. Las dimensiones laterales son lo suficientemente grandes para representar la naturaleza de cualquier horizonte y las alteraciones que pueda presentar. El área que comprende el pedón es de 1-10 m²; dependiendo de la variabilidad del suelo.

2.2.7.3 *Polipedón*

Oñate (2012), indica que consiste en un grupo de pedones contiguos, que se encuentran dentro de los límites de una serie de suelos. En otras palabras el conjunto de pedones = polipedón.

2.2.7.4 *El perfil del suelo*

Oñate (2012), considera al perfil de un suelo como la exposición vertical de los horizontes distribuidos en forma secuencial o alterada el mismo que puede ser definido en función de los rasgos del perfil o de cada uno de los estratos que lo forman y que son únicos o característicos

de una zona o sector, el perfil de suelos puede ser observado en una calicata o hueco cavado a propósito en un corte de carretera.

El perfil del suelo se considera como la exposición vertical de una porción superficial de la corteza terrestre que incluye todas las capas u horizontes que han sido alteradas durante el periodo de su formación, junto con las más profundas que influyeron en su génesis. El perfil de un suelo generalmente comprende tres horizontes principales designados por las letras A, B y C, como se indica en la Figura 1-2 (Navarro, 2003).

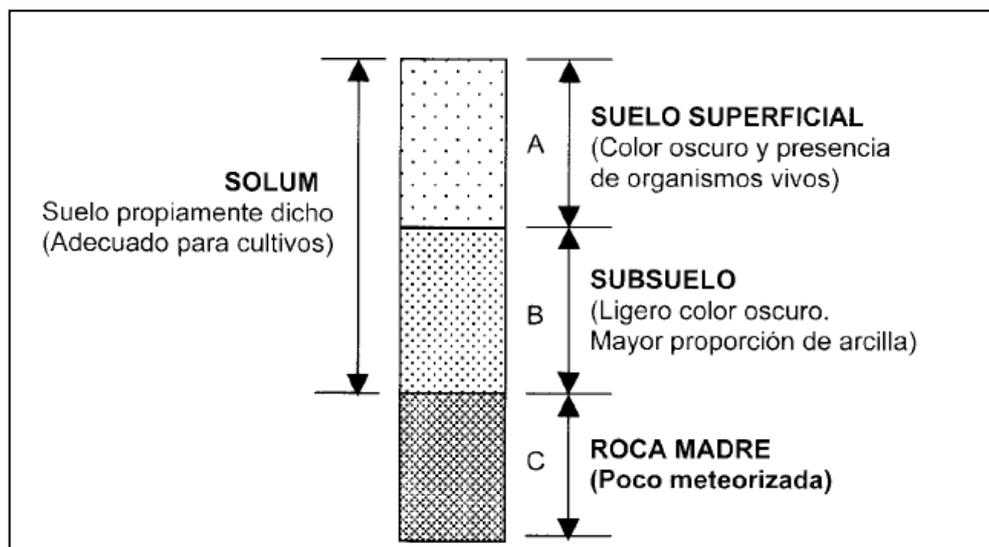


Figura 1-2. Origen y formación del suelo. Factores influyentes
Fuente: (Navarro, 2003)

El horizonte A está formado por el suelo superficial, y en él se encuentra la mayor parte de la materia orgánica procedente de las raíces de las plantas y otros restos que son depositados sobre la superficie. Presenta un color oscuro, y es el más expuesto y, consecuentemente, afectado por los agentes climáticos. (Navarro, 2003).

El horizonte B constituye la capa intermedia, y suele estar también altamente meteorizado. De color más claro, en él se sitúan las raíces de los arbustos y árboles. El contenido en materia orgánica es mucho menor. En suelos muy evolucionados (zonas húmedas) se pueden distinguir en él dos sub- horizontes: uno más superficial de transición y otro más inferior de acumulación formado por óxidos de hierro y aluminio, arcillas y carbonato cálcico (Navarro, 2003).

El horizonte C comprende la capa más profunda del perfil. Está formado por partículas de roca poco desmenuzadas y prácticamente sin actividad por parte de organismos vivos (Navarro, 2003).

Corresponde a un cuerpo tridimensional de material suelo, más o menos paralelo a la superficie del terreno, que difiere en sus características y propiedades de las capas subyacentes y suprayacentes y sobre el cual han actuado los factores de formación de suelos y han ocurrido alguno(s) de los proceso(s) de formación de suelos. El espesor del horizonte comienza a tomarse desde la superficie del suelo, que corresponde al límite superior de la primera capa que puede sostener un sistema radical, sea ésta orgánica o mineral (Casanova, 2010).

2.2.7.5 *Profundidad efectiva*

(León R. , 2007) sostiene que la profundidad efectiva de un suelo es el espacio en el que las raíces de las plantas comunes pueden penetrar sin mayores obstáculos, con vistas a conseguir el agua y los nutrientes indispensables. Tal información resulta ser de suma importancia para el crecimiento de las plantas.

Un suelo debe tener condiciones favorables para recibir, almacenar y hacer aprovechable el agua para las plantas, a una profundidad de por lo menos un metro. En un suelo profundo las plantas resisten mejor la sequía, ya que a más profundidad mayor capacidad de retención de humedad.

Condiciones que pueden limitar la penetración de las raíces en el suelo:

- Roca dura sana
- Cascajo (pedregosidad abundante)
- Agua (nivel, napa o manto freático cercano a la superficie)
- Tepetales

Generalmente bastan solo tres propiedades para establecer la horizonación de un suelo: color, textura y estructura, aunque otras propiedades, como la consistencia, son a veces de gran ayuda. El más mínimo cambio detectado (en una sola o en varias de estas propiedades) es suficiente para diferenciar un nuevo horizonte (León R. , 2007).

- Compacidad.

En el caso de suelos compactos aparecen problemas de profundidad en el suelo o de hidromorfía si la compactación genera capas impermeables, que afecta principalmente a especies de raíces poco penetrantes, ya que cuando aparecen capas compactas se limita la profundidad y estas especies son incapaces de quebrar dichas capas para acceder al resto del suelo (Villena, Eduardo (Coordinador), 2003).

2.2.7.6 *Color del suelo de los horizontes*

El color del suelo refleja la composición así como las condiciones pasadas y presentes de óxido-reducción del suelo. Está determinado generalmente por el revestimiento de partículas muy finas de materia orgánica humificada (oscuro), óxidos de fierro (amarillo, pardo, anaranjado y rojo), óxidos de manganeso (negro) y otros, o puede ser debido al color de la roca parental (FAO, 2009).

2.2.7.7 *Textura*

Para el estudio de la textura del suelo, éste se considera formado por tres fases: sólida, líquida y gaseosa. La fase sólida constituye cerca del 50 % del volumen de la mayor parte de los suelos superficiales y consta de una mezcla de partículas inorgánicas y orgánicas cuyo tamaño y forma varían considerablemente. La distribución proporcional de los diferentes tamaños de partículas minerales determina la textura de un determinado suelo (Oñate 2012).

La textura del suelo se considera una propiedad básica porque los tamaños de las partículas minerales y la proporción relativa de los grupos por tamaños varían considerablemente entre los suelos, pero no se alteran fácilmente en un determinado suelo (Oñate 2012).

(MAGAP, 2015) sostiene que la especie *Eucalyptus globulus* Labill, prefiere suelos franco arenosos-arcillosos o areno-arcillosos, con buen drenaje no compactados.

2.2.7.8 *Estructura*

(Buol, Hole, & Cracken, 1989), Es la forma en que las partículas del suelo se reúnen para formar agregados. De acuerdo a esta característica se distinguen suelos de estructura esferoidal (agregados redondeados), laminar (agregados en láminas), prismática (en forma de prisma), blocosa (en bloques), y granular (en granos).

La estructura del suelo se refiere a la organización natural de las partículas del suelo en unidades de suelo discretas agregados o peds que resultan de procesos pedogenéticos. Los agregados están separados entre sí mediante poros o vacíos.

Para la (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación-FAO, 2009), los suelos sin estructura se dividen en granos simples y masivos. Los granos simples tienen una consistencia suelta, suave o muy friable y consiste en la ruptura de más de 50 por ciento de partículas minerales discretas. Los suelos con estructura masiva tienen normalmente una consistencia más fuerte y ofrecen una mayor resistencia a la ruptura.

2.2.7.9 *Densidad aparente*

(FAO, 2009) expresa que la densidad aparente refleja la porosidad total del suelo. Valores de densidad aparente bajos (generalmente por debajo de $1,3 \text{ g/cm}^{-3}$) indican generalmente una condición porosa del suelo. Este parámetro es importante para la descripción de la calidad del suelo y la función del ecosistema. Valores altos indican un ambiente pobre para el crecimiento de raíces, aireación reducida, y cambios indeseables en la función hidrológica como la reducción de la infiltración del agua.

2.2.7.10 *Materia orgánica*

La materia orgánica se refiere a todo el material de origen animal o vegetal que este descompuesto, parcialmente descompuesto y sin descomposición. Generalmente es sinónimo con el humus aunque este término es más usado cuando nos referimos a la materia orgánica bien descompuesta llamada sustancias húmicas (FAO, 2009).

Vegetación muerta y los residuos de las plantas constituyen el material fundamental para originar materia orgánica. En condiciones naturales, todos estos residuos como: raíces de plantas y árboles, partes aéreas, arbustos y otras plantas; aportan una gran cantidad de residuos orgánicos. Mientras que en los suelos cultivados, muchas de las plantas no son extraídas en su totalidad y muchas de sus raíces y tallos son abandonados en el suelo, lo que ayuda a la recuperación de los nutrientes perdidos (Navarro, 2003).

A continuación se presenta una tabla de la clasificación de los componentes químicos del material originario de la materia orgánica del suelo (Tabla1-2).

Tabla 1-2. Componentes químicos del material originario de la materia orgánica del suelo.

Hidratos de carbono	Monosacáridos: Pentosas, hexosas
	Oligosacáridos: Sacarosa, maltosa
	Polisacáridos: Arabanas, poliuronidos....
Ligninas	Polímeros derivados del fenilpropano
Taninos	Complejos fenólicos
Glucósidos	Compuestos glucosa+alcohol, fenol o aldehidos
Ácidos orgánicos, sales y ésteres	Ácidos oxálico, cítrico, málico, etc.
Lípidos y afines	Grasas y aceites: Esteres glicéricos
	Ceras: Esteres no glicéricos
	Aceites esenciales: Derivados del terpeno
Resinas	Ácidos resínicos
Compuestos nitrogenados	Proteínas, aminoácidos, aminas y bases orgánicas
	Alcaloides
	Purinas, pirimidinas, ácidos nucleicos
Pigmentos	Clorofilas
	Carotenoides
	Antocianinas
Compuestos minerales	Aniones y cationes

Fuente: (Navarro, 2003)

2.2.7.11 El pH del suelo

El pH del suelo expresa la actividad de los iones hidrógeno en la solución del suelo. Este afecta la disponibilidad de nutrientes minerales para las plantas (FAO, 2009). Es un factor limitante para muchas especies vegetales, ya sea por valores demasiado bajos

(suelos ácidos) como por valores altos (suelos alcalinos). Las especies que prefieren pH bajos se denominan acidófilas, de los que sus más conocidos representantes son los eucaliptos.

(MAGAP, 2015) indica que el *Eucalyptus globulus* Labill se puede desarrollar con un pH de 5 a 7.

2.2.7.12 *Elementos nutritivos esenciales para las plantas*

La cantidad de nutrimentos disponibles en el suelo está relacionada con el material madre del que se formó; ellos son adicionados y repuestos a través del intemperismo de ese material, de la precipitación y además, a excepción del nitrógeno, por la fijación biológica (White & Molnar, 2002).

Si estos procesos no se dan con la rapidez suficiente para reponer lo que extraen los árboles o cualquier otro cultivo, incluyendo los pastizales, el suelo no tendrá la capacidad de proporcionar los nutrimentos necesarios para sostener esos rápidos crecimientos y altas producciones durante un tiempo indefinido (León, Suárez, & Castañeda, 1996).

Otros estudios demuestran que alrededor de 70% de los nutrimentos extraídos por los árboles se acumula en las hojas, ramas y corteza. Así la cosecha de los tallos o fustes principales, sólo contiene 30% de los nutrimentos, de aquí que una de las prácticas más recomendables es la de no efectuar aprovechamientos que impliquen la remoción de árboles completos, dejando la mayor parte de los residuos en el sitio y tomando medidas para promover su integración rápida al suelo y acelerar su reciclaje (Madeira, Azevedo, & Soares, 1998).

Son varias las críticas que se hacen a las plantaciones forestales en relación con su impacto en las propiedades físicas y químicas del suelo, principalmente en su fertilidad (Moreira, *et al.*, 1998).

Por último, existe el recurso de fertilizar los sitios de acuerdo a las necesidades, lo cual no sólo es posible con fertilizantes comerciales, sino también con otros materiales tales como roca minerales, estiércoles, compostas y abonos verdes (Guerinot y Salt, 2001).

(MAGAP, 2015) indica que la falta de boro y fósforo en los suelos influyen en el crecimiento de los árboles de eucalipto.

2.2.7.13 *Capacidad de intercambio catiónico*

Cationes son los nutrientes, iones y moléculas cargados positivamente. Los principales cationes en el suelo son: calcio (Ca), magnesio (Mg), potasio (K), sodio (Na), hidrógeno (H) y amonio (NH₄). Las partículas de arcilla son los constituyentes del suelo cargados negativamente. Estas partículas cargadas negativamente (arcillas), retienen y liberan nutrientes cargados positivamente (cationes). Las partículas de materia orgánica también están cargadas negativamente y también atraen cationes.

Las partículas de arena son inertes (sin carga) y no reaccionan. Los cationes retenidos por el suelo pueden ser reemplazados por otros cationes. Esto significa que son intercambiables. Por ejemplo, el Ca⁺⁺ puede ser intercambiado por H⁺ y/o K⁺ y viceversa. El número total de cationes intercambiables que un suelo puede retener (la cantidad permitida por su carga negativa) se denomina capacidad de intercambio catiónico o CIC. Mientras mayor sea la CIC más cationes puede retener el suelo.

Los suelos difieren en su capacidad de retener cationes intercambiables. La CIC depende de la cantidad y tipo de arcillas y del contenido de materia orgánica presentes en el suelo. Un suelo que tiene alto contenido de arcillas puede retener más cationes intercambiables que un suelo con bajo contenido de arcillas. La CIC se incrementa también a medida que la materia orgánica se incrementa (Instituto de la Potasa y el Fósforo. INPOFOS, 1997).

2.2.7.14 *Carbonato de calcio (CaCO₃)*

La presencia de carbonatos (CaCO₃) se detecta adicionando algunas gotas de HCl (tradicionalmente en Chile, diluido volumétricamente a 1/3). El grado de efervescencia generada por la liberación de CO₂ es indicativo de la cantidad de carbonato de calcio presente (Casanova, 2010).

2.2.8 *Importancia del muestreo del suelo*

Es fundamental en vista de que sirve como base para la clasificación del suelo y la evaluación del sitio, así como para realizar interpretaciones sobre la génesis y funciones ambientales del suelo. Una buena descripción de suelos y el conocimiento derivado en cuanto a la génesis del mismo, son también herramientas útiles para guiar, ayudar en la explicación y regular el costoso trabajo de laboratorio. Asimismo, puede prevenir errores en el esquema de muestreo (FAO, 2009).

2.2.8.1 *Muestreo de suelos*

Se entiende por “muestreo” tanto la remoción de las muestras del suelo en el campo para ser analizadas en el laboratorio, como la localización *in situ* del equipo medidor en sitios seleccionados (Lozano, 2014).

Se recomienda que el número dado a la muestra, sea el número del perfil del suelo o calicata, seguido por una letra mayúscula (A, B, C, D, etc.) y el rango de profundidad a la cual cada muestra ha sido tomada comenzando de la parte inferior a la superior, sin importar el horizonte del que hayan sido tomadas (algunos pueden haber no sido muestreado mientras que otros más de una vez). El peso de cada muestra es usualmente 1 kg (FAO, 2009).

En un muestreo con fines de diagnóstico de calidad hay que tomar en cuenta

2.2.8.2 *Objetivo del muestreo*

El interés de la investigación orienta el diseño de los objetivos del muestreo.

2.2.8.3 *Método a ser usado*

Se fundamenta a partir de los objetivos del estudio, las condiciones del suelo (Ej. humedad), tiempo necesario para la ejecución del muestreo y la complejidad de las determinaciones (Lozano Z. , 2014).

2.2.8.4 *El tipo de muestra*

En función de la información que se requiere, las muestras pueden ser simples o compuestas y, pueden pertenecer a un estrato superficial o profundo (Lozano Z. , 2014).

- Muestras simples

Son aquellas que son colectadas en un tiempo y en un lugar en particular. Constituyen las condiciones puntuales de una muestra de la población en el tiempo que fue colectado.

- Muestra compuestas

Son el producto de la mezcla de muestras individuales o submuestras, es decir cada submuestra, que conforma la muestra compuesta, debe ser del mismo volumen y representar el mismo horizonte del suelo muestreado, por lo que solo deben mezclarse muestras obtenidas de la misma profundidad y mediante el mismo diseño de muestreo, documentando el origen y tamaño de cada una (Lozano Z. , 2014).

2.2.8.5 *El tamaño y dimensiones de las muestras*

Muchos de los procedimientos analíticos requieren de una muestra estándar; sin embargo, a medida que aumenta el tamaño de la muestra se reduce la variabilidad entre replicaciones (Lozano Z. , 2014).

Es definida por el investigador, de acuerdo con algoritmos estadísticos, accesibilidad a las zonas de interés, capacidad analítica y económica (Csuros & Csuros, 2002).

2.2.8.6 La localización de la muestra en el campo

El esquema de muestreo va a depender de la uniformidad del campo y del conocimiento previo que se tenga de la variabilidad de ciertos factores del sitio.

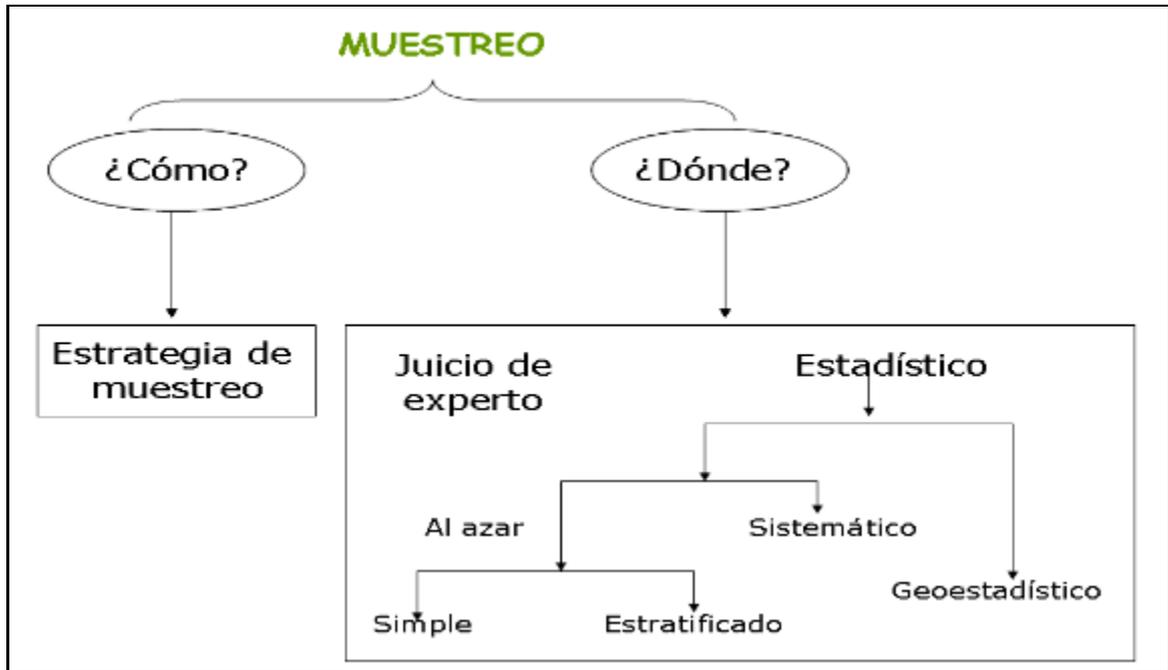


Figura 2-2. Esquemas de muestreo
Fuente: (Lozano Z. , 2014).

- Muestreo estratificado o zonificado

En un método en el que se utiliza la información previa de la población de muestras para determinar grupos (denominados *estratos*) que son muestreados independientemente.

Lo más común es la determinación de estratos geográficos, ver figura 2-2. Los estratos se deben definir con la ayuda de los datos confiables de otra variable (variable auxiliar) que sea altamente correlacionable con la variable principal. Los resultados tendrán mayor precisión que si no se usan estratos. Los estratos deben de ser lo más homogéneos posibles y pueden asociarse a la morfología del terreno, relieve, elevaciones, uso de tierra, textura del suelo, entre otros (Lozano Z. , 2014).

2.2.8.7 *La localización de las muestras dentro del perfil de suelo*

Es prioritario considerar intervalos regulares, horizontes pedogenéticos y capas con características homogéneas.

- Profundidades de muestreo
 - 0 a 30 cm
 - 30 a 60 cm
 - 60 a 90 cm u otros intervalos de interés.

Siempre es aconsejable realizar observaciones a más profundidad para determinar si existe algún factor limitante (capa impermeable, salinidad, rocosidad, entre otros.) que pueda afectar a los horizontes superficiales (Lozano Z. , 2014).

2.2.8.8 *Calicata*

Sirve para observar la profundidad del suelo, horizontes, tipo de suelo (textura y estructura), presencia de piedras ó estratas endurecidas, entre otros. Aspectos que tienen Influencia directa en la capacidad que tiene un determinado suelo para almacenar agua (Centro de Investigación y Transferencia en Riego y Agroclimatología-CITRA, sf)

2.2.8.9 *Frecuencia de muestreo*

Anual, cada 2 años y cada 2 a 3 años generalmente, si el uso de la tierra es forestal (Lozano Z. , 2014).

2.2.8.10 *El número de replicaciones*

Es una función de la exactitud requerida

$$n = \frac{(t^2 * CV^2)}{r^2}$$

n = Número de muestras.

t = Estadístico “ t ” para una probabilidad “ p ” y “ $n-1$ ” grados de libertad.

CV = Coeficiente de variación (%).

r = Rango de precisión aceptable (Montiel & Blanco, 2001)

2.2.8.11 *La época de muestreo*

La época de colección de las muestras depende de los objetivos del estudio. Hay que hacer referencia al contenido de humedad al cual se realizó el muestreo o la determinación (Lozano Z. , 2014).

(Arcos, 2008), sostiene que las muestras de suelo deben ser tomadas a 1 o 2 meses antes de la siembra, o plantación con la finalidad, con el fin de disponer de tiempo suficiente para él envío de las muestras, para su análisis en el laboratorio, para la interpretación de los resultados y la obtención de los fertilizantes o la labor de enclavamiento de los suelos, indica que está en función de la topografía, de la extensión del lote y de la mayor o menor uniformidad del terreno.

2.2.8.12 *Inventarios forestales*

(Ministerio del Ambiente del Ecuador.MAE/Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación.FAO., 2012), manifiestan que un inventario forestal constituye el conjunto de procedimientos aplicados para determinar el estado actual del bosque, en cuanto a su volumen y tasa de crecimiento, cuyo objetivo es generar información para facilitar la planificación del manejo forestal a mediano y largo plazo.

Los inventarios forestales y los sistemas estadísticos son el fundamento para la adopción de políticas idóneas en apoyo de la ordenación forestal sostenible. La integración de los aspectos económicos y ambientales en la planificación del sector forestal exige disponer de un gran volumen de información sobre los bosques, tanto de carácter espacial como temporal. Los diversos estudios realizados llegan siempre a la conclusión de que es necesario reunir mucha más información sobre la cantidad, calidad y utilización de los bosques (Rondeux & Lecomte, 2010).

2.2.8.13 *Medición forestal*

La medición forestal o dasometría implica la determinación del volumen de árboles completos y de sus partes, las existencias de maderas en rodales, la edad y el incremento de árboles individuales y de rodales completos, así como la magnitud y volumen de sus productos (Campbell, y otros, 2002, págs. 19-41).

2.2.8.14 *Muestreo e inferencia estadística*

- Muestreo

(MAE/FAO., 2012), indican que el muestreo es una herramienta de la investigación científica estadística. Su función básica es determinar que parte de una realidad en estudio (población o universo) debe examinarse con la finalidad de hacer inferencias sobre dicha población.

Campbell et al. 2002, expresan que el muestreo es el proceso mediante el cual se efectúa estimaciones con un error y una probabilidad conocida, mediante el establecimiento de parcelas o unidades de muestreo distribuidas convenientemente sobre el área a evaluar.

- Inferencia estadística

Las investigaciones que se generan a través de experimentos tienen el propósito de solucionar problemas tecnológicos; y, en otros casos, la búsqueda de resultados aplicables que puedan generalizarse a toda la población (Vizcaino & Aguirre, 2010).

2.2.8.15 *Diseño del inventario*

Los cuatro tipos de muestras de probabilidad, de uso más común, son:

- Muestra aleatoria simple

Las parcelas o puntos de muestreo se ubican en un plano cartesiano (X_i, Y_j) , en donde cada parcela o punto de la población tiene la misma probabilidad de ser seleccionada (Thorsten & Palacios, 2000).

- Muestreo sistemática

En este tipo de muestreo , solamente el punto inicial es seleccionado al azar, luego se establece una red de carriles con un azimut definido, y una distancia preestablecida entre carriles.

La distribución sistemática de las parcelas por toda el área del bosque con una cuadrícula asegura una buena representación de la población en el muestreo (Thorsten & Palacios, 2000).

- Muestra estratificada

Las razones más comunes para utilizar la estratificación de un inventario forestal son:

- Aumentar la precisión de las estimaciones de los parámetros de la población. Si una población es heterogénea, la idea principal es dividirla en sub-poblaciones que sean internamente más homogéneas
- Obtener estimaciones con una precisión determinada para cada una de las sub- poblaciones (Thorsten & Palacios, 2000).
- Muestra de agrupación (o bietápica)

Se denomina también muestreo bietápico o submuestreo, aunque no necesariamente se limita a dos etapas por lo que puede llamarse multietápico.

En este tipo de muestreo se divide el bosque en unidades primarias, pero no se toma una muestra de cada unidad primaria. Más bien en una primera etapa se selecciona algunas unidades primarias. Luego, dentro de las unidades seleccionadas se realiza un muestreo aleatorio o sistemático, como segunda etapa (Thorsten & Palacios, 2000).

2.2.8.16 *Procedimiento del inventario de campo*

- Mapa de la plantación

Para efectuar una adecuada evaluación de una plantación, es necesario contar con un mapa o levantamiento del área efectiva plantada. Esto permitirá poder definir el número de parcelas e intensidad de muestreo a seguir, detalles de las distancias y rumbos de las transectas o fajas de muestreo, así como la distancia entre fajas y entre parcelas dentro de fajas de muestreo (Murillo, 2008).

Generalmente la información cartográfica de interés en un mapa forestal en el que se delimite la plantación y se muestre las áreas plantadas. Aquellas con arbolado maduro, áreas de protección y aquellas no arboladas o con usos diversos. Es deseable que tal información distinga también caminos, otras vías de acceso, ríos, o cualquier otro elemento de la topografía que podría ser usado como límite o frontera dentro de la plantación y que puede ser fácilmente reconocido, tanto en el terreno como en fotografía o mapas (Torres & Magaña, 2001).

2.2.8.17 *Unidad de muestreo*

Es el lugar físico o parcela, establecida convenientemente en el área de estudio y donde se miden las variables previamente definidas. Esta debe ser representativa del sector las cuales deben estar distribuidas en el área de interés de acuerdo al diseño establecido. Las unidades de muestreo siempre deben quedar delimitadas y geo referenciadas en el terreno y ubicadas en un plano para su posterior evaluación de ser necesario (Campbell *et al.*, 2002).

2.2.8.18 *Parámetros básicos*

- Diámetro a la altura del pecho (DAP)

Medición tomada a una altura normal de 1.30 m sobre el nivel del suelo (MAE/FAO., 2012). Pero si los árboles presentan deformaciones a esta altura, entonces se mide el diámetro donde termina la deformación.

Se usan varios instrumentos para medir el diámetro de los árboles, las ventajas de cada uno de ellos depende de varias circunstancias, como la posición y el estado de la parte del árbol que vaya a medirse, el grado de precisión requerido y la facilidad de transporte del instrumento. La medición se efectúa directamente en centímetros. Para tener un alto grado de precisión, se acostumbra a registrar las mediciones en decímetros.

Si la bifurcación (punto en que se divide el duramen) comienza por debajo de 1,30 m de altura teniendo cada tronco el diámetro requerido será considerado, como un árbol. La medición del diámetro de cada tronco se tomará a 1,30 m de altura.

Si la bifurcación comienza más arriba de 1,30 m, el árbol se contará como uno solo, la medición del diámetro se realiza por tanto por debajo del punto de intersección de la bifurcación. Los brotes de montes bajos se originan entre el nivel del suelo y 1,30 m sobre el tronco de un árbol muerto o cortado.

Los brotes de monte bajo que se originan por debajo de 30 cm se miden a 1,30 m sobre el terreno, los que se originan entre 30 cm y 1,30 m o miden a 1.00 m del punto en que se origina (MAE/FAO., 2012).

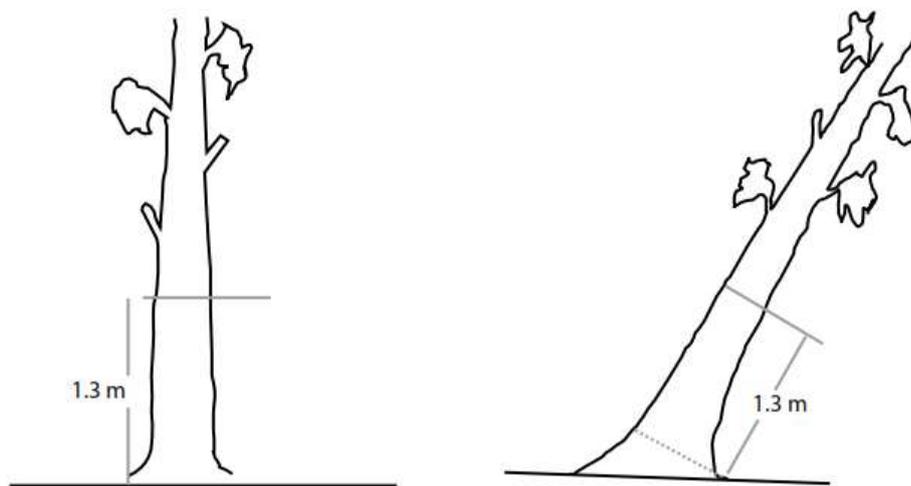


Figura 3-2. Medición de diámetros en terrenos planos
Fuente: (Menéndez, 2006)

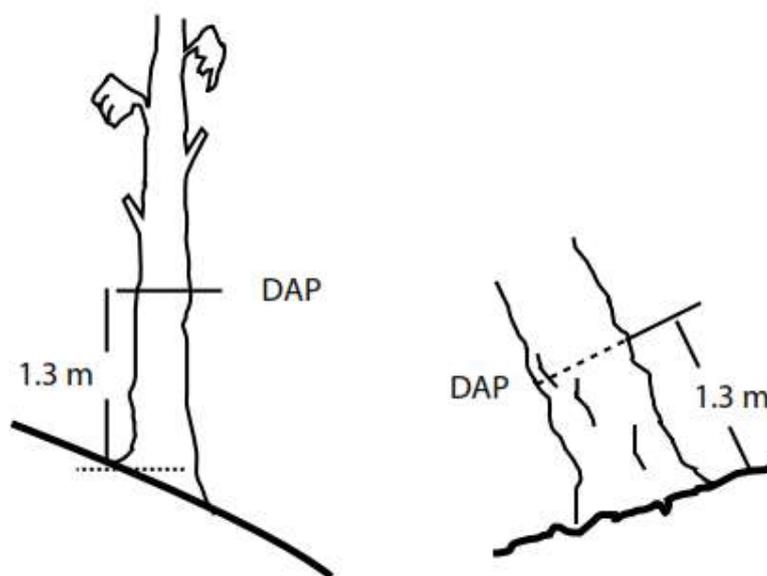


Figura 4-2. Medición de diámetros de árboles en terrenos inclinados,

a) para árboles rectos, b) para árboles inclinados

Fuente: (Menéndez, 2006)

- Altura del árbol

Distancia vertical entre el nivel del suelo y la punta más alta del árbol. Cuando se trata de árboles plantados o establecidos en ladera se mide a partir del punto más elevado del terreno, aunque algunas veces este concepto se modifica, por ejemplo si se toma el nivel medio del suelo (MAE/FAO., 2012).

- Altura total

Distancia vertical entre el nivel del suelo y la yema terminal del árbol. Para la medición de la altura de un árbol se utilizan varios aparatos forestales, entre los que son los más utilizados los denominados hipsómetros, que mediante una escala de medición y situándose a una distancia conocida del árbol lanzan una visual al ápice de la copa y la base del árbol, obteniéndose así la medida de la altura del árbol (Caillez, 1980).

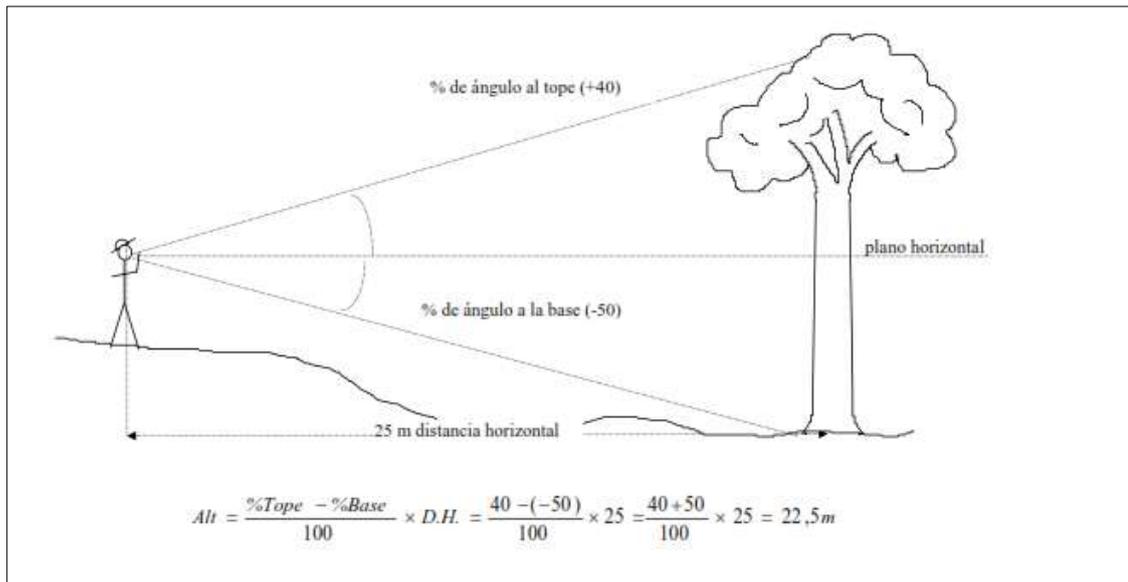


Figura 5-2. Medición de altura total, si el observador se ubica sobre la base del árbol
Fuente: (Menéndez, 2006)

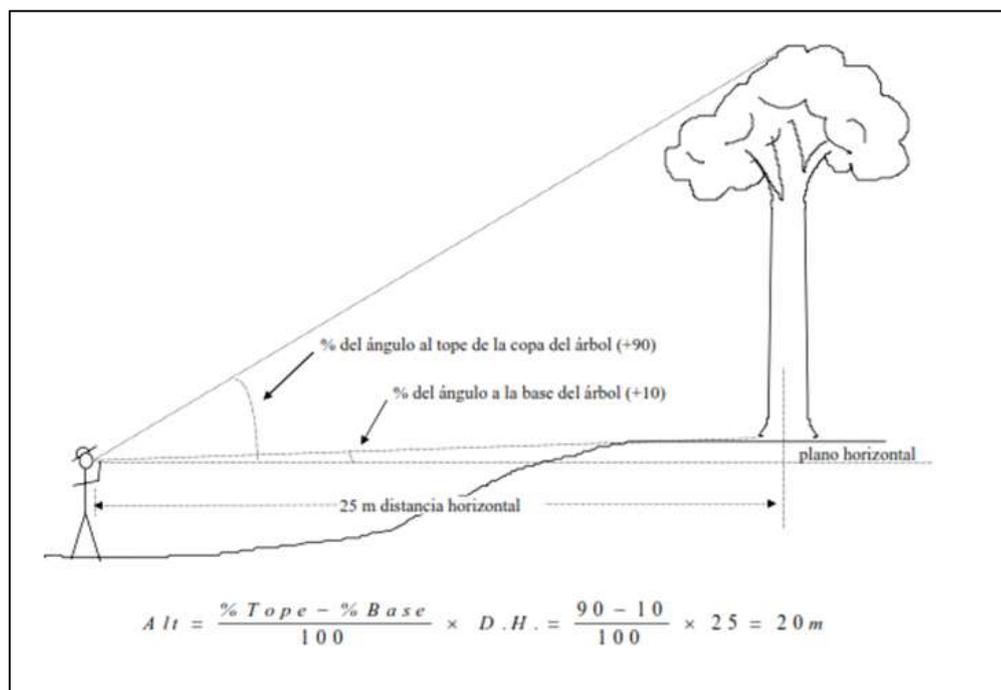


Figura 6-2. Medición de altura total, si el observador está debajo de la base del árbol
Fuente: (Menéndez, 2006)

- Altura comercial

Es la medida entre el suelo y el punto donde el fuste tiene un diámetro comercial definido.

- Área basal

El área de la sección transversal del árbol aislado a 1,30 m de altura es designada como área basal del árbol o área del círculo, esto a pesar de que la sección transversal de los árboles no siempre es de forma completamente circular.

El área basal de un árbol es un componente para el cálculo del volumen también es indicador dasométrico importante para definir el estado y la capacidad del rendimiento. El área basal es importante por mostrar la densidad del rodal o un bosque, la dominancia de las especies y la calidad del sitio.

Todo esto llevará a determinar la distribución del número de árboles por clase diamétrica y así comprender la importancia del área basal (Caillez, 1980).

$$AB = \frac{\pi \times D^2}{4} \quad (1)$$

- Volumen de los árboles en pie

Se define como la cantidad de madera estimada en m³ a partir del tocón hasta el ápice del árbol. El volumen puede ser total o comercial, sin incluir las ramas. Depende a partir de que se tomen las alturas, si es altura comercial, o altura total. En latifoliadas normalmente se calcula el volumen comercial del fuste.

En plantaciones forestales se pueden hacer estimaciones del volumen en pie, aprovechable o remanente a una edad determinada, o bien en una eventual venta de la plantación, pero es en los raleos y cosecha final donde los árboles cortados producen gran cantidad de trozas que serán comercializadas y por tanto se deben cubicar (Caillez, 1980).

Este caso se da cuando el árbol aún se encuentra en pie. Entonces se utiliza la siguiente fórmula:

¹ Fórmula para calcular el área basal

$$V = \frac{3.1416 \times (\text{DAP})^2 \times h \times \text{ff}}{4} \quad (2)$$

Dónde:

V = Volumen de la madera en metros cúbicos

DAP = Diámetro del árbol a la altura del pecho en metros

h = Altura comercial del árbol en metros

ff = factor de forma = 0.7

Esta fórmula será de mucha ayuda si se quiere saber la cantidad de madera que se puede obtener de los árboles en pie que hay en la plantación. Debemos saber que la medida del DAP (diámetro a la altura del pecho) se debe tomar a 1.30 m de altura de la base.

2.2.8.19 *Relación entre sitio y productividad*

La productividad de los bosques o plantaciones forestales esta comúnmente definida en términos del sitio y está representada por la cosecha de madera (u otros productos forestales) que el área puede producir en determinada cantidad de tiempo (Daniele, Helms, & Baker, 1982). Medir la productividad del sitio es crítico para predecir el crecimiento y el rendimiento final (Sharma, Amateis, & Burkhart, 2001).

Los factores ambientales que caracterizan al sitio son determinantes de la producción en plantaciones (o rodales naturales) (Casaubon, Gurini, & Cueto, 2000). Estudios conducidos en plantaciones con especies tropicales de rápido crecimiento indican que el incremento de la masa forestal es significativamente dependiente del sitio en forma rápida y determinante (August, 2001), entonces para producir cantidad y calidad de madera (u otros productos) resulta indispensable la identificación y el conocimiento de estos factores.

2.2.8.20 *Calidad de árboles*

Según (Quevedo, s/f) el árbol durante su crecimiento, puede haber pasado por diferentes problemas para su desarrollo, a causa de su ubicación topográfica y ecológica, lo que

² Fórmula para calcular el volumen de madera

provoca la formación de diferentes formas y tipos de fustes, al estar sujeto al ataque de insectos y condiciones de crecimiento. En muchos casos la calidad de la madera es afectada, tanto en su interior como en la calidad en su forma.

Entre las formas y tipos de fustes que podemos encontrar, tenemos a) forma buena o cilíndrica (calidad 1), b) forma regular o con algunas deformaciones (calidad 2), c) forma inferior o con presencia de curvaturas (calidad 3), también existen especies con curvaturas pronunciadas en el borde del fustes y deformaciones menos frecuentes.

2.3 Ordenación forestal

Es el proceso de administración de la unidad productora (bosque), cuya meta es obtener la estructura y organización más adecuada de cada uno de los rodales que la integran para lograr una **producción óptima y continua, de bienes y servicios**, de acuerdo a la productividad del sitio y con las condiciones tecnológicas y socio económicas prevalecientes (Hernández, 2014).

La gestión forestal abarca diversas actividades relacionadas con la planificación, la explotación y la supervisión: evaluación de la calidad del paraje, riqueza forestal y medición del crecimiento, planificación forestal, provisión de carreteras e infraestructuras, gestión del suelo y el agua para preparar y mejorar la zona.

2.3.1 *Las actividades de la gestión forestal*

La gestión forestal implica una serie de actividades variadas: silvicultura, evaluación de las riquezas forestales y biodiversidad, control de crecimiento de las especies, planificación y ordenación de montes, preparación y gestión de los suelos y recursos hídricos, limpieza, fertilización, plantación y regeneración de especies, explotación de la madera, controles de producción y rendimiento sostenible; prevención de fuegos, plagas y enfermedades, entre otras.

La gestión forestal está orientada a obtener de los bosques una producción de rendimiento sostenible, lograr beneficios económicos, sociales y ambientales definidos para el sector.

Todas estas actividades están orientadas a obtener de los bosques una producción maderable y no maderable, cuyo rendimiento sea sostenible en el tiempo.

En la gestión forestal también se contempla la reserva de bosques, no para la explotación, sino para asegurar la diversidad biológica y obtener de ellos servicios ambientales. Estas áreas suelen estar protegidas, así como vetadas a la explotación de cualquier tipo de recurso; se suelen catalogar como reservas naturales o parques nacionales (Hernández, 2014).

2.3.2 *Manejo forestal*

Para el manejo sustentable de los recursos forestales, como lo señalan (Nájera & Hernández, 2008), se debe partir de propuestas provenientes de la evaluación de un inventario de las áreas boscosas, para que se puedan conocer los parámetros dasométricos y tener el escenario actual en cuanto a las especies de interés, número de árboles, diámetros, alturas, edad, área basal, volumen e incrementos del bosque.

2.3.2.1 *Actividades necesarias para el manejo forestal*

- Elaboración de programas de manejo (inventario: muestreo, procesamiento, análisis; cartografía, redacción).
- Elaboración de catastro
- Comunicación a propietarios del inicio de actividades en sus predios
- Ejecución de marqueos.
- Control de volúmenes marcados y aprovechados.
- Informes de marqueo.
- Solicitud de documentación forestal y su control.
- Informe de fin de anualidad y solicitud para la próxima (Hernández, 2014).

2.3.2.2 *Plan de manejo forestal*

Es el documento que contiene la planificación técnica que regula el uso y aprovechamiento racional y sostenido de los recursos naturales renovables de un terreno de vocación forestal o que sin serlo esté cubierto de bosque, con el fin de obtener el máximo de beneficio económico, asegurando al mismo tiempo la conservación, la protección ambiental y la mitigación de eventuales impactos ambientales negativos (Fondo Nacional del Ambiente. FONAM, 2007).

2.3.2.3 *Importancia del manejo forestal.*

Se puede definir al manejo forestal como el “conjunto de medidas técnicas y de gestión para la producción forestal sostenible”.

El manejo forestal es un concepto que cubre todas las etapas del proceso de producción forestal: el cuidado de la plantación, la transformación de las materias primas y la comercialización de productos finales. En una plantación sin manejo podrían presentarse los siguientes problemas:

- Reducción del crecimiento en diámetro.
- Reducción del crecimiento en altura.
- Aumento en peligro de enfermedades y plaga.
- Reducción del vigor de los árboles.

2.3.3 *La poda*

Busca obtener que la parte basal de los árboles, o las primeras trozas, queden sin ramas para la obtención de trozas gruesas con una importante proporción de madera libre de defectos, o con nudos vivos en la madera (Instituto Forestal. INFOR, 2002).

Los eucaliptos, se despojan, naturalmente de su ramas y no requieren prácticas de poda solo en muy contados casos es necesaria la poda (Ecuador Forestal, 2013).

2.3.3.1 *Objetivos de la poda*

- Mejora la calidad del fuste: produce madera libre de nudos, al menos en los primeros 3.5 m de tronco que es la parte más valiosa del árbol por presentarse la mayor concentración de madera.
- Mejora la salud del árbol.
- Facilita el acceso a la plantación para otras labores (evaluación, mantenimiento).
- Permite el desplazamiento del ganado.
- Reduce el riesgo de pérdida del árbol por incendios: rompen la continuidad entre las ramas.
- Limita el desarrollo de hongos (FONAM, 2007).

2.3.3.2 *Criterios o edad para podar*

Para el caso de las plantaciones puras, la poda se realiza cuando las ramas inferiores de los árboles se entremezclan. La frecuencia de podas es variable.

Se recomienda realizar la poda en el periodo de crecimiento más lento. Esto sucede en la época de verano o sequía, donde hay menos peligro de infección por hongos. También en el verano existe escasez de pastos y los productos de la poda podrían servir como forraje (en el caso de especies forrajeras) (FONAM, 2007).

2.3.3.3 *Cantidad de ramas a podar*

La cantidad de ramas a cortar, en el caso de plantas jóvenes no debe exceder a 1/3 de la altura del árbol. En el caso de podas posteriores no es recomendable podar más de la mitad de su copa. Debemos recordar que las plantas se alimentan a través de sus hojas, es ahí donde elaboran sus alimentos (FONAM, 2007).

2.3.3.4 *Forma de podar*

- Para ramas de hasta 5 cm. de diámetro, se puede hacer en un solo corte, sujetando la rama para que no se desgarre.
- Para ramas gruesas y pesadas, preferible hacerla en tres pasos. No dejar muñones que con el tiempo no dejan un corte limpio, ni hacer cortes muy profundos en el fuste.
- Podar antes de que las ramas comiencen a morir, porque ramas muertas forman nudos negros o sueltos.
- Podar solo árboles buenos que reúnan las características adecuadas para su proceso de transformación. Los demás se irán en los raleos posteriores (FONAM, 2007).

2.3.4 *El raleo en plantaciones forestales*

2.3.4.1 *Beneficios del raleo*

El raleo ofrece los siguientes beneficios:

- Permite aumentar el crecimiento de árboles “seleccionados”, permitiendo incrementar sus dimensiones (tamaño comercial).
- Controla la cantidad y calidad de madera producida por un árbol en un menor tiempo.
- Permite generar ingresos económicos intermedios como resultado de la comercialización de los productos obtenidos.
- Los productos obtenidos pueden ser empleado para distintos usos por los propietarios (por ejemplo leña) (FONAM, 2007).

2.3.4.2 *Consideraciones básicas para el raleo*

El raleo debe iniciarse cuando los árboles empiezan a competir; esto se manifiesta cuando las copas se juntas y/o las raíces se entrecruzan. Una buena época de raleo sería entre los meses de agosto y octubre, época seca, por la necesidad de disminuir la presencia de ataques de plagas y enfermedades a los árboles.

La época de raleo es una decisión que va de la mano con los anteriores puntos expuestos y a su vez debe considerar el factor de ingresos económicos, debido a que con la venta de los productos raleados se podrían cubrir algunos costos de labores de mantenimiento de la plantación (FONAM, 2007).

No es fácil determinar cuándo se deben realizar los aclareos en una masa forestal ya que los eucaliptos de 2 a 3 años crecen sin dificultad tanto en altura como en diámetro pero a partir de esa edad su copa tiene un crecimiento diametral hasta quedar este estacionario (Ecuador Forestal, 2013).

2.3.4.3 *Raleo*

Se recomienda realizar raleos en los años 6 y 10 con una intensidad de 50 y 30% respectivamente.

2.3.4.4 *Selección de árboles para el raleo*

De acuerdo a dos criterios básicos se pueden seleccionar los árboles a ralear:

- La calidad de los árboles

Se deben eliminar los árboles con características no deseadas con la finalidad de favorecer a los árboles con mejores características.

- El espaciamiento del árbol

El darle espacio al árbol es necesario para que la copa pueda alcanzar forma adecuada y tenga una disposición equilibrada de ramas dentro de ella. Los árboles que no cumplan con este punto serán raleados (FONAM, 2007).

2.3.4.5 *Algunos tipos de raleo*

- Raleo numérico

Es importante la determinación cuantitativa del raleo en relación con la economía de

la producción en las plantaciones. El raleo numérico tiene la finalidad de prescribir el número de árboles que debe quedar en diferentes etapas del desarrollo de la masa forestal de la plantación, de esta manera la espesura se expresa en términos de número de árboles (o espaciamiento según tabla de Hart, o área basimétrica) (Vásquez, 2001).

En el raleo numérico con base a edad se especifica el número de árboles que deben quedar para cada una de las diversas edades de la plantación.

Tabla 2-2. Régimen de raleo

Edad (años)	Número de árboles del vuelo principal
0	1.400 (árboles/ha)
6	800
10	600
14	450
20	350
28	250
35	0 (fin del turno)

Fuente: (Vásquez, 2001)

Para cada especie y para cada calidad de sitio es necesario especificar el régimen de raleo ya que el comportamiento de la masa forestal depende de la interacción entre la especie y el medio ambiente. El fenotipo.

En este tipo de raleo el aspecto cuantitativo está bien especificado. El aspecto cualitativo queda a criterio del silvicultor, las especificaciones del número de árboles suponen una distribución uniforme de los mismos sobre la superficie, con un espaciamiento medio relativamente uniforme. Por lo tanto, uno de los principales criterios para la selección de árboles a eliminarse o mantenerse en la masa forestal, es la distribución, la forma del fuste y el desarrollo del árbol (Vásquez, 2001).

- Raleo con base al área basimétrica: Tamaño

El área basimétrica es un factor valioso para la prescripción del raleo siempre y cuando se especifique también el número de árboles o el diámetro medio, ya que con una determinada área basimétrica puede haber un número elevado de árboles pequeños, delgados, o un número menor de árboles de mayor diámetro. El área basimétrica es importante dada la estrecha correlación con el volumen. El incremento de área basimétrica es un buen índice del incremento de volumen.

El régimen de raleo se fija mediante, la especificación del número de árboles que debe quedar a diferentes edades. Se usa el área basimétrica para expresar la espesura de la masa forestal y para hacer modificaciones según la necesidad con el fin de mantener la espesura dentro de los límites deseados para obtener el óptimo rendimiento. Es necesario determinar el área basimétrica limitante para cada especie y determinar cómo varía según la edad y la calidad de sitio (Vásquez 2001).

2.3.4.6 Raleo basado en los índices de Hart (IH) y de Hart-Becking

Son índices que relacionan el espaciamiento medio de los árboles de la masa con la altura dominante. El índice de Hart se desarrolló considerando una distribución de los árboles de la masa a marco real (malla rectangular), mientras que el índice de Hart-Becking se desarrolló para distribuciones a tresbolillo (González, 2011).

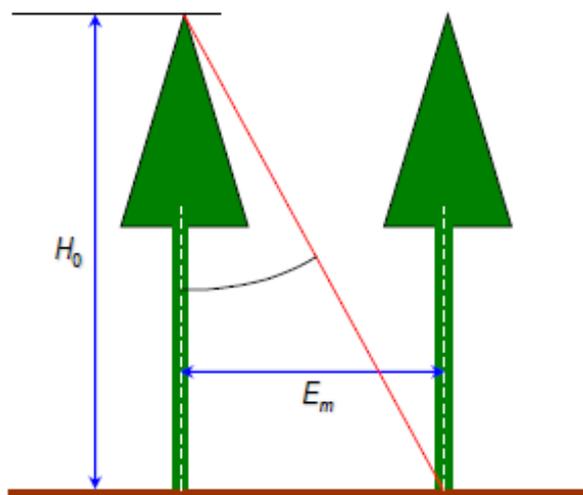


Figura 7-2. Representación de parámetros del Índice de Hart

Fuente: (González, 2011)

$$Em\ marco\ real = \sqrt{\frac{10.000}{N}}$$

$$IH\ marco\ real\ (\%) = \frac{10.000}{Ho\sqrt{N}}$$

(Vásquez, 2001) indica que en el caso del índice Hart- Becking, desarrolló el concepto denominado “Índice de espaciamento Relativo” (IH%), que es el valor relativo que expresa en porcentaje de la altura de los árboles más elevados (Ho), el espaciamento promedio (E) entre los árboles, suponiendo que éstos se disponen sobre el terreno en forma de triángulos o rectángulos, cuya ecuación es:

$$IH\ \% = \frac{E}{Ho} \times 100$$

Posteriormente se debe calcular el espaciamento promedio (E) y el índice de espaciamento relativo por parcela (IH %), con las siguientes ecuaciones:

$$E = \sqrt{\frac{10.000\ m^2}{(N^{\circ}.Arb/ha)}} \qquad IH\ \% = \frac{E}{Ho} \times 100$$

E = Espaciamento promedio

IH % = Índice de Hart o espacio/crecimiento

Ho = Altura mayor promedio.

IH% s = 20 % (raleo suave)

IH% m = 25 % (raleo medio)

IH% f = 30 % (raleo fuerte) (Educación-socio ambiental, 2008).

2.3.4.7 Método de área basal (G)

(Educación-socio ambiental, 2008) sostiene que este método indica la densidad en función del área basal en por ciento de la altura.

Para determinar si un rodal requiere raleo, se aplica la siguiente formula:

$$D = \frac{G}{AT} \times 100$$

Donde:

D= Densidad (%)

G = Área basal en m² / ha

AT = Altura total promedio de los árboles del rodal.

Si $D > 90 \%$, el rodal requiere raleo. Un valor de D adecuado esta entre 60% y 90 %, utilizándose 75 % como cifra promedio.

Se calcula el G después del raleo (Gd), con base en una densidad deseada (Dd), por medio del siguiente modelo matemático:

$$Gd = \frac{HT \times Dd}{100}$$

Donde:

Gd = Área basal después del raleo.

HT = altura promedio de los dominantes

Dd = densidad deseada

Se obtiene el número de árboles por ha después del raleo:

Nd = Gd

G DOM

Donde:

GDOM = Área basal de dominantes.

Se calcula finalmente el espaciamiento:

$$E = \sqrt{\frac{10000}{Nd}}$$

2.3.4.8 Esquema general de manejo

- Manejo aserrable de *Eucalyptus sp.*

Los árboles de *Eucalyptus globulus*, pueden producir trozas de alto valor para la producción de madera aserrada, parquets, trozas y debobinables para tableros y otros productos de mayor valor para la utilización en la industria del mueble.

Esquema de manejo adaptado con información de ensayos de INFOR y empresas forestales en Chile.

Tabla 3-2. Esquema de manejo aserrable de *Eucalyptus sp*

Altura estimada (m)	Edad estimada (años)	Densidad residual (árboles/ha)	Árboles a podar o extraer (árboles/ha)	Actividad	Especificación
0	0	1000-1250		Establecimiento	Labores de establecimiento
	1-2			Control de malezas post-plantación	Minimizar interferencia de malezas herbáceas y arbustivas; el número de controles de maleza dependerá de su presencia y grado de competencia; fertilizar al establecimiento y post-plantación dependerá de la evaluación de cada caso
Hasta 2-3	1.5 -2			Corrección fustal	Evaluar niveles y daño por heladas o viento
6-8	2.5-3.5		600-700	Poda 1 (aprox. hasta 2-3m)	Selección por crecimiento y calidad; poda altura variable, máximo a 30-40% altura total del árbol; DSM=12-15 cm
6-8	2.5-3.5	600-700	300-650	Raleo o deshecho o semi comercial	Voltear todos los árboles no podados, y mantener espaciamiento
12-15	4.5-5.5		350-500	Poda 2 (aprox. hasta 5.5-6m)	Selección de árboles por calidad y espaciamiento; levantar poda, máximo de 25-35% altura copa viva.
12-15	4.5-5.5	350-500	200-350	Raleo comercial (a densidad final)	Voltear y extraer árboles sin levante de poda
45-50	18-22		350-500	Cosecha	Se cosecha la totalidad de los árboles. Posterior a la cosecha, evaluar si manejar los rebrotes o plantar

Establecimiento de Plantaciones Forestales, INFOR, 2000.

Nota: Adaptado de Managing a Small Forest for Timber, 1996, con experiencias en Chile.

2.3.4.9 Manejo de regeneración de tocón en *Eucalyptus sp.*

Su objetivo es manejar los rebrotes de un bosque cosechado de *Eucalyptus globulus*, para la producción de madera pulpable, combustible, postes y polines; los rebrotes (epicórmicos) se

originan de yemas laterales, activadas después de la cosecha. Para una mejor producción de brotes después de la cosecha, se deben tomar ciertas consideraciones, como las siguientes:

- Cortar al comienzo de la estación de crecimiento.
- El tocón debe dejarse lo más corto posible, entre 10-20 cm.
- El corte debe ser liso e inclinado (tipo bisel), cuidando de no dañar la corteza tanto en el volteo como en el madereo.
- Tocones de árboles muy jóvenes o suprimidos, o muy gruesos de árboles adultos, son los que presentan menor retoñación (Sotomayor, Helmke, & García, 2002).

Tabla 4-2. Manejo de monte bajo de *Eucalyptus sp.*

Altura estimada (m)	Edad estimada (años)	Densidad residual (brotes /tocón)	Densidad (tocón/ha)	Brotes a extraer (brotes/tocón)	Actividad	Especificación
0	0	6-12	500-1.000		Mantenimiento y protección	Luego de la cosecha original se debe ordenar los desechos y, evitar la entrada de animales para prevenir daños a los brotes.
0-3	0-2				Control de malezas y fertilización	Se recomienda ejecutar los mismos cuidados que una plantación normal; es decir, hacer control de malezas, fertilizar, y si es necesario, corrección fustal.
3-4	1-2	2-4		4-8	Raleo a desecho	Selección por calidad y distribución en el tocón, preferible dejar brotes del lado que sopla el viento; hacer cortes limpios.
6-8	3-4	1-2		1-3	Raleo comercial para polines o puntales	Cortar aquellos más débiles o por distribución para mantener brotes en forma homogénea en el tocón.
					Poda	La actividad de poda es variable y debe ser evaluada caso a caso, dado que el <i>Eucalyptus globulus</i> Labill tiene poda natural, aunque se puede acelerar este proceso podando a edades tempranas.
22-34	8-12	1-2	500-1.000		Cosecha	Se puede hacer corta total de los rebrotes o fustes, o un manejo gradual de estos

Establecimiento de Plantaciones Forestales, INFOR, 2000.

Nota: Adaptado de Managing a Small Forest for Timber, 1996, con experiencias en Chile.

En el caso de *Eucalyptus globulus* Labill, la retoñación de un tocón es muy variable, entre 5 a 12 brotes o más por tocón, pero sólo algunos de éstos serán los dominantes. El manejo de éstos tiende a acelerar este proceso de selección natural, mediante la eliminación de brotes para dejar entre 1 – 2 brotes por cada tocón al final del manejo; el número final de brotes a dejar dependerá del objetivo de reducción, seleccionándose aquellos de mejor forma y vigor, y tratando que éstos queden homogéneamente distribuidos.

La oportunidad de los clareos dependerá de cuán pronto los rebrotes estén establecidos, dado que en sus inicios, por competencia natural y efecto de vientos pueden verse afectados e incluso existir mortalidad (Sotomayor, Helmke, & García, 2002).

Debido a esta competencia y mortalidad, es preferible realizar los clareos una vez que se haya producido una selección natural y se haya asegurado un número mínimo de brotes para su manejo (Sotomayor, Helmke, & García, 2002).

2.3.4.10 *Evaluación de esquemas de manejo*

Se debe tener claro que la densidad inicial de este esquema dependerá de la densidad final obtenida antes de la cosecha del monte alto original. Además, luego de la cosecha original, se produce cierta mortalidad de tocones por efectos de competencia, daño al tocón y raíces por técnicas inadecuadas de cosecha, y por la senectud del bosque original. En general la literatura menciona que este tipo de manejo se puede realizar entre 3 a 5 veces o rotaciones, hasta que los tocones dejan de producir o retoñar adecuadamente por senectud, pudrición y daños (INFOR, 1989), lo cual aconsejaría volver a plantar (Sotomayor, Helmke, & García, 2002).

2.3.4.11 *Deshierbe*

Durante la fase de establecimiento los arbolitos son más susceptibles a la competencia por luz, agua y nutrientes con la vegetación preexistente que pueda crecer. Por lo tanto hay que desyerbar durante los primeros años de la plantación con una frecuencia de 6 meses si la plantación se hizo sobre pastizales y 3 veces al año si la plantación se ubicó sobre terrenos con algún tipo vegetación además del pasto.

Esta actividad se realiza cortando la vegetación en un círculo de 1 metro de radio alrededor del arbolito: no pierda el tiempo limpiando toda el área en caso haya mucha vegetación ya que esta misma puede brindarle un ambiente cálido a la planta joven pero eso sí, debe asegurarse de que la maleza no tape la luz que debe recibir cada árbol desde arriba (FONAM, 2007).

Se recomienda hacer una limpia por año durante los tres primeros años, la misma que se puede alternar con las coronas, considerando el inicio y fin del ciclo invernal (Ecuador Forestal, 2013).

2.3.4.12 Fertilización

En sitios donde se ha practicado la agricultura durante largo tiempo, podría presentarse deficiencia de nutrientes. En esos sitios se podría aplicar fertilizantes. Esta actividad se debe realizar en la fase de establecimiento de la plantación, o sea durante los primeros 3 años de la plantación (FONAM, 2007).

El fertilizante y la cantidad a utilizar, dependerá de los requerimientos del suelo y esto se puede conocer a partir de un análisis del mismo. Sin embargo, algunas casas comerciales, recomiendan que la aplicación de 50 gramos de NPK por planta a los tres meses de edad, porque influye en un crecimiento rápido y vigoroso (MAGAP., 2015).

2.4 Prevención de incendios forestales

2.4.1 Medidas consideradas para prevenir incendios:

- Elevar el nivel de conciencia del campesino para que comprenda los peligros del uso del fuego en sus actividades agrícolas. Esto se puede dar intensificando la labor educativa en las comunidades a reforestar. Se pueden realizar campañas masivas de difusión, valiéndose de medios visuales, orales y escritos exponiendo los riesgos del uso indebido del fuego durante la época seca.

- Considerar las barreras o fajas cortafuegos particularmente en plantaciones puras. Estas fajas pueden tener un ancho de 15 m. hasta 50 m. Son áreas largas con escasa o nula vegetación alrededor de la plantación, de manera que el fuego exterior no puede cruzar por no encontrar suficiente material combustible.
- En las temporadas de mayor riesgo se deben tener medidas rutinarias como la formación de “brigadas de control”, integrada por trabajadores provistos equipos y herramientas para realizar las rondas de prevención (FONAM, 2007).

2.5 Aprovechamiento de una plantación forestal

Musálem, M (2006), sostiene que constituye el conjunto de actividades operativas cuyo objetivo final es abastecer de materia prima a una industria ya establecida o por establecer.

En una plantación comercial, es común la extracción de la totalidad de los árboles que existen en el área de corta, por lo cual desde el momento en que es establecida debe ya tenerse una idea clara del sistema o combinación de sistemas que deberán emplearse en la cosecha, puesto que las plantaciones siempre se planifican y establecen de acuerdo a las demandas del mercado.

La creación de una masa arbolada usando individuos de características muy similares, establecidos a distancias equivalentes, que pueden cortarse al mismo tiempo, y en superficies más o menos compactas constituye de entrada, una ventaja para el planificador debido a que esto simplifica la selección de técnicas y tecnologías o equipos a emplear desde el establecimiento hasta la cosecha de la plantación.

Sin embargo, en una plantación es importante disminuir los errores de planeación mediante la adaptación de los métodos y equipos a las diferentes condiciones que se presentan.

2.6 Sistemas y diseños de aprovechamiento

La planificación de cosecha consiste en programas estratégicos, tácticos y operativos de las empresas, para asegurar el abastecimiento a la industria establecida (Musálem, 2006).

2.6.1 *La planificación estratégica*

Son decisiones básicas a largo plazo, con un horizonte de planificación macro que normalmente es de diez años.

2.6.2 *La planificación táctica*

Representa una planificación y programación de actividades a mediano plazo, normalmente de cinco años.

2.6.3 *Planificación operativa*

Es una programación de actividades detallada con un horizonte de planificación de un año y está en estricta relación y concordancia con la planificación táctica y estratégica de la empresa.

La planificación operativa se actualiza cada año y la planificación táctica y estratégica cada dos años. La planificación táctica define básicamente los volúmenes a extraer, los rodales en los cuales extraer dicho volumen y los bosques que van a ser cosechados durante los períodos de seca o de temporal y los resultados financieros y económicos del ejercicio (Musálem, 2006).

2.6.4 *Extracción*

Las operaciones de aprovechamiento se inician en el momento en que se derriba el arbolado en el área de corta que corresponde de acuerdo al ciclo de producción seleccionado. Dependiendo del diámetro y la longitud de los productos a obtener se

pueden emplear métodos manuales (sierras) o mecanizados (motosierras) (Musálem, 2006).

Otra crítica puede presentarse en el momento de la cosecha, donde el uso indiscriminado e inadecuado de maquinaria puede producir erosión y compactación, pero esto no es privativo del aprovechamiento de las plantaciones, ya que también puede suceder en la explotación de bosques naturales. Una vez más, las buenas prácticas silvícolas y de manejo pueden evitar estos problemas (Madeira et al. 1998).

2.6.5 *Transporte*

El transporte es un aspecto de especial relevancia, en el caso de las plantaciones su participación en el costo final se reduce al 40%, pero sin embargo, sigue siendo el concepto más alto.

2.6.6 *Abastecimiento*

En el caso de una plantación forestal comercial, los factores que deben tomarse en cuenta son los siguientes:

- Condiciones fisiográficas (accidentabilidad del terreno, pendientes y tipo de suelo).
- Condiciones climáticas (precipitación).
- Dimensiones de los productos.
- Volumen a cosechar por hectárea.
- Disponibilidad de tecnología.
- Disponibilidad de mano de obra.
- Situación socioeconómica regional (Musálem, 2006).

2.6.7 *Plantaciones con especies de lento crecimiento (turno 20 – 30 años)*

Los árboles a cosechar son de dimensiones variables por efecto de la replantación (35 a 60 cm de DAP y 20 a 35 cm de altura) y se destinan a la industria del aserrío (turno 20 años) y de tableros contrachapados (turno 30 años).

En éste caso, los árboles pueden ser derribados de una manera un tanto selectiva, extrayendo inicialmente los de dimensiones mayores, por lo que la cosecha total de un área de corta determinada pudiera prolongarse hasta dos o tres años (Musálem, 2006).

2.6.8 *Impactos al suelo*

Aunque los sistemas de aprovechamiento cuyos productos son fustes o árboles completos pueden optimizar el rendimiento y disminuir al mismo tiempo el costo unitario, pueden ser de alto impacto al suelo. La minimización de los impactos ambientales, en éste caso el principal recurso a proteger es el suelo a fin de mantener la capacidad productiva del mismo y estar en condiciones de dar continuidad al proyecto en forma indefinida (Musálem, 2006).

2.6.9 *Medidas generales para reducir los impactos sobre el suelo*

- Utilizar el sistema de trocería de cortas y largas dimensiones en lugar del de fuste o árbol completo para reducir el arrastre de suelo durante el arrime.
- En caso de extraer fustes o árboles completos procurar utilizar el cable aéreo para el arrime de los productos.
- En cualquier caso distribuir los residuos del aprovechamiento sobre el terreno.

2.6.10 *En la apertura de caminos*

- Procurar el uso de caminos ya existentes adaptándolos a las actividades por realizar (establecimiento, manejo, protección y cosecha de la plantación)
- En caso de ser necesario construir caminos, utilizar retroexcavadora en lugar de tractor “angledozer”.
- En cualquier caso se deberá mantener el camino en buenas condiciones a fin de evitar problemas de erosión hídrica, incluyendo la construcción y la conservación de cunetas, alcantarillas, vados y desagües.
- Es necesario empastar los taludes y los rellenos para evitar el arrastre de suelo por el viento y el agua.
- Las alcantarillas y cunetas deben hacerse respetando el drenaje natural del terreno para reducir la erosión hídrica (Musálem, 2006).

2.6.11 *El arrime*

- Si el arrime se efectúa directamente sobre el terreno deberá procurarse evitar la erosión o la compactación del suelo utilizando equipos técnicos más adecuados como el rodado de la trocería en lugar de arrastrarla o el uso de conos de arrime; uso de llantas extra- anchas en los tractores, entre otros.
- Tratándose de terrenos con pendientes pronunciadas, una vez extraída la totalidad de la trocería, fustes o árboles cosechados en el área de corta correspondiente deberá procederse a la replantación al inicio de la siguiente temporada de lluvias a fin de evitar la erosión hídrica.

- Tratándose de terrenos con pendientes pronunciadas, una vez extraída la totalidad de la trocería, fustes o árboles cosechados en el área de corta correspondiente deberá procederse a la replantación al inicio de la siguiente temporada de lluvias (Musálem, 2006).

2.7 Régimen forestal vigente en el Ecuador

2.7.1 Generalidades

El Régimen Forestal está definido por la Ley Forestal y de Conservación de Áreas Naturales y Vida Silvestre y por el Libro III del Texto Unificado de la Legislación Ambiental Secundaria. Sus regulaciones rigen para: a) Actividades relativas a la tenencia, conservación, aprovechamiento, protección y manejo de las tierras forestales (en base a la clasificación agrológica las tierras forestales son los bosques naturales o cultivados y la vegetación protectora); b) Manejo de bosques naturales y cultivados, existentes en tierras de otras categorías agrológicas y de las áreas naturales y de la flora y la fauna silvestres (Corporación de Estudios y Publicaciones, 2013).

2.7.1.1 Bases legales

La Ley Forestal y de Conservación de Áreas Naturales y Vida Silvestre contiene 107 artículos y constituye la base normativa sobre la administración, el manejo, el aprovechamiento y la conservación de los recursos forestales del Ecuador (Corporación de Estudios y Publicaciones, 2013)

Esta ley define los recursos forestales como patrimonio del Estado, por un lado, y como propiedad privada por otro. El patrimonio del Estado comprende las tierras de su propiedad, los bosques naturales y los cultivados por su cuenta, así como la flora y fauna silvestres (Ley Forestal, Art. 1) (Corporación de Estudios y Publicaciones, 2013).

Los bosques y vegetación protectores serán manejados, a efecto de su conservación, en los términos y con las limitaciones que establezcan los reglamentos (Ley Forestal, Art. 8).

En relación a las plantaciones forestales se declara obligatoria y de interés público la forestación y reforestación de las tierras de aptitud forestal, tanto pública como privada, y prohíbese su utilización en otros fines. Para su planificación y ejecución se someterá al mapa de uso actual y potencial de los suelos, cuyo avance se pondrá obligatoriamente en conocimiento público cada año (Ley Forestal, Art. 13).

Respecto a los bosques estatales de producción permanente serán aprovechados, en orden de prioridades, por uno de los medios que se indican a continuación: a) Por administración directa o delegada a otros organismos o empresas públicas; b) Por empresas de economía mixta; c) Mediante contratos de aprovechamiento que El Ministerio del Ambiente celebre con personas naturales o jurídicas nacionales, previo concurso de ofertas; y, d) Por contratación directa de conformidad con la Ley (Ley Forestal, Art. 22).

Los contratos de aprovechamiento forestal de los bosques estatales de producción permanente, no confieren a los beneficiarios la propiedad ni otro derecho real sobre las tierras en que se encuentren dichos bosques (Ley Forestal, Art. 28).

Los contratos de aprovechamiento de los bosques estatales de producción permanente, contendrán obligatoriamente las siguientes estipulaciones: a) Ubicación, cabida y linderos del área; b) Inventarios forestales valorados; c) Plan de manejo y sistemas de aprovechamiento y extracción; d) Infraestructura a establecer; e) Plazo de duración del contrato; f) Plazo para la linderación y señalización del área, que se realizarán a costa del beneficiario; g) Pagos que deba efectuar el beneficiario por concepto de madera en pie y por reforestación, de conformidad con lo que disponga el reglamento especial que se expedirá a este efecto; h) Obligación del beneficiario de custodiar y mantener la integridad física del área, a cuyo efecto el Estado prestará el apoyo necesario; i) Las penas que se acuerden para el caso de incumplimiento de las obligaciones contractuales; y, j) Las demás que sean necesarias para precautelar los intereses del Estado. En dichos contratos se incluirán además, de acuerdo a la Ley de Medio Ambiente y a las disposiciones del Ministerio del ramo la correspondiente declaratoria de Estudio o Plan de Manejo Ambiental (Ley Forestal, Art. 29) (Corporación de Estudios y Publicaciones, 2013).

Los contratistas garantizarán el cumplimiento de las obligaciones que contraigan mediante el otorgamiento de una de las cauciones contempladas en la Ley de Contratación Pública, cuya cuantía guardará relación con el monto de las obligaciones contraídas (Ley Forestal, Art. 30).

Los pagos a que se refiere el literal g) del Artículo 29, serán revisables cada dos años o cuando lo justifiquen las condiciones imperantes en el mercado de productos forestales (Ley Forestal, Art. 32) (Corporación de Estudios y Publicaciones, 2013).

La duración de los contratos de aprovechamiento forestal en bosques estatales de producción permanente, no será menor de tres años ni mayor de diez y podrá renovarse el contrato de conformidad con la Ley (Ley Forestal, Art. 33).

El Ministerio del Ambiente supervisará el cumplimiento de los contratos y licencias de aprovechamiento forestal. En caso de incumplimiento, adoptará las medidas legales correspondientes (Ley Forestal, Art. 34).

En caso de incumplimiento del contrato o licencia de aprovechamiento forestal, el Ministerio del Ambiente, previo informe del organismo forestal competente, declarará resuelto el contrato o cancelada la licencia, dispondrá la efectivización inmediata de las respectivas cauciones y determinará el valor de la indemnización de daños y perjuicios, que será recaudado por la vía coactiva.

Quien se creyere perjudicado por la decisión ministerial, podrá interponer su reclamo por la vía contencioso-administrativa (Ley Forestal, Art. 35).

El aprovechamiento de los bosques productores cultivados y naturales de propiedad privada, se realizará con autorización del Ministerio del Ambiente. Además, en el caso de los bosques naturales se pagará el precio de la, madera en pie determinado por el Ministerio del Ambiente (Ley Forestal, Art. 36) (Corporación de Estudios y Publicaciones, 2013).

2.7.1.2 *La producción y el aprovechamiento forestal*

Existen tres categorías de bosque factibles para el aprovechamiento forestal: bosques y vegetación protectores, bosques de producción permanente; y bosques especiales, experimentales y áreas especiales. Estas categorías pueden sujetarse a diferentes modalidades de aprovechamiento; si el Estado no está en posibilidad de ejercer la administración directa, puede delegarla en principio a entidades públicas, pero también a personas naturales o jurídicas (Corporación de Estudios y Publicaciones, 2013).

Otro mecanismo dispuesto en la ley para efectuar el aprovechamiento forestal son las licencias de aprovechamiento forestal, para bosques naturales o plantados de producción permanente, estatales o privados, con vigencia de un año. Los requisitos son: Título de propiedad, legítima posesión del predio, plan de manejo integral, programa de aprovechamiento forestal sustentable o simplificado (bosques naturales), programa de corta (plantaciones), certificado de cumplimiento de obligaciones forestales anteriores y pago del precio de la madera en pie (TULAS, Arts. 89 y 90).

CAPÍTULO III

3 MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Diseño de la investigación

3.1.1 *Métodos*

Por la naturaleza de la investigación en función de la población objeto de estudio (la plantación de *Eucalyptus globulus* Labill), el tipo de métodos aplicados resulto de la combinación entre su nivel de alcance: **exploratorio, descriptivo, explicativo e interpretativo**, el trabajo de **campo y laboratorio**, se consideró por acoplarse al tema de investigación (Armijos & Armijos, 2009).

3.1.2 *Tipo de estudio*

Se aplicó un estudio de carácter observacional en base a la recopilación y análisis de información del sitio, el manejo histórico y su estado actual de la plantación en estudio.

3.1.3 *Técnicas*

En el presente estudio se utilizó las siguientes técnicas:

- Observación directa
- Recolección de información
- Comparación
- Análisis documental
- Pruebas

3.1.4 *Instrumentos*

- Formatos para levantamiento de información en el campo

- Guías de observación de suelos y de inventarios forestales
- Herramienta de software
- Libros, revistas, documentos, internet y otros

3.2 Características del lugar

3.2.1 Localización

La presente investigación se realizó en la plantación de eucalipto de la estación experimental Tunshi de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, ubicada en el sector Tunshi, parroquia Licto, cantón Riobamba, provincia de Chimborazo, a 12 km de la ciudad de Riobamba.

3.2.1.1 Ubicación geográfica ⁽³⁾

Coordenadas Proyectadas UTM Zona 17S Datum WGS 84

X = 764312, Y = 9806733

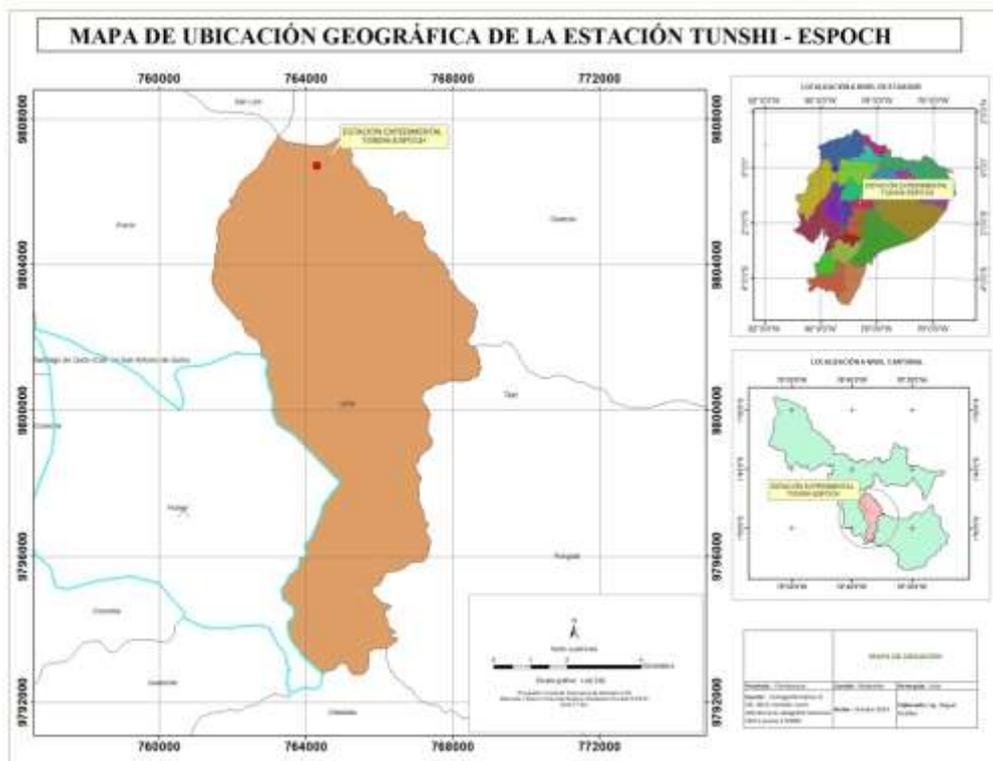


Figura 1-3. Mapa de ubicación geográfica de la Estación Tunshi-ESPOCH
Elaborado por: Miguel Gualpa

³ FUENTE: Cartografía base IGM, SENPLADES

3.2.1.2 *Clasificación ecológica*

Según el Sistema de clasificación de los Ecosistemas del Ecuador Continental 2012, Tunshi, se considera un ecosistema de TIERRA AGROPECUARIA y se categoriza dentro de la formación natural: Matorral Húmedo Montano de los Andes del Norte y Centro de acuerdo al sistema de clasificación de la vegetación natural (Sierra *et al.*, 1999)

3.2.1.3 *Características climáticas* ⁽⁴⁾

Tabla 1-3. El promedio multi anual de las variables climáticas. 1990-2012

Temperatura máxima promedio:	21,3 °C
Temperatura mínima promedio:	7,9 °C
Temperatura media:	14,9 °C
Precipitación media:	635,4 mm / año
Humedad relativa media:	85,0 %

Fuente: Base de datos estación Meteorológica Guaslan

Elaborado por: Miguel Guallpa

3.3 **Recursos humanos**

- Ejecutor de la Tesis
- El Tutor
- Miembros

3.4 **Materiales**

3.4.1 *Materiales y equipos de campo*

Formularios de campo, pala, pico, barra, cilindro de infiltración de doble anillo, fundas de cierre hermético, etiquetas, lápiz, tablero para portar formularios, cuerda, pintura, botas, brocha, GPS, cinta métrica, (50 y 15 m), forcípulas, hipsómetro Suunto (escalas en grados y %), cámara fotográfica digital, y vehículo.

⁴ FUENTE: Estación Meteorológica Guaslan, 2012

3.4.2 *Materiales, equipos de oficina y laboratorio*

Computador, GPS, calculadora, reglas, lápiz, carta topográfica, formularios de campo, tabla Munsell, fundas de cierre hermético con muestras simples y compuestas de suelo.

3.5 **Manejo del estudio observacional**

En esta etapa se realizó el análisis de información primaria y secundaria de las variables: climáticas, fisiográficas, edáficas y se ejecutó el inventario, para esto se muestreo los rodales, donde se levantó información dasométrica, establecimiento, manejo, el procesamiento, análisis e interpretación de resultados, los mismos que fueron la base para la elaboración del plan de manejo y aprovechamiento de la plantación de *Eucalyptus globulus* Labill.

3.5.1 *Distribución de los rodales en la superficie de la plantación en estudio*

En base a un conocimiento previo sobre la distribución de las diferentes áreas con cobertura forestal que forman parte de la plantación de eucalipto, y con el fin de facilitar la investigación, se realizó la agrupación de los rodales 3, 4, y 6.

Adicionalmente se determinó áreas sin vegetación dentro de los rodales: dos en el rodal 1, uno en el rodal 4 y dos en el rodal 6 con el fin de tener un área neta con árboles.

Tabla 2-3. Distribución de los rodales por tipo de cobertura forestal

	Superficie en ha
Rodal 1	17,03
Dos áreas sin vegetación rodal 1	0,33
Rodal 2	3,22
Rodal 3	2,03
Rodal 4	7,55
Área sin vegetación rodal 4	0,86
Rodal 5	2,14
Rodal 6	3,72
Dos áreas sin vegetación rodal 6	0,26
Rodal 7	1,93
TOTAL	39,07

Fuente: Levantamiento de información de campo
Elaborado por: Miguel Guallpa

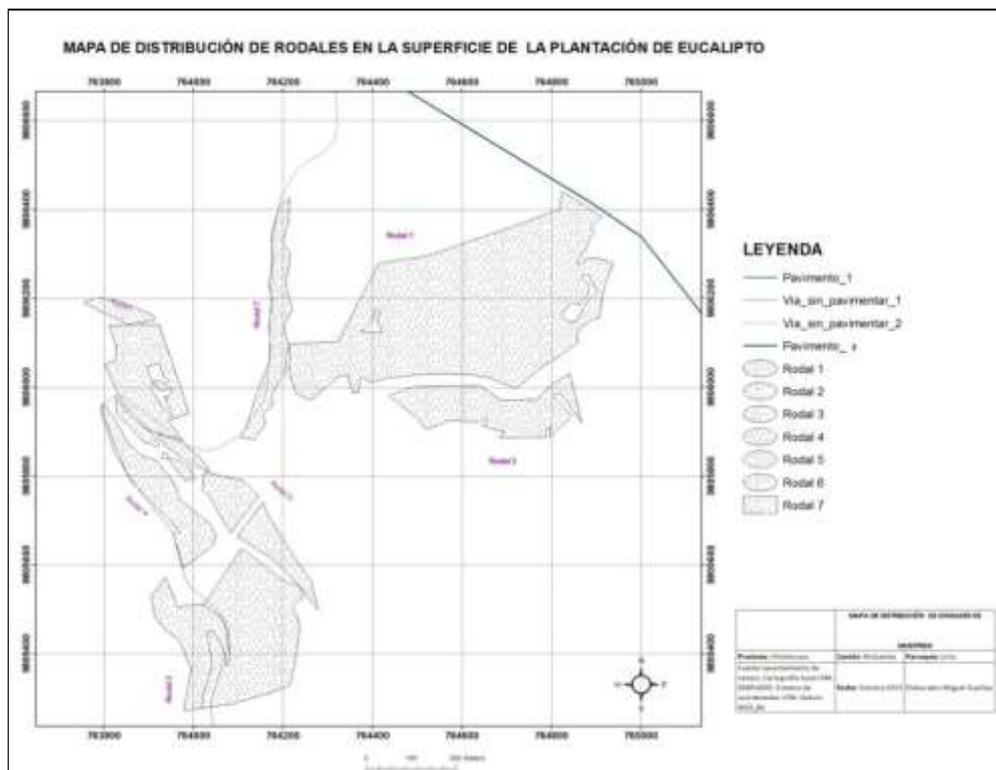


Figura 2-3. Mapa de distribución de los rodales y las áreas sin vegetación en la plantación de eucalipto
Fuente: Elaborado por: Miguel Guallpa

3.5.2 *Edad de los rodales de la plantación de Tunshi*

Todos los rodales (del 1 al 7) poseen una edad de 35 años aproximadamente según información proporcionada por el administrador de la hacienda Tunshi.

3.5.3 *Tipo de muestreo y análisis de la información en la medición de las variables fisiográficas, climáticas, edáficas y dasométricas*

En la caracterización de la plantación motivo de estudio, se aplicó los siguientes tipos de muestreo y análisis de la información ver Tabla 3-3.

Tabla 3-3. Caracterización de los rodales en estudio.

Variables	Tipo de muestreo
Fisiográficas	Estratificado
Climáticas	Procesamiento de información secundaria
Propiedades edáficas	Estratificado
Variables dasométricas	Sistemático

Fuente: Levantamiento de información de campo
Elaborado por: Miguel Guallpa

3.5.4 *Análisis estadístico*

- Para el análisis de datos se comprobó los supuestos de independencia, aleatoriedad, normalidad, homocedasticidad, más el cálculo de estimadores estadísticos al procesar las variables dasométricas (anexo 14). Luego se realizó un tratamiento previo específicamente a las variables: área basal promedio/árbol, volumen comercial promedio/árbol, volumen total promedio/árbol y número de árboles por parcela, utilizando el factor de expansión, se transformo a valores/hectárea para su análisis. Posteriormente a los datos así proyectados, más la incorporación del Índice de Hart y el área basal % se aplicó el análisis de cluster.
- En la calificación de la calidad del árbol, se elaboraron tablas de frecuencia. Para los análisis se utilizó en la hoja de cálculo de Excel de Microsoft Office® 2010 y los softwares estadísticos SPSS Statistics 18 (SPPS Ins, 2009) e Infostat (Balzarini *et al.*, 2008).

3.6 **Diseño**

3.6.1 *Análisis de las características fisiográficas, climáticas, edáficas de las áreas de plantación y prácticas empleadas en su establecimiento y manejo.*

3.6.1.1 *Variables fisiográficas*

Las variables: altitud, pendiente del terreno, pedregosidad interna, drenaje interno, se determinó en su estado actual a nivel de campo en cada rodal del área en estudio, y además se observó los perfiles del suelo en cortes de camino y cárcavas, se aplicó el muestreo estratificado con la construcción de 3 calicatas por rodal, las cuales estuvieron vinculadas al muestreo de las variables dasométricas.

El proceso metodológico para obtener los datos a nivel de campo de las variables mencionadas:

- Altitud (msnm) y pendiente (%)

Una vez determinado el tipo de muestreo en los rodales, se procedió a ubicar el centro de las parcelas seleccionadas para geolocalizar los datos de altitud, y luego se procesó los datos con el programa ARGIS 10.1

Para la variable pendiente, se utilizó el Hipsómetro Suunto.

- Pedregosidad interna (%)

Se determinó de forma visual, en el perfil de cada calicata de las parcelas en estudio por rodal.

- Drenaje interno

Se derivó a partir de la prueba de infiltración, utilizando el cilindro de infiltración de doble anillo, balde y un determinado volumen de agua, este proceso se aplicó por una sola ocasión en cada rodal. Luego se empleó el siguiente proceso de cálculo:

- Lámina infiltrada (LAM)

$$LAM = K' \cdot T^n \text{ (mm, min)}$$

Donde:

LAM = Lámina acumulada infiltrada en el suelo (mm).

K' y n = Son constantes características de cada suelo.

T = Tiempo de infiltración (min).

- Velocidad de infiltración instantánea (Vii)

$$Vii = d/dt (LAM) = d/dt (K' \cdot T^n) \text{ (mm/min, min)}.$$

$$Vii = n \cdot K' \cdot T^{(n-1)}.$$

Donde:

Vii = Velocidad de infiltración instantánea (mm/min).

K' y n' = Son constantes típicas de cada suelo.

K' es un valor positivo y n' es un valor que varía entre 0 y -1. ($-1 \leq n' \leq 0$).

T = Tiempo de infiltración (min).

- Linealización de la ecuación

$$LAM = K' \cdot T^{n'} \text{ (mm, min)}$$

Como la ecuación de lámina es una ecuación de potencia se necesita linealizar la misma. Aplicando logaritmos a ambos lados de la ecuación, y así mediante el criterio de mínimos cuadrados, hallar el valor de K' y n' .

$$\text{Log LAM} = \text{Log } K' \cdot T^{n'}$$

$$\text{Log LAM} = \text{Log } K' + \text{LOG } (T^{n'})$$

$$\text{Log LAM} = \text{Log } K' + n' \cdot \text{LOG } T$$

Donde esta expresión es semejante a la ecuación de una recta de la forma:

$$Y = b + m \cdot X$$

Donde

$$Y = \text{Log LAM}$$

$$X = \text{Log } T$$

$$m = n' \text{ (pendiente de la recta)}$$

$$b = \text{Log } K'$$

- Cálculo de las ecuaciones de lámina e infiltración

$$Y = b + m \cdot X$$

Tabla 4-3. Resumen constantes de la ecuación de la lámina.

Número de datos (n)= 21	Constantes de la ecuación de Lámina
$b = 1,13838$	$K' = 10^b = 13,7525$
$m = 0,50391$	$n' = m = 0,50391$
Coficiente de correlación (r)	$r = 0,9989$

$$LAM = K' \cdot T^{n'} \text{ (mm, min)}$$

$$LAM = 13,7525 \cdot T^{0,50391} \quad LAM \text{ (mm), } T \text{ (min.)}$$

$$V_{ii} = n' \cdot K' \cdot T^{(n'-1)}$$

$$V_{ii} = 6,9300 \cdot T^{-0,4961} \quad V_{ii} \text{ (mm/min), } T \text{ (min.)}$$

$$V_{ii} = 415,80 \cdot T^{-0,4961} \quad V_{ii} \text{ (mm/hr), } T \text{ (min.)}$$

Según el S.C.S. la infiltración básica se logra cuando el tiempo T en horas es mayor o igual a $-10 \cdot (n'-1)$. ($T \geq 4,96089$)

$$T \geq -10 \cdot (n'-1) = 4,96089 \text{ hr} = 297,7 \text{ min}$$

Reemplazando este tiempo en la ecuación de infiltración tenemos:

$$V_{ib} = (298) \text{ min} = 0,4105 \text{ mm/min} = 24,63 \text{ mm/hr} = 2,46 \text{ cm/hr}$$

Posteriormente se identificó el tipo de drenaje al comparar los valores calculados versus la categorización de la Guía de Conservación de Suelos que se muestra en la Tabla 5-3 sugerida por (Gayoso & Alarcón, 1999).

Tabla 5-3. Categorías de drenaje interno del suelo (USDA, Handbook N° 18)

Categoría de drenaje	Velocidad de infiltración (cm/hr)
Muy lento, imperfecto	< 0,13
Lento	0,13 – 0,51
Moderadamente lento	0,51- 2,00
Moderado	2,00 -6,30
Moderadamente rápido	6,30 -12,70
Rápido	12,70-25,40
Muy rápido	> 25,40

Fuente: (Gayoso & Alarcón, 1999)

3.6.1.2 Variables climáticas

Para las variables climáticas: temperatura, precipitación y humedad relativa, se utilizó y se procesó los datos disponibles de la estación meteorológica de Guaslan en los años comprendidos entre 1990-2012.

3.6.1.3 Propiedades edáficas y cobertura herbácea

En cada área de bosque plantado se ejecutó el levantamiento de tres unidades de muestreo para determinar las propiedades edáficas contempladas para el estudio del suelo:

- Grado de erosión de los suelos

Se registró de forma cualitativa en base a las características identificadas en las áreas de estudio y relacionadas con la categorización que se muestra en la Tabla 6-3, establecida por (Kaplán *et al.*, 2011).

Tabla 6- 3. Grado de erosión de los suelos

Clase	Descripción
Ligera	El suelo ha perdido menos del diez por ciento (10%) del horizonte A. Sólo se observan muy escasos síntomas de arrastre como ser pequeños canalículos
Moderada	El suelo fue erosionado entre el 25 – 75 % del horizonte superficial, de manera que en la generalidad de los casos, los implementos de laboreo sólo interesan el horizonte A o bien sólo la parte superior del horizonte B. Dentro de este grado de erosión es dable encontrar lugares en que la capa arable consiste exclusivamente de horizonte A, alternándose con otros donde se roturan los horizontes subyacentes. Puede haber cárcavas de poca profundidad.
Severa	Es suelo fuer erosionado al extremo que todo o prácticamente todo el horizonte A fue removido. La capa arable consiste esencialmente de materiales correspondientes al horizonte B u otro horizonte sub-superficial, aunque puedan haber lugares donde la capa arable es una mezcla de horizonte A y B, más del 75% del espesor original del horizonte A y parte del horizonte B han sido erosionados. Cárcavas superficiales y algunas profundas, son comunes en este grado de erosión.
Muy severa	La superficie del suelo presenta un padrón intrincado de cárcavas moderadamente profundas y profundas. El solum ha desaparecido, excepto en pequeñas áreas comprendidas entre cárcavas. En estas condiciones es absolutamente impracticable todo laboreo.

Fuente: (Kaplán *et al.*, 2011)

3.6.1.4 *Toma de muestras de suelo*

Para esta fase se construyó tres calicatas por rodal, eliminando el material vegetal de la parte superficial, y se midió 1 m largo x 1 m de ancho, procediendo a excavar la calicata con la ayuda de una pala y una barra hasta alcanzar un orificio de 1 m de profundidad (anexo 07).

Se tomó dos muestras de suelo, mediante una pala de desfonde se recolecto 1kg de suelo entre 0-30 cm de la parte superior y la otra del subsuelo 30 -100cm de profundidad. Cada muestra una vez depositada en una funda de polietileno y etiquetada fue llevada al laboratorio para su respectivo análisis.

La determinación del color del suelo en estado húmedo y seco en los diferentes perfiles se considero la metodología de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación. FAO (2009) quien manifiesta que el color del suelo seco y/o húmedo utiliza la tabla Munsell, considerando la clase textural. El color del suelo está determinado por la mezcla de sustancias orgánicas y minerales.

La profundidad efectiva, se midió en las calicatas con cinta métrica, y sus resultados están dados en cm.

Para la determinación de la cobertura herbácea, se lanzó al azar un marco de madera de 1m² al interior de cada unidad de muestreo, se identificó, registró las especies existentes y se estimó el área ocupada por las mismas en porcentaje.

En función de los valores elevados determinados a nivel de laboratorio para la variable potencial de hidrogeno (pH), se procedió a realizar un análisis adicional de salinidad, proveniente de muestras compuestas (ver anexo 11).

3.6.1.5 *Trabajo de laboratorio*

La caracterización física y química de los suelos se realizó en los laboratorios de la Facultad de Recursos Naturales de la ESPOCH y del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias. INIAP (2014).

Tabla 7-3. Metodología empleada en los análisis de laboratorio-ESPOCH para muestras simples.

Tipo de análisis	Metodología empleada
Color Munsell en seco	Comparación tabla Munsell
Color Munsell en húmedo	Comparación tabla Munsell
Textura del suelo	Bouyoucos modificado (hidrómetro), la clase textural se determinó por medio del Triángulo de Texturas del Suelo
Estructura	Estabilidad de los agregados
Densidad aparente	Método del cilindro graduado
Potencial de hidrogeno	Potenciométrico, relación suelo: agua (1:2.5)
Materia orgánica	Por ignición
Capacidad de intercambio catiónico	Método de Bouyoucos modificado y materia orgánica.
Nitrógeno	Solución extractora de Olsen
Fósforo	
Potasio	
Boro*	Curcumina
Carbonato de calcio	Titulación a través Na OH 0,5 N

Fuentes: Laboratorio de suelos de la FRN de la ESPOCH. 2014

*(Laboratorio de suelos del INIAP, 2014)

Tabla 8-3. Metodología empleada en los análisis de laboratorio-INIAP para muestras compuestas.

Tipo de análisis	Metodología empleada
Carbonato de calcio (CaCO_3)	Volumétrico
Potencial de hidrógeno	Extracto de saturación
Conductividad eléctrica (C.E) mmoh/cm	
Cationes Milieq./litro	
Calcio Ca^{++}	
Magnesio Mg^{++}	
Sodio Na^+	
Potasio K^+	
Aniones Milieq./litro	
CO_3	
HCO_3	
SO_4	
Cloro Cl	

Fuente: (INIAP, 2014)

Para el análisis e interpretación de los resultados, se utilizó como soporte la Guía de Interpretación de Análisis de Suelos de Bertsch (1986) y el Manual Internacional de la Fertilidad de Suelos del Instituto de la Potasa y el Fósforo. INPOFOS (1997). Los parámetros se describen en la Tabla 9-3 que se muestra a continuación:

Tabla 9-3. Valores para la interpretación de los análisis de suelo

Parámetro	Concentración				
	Alcalino	Ligeramente Alcalino	Neutro	Ligeramente Acido	Ácido
Potencial de hidrógeno	> 8.50	7.50 - 8.00	6.60 - 7.40	5.60 – 6.50	< 5.50
Conductividad Eléctrica	No Salino	Ligeramente Salino	Salino	Muy salino	
	< 2.00	< 4.00	< 8.00	> 8.00	
Parámetro		Unidad	Bajo	Medio	Alta
Materia orgánica	M.O	%	<3.00	3,1 – 6.00	> 6.00
Capacidad de intercambio catiónico	C.I.C	meq/100 g	<12.00	12.00 – 25.00	>25.00
Nitrógeno	NH ₄	mg/L	<30.00	31.00 – 60.00	>60.00
Fósforo	P	mg/L	<15.00	16.00 – 30.00	>30.00
Potasio	K	meq/100 ml	<0.56	0.56 – 0.64	>0.64
Calcio	Ca	meq/100 ml	<3.00	4.00 – 10.00	>11.00
Magnesio	Mg	meq/100 ml	<0.99	1.00 – 2.00	1.00 – 2.00
Boro	B	Ppm	<0.90	1.00 – 2.50	>4.00

Fuentes: (Bertsch, 1986), (INIAP, 2014)

3.6.1.6 *Inventario forestal*

- Muestreo

Para las mediciones de campo se utilizó parcelas de forma circular de 500 m² con una intensidad de muestreo del 5-6% ha⁻¹, mediante la siguiente ecuación:

$$i = \frac{\text{superficie de la muestra}}{\text{superficie total}} \times 100$$

- Diseño de muestreo

Se elaboró aplicando un diseño sistemático mediante el programa AutoCAD (Quezada & Quezada, 2009).

- Instalación y forma de las parcelas.

La ubicación de cada unidad de muestreo a nivel de campo se realizó utilizando un GPS Map 62 sc (anexo 07). Luego se estableció las parcelas de forma circular con un radio de 12.62 m (500 m²) haciendo corrección de su radio en los sitios de los rodales que presentaron pendientes de terreno mayores a 9 grados (15 %), mediante la aplicación de la siguiente ecuación:

$$D_{\text{terreno}} = \frac{D_{\text{horizontal}}}{\cos \alpha}$$

Donde:

D = distancia

α = ángulo de la pendiente en grados

- Levantamiento de datos

La medición del diámetro a la altura del pecho (DAP), se realizó con una forcípula se tomó a 1.30 m sobre el nivel del suelo y se expresó en cm, en la determinación de altura comercial (m), altura total (m), altura mayor promedio (m) se utilizó un hipsómetro Suunto, ubicándose a una distancia conocida del árbol, se lanzó una visual a la altura donde presentó el diámetro mínimo comercial ≥ 10 cm y luego otra visual al ápice de la copa y la base del árbol.

De forma simultánea, se identificó las características de calidad de los árboles para lo cual se aplicó una escala resultante de la combinación de caracteres formulados a partir del manual técnico de manipuleo de trozas y saneamiento de fustes y las categorías propuestas en los procedimientos para el establecimiento y seguimiento de parcelas permanentes de medición forestal en plantaciones que se resume en la Tabla 10-3, de acuerdo a lo sugerido por (Quevedo, s/f) y el (Instituto Nacional de Bosques. INAB, 2008, págs. 22-24).

Tabla 10-3. Criterios de calidad de los árboles

Tipos de calidad	Descripción
Calidad 1	Fuste recto, vigoroso o saludable
Calidad 2	Poco sinuoso o ligeramente inclinado y saludable
Calidad 3	Muy inclinado, muy sinuoso, torcedura basal, bifurcado, sin copa, saludable, enfermo, débil, moribundo

Elaborado por: Miguel Gualpa

Se registró también, la densidad de árboles/parcela en las unidades muestreadas de cada rodal y se investigó sobre el establecimiento y manejo.

3.6.2 *Comparación del crecimiento, productividad, calidad y estado de los árboles en los diferentes rodales de la plantación en estudio*

- Parámetros de crecimiento

Como parte del procesamiento, análisis e interpretación de resultados, se procedió a calcular los parámetros de crecimiento: DAP promedio/árbol, HC promedio/árbol (m), HT promedio/árbol (m), y altura mayor promedio (m) de árbol/cada rodal.

- Parámetros de productividad

El área basal (m^2), se calculó de forma individual con la siguiente ecuación:

$$AB = \frac{\pi \times DAP^2}{4}$$

Para el volumen comercial y total/árbol (m^3), en pie, se utilizó la siguiente fórmula:

$$V = \frac{3.1416 \times (DAP)^2 \times h \times ff}{4}$$

Dónde:

V = Volumen de la madera en metros cúbicos

DAP = Diámetro del árbol a la altura del pecho en metros

h = Altura comercial o total del árbol en metros

ff = factor de forma = 0.7

Los datos de la densidad de árboles/parcela y de productividad fueron previamente transformados a valores /ha para el correspondiente análisis de cluster.

En lo referente a la calificación de calidad de los árboles su análisis se realizó en base a las características observadas a nivel de campo y posterior cálculo de frecuencias relativas.

3.6.3 *Diseño de un plan aprovechamiento y manejo sostenible de la plantación*

3.6.3.1 *Plan de aprovechamiento y manejo*

A partir de la caracterización de cada rodal, las áreas sin vegetación y a los resultados obtenidos del número de árboles fustales, el índice de Hart, el área basal en porcentaje, calidad de los árboles que se obtuvieron en el análisis de la información proveniente de los muestreos, se procedió a elaborar el plan de aprovechamiento y manejo.

Para determinar si es factible o no el momento de ejecutar la actividad de raleo, o reforestación, se empleó el método del Índice de Hart (H %) calculado de forma individual para cada una de las parcelas que componen los 7 rodales por una parte en la Tabla 11-3, y por otra los resultados de evaluación dasométrica que se reporta en la Tabla 14-4

Para calcular el índice de espaciamiento relativo o de Hart, se utilizó la altura mayor promedio (altura de los 6 árboles más altos en las parcelas inventariadas de cada rodal) y el número de árboles existentes en las mismas. Posteriormente se calculó el espaciamiento promedio (E) y el índice de Hart por parcela (IH %), con las siguientes ecuaciones:

$$Em \text{ marco real} = \sqrt{\frac{10.000}{N}}$$

$$IH \text{ marco real } (\%) = \frac{10.000}{H_o\sqrt{N}}$$

N = Número de árboles / ha

IH % = índice de Hart

H_o = altura mayor promedio.

Luego se comparó el índice calculado con el rango normal establecido (mínimo 20 %; máximo 30 %). El índice calculado menor al 20 % refleja una competencia exagerada y por tanto requiere raleo; en cambio sobre el rango máximo de 30 % indica que existe un sobre espaciamiento.

Adicionalmente se incrementó el IH % entre 1 y 4 puntos a partir de un criterio técnico con la finalidad de no sugerir la ejecución de un raleo muy fuerte superior al 30 %. Con el IH % aumentado, se calculó el espaciamiento con la siguiente ecuación:

$$E = \frac{IH\% \times H_o}{100}$$

Seguidamente se determinó el número de árboles que deben quedar en pie luego del raleo utilizando la siguiente ecuación:

$$\text{No. árboles ha}^{-1} = \frac{10.000}{E^2}$$

Finalmente se estableció el vuelo a eliminar y se determinó el porcentaje de raleo dividiendo el vuelo eliminado para el vuelo original como se indica en la Tabla 11-3.

Tabla 11-3. Resumen cálculo del índice de Hart, y porcentaje de raleo en 48 parcelas inventariadas en la plantación de Eucalipto de la Estación Tunshi, ESPOCH, 2015.

Número de rodal	Parcela	Vuelo original	Ho (m)	E (m)	N	IH (%)	Incremento	IH ₁ (%)	E ₂ (m)	Vuelo en pie	Vuelo a eliminar	% de raleo	Observación
1	1	15	30,39	5,77	300	19,00	1,0	20,00	6,08	15		0,00	
	2	26	28,03	4,39	520	15,65	3,0	18,65	5,23	18	8	29,59	
	3	33	30,73	3,89	660	12,67	2,4	15,07	4,63	23	10	29,32	
	4	23	34,00	4,66	460	13,71	2,6	16,31	5,55	16	7	29,34	
	5	15	21,22	5,77	300	27,21				15		0,00	
	6	17	28,25	5,42	340	19,20	1,0	20,20	5,71	15	2	9,66	
	7	24	26,93	4,56	480	16,95	3,0	19,95	5,37	17	7	27,82	
	8	29	28,00	4,15	580	14,83	2,8	17,63	4,94	21	8	29,24	
	9	28	24,77	4,23	560	17,06	3,0	20,06	4,97	20	8	27,67	
	10	24	31,04	4,56	480	14,70	2,8	17,50	5,43	17	7	29,43	
	11	16	24,40	5,59	320	22,91				16		0,00	
	12	12	21,63	6,45	240	29,84				12		0,00	
	13	32	25,09	3,95	640	15,75	3,0	18,75	4,71	23	9	29,44	
	14	11	12,28	6,74	220	54,89				11		0,00	Reforestar
	15	36	29,33	3,73	720	12,70	2,4	15,10	4,43	25	11	29,25	
	16	34	25,58	3,83	680	14,99	2,2	17,19	4,40	26	8	23,96	
	17	27	28,00	4,30	540	15,37	3,0	18,37	5,14	19	8	30,00	
2	1	20	23,58	5,00	400	21,20				20		0,00	
	2	27	21,00	4,30	540	20,49				27		0,00	
	3	33	17,40	3,89	660	22,37				33		0,00	
	2	48	30,60	3,23	960	10,55	2,0	12,55	3,84	34	14	29,34	
3	1	17	22,50	5,42	340	24,10				17		0,00	
	2	15	19,92	5,77	300	28,99				15		0,00	
4	1	4	10,67	11,18	80	104,82				4		0,00	Reforestar
	2	4	12,00	11,18	80	93,17				4		0,00	Reforestar
	3	16	24,33	5,59	320	22,97				16		0,00	

	4	9	17,33	7,45	180	43,00				9		0,00	Reforestar
	6	25	19,50	4,47	500	22,93				25		0,00	
	7	31	19,83	4,02	620	20,25				31		0,00	
	8	36	18,00	3,73	720	20,70				36		0,00	
	9	37	16,67	3,68	740	22,06				37		0,00	
	10	21	15,83	4,88	420	30,82				21		0,00	Reforestar
	14	47	30,92	3,26	940	10,55	2,0	12,55	3,88	33	14	29,33	
5	1	38	37,13	3,63	760	9,77	1,8	11,57	4,30	27	11	28,70	
	2	14	33,83	5,98	280	17,66	3,2	20,86	7,06	10	4	28,32	
	3	22	36,96	4,77	440	12,90	2,5	15,40	5,69	15	7	29,83	
	4	17	39,50	5,42	340	13,73	2,6	16,33	6,45	12	5	29,31	
	5	7	25,33	8,45	140	33,36				7		0,00	Reforestar
	6	17	34,35	5,42	340	15,79	3,0	18,79	6,45	12	5	29,38	
	7	25	33,55	4,47	500	13,33	2,5	15,83	5,31	18	7	29,09	
	8	20	40,72	5,00	400	12,28	2,0	14,28	5,81	15	5	26,05	
	9	32	41,27	3,95	640	9,58	1,8	11,38	4,70	23	9	29,14	
6	1	18	34,50	5,27	360	15,28	2,5	17,78	6,13	13	5	26,15	
	2	26	50,55	4,39	520	8,68	1,6	10,28	5,19	19	7	28,72	
	3	15	25,67	5,77	300	22,49				15		0,00	
	4	18	23,50	5,27	360	22,43				18		0,00	
7	1	19	28,20	5,13	3,80	18,19	3,5	21,69	6,12	13	6	29,67	
	2	17	30,34	5,42	3,40	17,87	3,5	21,69	6,49	12	5	30,07	

Ho= Altura mayor promedio ; E= Espaciamiento medio; N= Número de árboles/ha; IH=Índice de Hart; IH₁=Índice de Hart incrementado; E₂ = Espaciamiento 2

Fuente: Levantamiento de información de campo

Elaborado por: Miguel Guallpa

CAPÍTULO IV

4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Caracterización fisiográfica

4.1.1 Variables fisiográficas

En base al estudio de las variables fisiográficas del sitio, se determinó la caracterización fisiográfica de la plantación de *Eucalyptus globulus* Labill que se muestra a continuación:

Tabla 1-4. Principales características fisiográficas en el área de estudio (Bosque plantado, Estación Tunshi, ESPOCH. 2014)

Rodales	Altitud (msnm)	Pendiente (%)	Nivel de pedregosidad (%)	Nivel de drenaje interno (cm/hr)
1	2787	20	No pedregoso	Drenaje moderado
2	2861	55	No pedregoso	Drenaje moderadamente lento
3	2929	55	No pedregoso	Drenaje moderadamente lento
4	2894	58	Moderadamente pedregoso	Drenaje moderadamente lento
5	2793	57	No pedregoso	Drenaje moderadamente lento
6	2774	50	No pedregoso	Drenaje moderado
7	2755	18	Moderadamente pedregoso	Drenaje moderado

No pedregosos = < 5 %; Moderadamente pedregoso 5-20 %; Drenaje moderadamente lento = 0,51 - 2,00 cm/hr; Drenaje moderado = 2,00 - 6,30 cm/hr

Fuente: Levantamiento de información de campo

Elaborado por: Miguel Gualpa

4.1.1.1 Altitud

Como se puede apreciar en la Figura 1-4, de todos los rodales en estudio, el rodal 3, es el que se encuentra a mayor altitud promedio con 2929 msnm, en contraste con el rodal 7 de menor altitud promedio con un valor de 2755 msnm. Es decir la plantación de eucalipto se encuentra entre un rango de 2755-2929 msnm y se inserta dentro de lo expresado por MAGAP (2015) quien manifiesta que la especie *Eucalyptus globulus* Labill, se logra desarrollar entre un rango de 2.200 a 3.300 msnm, y más aún Trujillo (2013), sostiene que se puede encontrar entre los

1.600 y 2.900 msnm, es decir la plantación de eucalipto en Tunshi, esta dentro de este parámetro establecido.

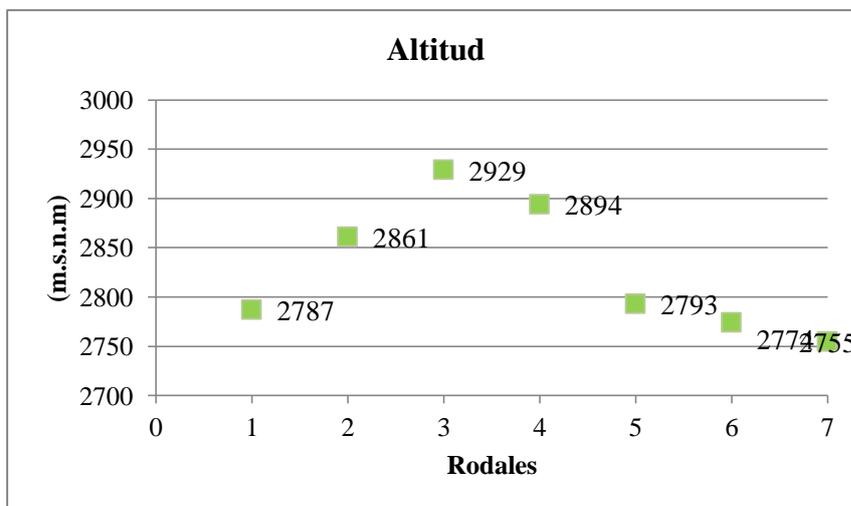


Figura 1-4. Altitud media de los rodales en estudio

Fuente: Elaborado por: Miguel Guallpa

4.1.1.2 Pendiente del terreno

En la Figura 2-4 la pendiente del terreno muestra una variabilidad que va desde el 18% y 20% en los terrenos de los rodales 7 y 1 hasta el rango de 50 -58% en los terrenos de los rodales 6 y 4 respectivamente.

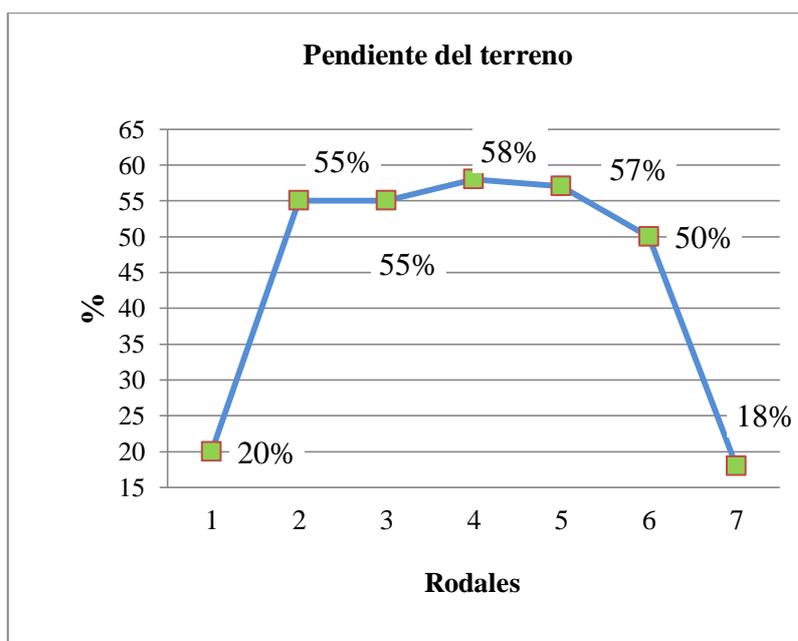


Figura 2-4. Pendiente media del terreno en los rodales en estudio

Fuente: Elaborado por: Miguel Guallpa

Comparativamente las gradientes en la plantación de Tunshi, se enmarcan dentro del esquema de requerimientos de la tierra para esta especie, ya que según Tunari (2001) quien sostiene que valores de pendiente $< 30\%$ se sitúan en la categoría de moderadamente inclinado y de un rango entre 30-60 % se definen como inclinado.

Por su parte Casanova, (2010) manifiesta que las gradientes fuertes en el terreno no se pueden modificar y constituyen limitaciones continuas y muy severas de susceptibilidad a la erosión. Por lo indicado además, los rodales 1 y 7 se desarrollan sobre una clase de uso de las tierras limitado VI y VII en el caso de los rodales 2, 3, 4, 5 y 6.

4.1.1.3 *Pedregosidad interna*

En la Tabla 1-4, se puede observar el nivel de pedregosidad varía desde no pedregoso si la presencia de fragmentos es $< 5\%$ en el caso de los suelos de los rodales 1,2,3,5 y 6 hasta el nivel de moderadamente pedregoso cuando la existencia de fracciones de roca están entre el 5-20 % como se determinó en las áreas de los rodales; 4, particularmente en la superficie de la parcela 2 y en el caso del rodal 7, específicamente en la sub área de la parcela 1 del rodal en mención, valores que se enmarcan dentro de la categorización de Tunari (2001). En este sentido los suelos de la plantación de eucalipto en Tunshi presentan una menor variación de pedregosidad interna en determinados micro sitios existentes en la misma.

4.1.1.4 *Drenaje interno*

La Tabla 1-4, se puede observar al drenaje interno que va desde moderadamente lento para valores calculados entre un rango de 0,51 - 2,00; cm/hr en los rodales 2, 3, 4 hasta moderado con valores cuyo rango es de 2,00 - 6,30; cm/hr para los rodales 1, 5, 6 y 7. Comparativamente los resultados de drenaje interno se encuentran entre una condición de moderadamente lento a moderado, parámetro que no coincide con el requerimiento sostenido por Trujillo (2013) quien indica que el eucalipto requiere un suelo bien drenado. Al respecto la plantación de eucalipto en Tunshi, nos demuestra que posee una adaptabilidad ante una variación de drenaje: moderadamente lento o moderado durante su desarrollo aunque su productividad disminuya.

4.2 Caracterización climática

4.2.1 Variables climáticas

Tabla 2-4. El promedio de temperaturas máximas, mínima, media, precipitación y humedad relativa. 1990-2012. Riobamba.

Factor\Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Promedio
Temperatura máxima	21,7	21,3	21,2	21,1	21,3	20,7	20,5	20,9	21,0	21,8	21,8	21,8	21,3 (°C)
Temperatura mínima	8,4	8,8	8,5	8,6	8,1	7,8	7,3	6,8	7,1	7,7	8,0	7,9	7,9 (°C)
Temperatura media	14,7	14,6	14,6	14,7	14,6	14,1	13,8	13,7	14,0	14,7	14,7	14,8	14,4 (°C)
Precipitación media	43,4	62,1	75,0	90,2	77,8	40,0	23,9	22,9	26,6	68,0	60,4	45,1	635,4 (mm/año)
Humedad relativa media	84,4	85,4	86,4	85,8	86,3	87,0	85,7	84,6	84,2	83,1	83,9	83,9	85,0 (%)

Fuente: Base de datos estación Meteorológica Guaslan

Elaborado por: Miguel Guallpa

4.2.1.1 Temperatura

En la Figura 3-4, el promedio de la temperatura máxima mensual alcanzó un valor de 21,3°C, resultado ligeramente superior al determinado por la Estación Meteorológica Tunshi-INIAP (2014) con un valor de 19,1 ° C durante el año anterior, mientras que la temperatura media mínima mensual presentó un valor de 7,9 ° C, valor ligeramente inferior al 8,9 ° C al reportado en el año anterior.

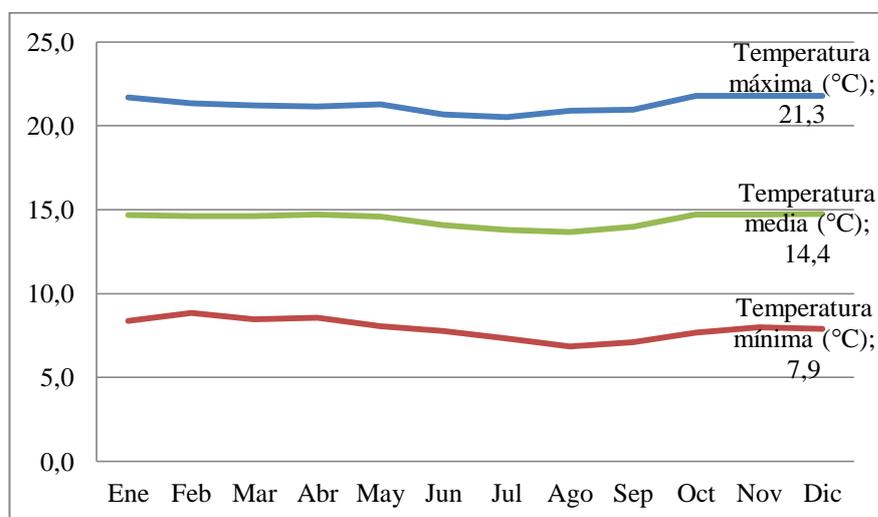


Figura 3-4. Temperaturas; máxima, mínima y media

Fuente: Elaborado por: Miguel Guallpa

Asimismo, durante el año la temperatura media mensual multianual no tuvo variaciones significativas con un valor de 14,4 °C, dato que resulta ligeramente superior al valor de 13,8 °C determinado por la Estación Meteorológica Tunshi-INIAP (2014). Particularmente los datos de temperatura: máxima con un valor de 21,3 °C y mínima de 7,9 °C, no concuerdan al compararlos con lo sugerido por MAGAP (2015) quien menciona un rango de temperatura entre 10,8–16,8°C para el desarrollo del eucalipto. Por ende se asume que la especie eucalipto puede también desarrollarse entre el rango de temperatura de 7,9 °C a 21,3 °C determinados en el presente estudio.

4.2.1.2 Precipitación

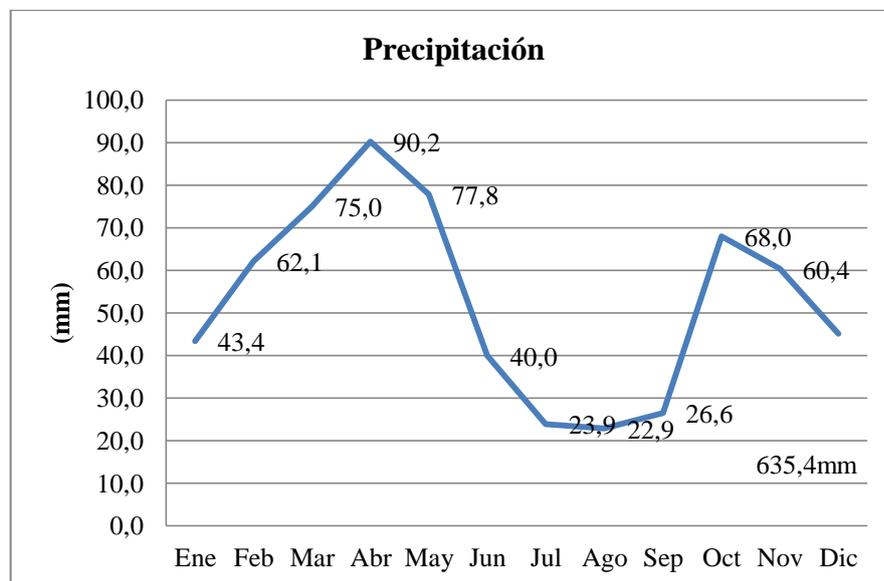


Figura 4-4. Precipitación promedio mensual y anual 1990-2012
Fuente: Elaborado por: Miguel Gualpa

Según la Figura 4-4, en la zona de estudio, la precipitación total anual promedio es de 635,4 mm, este valor es menor al emitido por la Estación Meteorológica Tunshi-INIAP (2014), cuyo valor fue de 835,6 mm, resultado menor al valor promedio de 1150 mm (800 a 1.500 mm) de precipitación para el crecimiento de la especie en estudio según lo planteado por MAGAP (2015).

Por su parte Tunari (2001) sostiene que un sitio es moderadamente apto, si su nivel de precipitación fluctúa entre el rango de 600-800mm. En este caso se evidencia la

adaptabilidad de la especie *Eucalyptus globulus* Labill en Tunshi al disponer de esta condición de precipitación.

4.2.1.3 Humedad relativa

En la Figura 5-4, la humedad relativa presentó un valor de 85,0 % para el área de estudio, los promedios mensuales de esta variable no evidencian variaciones significativas. El dato calculado resulto ligeramente superior al valor de 83%, determinado por la Estación Meteorológica Tunshi-INIAP (2014).

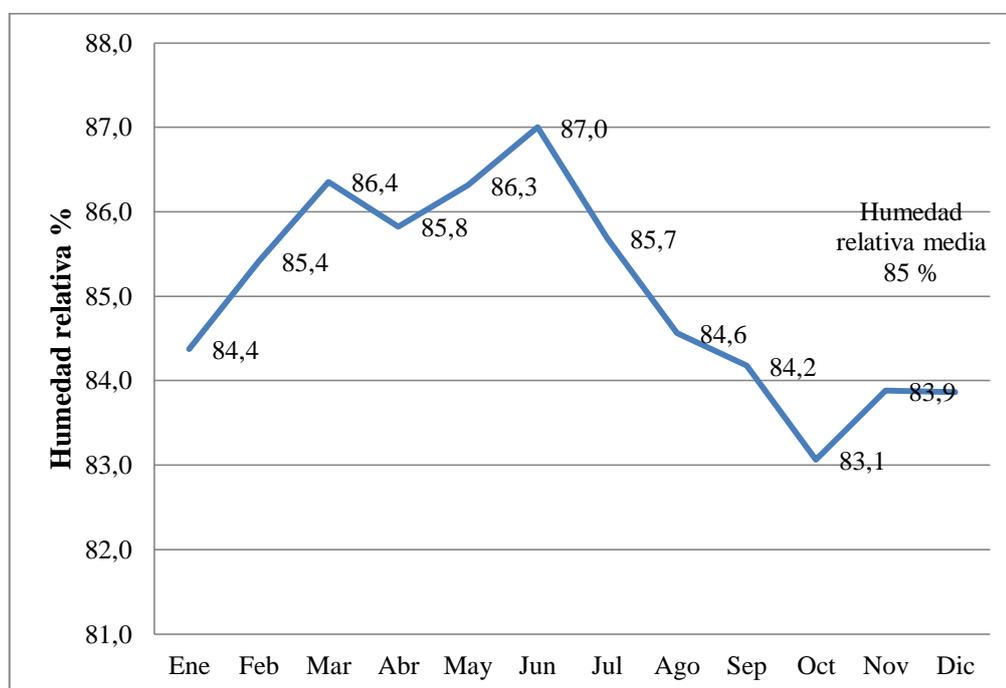


Figura 5-4. Humedad relativa mensual y multianual media periodo 1990-2012

Fuente: Elaborado por: Miguel Guallpa

En este contexto el componente clima es factor determinante para el crecimiento de las plantas y a la vez responde a condiciones atmosféricas (temperatura, precipitación y humedad relativa) de la zona. La interacción de cada uno de estos factores determina una variación del clima y por ende la posibilidad de obtener diferentes niveles de crecimiento y productividad de la especie en estudio, sea plantación con fines industriales, conservación, sistemas agroforestales, para el autoconsumo o para el mercado local (Trujillo E. , 2004).

4.3 Caracterización edáfica

4.3.1 Parámetros físicos

Tabla 3-4. Principales características físicas de 0-30 y de 30-100 cm de profundidad en el área de estudio

Rodales	Profundidad efectiva del suelo (cm)	Cobertura herbácea del suelo (%)	Grado de erosión	Prof. (cm)	Color en seco	Color en húmedo	Textura	Estructura	Densidad aparente (g/cm ³)
1	Delgada	31,67	Severa	0 - 30	10YR 6/2	10YR 3/2	Fa	Masiva	1,59
				30-100	10YR 3/3	10YR 3/2	Fa	Masiva	1,61
2	Delgada	50,00	Severa	0 - 30	10YR 3/3	10YR 3/2	Fa	Masiva	1,54
				30-100	10YR 6/2	10YR 3/2	Fa	Masiva	1,62
3	Delgada	43,33	Severa	0 - 30	10YR 4/2	10YR 4/2	aF	Masiva	1,60
				30-100	10YR 6/2	10YR 3/2	Fa	Masiva	1,54
4	Delgada	48,33	Severa	0 - 30	10YR 6/3	10YR 5/2	Fa	Masiva	1,52
				30-100	10YR 6/3	10YR 5/2	Fa	Masiva	1,61
5	Delgada	58,33	Moderada	0 - 30	10YR 6/1	10YR 5/2	Fa	Masiva	1,57
				30-100	10YR 3/3	10YR 5/2	Fa	Masiva	1,57
6	Delgada	75,00	Moderada	0 - 30	10YR 3/3	10YR 3/2	Fa	Masiva	1,60
				30-100	10YR 3/3	10YR 3/2	Fa	Masiva	1,53
7	Moderadamente profundo	35,00	Moderada	0 - 30	10YR 3/3	10YR 3/2	Fa	Masiva	1,58
				30-100	10YR 6/1	10YR 5/2	Fa	Masiva	1,57

Delgada = 25- 50 cm, Ligeramente profundo =50- 75 cm; Moderadamente profundo =75- 100 cm; 10YR 4/2 (Gris muy oscuro); 10YR 3/2 (Pardo grisáceo muy oscuro); 10YR 5/2 (Pardo grisáceo); 10YR 6/2 (Pardo grisáceo claro); 10YR 3/3 (Pardo oscuro); 10YR 6/1 (Pardo); 10YR 6/3(Pardo pálido); Fa= Franca arenosa; aF=arena franca

Fuente: Levantamiento de información de campo

Elaborado por: Miguel Gualpa

4.3.1.1 Profundidad efectiva del suelo

En la Tabla 3-4 se muestra que los suelos poseen la característica de ser delgados con 25-50 cm de profundidad para los suelos de rodales 1, 2, 3, 4, 5, y 6, lo cual indica un desarrollo limitado del sistema radicular de los árboles de la plantación de Tunshi. A excepción del suelo del rodal 7, el cual resulta ser moderadamente profundo de 75- 100 cm, donde se asume que hay un mayor desarrollo del sistema radical, así como una mayor disponibilidad de nutrientes, lo cual influye en el crecimiento de los árboles.

Asimismo se determinó que en la mayoría de la superficie plantación a excepción del rodal 7, se encuentran ausentes o erosionados los horizontes A y B, en vista de que existen cárcavas superficiales y algunas profundas, comunes en este sitio.

En general, la profundidad efectiva de los suelos de la plantación de eucalipto en la Estación Tunshi, puede estar siendo limitada por la ausencia y erosión de los horizontes A y B, más la existencia de capas del suelo internas endurecidas, característica que no coincide con lo manifestado por Trujillo (2013) quien sostiene que es apropiada una profundidad mayor de un metro para asegurar el desarrollo de los árboles.

Encambio en el terreno del rodal 7, se observó una profundidad efectiva cercana a un metro, lo cual puede atribuirse a la acumulación de materiales por efecto de sedimentación que se advierte en un incremento en profundidad que influye en la capacidad de anclaje, desarrollo en profundidad de la raíz de los árboles, y menos susceptibilidad ante el viento fuerte.

4.3.1.2 *La cobertura herbácea*

En la figura 6-4, la cobertura herbácea del suelo, es mayor en el rodal 6 con 75 % ubicándose en la categoría cerrado en contraste con el rodal 1, que presenta un valor promedio de 31,66 %, valor que se define como abierto.

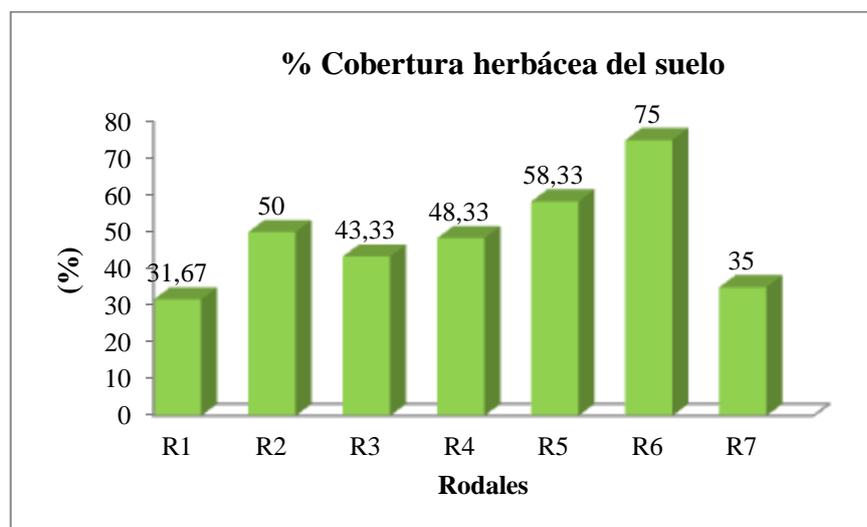


Figura 6-4. Cobertura herbácea promedio del suelo
Fuente: Elaborado por: Miguel Gualpa

Las especies identificadas en los rodales en estudio fueron: *Stipa ichu* (paja), *Pennisetum clandestinum* (kikuyo), seguido por la presencia de *Cortaderia jubata* (sigse), *Baccharis latifolia* (chilca) y de forma esporádica, *Niphidium albopinctatissimum* (helecho), *Dodonea viscosa* (chamana). Lo cual puede atribuirse a que son plantas tolerantes a una poca profundidad del suelo, al respecto Aguirre & Aguirre (2010) mencionan que estas plantas poseen sistema radicular fibroso que les permite agarrarse y desarrollar su ciclo vital. El resto se complementa por la hojarasca, de eucalipto en proceso de descomposición.

4.3.1.3 *Grado de erosión de los suelos*

En la Tabla 3-4, se muestra la característica de grado de erosión que va desde moderada en los suelos de los rodales 5, 6 y 7 a severa en el suelo de los rodales; 1,2, 3 y 4.

A nivel de campo se identificó la ausencia de los horizontes H, A y B en la totalidad del área de la plantación y la interacción entre los factores del entorno como: precipitación, temperatura, humedad relativa, drenaje, pendiente del terreno que reflejan también el efecto del manejo de la plantación de eucalipto.

4.3.1.4 *Color del suelo*

En la Tabla 3-4, a nivel superficial de 0-30 cm el color en seco y húmedo va desde 10YR 4/2 (Gris muy oscuro) en el suelo del rodal 3 hasta 10YR 6/3 (Pardo pálido) en el caso del rodal 4 en seco y un color 10YR 5/2 (Pardo grisáceo) en los rodales 4, 5 en húmedo.

A nivel subyacente de 30-100 cm, se destaca un color en seco que va desde 10YR 3/3 (Pardo oscuro) en los rodales 1, 5, 6 hasta 10YR 6/3(Pardo pálido) en el rodal 4. En estado húmedo va desde 10YR 3/2 (Pardo grisáceo muy oscuro) en los rodales 1, 2, 3, 6 hasta un color de 10YR 5/2 (Pardo grisáceo) en los rodales 4, 5 y 7.

Los colores detectados en el área de estudio en estado seco y húmedo varían entre gris claro a gris oscuro a nivel superior y subyacente, esta característica de coloración y mal drenaje determinados coinciden con lo expresado por Jaramillo, (2002) quien menciona que los colores grises pueden indicar condiciones de mal drenaje; bajos contenidos de coloides en el suelo, materia orgánica, típicos de horizontes sometidos a procesos intensos de eluviación.

4.3.1.5 *Textura*

De acuerdo a la Tabla 3-4, se puede apreciar que presentan similar condición textural de franca arenosa en los suelos de la mayoría de rodales a una profundidad de 0-30 cm y subyacente de 30-100cm, a excepción del suelo del rodal 4 (Parcelas 1 y 3), donde se detectó una textura de arena franca.

Los suelos de la plantación de eucalipto en Tunshi presentan una clase textural de franca arenosa en el 95% del área de plantación aproximadamente. Parámetro que coincide con la exigencia de esta especie forestal, ya que según Trujillo (2013) afirma que esta requiere una textura franco arcillosa, franco arenosa o arenosa. El restante 5% posee una textura de arena franca que puede constituir una limitante para el crecimiento de la especie en estudio.

4.3.1.6 *Estructura*

En la tabla 3-4, se puede apreciar que los suelos de los rodales en estudio, presentan una estructura masiva en las muestras tomadas de 0-30 cm y de 30-100 cm.

A nivel de campo en los suelos del área en estudio particularmente a nivel subyacente, se evidencio la estructura masiva que presentó una mayor resistencia al momento de excavar la calicata y de ruptura por parte del sistema radicular de los árboles, lo cual se identificó con el desarrollo del sistema radicular superficial, al respecto la FAO, (2009) afirma que los suelos con estructura masiva tienen normalmente una consistencia más fuerte y coherente en cuanto a ruptura.

4.3.1.7 Densidad aparente

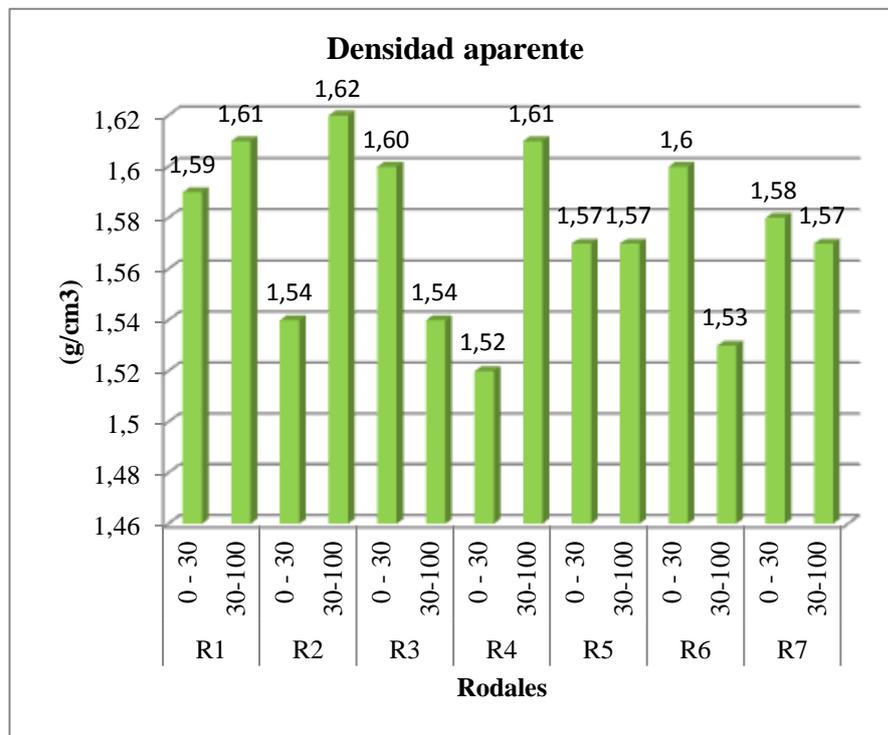


Figura 7-4. Densidad aparente media de los suelos de los rodales en estudio
Fuente: Elaborado por: Miguel Guallpa

En la Figura 7-4, se puede apreciar que los suelos que presentan una mayor densidad aparente son los que se encuentran en los rodales 3 y 6 con $1,60 \text{ g/cm}^3$ y la menor en el rodal 4 con $1,52 \text{ g/cm}^3$ a nivel superficial de 0-30 cm.

A nivel subyacente de 30-100 cm el suelo del rodal 2 presenta una mayor densidad con $1,62 \text{ g/cm}^3$ y la menor densidad aparente con $1,53 \text{ g/cm}^3$ se encuentra en el rodal 6.

En este contexto la densidad aparente de los suelos de la plantación en estudio, varía desde: $1,62\text{-}1,52 \text{ g/cm}^3$, por tal razón el sistema radicular de la especie en estudio tiene problemas para desarrollarse, ya que según Bravo (2014) sostiene que para la clase textural franca arenosa, valores inferiores a $1,40 \text{ g/cm}^3$ son ideales para la densidad aparente, a excepción del suelo del rodal 3 de clase textural arena franca posee valores iguales y menores a $1,60 \text{ g/cm}^3$, lo cual se inserta dentro de un valor ideal para el crecimiento radicular. Al respecto se identificó el desarrollo superficial del sistema

radicular y a la vez refleja el efecto de la densidad aparente en los suelos de la plantación en estudio.

Otro aspecto importante observado durante la excavación de calicatas, fue los posibles signos de compactación del suelo específicamente a nivel subyacente a medida que se incrementa la profundidad.

Pues al existir posiblemente un proceso de compactación de un suelo, esta puede afectar la infiltración del agua, provocar deficiencias en el drenaje lo cual afecta el régimen hídrico del suelo, limitando el desarrollo y profundización de las raíces de las plantas (Gardner *et al.* 1999).

4.3.2 *Parámetros químicos*

Tabla 4-4. Principales parámetros químicos de 0-30 y de 30-100 cm de profundidad

Rodales	Prof.	Materia orgánica	pH	NH4	P	K	CIC	B
	(cm)	(%)		(mg/L)	(mg/L)	(Meq/100g)	(Meq/100g)	ppm
1	0 - 30	1,10	8,57	3,18	32,20	0,67	3,23	0,30
	30-100	1,10	9,30	3,25	51,40	1,28	2,87	0,40
2	0 - 30	1,90	8,93	3,09	50,83	1,66	4,60	0,37
	30-100	2,77	9,50	2,98	47,70	3,03	6,13	0,30
3	0 - 30	2,20	8,30	3,41	39,10	0,42	5,17	0,33
	30-100	2,03	8,53	3,27	38,70	0,51	4,53	0,43
4	0 - 30	2,77	8,93	3,82	41,13	1,56	6,13	0,33
	30-100	2,73	9,50	3,65	48,47	2,13	6,10	0,40
5	0 - 30	1,47	8,67	4,03	41,73	1,49	4,23	0,33
	30-100	1,27	8,53	4,81	44,33	1,93	3,20	0,27
6	0 - 30	1,53	8,77	3,63	39,17	0,85	4,33	0,40
	30-100	2,43	9,37	3,18	51,90	2,00	6,57	0,30
7	0 - 30	1,17	7,43	4,40	54,83	0,70	3,70	0,43
	30-100	1,30	9,03	4,02	58,20	1,68	3,53	0,23

MO=Materia Orgánica; pH en agua; NH4=Nitrógeno; P=Fosforo; K=Potasio; CIC= Capacidad de Intercambio Catiónico; B=Boro

Fuente: Levantamiento de información de campo

Elaborado por: Miguel Gualpa

4.3.2.1 Materia orgánica

En la Figura 8-4 a nivel superficial de 0-30cm, los valores reportados de materia orgánica se definen como bajos en base a la Tabla 9-3 de la Red de Laboratorios del INIAP, (2014), destacándose el suelo del rodal 4, al presentar el mayor porcentaje de materia orgánica 2,77 %, en contraste con el suelo del rodal 1, que presentó menor contenido de materia orgánica con un valor de 1,1 %. Los resultados obtenidos superan al 0,72 % de contenido de materia orgánica reportado por Ramírez (2012) al evaluar el suelo de plantaciones de eucalipto de 8 años de edad, en el horizonte A de 18 cm.

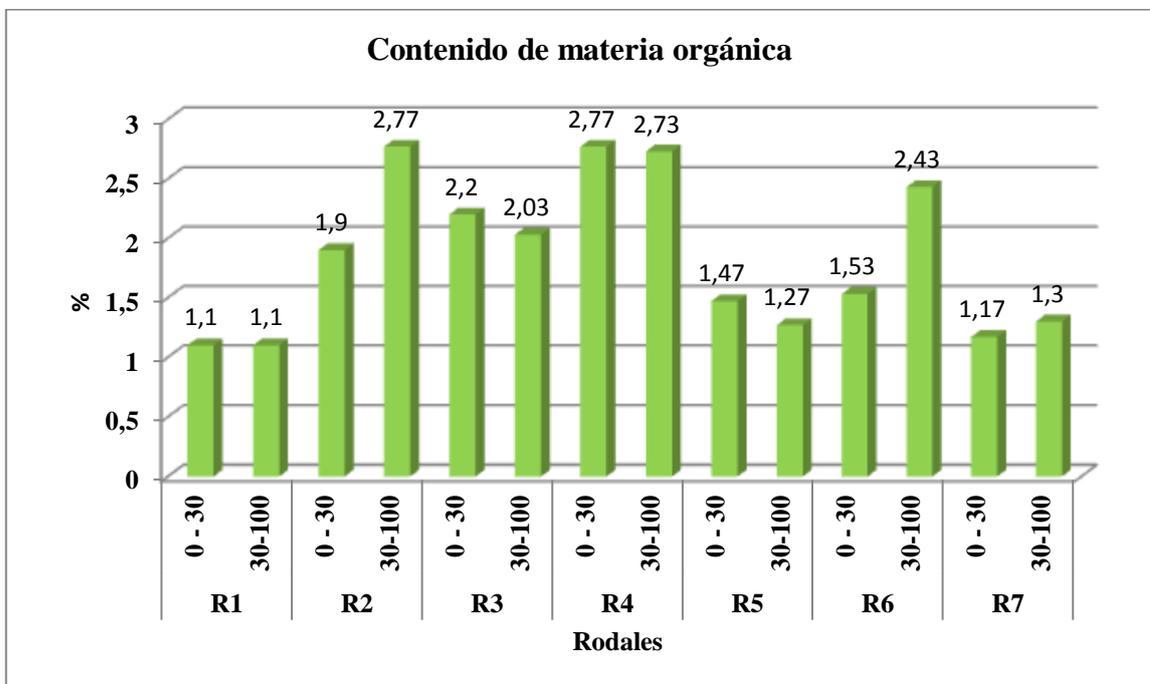


Figura 8-4. Porcentajes promedios de materia orgánica para el suelo de cada rodal en estudio
Fuente: Elaborado por: Miguel Guallpa

En cambio a nivel subyacente 30-100 cm los valores son igualmente bajos, donde se destaca el suelo del rodal 2, al presentar el mayor valor de contenido de materia orgánica con 2,77%, y el menor valor de materia orgánica con el 1,10% se encuentra en el suelo del rodal 1. Comparativamente los valores determinados superan al 0,96 % obtenido para el horizonte B entre 18-50 cm por (Ramírez, 2012).

Considerando que los rodales de la plantación de eucalipto, han estado sujetos solamente a intervenciones antrópicas, y no se ha ejecutado actividades de manejo

técnico a ningún nivel. Los resultados reportados de materia orgánica en los suelos de la plantación de eucalipto, posiblemente ocurrieron como consecuencia de la dinámica de descomposición de la hojarasca, biomasa radicular de las plantas herbáceas y arbustivas identificadas, las propiedades físico-químicas del propio suelo, la susceptibilidad a la alteración más la influencia del crecimiento de los árboles.

4.3.2.2 El potencial de hidrógeno (pH)

En la Figura 9-4, de los siete rodales en estudio, a nivel superficial de 0-30 cm, los suelos de los rodales 2 y 4, son los que presentaron un pH alcalino con un dato promedio de 8,93, como el valor más alto de pH en contraste con el suelo del rodal 7 que presentó un pH neutro con 7,43.

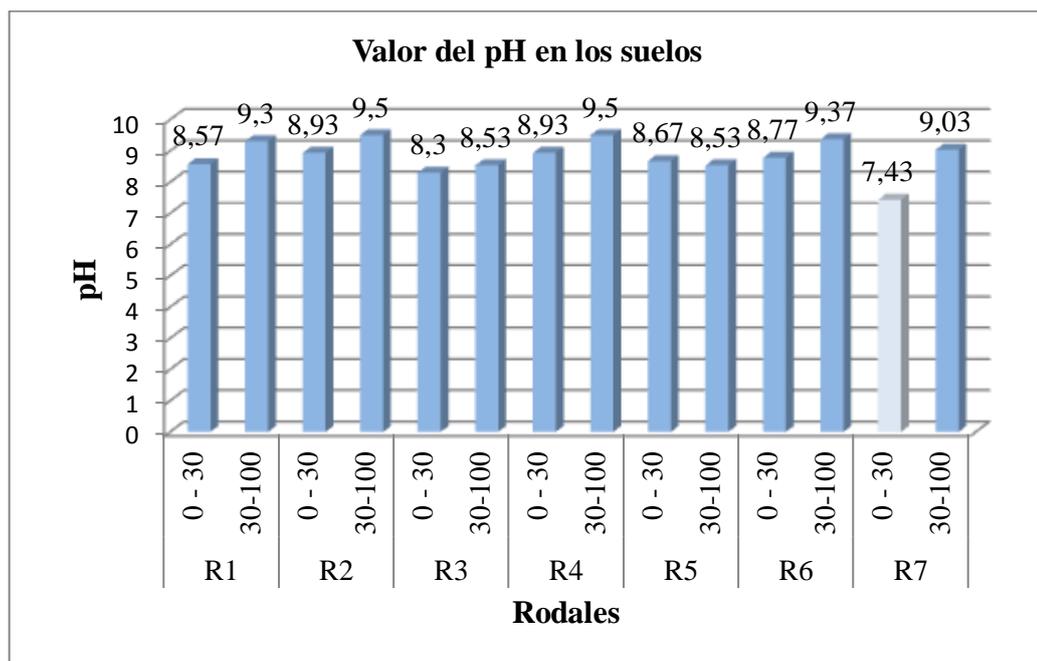


Figura 9-4. Niveles de pH en los suelos de los rodales en estudio
Fuente: Elaborado por: Miguel Guallpa

A nivel más profundo de 30-100 cm, del total de rodales, los suelos de los rodales 2 y 4, son los que presentaron el valor más alto promedio de pH alcalino con 9,50, en comparación con los suelos de los rodales 3 y 4, los cuales presentaron el menor valor con 8,53. Es decir los suelos de la plantación de Tunshi poseen un pH alcalino y

ligeramente alcalino, que no concuerdan con los requerimientos, ya que según, MAGAP (2015) afirma que la especie crece adecuadamente con un pH de 5 a 7.

Los valores de pH, determinados en el presente estudio, indican que a mayor profundidad del suelo es más alto el pH. Lo cual se puede explicar en base a lo manifestado por Jobba gy and Jackson (2003) quienes mencionan que estas dos variables están muy relacionadas, dicho que a más profundidad mayor es la acumulación de cationes en el suelo. Se asume también que la tendencia de alcalinidad del pH en el área de estudio ocurre en respuesta al nivel moderado de precipitación en la zona, lo cual es corroborado por INPOFOS (1997), quien afirma que los suelos formados bajo condiciones de alta precipitación son más ácidos que aquellos formados bajo condiciones áridas o semiáridas.

4.3.2.3 Elementos nutritivos esenciales para las plantas

Los elementos nutritivos considerados esenciales para el crecimiento de las plantas suman alrededor de 16 (Rodríguez, 1993). Sin embargo, las mayores demandas en el establecimiento de las plantaciones se concentran en unos pocos elementos, tales como Nitrógeno, Fósforo, Potasio y Boro (Aparicio & López, 1998).

- Nitrógeno (NH₄)

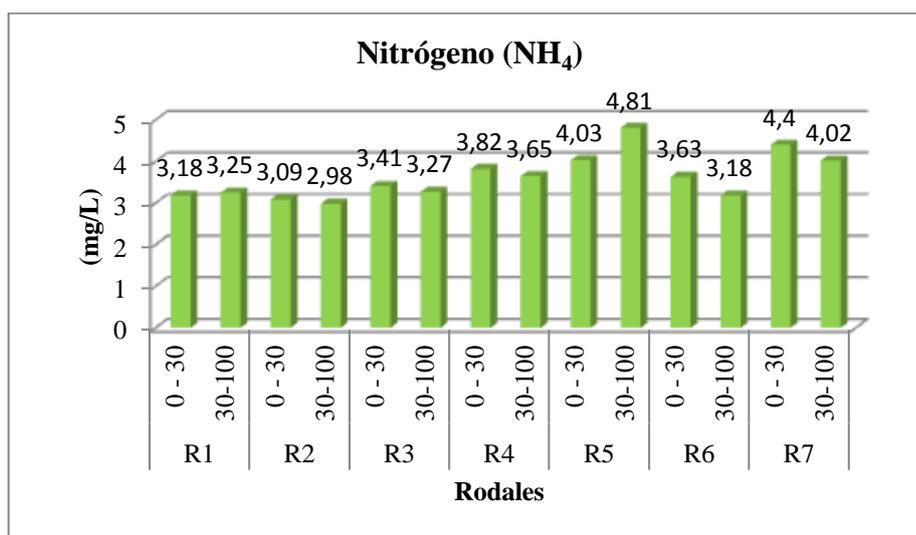


Figura 10-4. Nivel de nitrógeno (NH₄) promedio en los suelos de los rodales en estudio

Fuente: Elaborado por: Miguel Guallpa

En la Figura 10-4, del total de rodales en estudio a nivel superficial, los valores reportados para el contenido de nitrógeno se definen como bajos al presentar valores < 30.00 mg/L, el suelo del rodal 7, es el que presenta el mayor valor con 4,40 mg/L de nitrógeno en comparación con el rodal 2 que presenta el menor valor con 3,09 mg/L.

A nivel subyacente entre 30-100 cm de profundidad los resultados obtenidos para el contenido de nitrógeno son igualmente bajos, se destaca el nivel de nitrógeno del suelo del rodal 5 con 4,81 mg/L, como el mayor valor, en comparación con el rodal 2, que presentó el menor valor de nitrógeno con 2,98 mg/L.

Al respecto, la tendencia de contenido de nitrógeno reportada en el presente estudio, puede explicarse debido a que el sistema en general formado por brinzales, latizales, árboles en etapa juvenil, diferente cantidad de árboles fustales y las plantas herbáceas identificadas, pueden estar extrayendo para su proceso de crecimiento en la plantación de Tunshi, ya que según (Acosta, 2008), considerando a (Lugo, 1986), (Binkley, 1993) y Gerding & Grez (1996), quienes manifiestan que su requerimiento máximo es en la época de mayor desarrollo foliar y es un elemento móvil en la planta. Además, se estima que las masas forestales absorben por hectárea, anualmente, de 30-55 kg de N, retornando al suelo el 80% de esta cantidad por la caída de las hojas, quedando el 20% restante en la madera.

- Fósforo (P)

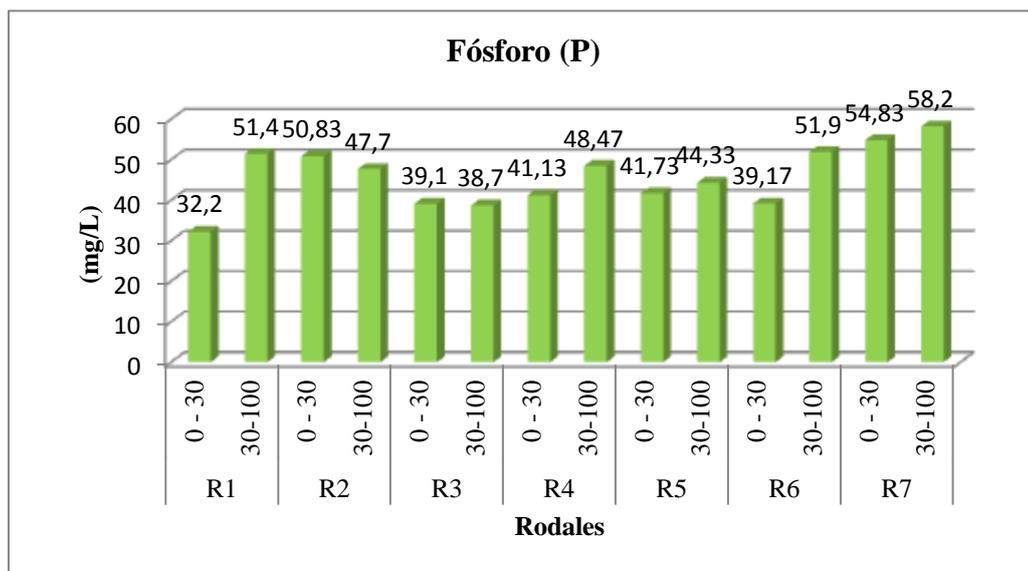


Figura 11-4. Fósforo promedio en los suelos de los rodales en estudio
Fuente: Elaborado por: Miguel Gualpa

Se aprecia en la Figura 11-4, el contenido de fósforo a nivel superficial de 0-30 cm de profundidad se definen como altos al presentar valores > 30.00 mg/L, el mayor valor corresponde al rodal 7 con 54,83 mg/L y el de menor valor al rodal 1 con 32,20 mg/L de fósforo.

Los resultados para contenido de fósforo a nivel superficial en los suelos de la plantación eucalipto demuestran que es el suficiente para satisfacer la demanda por parte de los árboles de la plantación de eucalipto durante su crecimiento.

A nivel subyacente de 30-100 cm los resultados obtenidos para el contenido de fósforo son igualmente altos, se destaca nuevamente el suelo del rodal 7, al presentar el mayor valor con 58,20 mg/L en contraste con el rodal 3, que presenta el menor valor 38,70 mg/L.

El comportamiento de este elemento, se debe probablemente porque los suelos de estos sitios de por si presentan niveles altos de fósforo debido a su composición, particularidad que no se presenta en otros tipos de suelo, sumado a lo ya indicado también se advierte la caída natural de hojas senescentes de eucalipto, ya que según Gerding & Grez (1996) pues el requerimiento máximo de este elemento corresponde a la etapa juvenil para el desarrollo de raíces y posteriormente en la fase generativa. En sentido general los árboles absorben de 4-12 kg retornando el 80% con la caída de las hojas, lo cual puede significar una importante devolución de P al suelo.

- Potasio (K)

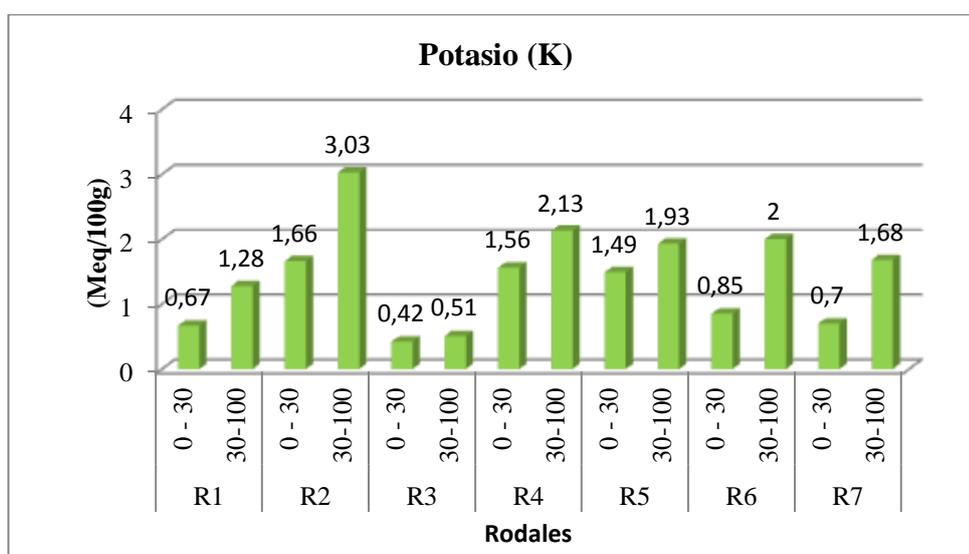


Figura 12-4. Potasio promedio en los suelos de los rodales en estudio
Fuente: Elaborado por: Miguel Guallpa

En la Figura 12-4, los valores obtenidos para el contenido de potasio para los niveles: superficial de 0-30 cm y subyacente de 30-100cm, se definen como altos al presentar valores > 0.64 Meq/100g, a excepción del rodal 3, predominando el suelo del rodal 2, al presentar los mayores valores con 1,66 y 3,03 Meq/100 g respectivamente.

En cambio el suelo del rodal 3 presentó los menores valores a las dos profundidades en estudio con datos de 0,42 y 0,51 Meq/100 g, que se ubican dentro del rango bajo.

Con respecto a la dinámica del potasio en los suelos de la plantación de Tunshi, se evidencia que está vinculado con la profundidad, existiendo mayor concentración a medida que aumenta la profundidad del suelo.

Adicionalmente por una parte una de las limitantes, puede ser la inadecuada profundidad efectiva al existir evidencias de compactación, propiedad que restringe el libre acceso de las raíces, reduciendo el adecuado consumo por parte de los árboles para su crecimiento y por otra debido a lo mencionado por (Gerding & Grez, 1996) quienes indican que los árboles pueden absorber entre 6 y 30 kg por año de K, retornando un 50% con las hojas caídas, cuyo aporte puede variar dependiendo de la cantidad de follaje existente en el suelo y de la dinámica de descomposición de las mismas.

4.3.2.4 Capacidad de intercambio catiónico (CIC)

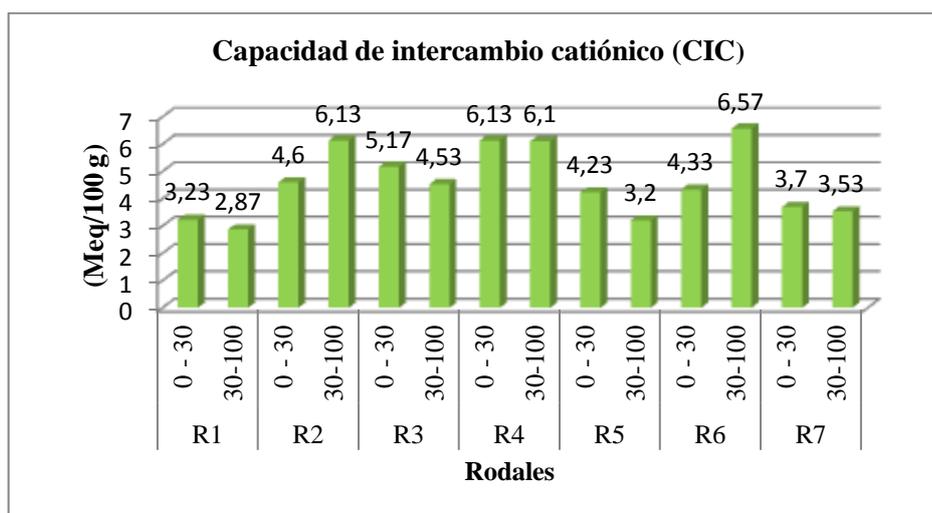


Figura 13-4. Valores promedio de la capacidad de intercambio catiónico en los suelos de los rodales en estudio

Fuente: Elaborado por: Miguel Guallpa

En la Figura 13-4 la tendencia de la capacidad de intercambio catiónico a nivel superficial es baja al reportar valores < 12.00 Meq/100 g en los siete rodales en estudio, destacándose el suelo del rodal 4, al presentar el mayor valor con 6,13 Meq/100 g, en contraste con el menor valor de 3,23 Meq/100 g para el rodal 1.

En cambio a nivel subyacente de 30-100 cm, se destaca el suelo del rodal 6, al presentar el mayor valor con 6,57 Meq/100g, en comparación con suelo del rodal 1, que presenta el menor valor de 2,87 Meq/100g.

Se asume que a menor contenido de materia orgánica, existe correspondencia con valores bajos de CIC que se registra en el estudio. Los valores de CIC expresan una tendencia de nivel bajo y posiblemente constituyen una limitante para el crecimiento de la especie en estudio.

Un suelo con alta CIC puede retener una gran cantidad de cationes de los nutrientes (Casanova *et al.*, 2004); los valores de CIC en el área de estudios es bajo, en concordancia con los resultados de textura franco arenoso que se registra en el mismo, fue similar al 4,7 a nivel superficial y menor al valor de 14,9 reportado en suelos de *Eucalyptus grandis* en Uruguay (Panario *et al.*, 2007).

4.3.2.5 Boro

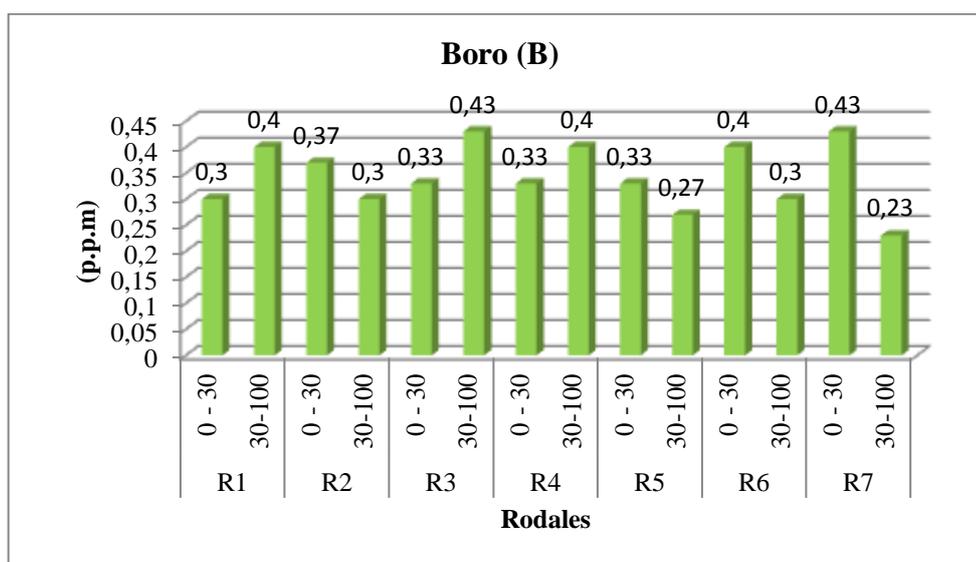


Figura 14-4. Concentración promedio de Boro en los suelos de los rodales en estudio
Fuente: Elaborado por: Miguel Gualpa

En Figura 14-4, se evidencia que de forma general el nivel de boro en todos los casos se encuentran en el intervalo bajo al presentar valores < 0.90 ppm, pero particularmente, alcanzo el mayor valor a nivel superficial de 0-30 cm el suelo del rodal 7 con 0,43 ppm, en comparación con el suelo del rodal 1, que presentó el menor valor de 0,30 ppm.

El comportamiento a nivel más profundo de 30-100 cm, los valores igualmente se ubican dentro del intervalo bajo, al analizar su tendencia se destaca el suelo del rodal 3, al presentar el mayor valor con 0,43 ppm, en contraste con el suelo del rodal 7, que presentó un valor de 0,23 ppm.

Las concentraciones bajas de boro en los suelos de la plantación de Tunshi se debe posiblemente a la existencia de un nivel bajo de contenido de materia orgánica, al respecto la FAO (2006) sostiene que se asocia a suelos arenosos y con bajo contenido de materia orgánica, sujetos a déficit hídricos indican deficiencias de boro y por otra obedece a que la especie forestal en estudio es exigente en este elemento ya que se trata de un elemento importante para mejorar el rendimiento.

Criterio que se corrobora con lo expresado por MAGAP, (2015) sobre la falta de boro en los suelos influye en la disminución del crecimiento de *E. globulus* Labill. En el caso de los suelos de prioridad forestal, una limitante o deficiencia de este nutriente puede provocar trastornos en el desarrollo, pérdida de forma, ocasionada por muerte de las yemas terminales y posterior rebrote de las laterales y su estado sanitario, principalmente en la especie en estudio.

4.3.2.6 *Análisis de carbonatos y salinidad proveniente del muestreo compuesto*

- Carbonatos (CaCO_3)

En la Figura 15-4 se puede apreciar un nivel ligeramente calcáreo con un valor de 1,1 % entre 0-30 cm de profundidad en comparación con el nivel de moderadamente calcáreo con el 2,3 % entre 30 – 100 cm de profundidad en los suelos de la plantación en estudio.

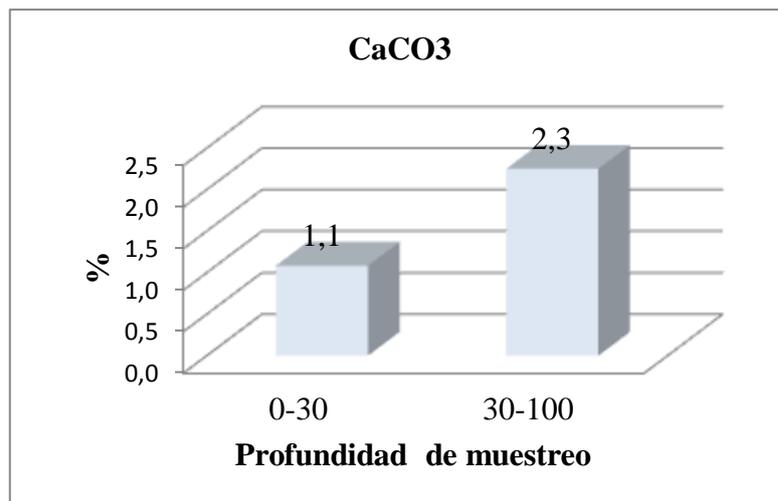


Figura 15-4. Concentración promedio de carbonato de calcio en el muestreo compuesto.

Fuente: **Elaborado por:** Miguel Gualpa

- Salinidad y sodicidad

Tabla 5-4. Resumen indicadores de salinidad y sodicidad de 0-30 y de 30-100 cm de profundidad

Indicadores de salinidad y sodicidad		CE	RAS	PSI
Valor referencial		≤ 2	<15	>15
Interpretación		Salinidad ninguna o leve	No sódico	No sódico
Profundidad en cm	0-30	0,62	2,70	88,64
	30-100	0,76	2,79	86,83

Fuente: Casanova (2010) y levantamiento de información de campo

Elaborado por: Miguel Gualpa

En la Tabla 5-4 se muestra que los valores promedios obtenidos de 0,62 y 0,76 a nivel superficial entre 0-30 cm y subyacente entre 30-70 cm indican una condición de salinidad ninguna o leve de forma general para los suelos de la plantación de Tunshi.

La relación de adsorción de sodio (RAS) y porcentaje de sodio intercambiable (PSI), los valores reportados son menores a 15 y mayores a 15 respectivamente, lo cual demuestra una condición de un suelo no sódico.

4.4 Prácticas empleadas en el establecimiento y manejo de la plantación

La evaluación realizada durante el muestreo sistemático reporta las actividades ejecutadas y/o no aplicadas durante la administración del bosque plantado se muestra en la Tabla 6-4.

Tabla 6-4. Superficie por rodal, labores de establecimiento y manejo del bosque plantado.

Tipo de área, labores o acciones	Rodal 1	Rodal 2	Rodal 3	Rodal 4	Rodal 5	Rodal 6	Rodal 7
Área neta de cada rodal (ha ⁻¹)	17,03	3,22	2,03	7,55	2,14	3,72	1,93
Áreas sin vegetación	0,33			0,86		0,26	
Número promedio de árboles por hectárea	1347,06	1770,00	2310,00	1202,00	1246,67	1410	1120
Número promedio de brinzales	528,24	850,00	1660,00	516,00	586,67	750,00	640,00
Número promedio de latizales	345,88	280,00	330,00	226,00	233,33	275,00	120,00
Numero promedio de árboles con DAP > 10 cm	472,94	640,00	320,00	460,00	426,67	385,00	360,00
Se han utilizado fertilizantes	No existe datos sobre esta intervención						
Coronamiento alrededor de la planta	No existe datos sobre esta intervención						
Monitoreo	Parcial*						
Censo de árboles aprovechables	Existe el reporte sobre esta evaluación						
Intervención antrópica	Evidente						
Vías forestales	No existen						
Existe plan de manejo	No existe						
Actividades de raleo	No aplicadas						
Manejo de rebrotes	Ausente						

*Informe técnico sobre la estimación de volumen de madera en pie (Guallpa, 2014).

Fuente: Levantamiento de información de campo

Elaborado por: Miguel Guallpa

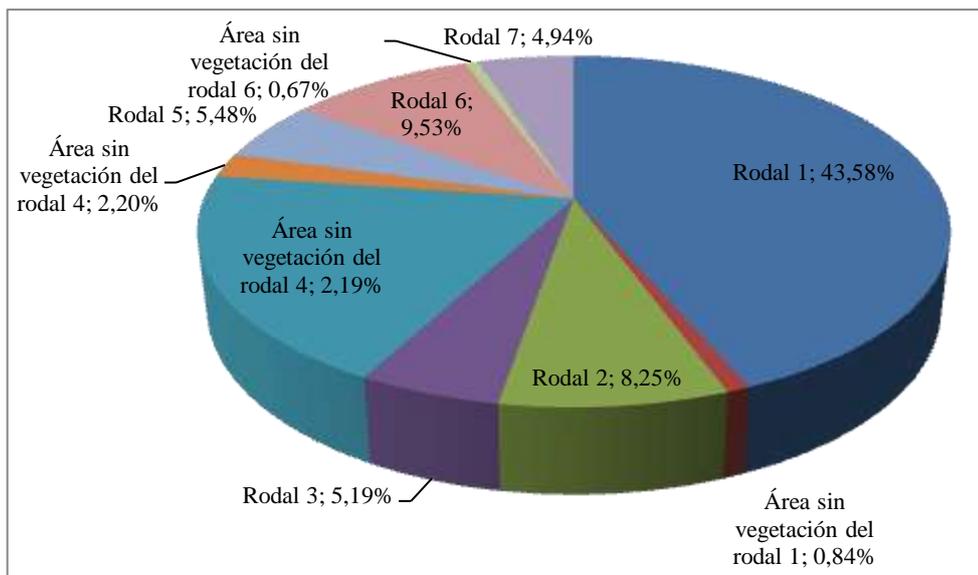


Figura 16-4. Área neta por rodal y área sin vegetación de los rodales 4 y 6.
Fuente: Elaborado por: Miguel Guallpa

En la Figura 16-4, se puede apreciar que el rodal 1, se destaca al poseer una superficie de 17,03 ha (43,58 %), disminuyendo hasta 2,03 ha (5,19%) y 2,14 ha (5,48 %) para los rodales 3 y 5 respectivamente. Adicionalmente se detectaron áreas sin vegetación de 0,33 ha (0,84%) en el rodal 1, otra de 0,86 ha (2,20%) en el rodal 4 y otra área sin vegetación agrupada de 0,26 ha (0,67%) que corresponde al rodal 6.

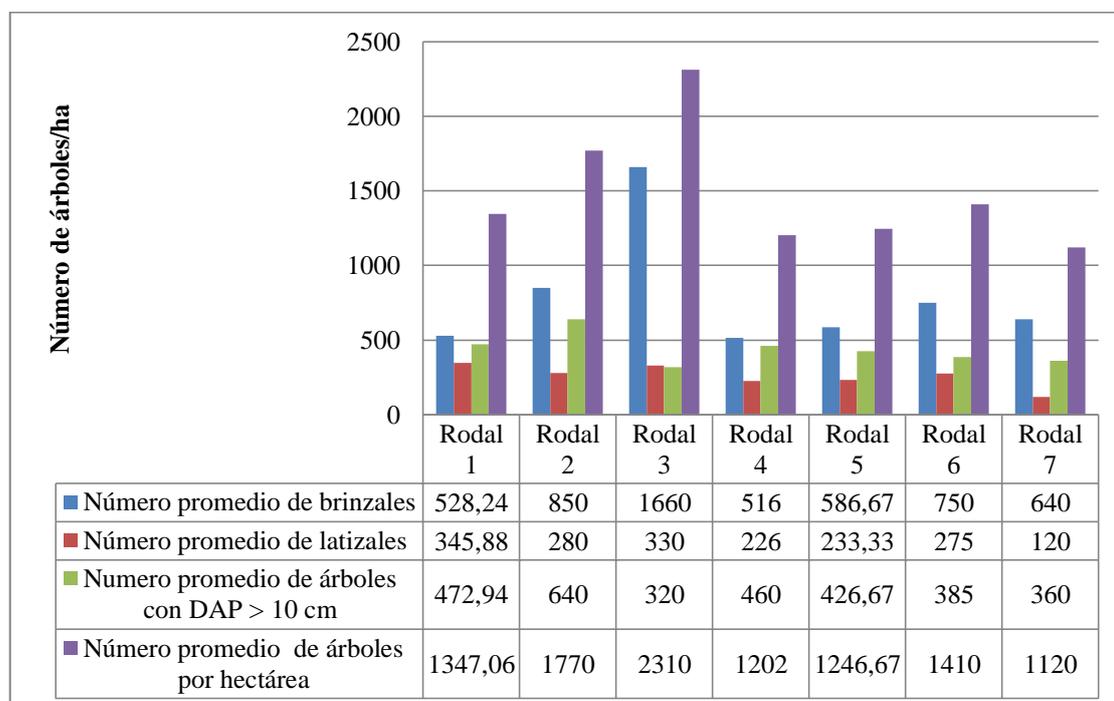


Figura 17-4. Densidad promedio de árboles /ha
Fuente: Elaborado por: Miguel Guallpa

En la Figura 17-4, se puede apreciar la densidad promedio de árboles por hectárea como resultado del registro de número promedio de brinzales, latizales y árboles con DAP > 10 cm, donde se destaca el rodal 3 al presentar una densidad de 2310 árboles /ha densidad muy alta, no así en el rodal 4 que tuvo una densidad de 1202 árboles/ha.

En lo referente al establecimiento y manejo de la plantación al no existir reportes sobre intervenciones silviculturales, se deduce que en esta etapa no se realizó actividades de manejo.

Con respecto al monitoreo y censo de árboles aprovechables, solo existe un reporte, en el cual, se contempla por una parte el volumen comercial por rodal y por otra el volumen de los árboles destinados para el aprovechamiento forestal que forman parte del perímetro fundamentalmente de los rodales 1, 5, 6 y 7, pero a la vez no se incluye las variables fisiográficas, climáticas, propiedades edáficas, y demás parámetros dasométricos y las características de calidad de los árboles.

En cuanto a la intervención antrópica, se evidencia posiblemente que obedece a dos causas: corte de árboles en etapa juvenil y fustal por parte de pobladores del sector para leña, cuyo aprovechamiento carece de una orientación técnica y por otra, el aprovechamiento de ciertos árboles destinados como material para la construcción de cercas, entre otros usos, labor realizada por personal de la Institución, pero igualmente sin la aplicación de un criterio técnico.

En cuanto a la existencia de vías forestales, no fueron construidas para el manejo de la plantación. Sin embargo actualmente existen caminos de segundo orden que pueden servir como parte del manejo fundamentalmente de los rodales 1, 5,6 y 7.

La falta de un plan de manejo y sus acciones programadas para la plantación de *Eucalyptus globulus* Labill, no coincide con lo expresado por Hernández, (2014), quien manifiesta que el manejo forestal comprende la aplicación de un conjunto de acciones y procedimientos que tienen por objeto la ordenación de la plantación, la protección, la conservación, la restauración y el aprovechamiento de los recursos y servicios ambientales de un ecosistema forestal.

Por su parte Nalvarte (2004) ya advierte en este sentido que al no realizar un mantenimiento adecuado, los resultados silviculturales son desalentadores, lo que normalmente con lleva a un abandono de la plantación, este factor, además, hace mucho más susceptible a la plantación de sufrir un incendio. Al respecto, la plantación de eucalipto en la Estación Tunshi carece de un plan de manejo y aprovechamiento.

4.5 Análisis de crecimiento de los rodales del bosque plantado

4.5.1 Comparación descriptiva a través de la estimación estadística de las variables de crecimiento

4.5.1.1 Diámetro a la altura del pecho promedio / árbol de los 7 rodales en estudio (cm)

Tabla 7-4. Estimación estadística para el diámetro a la altura del pecho promedio / árbol de los 7 rodales.

Rodales	Rodal 1	Rodal 2	Rodal 3	Rodal 4	Rodal 5	Rodal 6	Rodal 7
Σ	8440,49	2026,70	476,00	3327,90	6014,58	2173,60	1350,80
\bar{X}	21,00	15,83	14,88	14,47	31,33	28,23	37,52
S^2 (Var)	54,44	23,47	21,44	26,36	120,24	156,72	151,07
S (DesvSta)	7,38	4,84	4,63	5,13	10,97	12,52	12,29
C_v	35,14	30,60	31,13	35,48	35,00	44,35	32,76
$S \bar{X}$ (err stad)	0,37	0,43	0,82	0,34	0,79	1,43	2,05
$S \bar{X}$ (err must)	0,72	0,85	1,67	0,67	1,56	2,84	4,15
Lim conf (sup)	21,72	16,68	16,55	15,14	32,89	31,07	41,68
Lim conf (inf)	20,27	14,99	13,20	13,80	29,77	25,39	33,37
Error relativo %	3,45	5,35	11,24	4,61	4,98	10,06	11,07

Fuente: Levantamiento de información de campo

Elaborado por: Miguel Gualpa

En la Tabla 7-4, de los rodales evaluados se destaca el rodal 7 al presentar el mayor DAP promedio/árbol con $37,52 \pm 4,15$ cm y el menor valor el rodal 4 con $14,47 \pm 0,67$ cm /árbol.

El DAP promedio/árbol del bosque plantado de *Eucalyptus globulus* Labill en la Estación Tunshi, presenta un valor de 23,30 (anexo13), este resultado permitio calcular el incremento medio anual estimado con un DAP de 0,67 cm / año, mismo que no

supera al indicado por Ecuador Forestal (2013) quien reporta un valor promedio de 1,15 cm/año. Lo cual revela que los promedios de crecimiento de esta variable pueden variar significativamente, dependiendo de las condiciones de altitud, pendiente, drenaje, profundidad efectiva, textura del suelo, parámetros químicos, calidad genética de las semillas y manejo silvicultural más la capacidad que tienen los árboles de adaptarse a situaciones diversas.

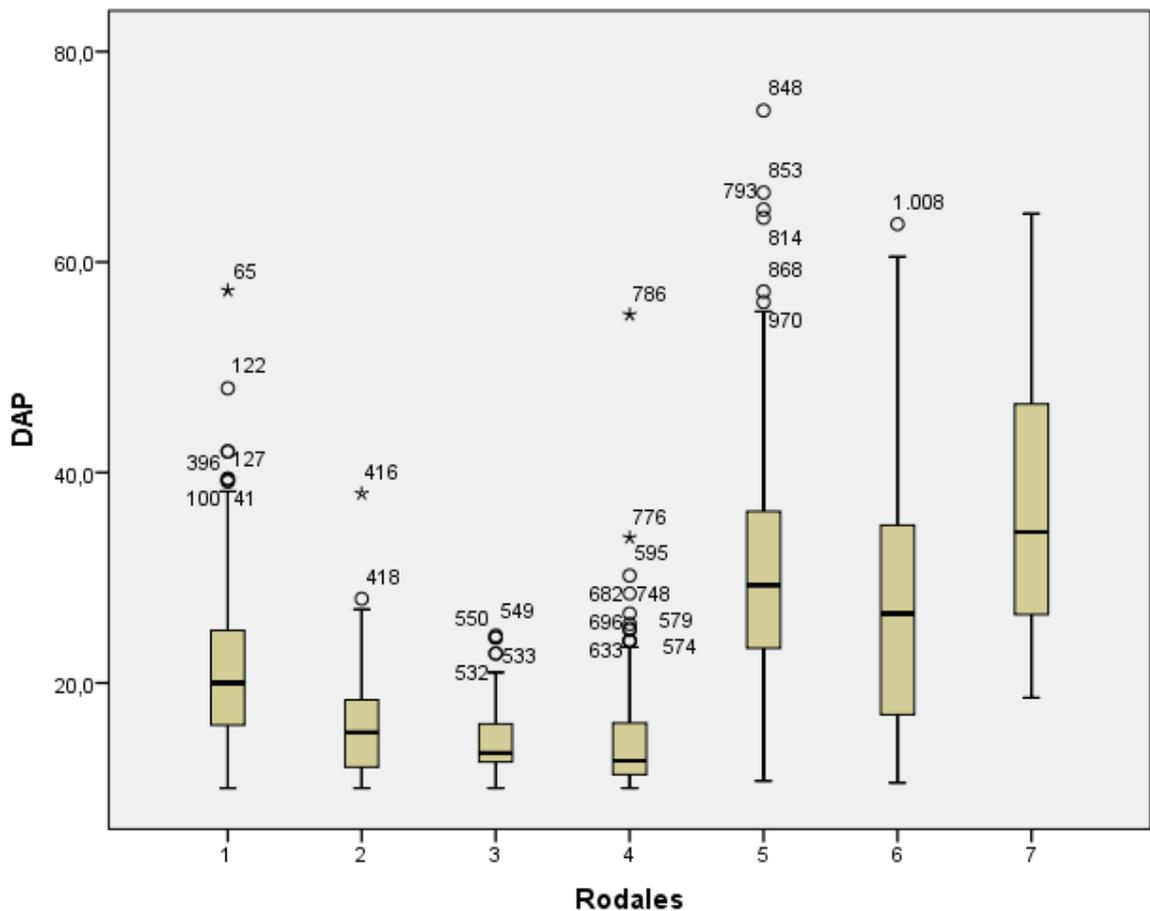


Figura 18-4. Diámetro a la altura del pecho de los rodales del bosque plantado (cm)
Fuente: Elaborado por: Miguel Guallpa

En la Figura 18-4 no se observa diferencias significativas en el diámetro a la altura del pecho promedio entre los rodales 1, 2, 3 y 4, no así en los niveles de variabilidad del DAP entre los rodales, observándose que los rodales 5, 6 y 7 si presentan una variabilidad muy superior al resto.

4.5.1.2 *Distribución de árboles /clase diamétrica en los 7 rodales*

Las clases diamétricas son la principal variable del bosque en términos de su uso, aprovechamiento, manejo y otros servicios que brinda el bosque. Convencionalmente, existen trece clases diamétricas que se muestran en la Tabla 8-4.

Tabla 8-4. Distribución de árboles / clase diamétrica en los 7 rodales

Clases diamétricas	Rodal 1	Rodal 2	Rodal 3	Rodal 4	Rodal 5	Rodal 6	Rodal 7
10-15	82	63	24	159	5	13	
15-20	115	42	1	37	15	10	1
20-25	99	18	7	26	39	8	6
25-30	60	4		5	41	16	4
30-35	22			2	40	9	8
35-40	20	1			13	8	3
40-45	2				15	5	3
45-50	1				11	4	6
50-55					6	2	1
55-60	1			1	3		1
60-65					1	2	3
65-70					2		
70-75					1		
Σ	402	128	32	230	192	77	36

Fuente: Levantamiento de información de campo

Elaborado por: Miguel Guallpa

En la Figura 19-4, se aprecia la distribución de árboles en las clases diamétricas para los diferentes rodales muestreados, entre el rango de 10 a 15 cm, se distingue una mayor cantidad de árboles con 159 individuos en el rodal 4, seguido del rodal 1 con 115 árboles en la clase de 15 a 20 cm, luego se evidencia una disminución hacia los rangos superiores. Sin embargo la mayor cantidad de árboles se concentran entre los rangos de 10 a 35 cm, lo que indica a manera general que están en desarrollo y que amerita la aplicación de los tratamientos silviculturales y la obtención de productos como madera aserrada, postes o leña previo análisis de su productividad.

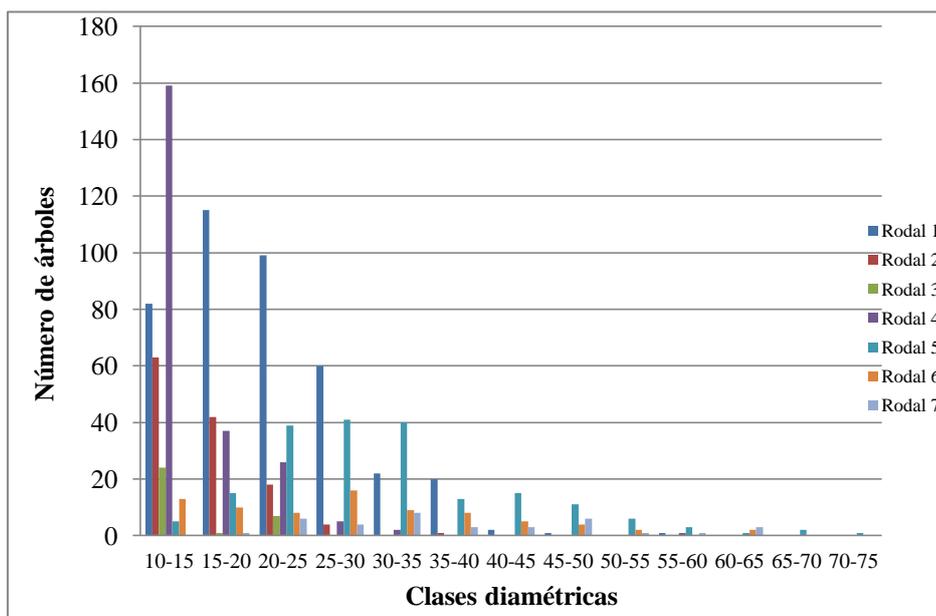


Figura 19-4. Distribución por clases diamétricas de los árboles entre los rodales del bosque plantado

Fuente: Elaborado por: Miguel Gualpa

4.5.1.3 Altura comercial promedio / árbol de los 7 rodales (m)

Tabla 9-4. Estimación estadística para la altura comercial promedio / árbol de los 7 rodales

Rodales	Rodal 1	Rodal 2	Rodal 3	Rodal 4	Rodal 5	Rodal 6	Rodal 7
Σ	4339,94	802,90	169,50	1349,65	3917,37	1050,60	737,90
\bar{X}	10,80	6,27	5,30	5,87	20,40	13,64	20,50
S^2 (Var)	23,40	10,26	6,19	13,32	70,23	107,27	71,50
S (DesvSta)	4,84	3,20	2,49	3,65	8,38	10,36	8,46
Cv	44,81	51,08	46,98	62,21	41,07	75,91	41,25
$S \bar{X}$ (err stad)	0,24	0,28	0,44	0,24	0,60	1,18	1,41
$S \bar{X}$ (err must)	0,47	0,56	0,90	0,47	1,19	2,35	2,86
Lim conf (sup)	11,27	6,83	6,20	6,34	21,60	15,99	23,36
Lim conf (inf)	10,32	5,71	4,40	5,39	19,21	11,29	17,64
Error relativo %	4,39	8,93	16,96	8,08	5,85	17,22	13,94

Fuente: Levantamiento de información de campo

Elaborado por: Miguel Gualpa

En la Tabla 9-4, del total de rodales en estudio, nuevamente el rodal 7 presentó la mayor altura comercial promedio por árbol con $20,50 \pm 2,33$, en contraste con el rodal 3 que presentó la menor tendencia con un valor de $5,30 \pm 0,90$ m.

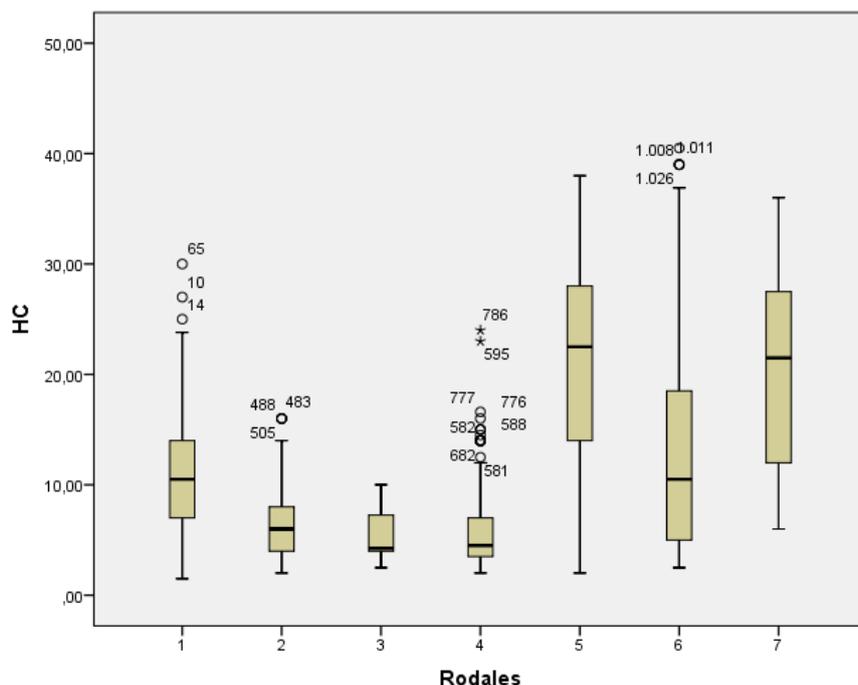


Figura 20-4. Altura comercial promedio / árbol de los 7 rodales muestreados
Fuente: Elaborado por: Miguel Guallpa

En la Figura 20-4, al igual que para la variable DAP, la altura comercial /árbol no revela una diferencia significativa entre los rodales pero si en los niveles de variabilidad, siendo los rodales 5, 6 y 7 los que mayor dispersión presentan. Algo que resulta lógico por la alta correlación que existe entre el DAP y la altura.

En relación a la altura comercial promedio/árbol en el bosque plantado de *Eucalyptus globulus* Labill de la Estación Tunshi, presenta un valor de 11,8 m con un incremento medio anual estimado de 0,34 m/año (ver anexo 13).

Esta variación de crecimiento en la altura comercial determinada para los árboles de la plantación en estudio obedece fundamentalmente a que en el sitio existe variación dentro factores fisiográficos y edáficos con ciertas limitantes como la menor profundidad efectiva definida como delgado de 25- 50 cm, en comparación con otros sitios que presentan una profundidad efectiva > 100 cm, parámetros químicos adecuados, un nivel más alto de precipitación y la aplicación de acciones de manejo.

En este sentido, se concuerda con lo expresado por Instituto Nacional de Bosques. INAB (2013), quien sostiene que el crecimiento de los arboles está determinado por la interacción de factores externos: calidad de sitio, condiciones climáticas (Precipitación, temperaturas, vientos, entre otros); internos: calidad de plantas, manejo, competencia y el tiempo.

4.5.1.4 Altura total promedio /árbol de los 7 rodales (m)

Tabla 10-4. Estimación estadística para la altura total promedio / árbol de los 7 rodales

Rodales	Rodal 1	Rodal 2	Rodal 3	Rodal 4	Rodal 5	Rodal 6	Rodal 7
Σ	8694,00	2189,93	469,00	3191,25	6270,16	1981,80	880,60
\bar{X}	21,63	17,11	14,66	13,88	32,66	25,74	24,46
S^2 (Var)	44,62	38,28	44,75	23,48	49,22	135,85	60,39
S (DesvSta)	6,68	6,19	6,69	4,85	7,02	11,66	7,77
Cv	30,89	36,16	45,64	34,92	21,48	45,29	31,77
$S \bar{X}$ (err stad)	0,33	0,55	1,18	0,32	0,51	1,33	1,30
$S \bar{X}$ (err must)	0,65	1,08	2,41	0,63	1,00	2,64	2,63
Lim conf (sup)	22,28	18,19	17,07	14,50	33,66	28,38	27,09
Lim conf (inf)	20,97	16,03	12,24	13,25	31,66	23,09	21,83
Error relativo %	3,03	6,33	16,48	4,54	3,06	10,28	10,74

Fuente: Levantamiento de información de campo

Elaborado por: Miguel Guallpa

A partir de la tabla 10-4, se distingue al rodal 5, al presentar el mayor valor promedio / árbol con $32,66 \pm 1,00$ m, en contraste con el rodal 4, que presentó la menor altura total con $13,88 \pm 0,63$ m.

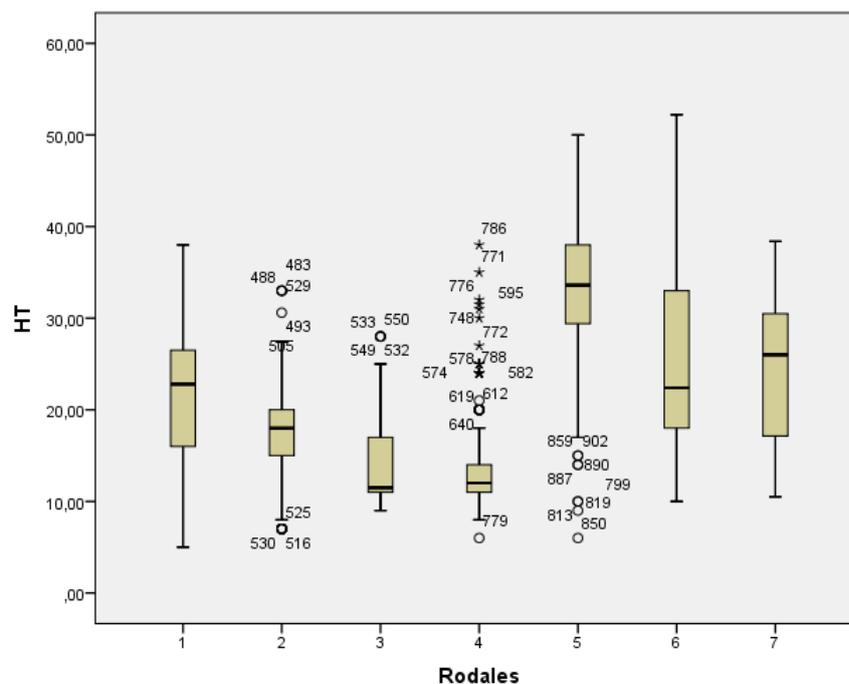


Figura 21-4. Altura total promedio /árbol en los 7 rodales muestreados

Fuente: Elaborado por: Miguel Guallpa

Según la Figura 21-4, tampoco aparenta existir una diferencia significativa entre los rodales en lo que se refiere a la altura total promedio, aunque en este caso pudiera presentarse entre los rodales 4 y 5. Se mantienen diferencias en los niveles de variabilidad, siendo los más dispersos los rodales 1, 5, 6 y 7.

La variable altura total promedio / árbol de la plantación de *Eucalyptus globulus* Labill reportó un valor de 21,4 m, tendencia de crecimiento inferior frente a la determinada por Mejía & Moscoso (2010) quienes reportaron una altura total de 56 m para un rodal de similar edad a una altitud de 2663 msnm.

El incremento medio anual estimado de 0,61 m / año para la variable altura total de la plantación de eucalipto en estudio, está por debajo del valor sugerido por Ecuador Forestal (2013) quien indica un valor de 1,4 m /año.

4.6 Análisis de la productividad alcanzada por los rodales

4.6.1 Comparación descriptiva a través de la estimación estadística de las variables de productividad

4.6.1.1 Área basal promedio / árbol de los rodales en estudio (m²)

Tabla 11-4. Estimación estadística para el área basal promedio / árbol de los 7 rodales

Rodales	Rodal 1	Rodal 2	Rodal 3	Rodal 4	Rodal 5	Rodal 6	Rodal 7
Σ	15,633	2,754	0,608	4,256	16,602	5,754	4,396
\bar{X}	0,039	0,022	0,019	0,019	0,086	0,075	0,122
S^2 (Var)	0,0008	0,0002	0,0002	0,0004	0,0042	0,0043	0,006
S (DesvSta)	0,029	0,015	0,013	0,019	0,065	0,065	0,080
Cv	74,72	67,38	66,49	102,57	75,33	87,36	65,214
$S \bar{X}$ (err stad)	0,001	0,001	0,002	0,001	0,005	0,007	0,013
$S \bar{X}$ (err must)	0,003	0,003	0,005	0,002	0,009	0,015	0,027
Lim conf (sup)	0,042	0,024	0,024	0,021	0,096	0,090	0,149
Lim conf (inf)	0,036	0,019	0,014	0,016	0,077	0,060	0,095
Error relativo %	7,327	11,787	24,001	13,323	10,720	19,822	22,042

Fuente: Levantamiento de información de campo
Elaborado por: Miguel Guallpa

En la Tabla 11-4, se puede apreciar el cálculo del área basal promedio por árbol, ubica al rodal 7 como la mejor tendencia con un valor de $0,122 \pm 0,027 \text{ m}^2$ ($43,92 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$), a diferencia de los rodales 3 y 4 que presentan los menores valores con $0,0019 \pm 0,005 \text{ m}^2$ ($6,08 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$) y $0,0019 \pm 0,002 \text{ m}^2$ ($8,51 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$) respectivamente.

Comparativamente esta variable proyectada su valor a hectárea en el caso del rodal 7 con un dato de $43,92 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$ se sitúa en la espesura excesiva ($34,60\text{-}59,17 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$) a diferencia de los rodales 3 y 4 al presentar los menores valores de $6,08 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$ y $8,51 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$, valores que se encuentran dentro del rango $4,94\text{-}13,92 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$ y se ubican en un nivel de espesura clara según lo indicado por López (2008), resultados que obedecen a la menor densidad y crecimiento que presentó el rodal 3, con 320 árboles con DAP > 10 cm/ha.

Adicionalmente se distingue que la mejor área basal se relaciona por una parte por el crecimiento en DAP alcanzado de los árboles del rodal 7.

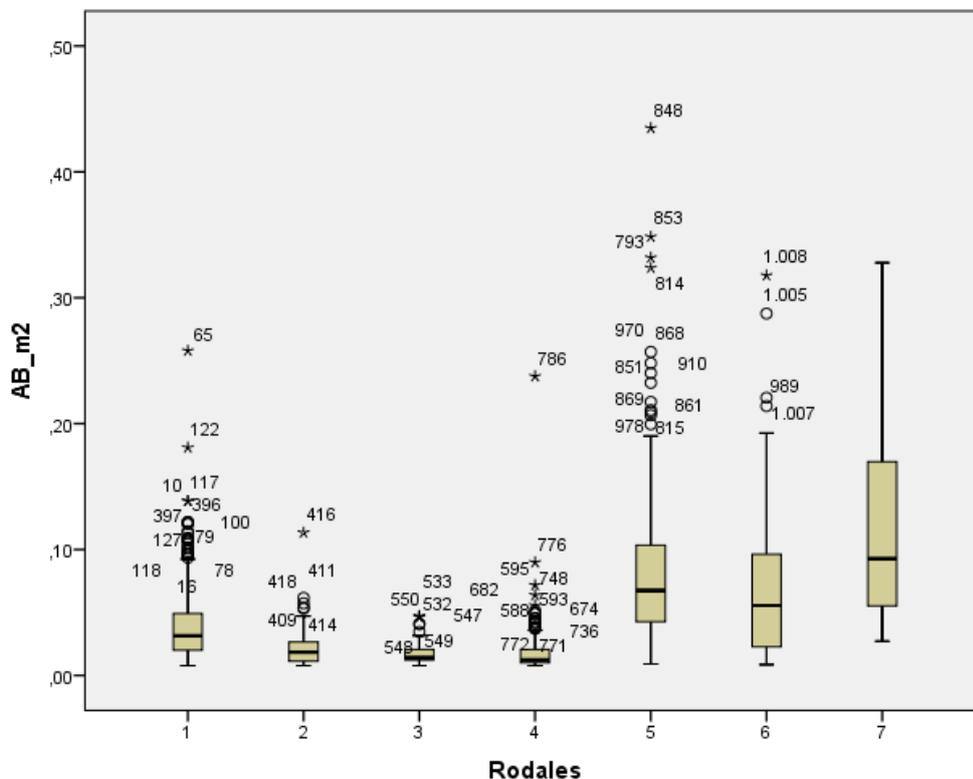


Figura 22-4. Área basal promedio /árbol en los 7 rodales muestreados
Fuente: Elaborado por: Miguel Gualpa

En la Figura 22-4, que se refiere al área basal no hay evidencias de diferencias significativas entre los rodales, pero hay una evidente diferencia de variabilidad entre los rodales 5, 6 y 7 con el resto.

El resultado del área basal promedio/ha proyectada determinado para la plantación de *Eucalyptus globulus* Labill en estudio, reportó un valor de 22,30 m² ha⁻¹, que la sitúa en la espesura defectiva con un valor que se encuentra entre el rango de 13,72-22,67 m² ha⁻¹ (López, 2008).

4.6.1.2 Volumen comercial promedio / árbol de los 7 rodales (m³)

Tabla 12-4. Estimación estadística para el volumen comercial promedio / árbol de los 7 rodales.

Rodales	Rodal 1	Rodal 2	Rodal 3	Rodal 4	Rodal 5	Rodal 6	Rodal 7
Σ	147,95	15,10	2,91	26,21	272,18	85,76	70,721
\bar{X}	0,37	0,12	0,09	0,11	1,42	1,11	1,964
S^2 (Var)	0,21	0,02	0,01	0,09	2,08	2,99	2,992
S (DesvSta)	0,46	0,14	0,10	0,29	1,44	1,73	1,730
Cv	124,63	122,59	115,07	258,44	101,80	155,19	88,047
$S \bar{X}$ (err stad)	0,02	0,01	0,02	0,02	0,10	0,20	0,288
$S \bar{X}$ (err must)	0,04	0,03	0,04	0,04	0,21	0,39	0,585
Lim conf (sup)	0,41	0,14	0,13	0,15	1,62	1,51	2,549
Lim conf (inf)	0,32	0,09	0,05	0,08	1,21	0,72	1,380
Error relativo %	12,22	21,44	41,54	33,57	14,49	35,21	27,760

Fuente: Levantamiento de información de campo

Elaborado por: Miguel Guallpa

En la Tabla 12-4, se puede apreciar que de los siete rodales evaluados, el rodal 7 presentó el mayor volumen comercial promedio / árbol con $1,96 \pm 0,585$ m³ (707,21 m³ ha⁻¹), en contraste con el rodal 3, al presentar el menor valor / árbol con $0,09 \pm 0,04$ m³ (29,15 m³ ha⁻¹).

Nuevamente se evidencia el predominio del rodal 7, al presentar el mayor volumen comercial promedio por árbol, cuyo resultado obedece debido al crecimiento de las variables DAP, altura comercial debido a las condiciones favorables de micro sitio, específicamente de altitud, profundidad efectiva del suelo, mayor acumulación de sedimentos provenientes de la parte alta de la plantación. El volumen comercial promedio de la plantación en estudio, presenta un valor de 296 m³ ha⁻¹ y con un incremento medio anual estimado de 8,46 m³ (anexo 13).

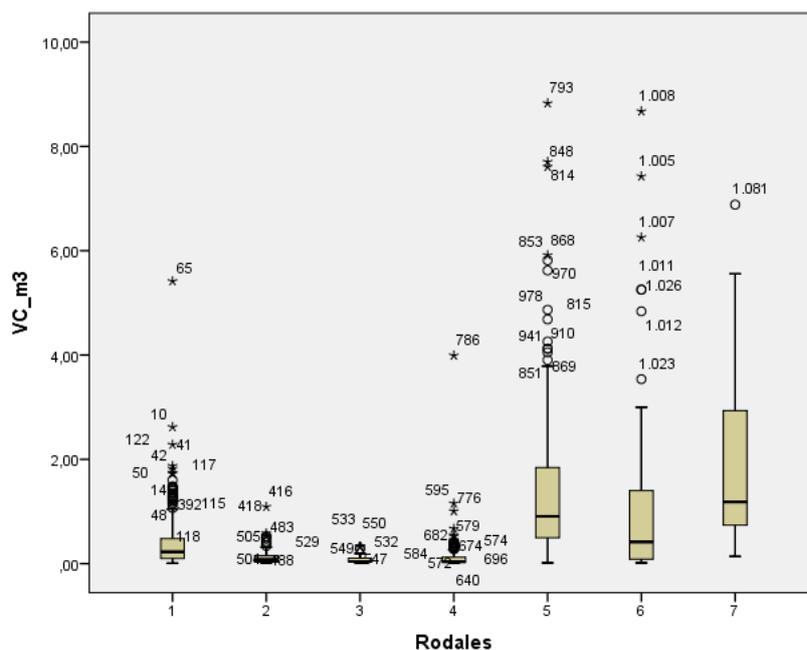


Figura 23-4. Volumen comercial promedio / árbol de los 7 rodales en estudio
Fuente: Elaborado por: Miguel Guallpa

En la Figura 23-4, se muestra una tendencia similar del volumen comercial promedio, no observándose diferencias significativas entre los volúmenes promedios / árbol, pero si se distingue en cuanto a las variabilidades, siendo los más dispersos los rodales 5, 6 y 7.

4.6.1.3 Volumen total promedio /árbol de los rodales en estudio (m^3)

Tabla 13-4. Estimación estadística para el volumen total promedio / árbol de los 7 rodales

Rodales	Rodal 1	Rodal 2	Rodal 3	Rodal 4	Rodal 5	Rodal 6	Rodal 7
Σ	271,44	37,99	8,02	52,71	413,75	138,31	83,417
\bar{X}	0,68	0,30	0,25	0,23	2,15	1,80	2,317
S^2 (Var)	0,45	0,08	0,08	0,22	3,57	5,40	3,766
S (DesvSta)	0,67	0,29	0,29	0,47	1,89	2,32	1,941
Cv	98,92	96,07	115,07	206,29	87,72	129,39	83,755
S \bar{X} (err stad)	0,03	0,03	0,05	0,03	0,14	0,26	0,323
S \bar{X} (err must)	0,07	0,05	0,10	0,06	0,27	0,53	0,656
Lim conf (sup)	0,74	0,35	0,35	0,29	2,42	2,32	2,973
Lim conf (inf)	0,61	0,25	0,15	0,17	1,89	1,27	1,661
Error relativo %	9,70	16,80	41,54	26,80	12,48	29,36	28,309

Fuente: Levantamiento de información de campo
Elaborado por: Miguel Guallpa

En la Tabla 13-4, se muestra al rodal 7 que presentó el mayor volumen total promedio/árbol con un valor de $2,31 \pm 0,656 \text{ m}^3$ ($834,12 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$), en comparación con los rodales 4 y 3, los cuales presentaron los menores valores con $0,23 \pm 0,06 \text{ m}^3$ ($105,42 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$) a $0,25 \pm 0,10 \text{ m}^3$ ($80,21 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$) respectivamente.

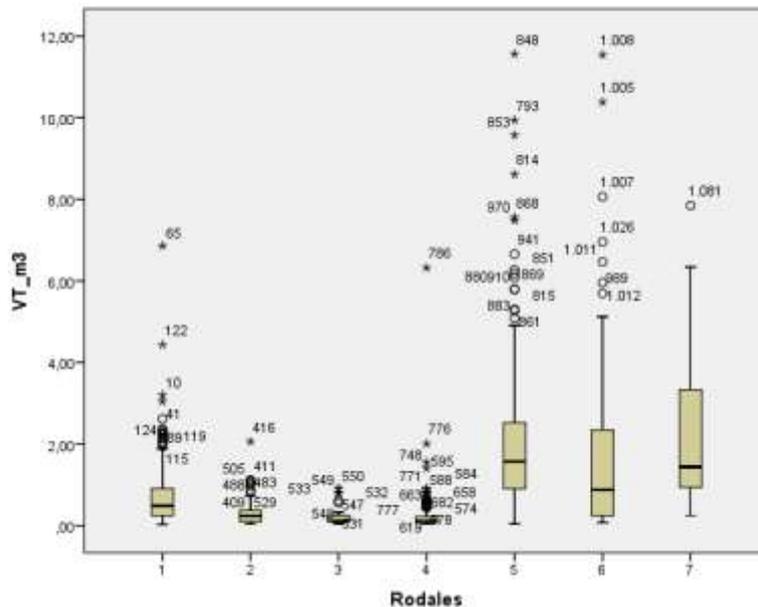


Figura24-4. Volumen total promedio /árbol en los 7 rodales de la plantación
Fuente: Elaborado por: Miguel Gualpa

En la Figura 24-4, se puede apreciar que de forma análoga para la variable volumen total promedio / árbol, sigue destacándose como la mejor tendencia el rodal 7, resultado que obedece a la influencia del crecimiento en DAP, altura total, lo cual puede explicarse ya que las condiciones del sitio (quebrada); permanece con humedad la mayor parte del tiempo, al existir una acumulación de sustancias orgánicas por efecto de arrastre o sedimentación del agua que se escurre de la parte más alta, lo cual desempeñan un papel importante en el crecimiento de los árboles.

El volumen total promedio de la plantación de eucalipto con un valor de $448,6 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ y con un incremento medio anual estimado de $12,82 \text{ m}^3 \text{ año}^{-1}$, valor que no supera a los $15 \text{ m}^3 / \text{ha/año}$ reportado por MAGAP (2015), aunque dependiendo de la calidad de sitio, se han obtenido en Ecuador crecimientos que fluctúan entre 5 a $25 \text{ m}^3 / \text{ha/año}$ (Ecuador Forestal, 2012).

La variación de volumen total promedio/ha determinada en la plantación de eucalipto en estudio y de su incremento medio anual es el resultado de la diferente capacidad sitio que se refleja en su productividad y las características de la masa arbórea. Aspecto que es corroborado por INAB (2013) quien menciona que el crecimiento y productividad de un individuo depende de sus características genéticas en interacción con el ambiente. Donde interactúan variables climáticas, fisiográficas, edáficas y la competencia (intra e ínter específica con otros árboles, con vegetación menor; efecto de animales)

4.7 Análisis de cluster

Cuyo objetivo fundamental fue crear conglomerados que internamente posean características homogéneas entre si y heterogéneas con los individuos que conformen otros conglomerados.

Tabla 14-4. Variables dasométricas para el análisis de Cluster

Rodales	DAP (m)	HC (m)	HT (m)	AB_m2	VC_m3	VT_m3	N°_Arb / ha	Ho (m)	IH (%)	D (%)
1	21,00	10,80	21,63	18,39	174,06	319,34	472,94	26,45	19,85	85,04
2	15,83	6,27	17,11	13,77	75,48	189,94	640,00	23,72	18,65	80,50
3	14,88	5,30	14,66	6,08	29,15	80,21	320,00	21,21	26,55	41,50
4	14,47	5,87	13,88	8,51	52,43	105,42	460,00	19,17	39,13	61,35
5	31,33	20,40	32,66	36,89	604,85	919,44	426,67	35,85	15,38	112,97
6	28,23	13,64	25,74	28,77	428,79	691,56	385,00	33,55	17,22	111,79
7	37,52	20,50	24,46	43,96	707,21	834,17	360,00	29,27	18,03	179,72

DAP = Diámetro a la altura del pecho; HC = Altura comercial; HT = Altura total; AB = Área basal; VC = Volumen comercial; VT = Volumen total; N° de árboles/hectárea; Ho = Altura mayor promedio; IH = Índice de Hart; D (%) = Área basal en %

Fuente: Levantamiento de información de campo

Elaborado por: Miguel Gualpa

En la Tabla 14-4, se destaca al rodal 2 con la mayor densidad de árboles con 640 árboles / ha en contraste con el rodal 3 que presentó una densidad de 320 árboles / ha, aunque se ubican en condiciones semejantes de altitud y pendiente, ya que según Acosta (2008), indica que la densidad produce un efecto directo sobre la productividad del sitio. Al aumentar la densidad se aumenta igualmente la producción, hasta un cierto límite (antes de la competencia intraespecífica). Por ello es importante considerar el raleo, como una redistribución de recursos en un número reducido de individuos seleccionados bajo un cierto criterio.

En lo referente a la altura mayor promedio, predomina el rodal 5 al presentar el mayor valor con 35,85 m, a diferencia del rodal 4 que presentó el menor valor con 19,17 m.

El índice de Hart de 15,38 % calculado, representa el porcentaje máximo, muestra que al rodal 5 es muy cerrado y por lo tanto, existe gran competencia en el crecimiento de los árboles, haciéndose indispensable realizar un manejo.

Comparativamente el rodal 4 muestra un porcentaje mínimo con 39,13 %, señal que indica que el rodal es abierto y por lo tanto no existe suficiente competencia en el crecimiento entre árboles y no es necesario ejecutar un raleo. Pues se puede evidenciar que ciertos factores del sitio pueden estar limitando el crecimiento de los árboles.

Al analizar la variable densidad en función del área basal en porcentaje de la altura (D %), se resalta a los rodales 5, 6 y 7 con valores de: 112,97 %, 111,79 % y 179,72 % respectivamente, cuyos valores son superiores a 90 %, parámetro que sugiere aplicar raleo a los rodales en mención, a diferencia de los rodales 1 y 2 con 85,04 % y 80,50 % se ubican entre el rango de 60 a 90 % de un nivel adecuado no requiriendo raleo si se considera solamente el análisis de esta variable y se aplica la escala para la toma de decisiones propuesto por (Educación-socio ambiental, 2008).

Todas las variables así determinadas son el reflejo de la interacción entre el conjunto de factores, clima (precipitación, temperatura, humedad relativa), altitud, exposición y suelo, que constituyen el sitio o medio normal de vida de una determinada especie arbórea capaz de vivir en espesura.

Con base en las variables dasométricas; volumen total, número de árboles/ha y el área basal en % de los 7 rodales seleccionados, y utilizando el análisis de conglomerados con el agrupamiento de Ward y distancia Euclídea como la medida de distancia, se construyó un dendrograma que muestra la asociación entre rodales en dos grupos claramente identificados, el primero conformado por los rodales 1, 2, 3 y 4 y el segundo por los rodales 5, 6 y 7 (Figura 25-4).

4.7.1 *Análisis de la varianza multivariado*

Tabla 15-4. Análisis de la varianza (Roy)

FV.	Estadístico	F	gl (num)	gl (den)	P
Conglomerados	15,08	15,08	3	3	0,0258

El MANOVA basado en las variables de cada grupo y la prueba de Roy, mostraron diferencias significativas ($p < 0,0258$, Tabla 15-4). Este resultado nos permite, en un principio, valorar dos estrategias de manejo forestal con base a los estudios dasométricos, una para cada conglomerado.

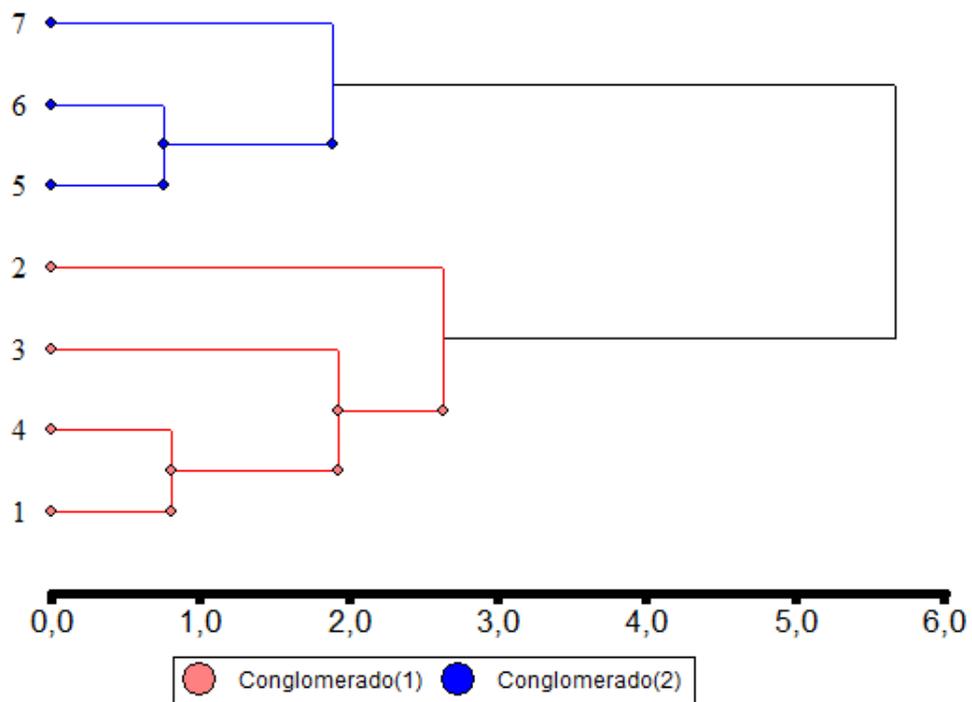


Figura 25-4. Dendrograma resultante del análisis de conglomerados (método de ward, distancia Euclídea) para los 7 rodales en estudio.

Fuente: Elaborado por: Miguel Guallpa

4.8 Calificación de la calidad de los árboles entre los rodales de la plantación en estudio

Tabla 16-4. Frecuencia de calidad de árboles para la especie eucalipto entre los rodales en estudio.

RODALES	Nº árboles con DAP >10 cm	Calidad 1	% calidad 1	Calidad 2	% calidad 2	Calidad 3	% calidad 3
1	472,94	193	40,73	138	29,22	142	30,05
2	640,00	412	64,37	136	21,28	92	14,35
3	320,00	100	31,37	40	12,55	179	56,08
4	460,00	93	20,16	120	26,01	248	53,83
5	426,67	95	22,37	116	27,16	215	50,46
6	385,00	116	32,16	77	21,47	167	46,37
7	360,00	174	48,45	156	43,34	30	8,20

Fuente: Levantamiento de información de campo

Elaborado por: Miguel Gualpa

En la tabla 16-4, se puede apreciar que el rodal 2 presentó 412 árboles de calidad 1 (64,37 %), disminuyendo hasta 93 árboles (20,16 %) en el rodal 4. En el rodal 7 presentó la mayor cantidad de árboles de calidad 2, con 156 árboles (43,34 %), en contraste con el menor valor, que presentó el rodal 3 con 40 árboles (12,55 %). Como árboles de calidad 3, se estimó 248 árboles (53,83 %) en el rodal 4 disminuyendo hasta 30 árboles de calidad 3 con el 8,20 % que corresponde al rodal 7.

En este sentido, se asume que la calidad de los árboles, refleja por una parte la calidad de planta utilizada durante el establecimiento de la plantación y por otra concuerda con el criterio del INAB (2008) quien sostiene que la calidad de los árboles es el efecto de los factores edafoclimáticos y de manejo, lo cual provoca la formación de diferentes tipos de fustes. En ciertos casos también es afectada la calidad de la madera tanto en su interior como en la calidad de su forma; por lo indicado es necesaria la aplicación de medidas silviculturales mediante la extracción de árboles con características no deseadas y así mejorar las características de los árboles a mediano y largo plazo.

4.9 Plan de aprovechamiento y manejo sostenible de la plantación

Una vez definidas las características y limitantes de los rodales en estudio, se procedió a esquematizar las acciones a proponer en el plan de aprovechamiento y manejo de los mismos que se muestra a continuación.

Tabla 17-4 Esquema general de manejo de los rodales en el bosque plantado de eucalipto de la Estación Tunshi, ESPOCH, 2015

Rodales	Actividad	Especificación
1	Raleo , forestación y reforestación	Aplicar un raleo sistemático en fajas, monitoreo (0-4), fertilización y manejo de rebrotes luego del raleo
2	Protección y conservación	Monitoreo (2-4 años)
3	Protección y conservación	Monitoreo (2-4 años)
4	Protección, conservación, forestación y reforestación	Las acciones de forestación y reforestación incluye fertilización, monitoreo (0-4 años)
5	Aprovechamiento del volumen de madera en pie , forestación y manejo de rebrotes	Raleo mediante el sistema de tala rasa, y ejecutar un manejo gradual de rebrotes
6	Aprovechamiento del volumen de madera en pie, forestación y manejo de rebrotes	Raleo mediante el sistema de tala rasa, forestar luego del aprovechamiento y ejecutar un manejo gradual de rebrotes(que incluya fertilización)
7	Aprovechamiento del volumen de madera en pie y manejo de rebrotes	Raleo mediante el sistema de tala rasa y ejecutar un manejo gradual de rebrotes (que incluya fertilización)

Fuente: Levantamiento de información de campo

Elaborado por: Miguel Gualpa

En los rodales determinados de la plantación de eucalipto, se dispone de rebrotes como resultado de la intervención antropogénica y en los tocones que se formaran si se aplica la propuesta de manejo, en los rodales de características productivas se deberá realizar labores de raleo y un manejo de rebrotes paulatino.

4.9.1 *Alternativas de aprovechamiento y manejo de los rodales*

En el presente estudio se han planteado tres alternativas y sus acciones que se deben aplicar a cada uno de los rodales de la plantación en estudio que se indica a continuación en la tabla 18-4.

Tabla 18-4. Distribución de superficie de manejo según alternativas de aprovechamiento y manejo.

Rodales	Superficie de manejo o aprovechamiento (ha)	Forestación (ha)	Reforestación (ha)	Acciones
1	12	-	0,33	Manejo mediante el raleo sistemático o en fajas con una intensidad del raleo entre 27-30%
2	3,22	-	-	Proteger y conservar
3	2,03	-	-	Proteger y conservar
4	7,55	0,86	*	Proteger, conservar, forestar y reforestar
5	2,14		*	Aprovechamiento mediante el sistema de tala rasa, forestación de las áreas sin vegetación del rodal 6, reforestación del rodal 5 y posterior manejo de rebrotes
6	3,72	0,26	-	
7	1,93	-	-	

* Sitios específicos del rodal 4 y 5 para reforestar.

Fuente: Levantamiento de información de campo

Elaborado por: Miguel Guallpa

Se propone aplicar por una parte un raleo sistemático en función del índice de Hart calculado para las áreas específicas del rodal 1 dando un superficie total de 12 has. Asimismo se pretende que los árboles sobrantes, luego del raleo optimicen de mejor manera su espacio de crecimiento en cada rodal con la finalidad de favorecer el crecimiento de los mismos.

Con respecto a los rodales 2, 3 y 4, debido a su ubicación y crecimiento reflejado en suelos susceptibles a procesos de erosión. Con el propósito de mitigar ciertas condiciones adversas de los micro sitios, se propone que los rodales en mención sigan desempeñando funciones

protectoras del suelo, la estabilización de las pendientes de los terrenos, la generación de microclima para las en la parte baja del bosque y sirvan como un ambiente de aprendizaje para la realización de prácticas de carácter forestal, agroforestal a nivel de campo.

Por lo indicado; es importante dejar como están y que los factores del sitio hagan lo suyo hasta un próximo monitoreo (entre 2-4 años) lo que permitirá inferir sobre la respuesta de los árboles en estado fustal para una toma de decisión a futuro.

En el caso de los rodales 5, 6 y 7, se propone realizar el aprovechamiento del volumen de madera en pie, en base al análisis de productividad y frente al manejo inadecuado identificado como resultado de las intervenciones antrópicas, su ciclo de crecimiento y productividad los rodales y con la finalidad de evitar la pérdida de árboles por efecto de vuelco natural por presentar un sistema radicular superficial.

Por lo expuesto es importante aplicar el aprovechamiento y manejo de los rodales en mención, alternativa que coincide con lo sostenido por el INAB (2013) quien sugiere la aplicación de raleo en la fase adulta de un bosque plantado.

También se propone reforestar las sub áreas específicas de los rodales 1, 4 y forestar las áreas sin vegetación detectadas en los rodales 1, 4 y 6 para tal efecto se empleara la cantidad de planta que se muestra en la tabla 19-4.

Tabla 19-4. Resumen, aprovechamiento, manejo, forestación y reforestación según el requerimiento por rodal

Rodales	Intensidad de raleo %	Vuelo a eliminar/rodal	Cantidad de planta para forestación	Cantidad de planta para reforestación
Rodal 1	27-30%	1838,45		320
Áreas sin vegetación del rodal 1			384	
Rodal 4				860
Área sin vegetación del rodal 4			850	
Rodal 5	100 %	913,07		260
Rodal 6	100 %	1432,20		
Áreas sin vegetación del rodal 6			350	
Rodal 7	100 %	694,8		
Total		4878,52	1584	1440

Fuente: Levantamiento de información de campo
Elaborado por: Miguel Gualpa

4.9.2 *Volumen comercial estimado para aprovechamiento*

Tabla 20-4. Resumen volumen comercial estimado de los rodales seleccionados para el aprovechamiento forestal

Rodales	Rodal 1	Rodal 5	Rodal 6	Rodal 7	Total	Productos a obtener
Frecuencia calidad 1	748,80	204,49	446,40	328,10	1727,79	Madera aserrada
Volumen calidad 1 (m ³)	317,37	466,59	853,24	587,06	2224,26	
Frecuencia calidad 2	537,19	266,31	297,60	308,80	1409,91	Madera aserrada, vigas redondas, postes, pingos o leña
Volumen calidad 2 (m ³)	181,19	313,39	322,57	724,84	1541,99	
Frecuencia calidad 3	552,45	442,27	688,20	57,90	1740,82	Pingos y leña
Volumen calidad 3 (m ³)	175,99	514,40	419,29	53,02	1162,71	
Total frecuencia	1838,45	913,07	1432,20	694,80	4878,51	
Total volumen	674,56	1294,38	1595,10	1364,92	4928,96	

Fuente: Levantamiento de información de campo

Elaborado por: Miguel Gualpa

En la Tabla 20-4 del total de rodales en estudio, el número total de árboles estimado para aprovechar corresponde a los rodales 1, 5, 6 y 7. Se obtendrá 1727,79 árboles de calidad 1, 1409,91 árboles de calidad 2 y 1740,82 de calidad 3, resultando un total de **4878,51 árboles**.

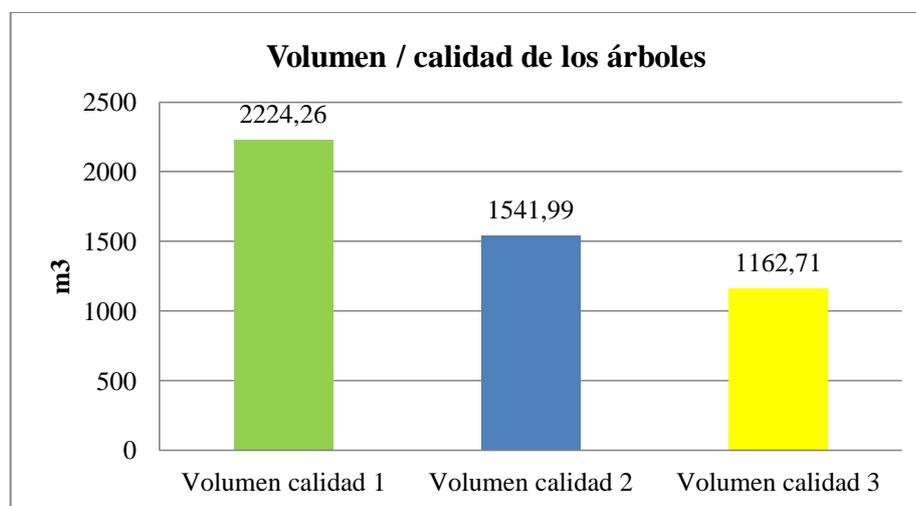


Figura 26-4. Resumen volumen comercial de madera por calidad de árboles

Fuente: Elaborado por: Miguel Gualpa

En la Figura 26-4 del total de rodales en estudio, el volumen total estimado para el aprovechamiento corresponde a los rodales 1, 5, 6 y 7. Se obtendrá 2224,26 m³ de calidad 1, 1541,99 m³ de calidad 2 y 1162,71 m³ de calidad 3, resultando un total de **4928,96 m³**.

4.9.2.1 *Métodos de raleo*

El método de raleo a utilizar para el rodal 1, es el raleo sistemático en donde se eliminarán cada 30 m dos filas o hileras, los árboles eliminados serán para madera aserrada, pingos u otros usos.

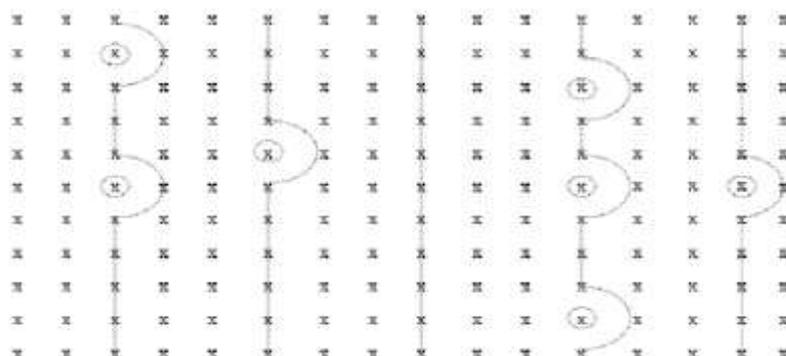


Figura 27-4. Método de raleo sistemático por fajas o hileras

En los rodales 5, 6 y 7 se realizarán un aprovechamiento a tala rasa y el producto será destinado para madera de aserrío, pingos, combustibles u otros usos.

4.9.2.2 *Manejo de rebrotes*

El manejo de rebrotes será en base al objetivo de la plantación: opción 1, si es para madera de aserrío o laminada se dejaría entre 1-2 rebrotes por / tocón después de dos años en adelante, opción 2, madera aserrada y postes se podría dejar entre 1-3 rebrotes/tocón y opción 3, para la protección del sitio o combustible se podría dejar un número mayor a tres rebrotes.

Tabla 21-4. Esquema de manejo de rebrotes en función del objetivo de cada rodal

Objetivo de la plantación	Edad de la intervención (años)	No rebrotes/tocón	Actividades de manejo
Madera de aserrío o laminada	2	1-2	Limpieza en corona y fertilización
Madera de aserrío y posteria	2	1-3	Limpieza en corona y fertilización
Protección, combustibles u otros.	2	>3	

Fuente: Levantamiento de información de campo
Elaborado por: Miguel Guallpa

4.10 Comprobación de la hipótesis

4.10.1 *Hipótesis nula*

El rendimiento de volumen de madera del *Eucalyptus globulus* Labill no tiene relación con las características fisiográficas, climáticas, edáficas y las prácticas de manejo de la plantación en la hacienda Tunshi.

4.10.2 *Hipótesis alternante*

El rendimiento de volumen de madera del *Eucalyptus globulus* Labill tiene relación con al menos una de las características fisiográficas, climáticas, edáficas y las prácticas de manejo de la plantación en la hacienda Tunshi

4.10.3 *Relaciones significativas*

En el análisis de correlación se detectaron algunas relaciones entre los parámetros fisiográficos, edáficos y el volumen comercial de eucalipto de los siete rodales. Sin embargo, solo tres de ellas resultaron ser significativas.

Tabla 22-4. Prueba de correlación

Resultados	Altitud	NH ₄ _0-20 cm	Boro_30-100 cm
Coefficiente de correlación	0,8257	0,787	0,8442
Coefficiente de determinación R ²	0,6819	0,6194	0,7126
Observaciones	7	7	7
Grados de libertad	5	5	5
Significancia al 5 %	0,754	0,754	0,754

Elaborado por: Miguel Gualpa

- Relación volumen comercial – altitud

La Figura 28-4 muestra una correlación negativa y significativa entre el volumen comercial y la altitud del sitio cuyo resultado es de 0,83, valor significativo al nivel del 95% de probabilidad estadística; por lo tanto se concluye que un coeficiente de correlación del orden del 83%

demuestra un alto grado de asociación entre las variables volumen comercial y la altitud en la productividad del *Eucalyptus globulus* Labill.

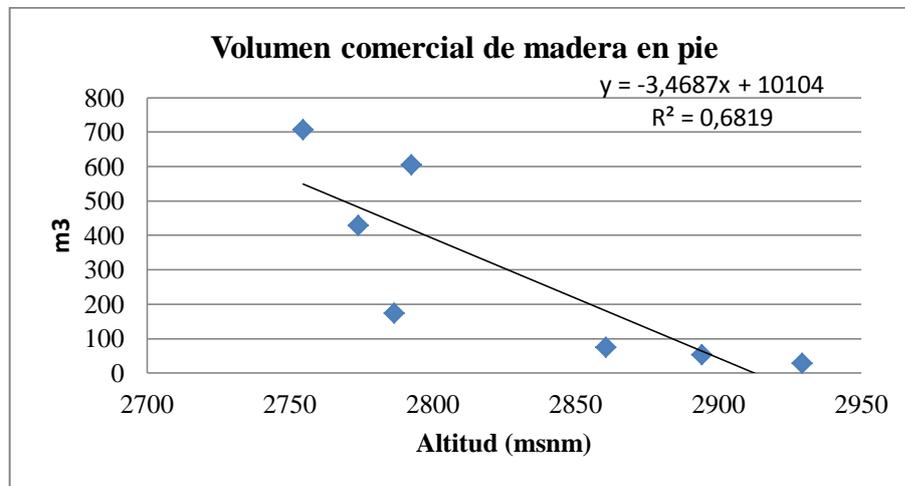


Figura 28-4. Relación volumen comercial – altitud

Fuente: Elaborado por: Miguel Guallpa

- Relación volumen comercial – nitrógeno a nivel superficial

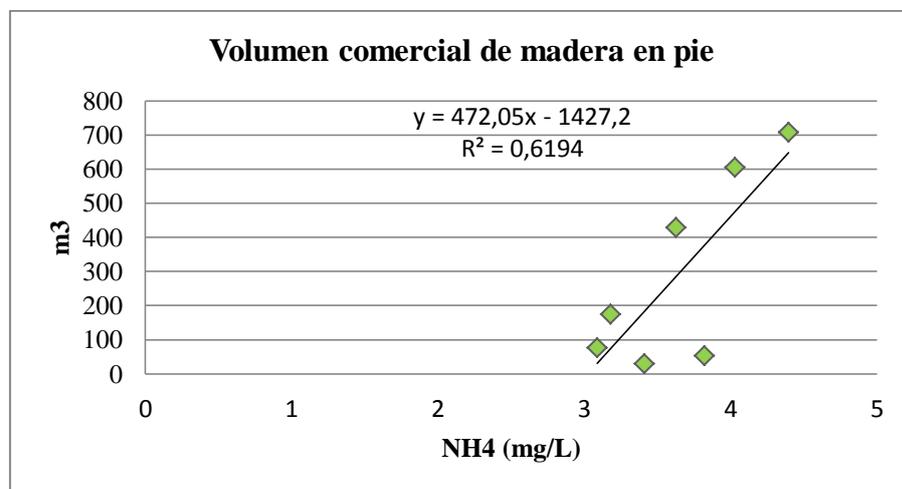


Figura 29-4. Relación volumen comercial – nitrógeno

Fuente: Elaborado por: Miguel Guallpa

La Figura 29-4 indica que existe evidencia estadística que señala una relación importante entre éstas dos variables con 0,79, valor significativo al nivel del 95% de probabilidad estadística; este coeficiente de correlación del orden del 79 % demuestra un alto grado de asociación entre las variables volumen comercial y el nitrógeno a nivel superficial en la productividad del *Eucalyptus globulus* Labill.

- Relación volumen comercial – boro a nivel profundo

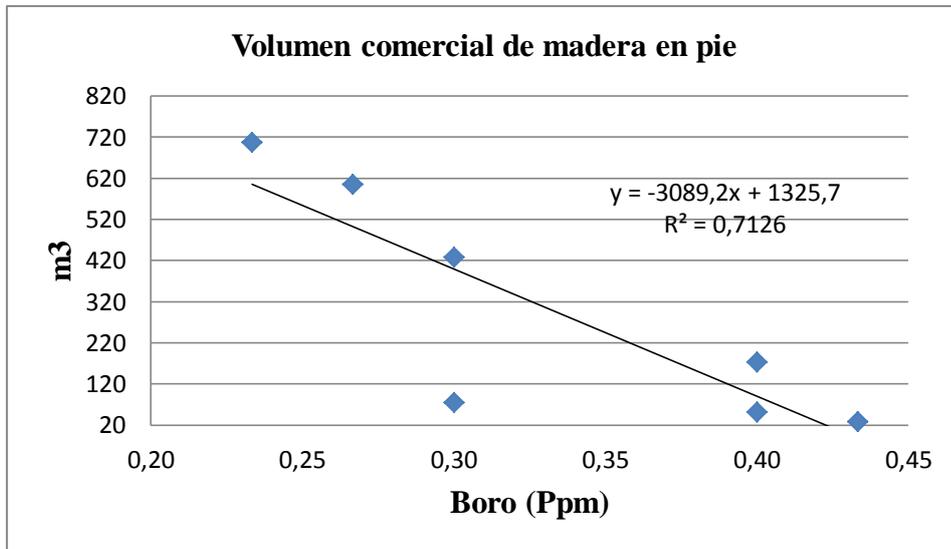


Figura 30-4. Relación volumen comercial – contenido de boro a nivel subyacente
Fuente: Elaborado por: Miguel Guallpa

La Figura 30-4 muestra una correlación negativa y significativa entre el volumen comercial y el contenido de boro a una profundidad entre 30 -100 cm en los suelos del sitio, donde se obtuvo un valor 0,84 que resulto significativo al nivel del 95% de probabilidad estadística; este coeficiente de correlación del orden del 84 % demuestra un alto grado de asociación entre las variables volumen comercial y el contenido de boro a nivel profundo en la productividad del *Eucalyptus globulus* Labill.

CONCLUSIONES

- Los factores altitud y profundidad efectiva del suelo son factores determinantes en el crecimiento y productividad de los árboles, teniendo un incremento medio anual de $23,83 \text{ m}^3/\text{ha/año}$ a 2755 msnm y apenas el $2,29 \text{ m}^3/\text{ha/año}$ a una altitud de 2930 msnm.
- De la plantación en estudio, el rodal 7, es el que presentó mejores características crecimiento y productividad de los árboles por estar a una menor altitud, poseer un drenaje moderado y tener una mayor profundidad efectiva del suelo al encontrarse en la parte baja de la plantación.
- La deficiencia de boro ha hecho que exista en la plantación árboles con deformación de los tallos.

RECOMENDACIONES

- Aplicar el plan de manejo elaborado en este estudio con el fin de conservar y mejorar ciertas propiedades edáficas de los suelos en el predio al contribuir a la estabilización de taludes, generación de un microclima para el desarrollo de cultivos agrícolas en la parte baja de la zona, actividad que debe realizarse permanentemente de acuerdo a los requerimientos de la plantación.
- Implementar plantaciones de protección en aquellas áreas que están desprovistas de vegetación, debido al alto grado de erosión existente en el área utilizando las especies forestales: *Schinus molle* L, *Acacia melanoxylon*, *Casuarina equisetifolia*, y especies nativas que se adapten a la zona.
- Realizar una fertilización complementaria en base a nitrógeno, boro en dosis fraccionadas, una vez que se produzca el crecimiento y manejo inicial de los rebrotes del eucalipto.
- Elaborar un plan de monitoreo, prevención, control y mitigación de incendios que incluya obras de conservación de suelos, apertura de fajas corta fuegos para la plantación de *Eucalyptus globulus* Labill en la hacienda Tunshi a fin de contribuir al manejo sostenible de la misma.

BIBLIOGRAFÍA

1. **ACOSTA, C.** (2008). *Evaluación de una fertilización en Eucalyptus globulus Labill aplicada en la etapa de máxima acumulación nutritiva. (Trabajo de pregrado. Ingeniero Forestal)*. Valdivia, Chile: Universidad Austral de Chile.
2. **AGUIRRE, Z., & AGUIRRE, C.** (2010). Las plantas vasculares como indicadores de la calidad y problemas de los ecosistemas. *Ecología Forestal, I* (1), 150.
3. **APARICIO, J., & LÓPEZ, J.** (1998). Respuesta de *Pinus taeda* a la fertilización con fosfato diamónico y al agregado de una cubierta de aserrín a los 36 meses de crecimiento. (pág. 12). Bella Vista: INTA.
4. **ARCOS, F.** (2008). *Estudio de la Agroquímica del Suelo*. Riobamba, Ecuador: ESPOCH.
5. **ARMIJOS, E. A., & ARMIJOS, A. E.** (2009). *Guía para la Elaboración y Evaluación de Proyectos de Investigación*. Quito, Ecuador.
6. **AUGUST, C.** (2001). Net primary production and nutrient adsorption of fast growing *Gmelina arborea* Roxb. (yemane) at tropical plantation forest. *in: Indonensian Journal of Agricultural Sciences*, 1: 46-52.
7. **BERTSCH, H. F.** (1986). *Manual para interpretar la fertilidad de los suelos*. San José: Universidad de Costa Rica.
8. **BINKLEY, D.** (1993). *Nutrición Forestal. Prácticas de Manejo*. México D.C, México: Limusa y Grupo Noriega.
9. **BUCKMAN, H., & BRADY, N.** (1993). *Naturaleza y propiedades de los*

suelos. México D.F.: Hispano América.

10. **BUOL, HOLE, & CRACKEN.** (1989). *Génesis y clasificación de suelos*. México: Trillas.
11. **CAILLEZ, F.** (1980). *Estimación del volumen forestal y predicción del rendimiento con carencia especial a los trópicos*. Roma, Italia: FAO.
12. **CAMPBELL, P., COMISKEY, A., ALONSO, F., DALLMEIER, P., NUÑEZ, H., BELTRAN, S., & OTROS.** (2002). Modified Whittaker plots as an assesment and monitoring tool for vegetation in a lowland tropical rainforst. *Environmental Monitoring and Assesment* 76.
13. **CANNON, P.** (1990). *Patología Forestal en el Ecuador*. Quito.
14. **CASANOVA, M.** (2010). *Sistemamid.com*, Estudios de Suelos. Universidad de Chile. Recuperado el 06 de 2015, de http://sistemamid.com/panel/uploads/biblioteca/2014-06-03_08-37-41104056.pdf
15. **CASANOVA, M., VERA, W., LUZIO, W., & SALAZAR, O.** (2004). *Edafología*. Universidad de Chile.
16. **CASAUBON, F., GURINI, L., & CUETO, G.** (2000). Relaciones entre características estacionales y la productividad en una plantación de Salís nigra 4 en el delta Bonaerense del Río Paraná (Argentina) . *in: Investigación Agraria: sistemas y recursos forestales*, 29 (2).
17. **CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y TRANSFERENCIA EN RIEGO Y AGROCLIMATOLOGÍA-CITRA.** (sf). *Citrautalca.cl*, Calicatas. Recuperado el Agosto de 2015, de <http://www.citrautalca.cl>

18. **CORPORACIÓN DE ESTUDIOS Y PUBLICACIONES.** (2013).
Legislación Forestal. Quito,
Ecuador: Talleres de la Corporación de Estudios y Publicaciones.
19. **CSUROS, M., & CSUROS, C.** (2002). *Environmental sampling and analysis for metals*. Boca Raton: Lewis Publisher.
20. **DANIELE, T., HELMS, J., & BAKER, F.** (1982). *Principles of Silviculture*.
(Trad. Ramón Elizondo Mata). México: McGraw-Hill.
21. **DI RIENZO, J. A., CASANOVES, F., BALZARINI, M. G., GONZALEZ, L., TABLADA, M., & ROBLEDO, C. W.** (2013). *InfoStat*, 2013.
(Grupo InfoStat) Recuperado el 2014, de <http://infostat.com.ar>
22. **ECUADOR FORESTAL.** (2012). *Ecuadorforestal.org*, Ficha técnica eucalipto. Recuperado el Abril de 2014, de <http://ecuadorforestal.org/download/contenido/eucalipto.pdf>
23. **ECUADOR FORESTAL.** (Julio de 2013). *Organización Ecuador Forestal*, Ficha técnica eucalipto. Recuperado el 15 de Marzo de 2014, de <http://ecuadorforestal.org/fichas-tecnicas-de-especies-forestales/ficha-tecnica-no-15-eucalyptus-globulus-labill/>
24. **EDUCACIÓN-SOCIO AMBIENTAL.** (2008). *Educación-socio ambiental*. Recuperado el 7 de Julio de 2014, de <http://educacion-socioambiental.blogspot.com/2008/05/metodos-de-raleo-en-plantaciones.html>
25. **FONDO NACIONAL DEL AMBIENTE. FONAM.** (2007). Guía práctica para la instalación y manejo de plantaciones forestales. Lima, Perú.

26. **GAYOSO, J., & ALARCÓN, D.** (1999). *Instituto Forestal*. Guía de conservación de suelos forestales. Recuperado el 15 de Febrero de 2014, de <http://uach.cl/proforma/guias/gcsuelo.pdf>
27. **GERDING, V., & GREZ, R.** (1996). Diagnóstico de deficiencias nutritivas en plantaciones forestales; Orientado a la aplicación de fertilizantes. Curso de Fertilización Forestal. 22. Valdivia, Chile: Universidad Austral de Chile.
28. **GONZÁLEZ, M.** (2011). *Silvicultura Conceptos y Aplicaciones*. Nuevo León: Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma de Nuevo León.
29. **GRUPO EMPRESARIAL ENCE, S.A.** (2009). *La Gestión Forestal Sostenible y el Eucalipto*. España: ENCE.
30. **GUALPA, M.** (2014). *Inventario de la masa forestal del predio Tunshi de la ESPOCH*. Informe Técnico. Riobamba.
31. **HERNÁNDEZ, J.** (2014). *Curso Regional de Regulación, Manejo y Salud Forestal*. Chihuahua.
32. **INSTITUTO DE LA POTASA Y EL FÓSFORO. INPOFOS.** (1997). *Manual Internacional de la Fertilidad del Suelo*. Quito.
33. **INSTITUTO FORESTAL. INFOR.** (2002). Manejo y Mantenimiento de Plantaciones Forestales, *Pinus radiata*, *Eucalyptus* sp. (23), 51. Santiago, Chile.
34. **INSTITUTO NACIONAL DE BOSQUES. INAB.** (2008). *Propuesta de procedimientos para el establecimiento y seguimiento de parcelas permanentes de medición forestal en plantaciones beneficiarias del PINFOR*. Guatemala: INAB.

35. **INSTITUTO NACIONAL DE BOSQUES. INAB.** (2013). *Crecimiento y Productividad de Plantaciones Forestales de Teca en Guatemala*. Guatemala: INAB.
36. **INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS. INIAP.** (2014). *Resultados de Análisis de Suelos de las localidades Tunshi, El Batán y San Juan. Provincia de Chimborazo*. Quito.
37. **KAPLÁN, A., LABELLA, S., RUCKS, L., & DURÁN, A.** (2011). *Cebra.com.uy*, Guía para la descripción e interpretación del perfil de suelo. Recuperado el 06 de 015, de <http://www.cebra.com.uy/renare/media/Gu%C3%ADa-para-la-descripci%C3%B3n-e-intrepretaci%C3%B3n-del-perfil-del-suelo.pdf>
38. **LEÓN, R.** (2007). *Madrimasd.org*, Profundidad efectiva y capacidad de uso del suelo. Recuperado el Febrero de 2014, de <http://www.madrimasd.org/blogs/universo/2007/03/14/61286>
39. **LEÓN, S., SUÁREZ, C., & CASTAÑEDA, T.** (1996). *Efectos sobre el suelo de plantaciones comerciales de Pinus patula y Eucalyptus grandis en crecimiento, Informe preliminar del componente Suelo y Aguas del Proyecto de evaluación del Impacto Ambiental de las Plantaciones Forestales en Colombia*. Santafé de Bogotá: CONIF.
40. **LIMA, W. P.** (1996). *Impacto ambiental del Eucalipto*. Sao Paulo: Universidad de Sao Paulo.
41. **LINDENMAYER, D. B., & CUNNINGHAM, R. B.** (2000). Cavity sizes and types in Australian eucalyptus from wet and dry forest types: A simple of rule of thumb for estimating size and number of cavities. *Forest Ecology and Management*. 137 (1-3): 139-150.

42. **LÓPEZ, C.** (2008). *Dasometría*. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid.
43. **LOZANO, Z.** (Febrero de 2014). *Muestreo de Suelos con Fines de Evaluación de su Calidad*. Riobamba.
44. **LUGO, A.** (1986). Suelos, interpretación físico-química. Recuperado el 20 de Febrero de 2014, de webdelprofesor.ula.v:
http://webdelprofesor.ula.v/ingeniería/marquezronald/wp-content/uploads/An_3411isis-Laboratorio.pdf.
45. **MADEIRA, M., AZEVEDO, A., & SOARES, P.** (1998). Effects of site preparation on Soil properties and growth in an Eucalyptus globulus plantation. Actes du XVIème congres mondial des Sciences du Sol (20-26 Aout 1998) A.F.E.S. eds contribution 1890-Poster.
46. **MEJÍA, J., & MOSCOSO, L.** (2010). *Efecto de las Plantaciones de Eucalipto (Eucalyptus globulus) y Pino (Pinus patula) en la Recuperación del Suelo y en la Regeneración Natural de la Cuenca Media del Río Paute. (Tesis de pregrado. Biólogo)*. Cuenca, Ecuador: Universidad del Azuay.
47. **MENÉNDEZ, J.** (2006). Primer Inventario Nacional de Bosques Nativos. Segunda etapa. Recuperado el Marzo de 2015, de www.ambiente.gov.ar
48. **MINISTERIO DE AGRICULTURA, GANADERÍA, ACUACULTURA Y PESCA. MAGAP.** (2015). *Balcon.magap.gob.ec*. Preguntas Frecuentes del Sector Forestal. Recuperado el Octubre de 2015, de <http://balcon.magap.gob.ec/mag01/magapaldia/WEB%20FORESTAL/Preguntass%20frecuentes%20oct%202015/Preguntas%20Frecuentes%20del%20Sector%20Forestal%207>
49. **MINISTERIO DE AGRICULTURA, GANADERÍA, ACUACULTURA Y PESCA. MAGAP.** (2015). Programa de Incentivos para la Reforestación

con Fines Comerciales. Guayaquil, Ecuador: MAGAP.

50. **MINISTERIO DEL AMBIENTE DEL ECUADOR. MAE.** (2010).
Aprovechamiento de los Recursos Forestales 2007-2009. Quito, Ecuador:
MAE.
51. **MINISTERIO DEL AMBIENTE DEL ECUADOR. MAE**
/ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA
AGRICULTURA Y ALIMENTACIÓN.FAO., U. T. (2012). Proyecto
Evaluación Nacional Forestal-EFN,. Quito, Ecuador.
52. **MONTIEL, A. M., & BLANCO, R.** (2001). Métodos de optimización de
muestreo en los estudios de las propiedades físicas del suelo. En
Edafología. Sociedad Española de la Ciencia del Suelo. 8, 41- 49
53. **MURILLO, Y.** (2008). Determinación de aclareo en plantaciones de cedro
(*Cedrela odorata* L.) en el Estado de Tabasco. (Tesis Maestría. Maestra
en Ciencias). Tabasco: Colegio de Postgraduados. Institución de
Enseñanza e Investigación en Ciencia Agrícola. Campus Tabasco.
Producción Agroalimentaria en el Trópico.
54. **MUSÁLEM, M.** (2006). *Silvicultura de Plantaciones Forestales Comerciales.*
Chapingo, México: Universidad Autónoma Chapingo.
55. **NÁJERA, J. A., & HERNÁNDEZ, H. E.** (2008). Relaciones morfométricas
de un bosque coetáneo de la región del Salto, Durango. *Ra Ximhai* (4
(1)), 69-81.
56. **NALVARTE, W.** (2004). *Silvicultura en la Amazonía Peruana. Diagnóstico de*
experiencias en la región de Ucayali y la provincia de Puerto Inca.
CIFOR, IRENA, INIA, UN. Puculpalla, Perú.

57. **NAVARRO, S.** (2003). *Química Agrícola. El suelo y los elementos químicos esenciales para la vida vegetal.* Madrid: Mundi Prensa.
58. **OÑATE, M.** (2012). *Fundamentos de Geología y Edafología.* Riobamba, Ecuador: ESPOCH.
59. **ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y ALIMENTACIÓN. FAO, P. P.** (2006). *Manual de Campo. Plagas y enfermedades de eucaliptos y pinos en el Uruguay.* Montevideo: FAO.
60. **ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y ALIMENTACIÓN.FAO.** (2009). *Guía para la descripción de suelos.* Roma: FAO.
61. **ORGANIZACIÓN MUNDIAL PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN. FAO.** (2006). Evaluación de Recursos Forestales mundiales. FRA 2005. Estudio FAO Montes. 147. Uruguay: FAO.
62. **QUEVEDO, R.** (s/f). *Posgradosfor.umss.edu.bo/*, Manual Técnico. Manipuleo de trozas y saneamiento de fustes. Manejo de bosques. Recuperado el 15 de Febrero de 2014, de <http://www.posgradosfor.umss.edu.bo/boletin/uagrm/03%20DOCUMENTOS%20TECNICOS%20FOMABO/5%20%20Practicas%20Mejoradas%20%20Optimizacion%20de%20Fustes2.pdf>
63. **QUEZADA, W., & QUEZADA, C.** (2009). *AutoCAD 2009 para todos.* Lima: Megabyte.com.
64. **RAMÍREZ, L.** (2012). *Secuestro de Carbono en Plantaciones de eucalipto (Eucalyptus globulus Labill)- Cantón Pedro Moncayo, provincia de Pichincha, como una alternativa al desarrollo sustentable. (Tesis de pregrado. Ingeniero Forestal).* Imbabura: Universidad Técnica del

Norte.

65. **RODRÍQUEZ, J.** (1993). *La fertilización de los cultivos, un método racional*. Santiago, Chile: Pontificia Universidad Católica de Chile.
66. **RONDEUX, J., & LECOMTE, H.** (2010). *Medición de árboles y masas forestales*. España: Mundi-Prensa.
67. **SHARMA, M., AMATEIS, R., & BURKHART, H.** (2001). Top height definition and its effect on site index determination in thinned and unthinned loblolly pine plantations in: *Forest Ecology and Management*. 168 (1-3):163-175.
68. **SIERRA, R.** (1999). *Propuesta Preliminar de un Sistema de Clasificación para el Ecuador Continental*. Quito, Ecuador: Proyecto INEFAN/GEF-BIRF y EcoCiencia.
69. **SOTOMAYOR, Á., HELMKE, E., & GARCÍA, E.** (2002). *Manejo y mantención de plantaciones forestales Pinus radiata y Eucalyptus sp.* V Región de Valparaíso-X Región de Los Lagos: LOM Ediciones.
70. **SPPS Ins.** (2009). *SPSS-X. User's Guide*. Chicago: SPPS Inc.
71. **THORSTEN, J., & PALACIOS, W.** (2000). *Manual para Inventarios Forestales. Fundación Jatun Sacha. Proyecto SUBIR. Servicio Alemán de Cooperación*. Quito.
72. **TORRES, J., & MAGAÑA, O.** (2001). *Evaluación de plantaciones forestales*. México: Limusa.
73. **TRUJILLO, E.** (2004). *Manual de Árboles*. Bogotá, Colombia: El Semillero.

74. **TUNARI, P.** (2001). *Zabalketa.org*, Usos de las tierras del Parque Tunari.
Recuperado el 15 de Abril de 2014, de
[http://www.zabalketa.org/files/documentacion/Informes_t%C3%A9cnicos/Usos de_las_tierras_del_Parque_Tunari/evalua_reforestacion_tropicales, pdf](http://www.zabalketa.org/files/documentacion/Informes_t%C3%A9cnicos/Usos_de_las_tierras_del_Parque_Tunari/evalua_reforestacion_tropicales.pdf)
75. **UNIVERSIDAD DE CHILE.** (2010). *Sisib*, Evaluación de suelos clasificación
1. Recuperado el 15 de Febrero de 2014, de
http://mazinger,sisib,uchile,cl/repositorio/ap/ciencias_agronomicas/12003102_21542evaluacion_desuelosclasificacion1.pdf
(Consultado 15/02/2014)
76. **VÁSQUEZ, A.** (2001). *Silvicultura de Plantaciones Forestales en Colombia*.
120. Bogotá, Colombia: Universidad del Tolima.
77. **VILLENA, EDUARDO** (Coordinador). (2003). *Técnico en Forestación*.
Madrid, España: Cultural.
78. **VIZCAINO, M., & AGUIRRE, C.** (2010). *Aplicación de Estimadores Estadísticos y Diseños Experimentales en Investigaciones Forestales*.
Ibarra, Ecuador.
79. **WHITE, A. A., & MOLNAR, M. A.** (2002). To Johannesburg and Beyond:
Strategic Options to Advance the Conservation of Natural Forests. *Forest Trends*. 28.

ANEXOS

Anexo 01. Gradientes de pendiente simple

Rango	Descripción
0-2 %	Plana
2-5 %	Muy suave
5-12 %	Suave
12-25%	Media
25-40%	Media a fuerte
40-70%	Fuerte
70-100%	Muy fuerte
Mayor a 100%	Escarpada

Fuente: (Casanova, 2010)

Anexo 02. Clases de profundidad de suelo

Clases	Profundidad cm
Muy profundo	Mayor 150
Profundo	100 a 150
Moderadamente profundo	75 a 100
Ligeramente profundo	50 a 75
Delgado	25 a 50
Muy delgado	Menor a 25

Fuente: (Casanova, 2010)

Anexo 03. Clases texturales y su agrupamiento

Agrupamiento general	Clase textural	Abreviación
Muy fina	Arcillosa	A
Fina	Arcillo limosa	AL
	Arcillo arenosa	Aa
Moderadamente fina	Franco arcillo limosa	FAL
	Franco arcillosa	FA
	Franco arcillo arenosa	FAa
Media	Limosa	L
	Franco limosa	FL
	Franca	F
	Franco arenosa muy fina	Fa _{mf}
Moderadamente gruesa	Franco arenosa fina	Fa _f
	Franco arenosa	Fa
Gruesa	Areno francosa muy fina	aF _{mf}
	Areno francosa fina	aF _f
	Areno francosa	aF
	Areno francosa gruesa	aF _g
	Arenosa fina	a _f
	Arenosa muy fina	a _{mf}
Muy gruesa	Arenosa media	a _m
	Arenosa gruesa	a _g

Fuente: (Casanova, 2010)

Anexo 04. Presencia de carbonatos

Clase	Abundancia (%)	Efervescencia
No calcáreo	0	No detectable, visible o audible
Ligeramente calcáreo	0-2	Muy ligera, audible pero no visible
Moderadamente calcáreo	2-10	Visible y audible
Fuertemente calcáreo	10-25	Fuerte, con burbujas que forman una espuma baja
Extremadamente calcáreo	> 25	Extremadamente fuerte con burbujas que forman rápidamente una espuma alta,

Fuente: (Casanova, 2010)

Anexo 05. Clases de salinidad

Clase	CE (dSm ⁻¹)
Ninguna o leve	< 2
Ligera	2 a < 4
Moderada	4 a < 8
Severa	8 a < 16
Muy severa	≥ 16

Fuente: (Casanova, 2010)

Anexo 06. Clases de sodicidad en los suelos

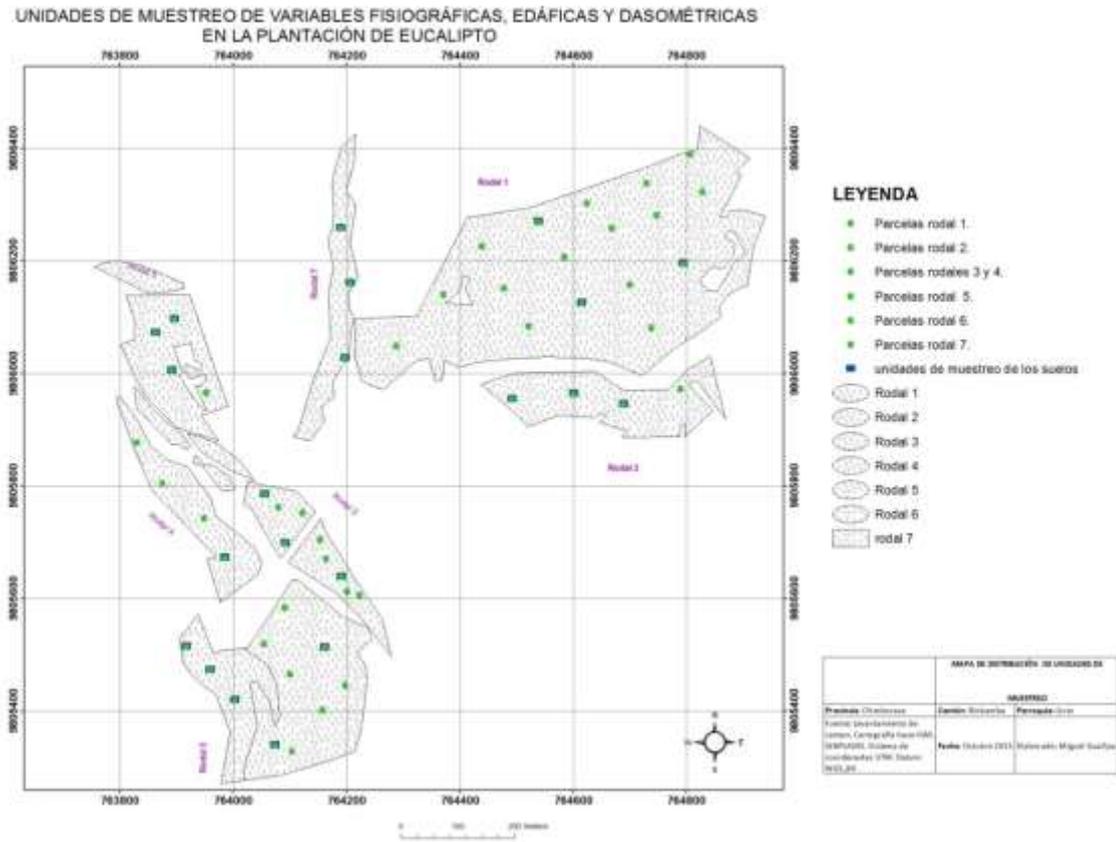
Clase	RAS	PSI
No sódico	< 13	> 15
Sódico	≥ 13	≥ 15

RAS: relación de adsorción de sodio; PSI: porcentaje de sodio intercambiable

Fuente: (Casanova, 2010)

$$\text{Donde : } RAS = \frac{Na}{\sqrt{(Ca+Mg)/2}} \quad \text{y} \quad PSI = \frac{Na_{ex}}{CIC_{pH 7}} \times 100$$

Anexo 07. Mapa de distribución de unidades de muestreo del suelo y dasométricas en cada rodal de la plantación en estudio



Anexo 09. Formato de campo variables dasométricas

Inventario N° 01											
Predio:			Año de plantación:			Edad:		Fecha:			
Equipo de medición:						Espaciamiento:					
Orientación de la plantación o rodal:						Parcela N°:					
Posición : parcela en la línea											
Parcela = 500 m ² ; radio de 12.62 m diseño sistemático:											
Intensidad: 5 %; 1 parcela por ha											
Datos Generales								Calidad de los árboles			
N°	Especie	DAP (cm)	H. comercial (m)	H. total (m)	H. máxima (m)	N° brinzales	N° latizales	Calidad 1	Calidad 2	Calidad 3	Observaciones

Calidad 1= Fuste recto, vigoroso o saludable; **Calidad 2**= Poco sinuoso o ligeramente inclinado y saludable; **Calidad 3**= Muy inclinado, muy sinuoso, torcedura basal, bifurcado, sin copa, saludable, enfermo, débil, moribundo.

Anexo 10. Reporte de análisis de suelos laboratorio FRN-ESPOCH



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES
DEPARTAMENTO DE SUELOS

Licto
Parroquia
Riobamba
Cantón

RESULTADOS E INTERPRETACIÓN DEL ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO DE SUELOS



Fecha de ingreso: 10/12/2014
Fecha de salida: 24/12/2014
Chimborazo
Provincia

Propietario: ESPOCH
Investigador: Miguel Guallipa

Ubicación: Granja Experimental Tunshi
Nombre de la granja

Ident.	pH	mg/L			Meq/100g			gr/cc	COLOR	
		% M.O	NH4	P	K	CIC	DA		Seco	Húmedo
Rodaj 1/Parcela 1/0-30cm	8,4 Alc.	0,8 B	0,51 B	34,5 A	0,38 B	2,4 B	1,6	Pardo grisáceo claro	Pardo grisáceo muy oscuro	
Rodaj 1/Parcela 1/30-100cm	9,2 Alc.	0,6 B	0,53 B	47,8 A	0,86 A	2,0 B	1,6	Pardo grisáceo claro	Pardo grisáceo muy oscuro	
Rodaj 1/Parcela 2/0-30cm	8,6 Alc.	0,6 B	0,43 B	41,0 A	1,17 A	2,0 B	1,5	Pardo grisáceo claro	Pardo grisáceo muy oscuro	
Rodaj 1/Parcela 2/30-100cm	9,5 Alc.	1,0 B	0,71 B	47,3 A	2,10 A	2,7 B	1,6	Pardo	Pardo grisáceo	
Rodaj 2/Parcela 1/0-30cm	8,8 Alc.	1,2 B	0,40 B	69,1 A	2,22 A	3,1 B	1,5	Pardo grisáceo	Pardo grisáceo muy oscuro	
Rodaj 2/Parcela 1/30-100cm	9,8 Alc.	1,4 B	0,38 B	64,0 A	3,78 A	3,4 B	1,6	Pardo grisáceo	Pardo grisáceo muy oscuro	
Rodaj 2/Parcela 2/0-30cm	8,6 Alc.	1,5 B	0,47 B	60,9 A	1,27 A	3,6 B	1,58	Pardo	Pardo grisáceo muy oscuro	
Rodaj 2/Parcela 2/30-100cm	9,0 Alc.	1,9 B	0,27 B	51,5 A	2,70 A	4,3 B	1,6	Pardo grisáceo claro	Pardo grisáceo muy oscuro	



FACULTAD DE RECURSOS NATURALES
LAB. SUELOS

CODIGO

Alc. Alcalino	A: alto
Ni. Neutro	M: medio
L. Alc. Ligeramente alcalino	B: bajo



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES
DIRECCIÓN

Ing. Elizabeth Pachacama
TÉCNICO DE LABORATORIO



Ing. Franklin Arcos T.
JEFE DPTO DE SUELOS

Dirección: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Panamericana Sur Km1 Y6, Facultad de Recursos Naturales, Tlfono 2998220 Extensión 415
"Apoyando a la producción sana, rentable y amigable con la naturaleza"



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES
DEPARTAMENTO DE SUELOS**



Propietario: ESPOCH
Investigador: Miguel Guallpa
Ubicación: Granja Experimental Tunshi
Nombre de la granja: Licto
Parroquia: Rioabamba
Cantón: Chimborazo
Provincia: Chimborazo

Fecha de ingreso: 10/12/2014
Fecha de salida: 24/12/2014
Chimborazo
Provincia

RESULTADOS E INTERPRETACIÓN DEL ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO DE SUELOS

Ident.	mg/L				Meq/100g			gr/cc	COLOR	
	% M.O	NH4	P	K	CIC	Textura	Estructura		DA	Seco
Rodril 3 /Parcela 1/30-30cm	0.2 B	0.82 B	44.5 A	0.17 B	1.3 B	Avena franca	Suelta	1.65	Seco	Hilmedo
Rodril 3 /Parcela 1/30-100cm	0.6 B	0.69 B	50.8 A	0.17 B	2.0 B	Franco arenosa	Suelta	1.5	Pardo grisáceo claro	Gris muy oscuro
Rodril 3 /Parcela 2/30-30cm	2.1 B	0.31 B	43.1 A	0.49 B	4.7 B	Franco arenosa	Suelta	1.6	Pardo grisáceo claro	Pardo grisáceo muy oscuro
Rodril 3 /Parcela 2/30-100cm	3.2 M	0.11 B	38.5 A	1.03 A	6.6 B	Franco arenosa	Suelta	1.6	Pardo grisáceo claro	Pardo grisáceo muy oscuro
Rodril 4 /Parcela 1/30-30cm	3.4 M	0.87 B	41.3 A	1.54 A	6.9 B	Franco arenosa	Suelta	1.5	Pardo pálido	Pardo grisáceo
Rodril 4 /Parcela 1/30-100cm	3.4 M	0.83 B	66.3 A	2.23 A	6.9 B	Franco arenosa	Suelta	1.6	Pardo pálido	Pardo grisáceo
Rodril 4 /Parcela 2/30-30cm	3.2 M	1.49 B	46.7 A	1.69 A	6.6 B	Franco arenosa	Suelta	1.53	Pardo pálido	Pardo grisáceo
Rodril 4 /Parcela 2/30-100cm	2.5 B	1.11 B	46.1 A	1.75 A	5.4 B	Franco arenosa	Suelta	1.6	Pardo pálido	Pardo grisáceo



CODIGO	
A: Alcalino	A: alto
N: Neutro	M: medio
L: Alc. Ligeramente alcalino	B: bajo

Ing. Franklin Argos T.
JEFE DPTO DE SUELOS

Ing. Elizabeth Pachacama
TÉCNICO DE LABORATORIO

Dirección: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Panamericana Sur Km1 1/2, Facultad de Recursos Naturales, Tífono 2998220 Extensión 418
Apoyando a la producción sana, rentable y amigable con la naturaleza.



ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES
DEPARTAMENTO DE SUELOS



Propietario: ESPOCH
Investigador: Miguel Gualipa

Ubicación: Granja Experimental Tunshi
Nombre de la granja

Licto
Parroquia

Riobamba
Cantón

Fecha de ingreso: 10/12/2014
Fecha de salida: 24/12/2014
Chimborazo
Provincia

RESULTADOS E INTERPRETACIÓN DEL ANALISIS FISICO-QUIMICO DE SUELOS

Ident.	pH	% M.O	mg/L			Meq/100g			Estructura	gr/cc	COLOR	
			NH4	P	K	CIC	Textura	DA			Seco	Húmedo
Rodal 5 /Parcela 1/0-30cm	8,9 Alc	1,2 B	1,02 B	54,1 A	2,04 A	3,1 B	Franco arenosa	Suelta	1,6	Pardo café	Pardo grisáceo	
Rodal 5 /Parcela 1/30-100cm	9,5 Alc	0,6 B	4,17 B	68,8 A	2,69 A	2,0 B	Franco arenosa	Suelta	1,6	Pardo oscuro	Pardo grisáceo	
Rodal 5 /Parcela 2/0-30cm	7,3 N	1,3 B	1,27 B	38,9 A	0,28 B	3,3 B	Franco arenosa	Suelta	1,5	Pardo pálido	Pardo grisáceo	
Rodal 5 /Parcela 2/30-100cm	7,5 N	1,3 B	1,47 B	37,1 A	0,58 M	3,3 B	Franco arenosa	Suelta	1,5	Pardo café	Pardo grisáceo	
Rodal 6 /Parcela 1/0-30cm	8,6 Alc	1,7 B	0,16 B	32,9 A	0,84 A	4,0 B	Franco arenosa	Suelta	1,6	Pardo grisáceo claro	Pardo grisáceo muy oscuro	
Rodal 6 /Parcela 1/30-100cm	9,7 Alc	1,6 B	0,12 B	41,3 A	2,45 A	3,8 B	Franco arenosa	Suelta	1,5	Pardo grisáceo claro	Pardo grisáceo muy oscuro	
Rodal 6 /Parcela 2/0-30cm	8,3 Alc	1,2 B	1,22 B	41,7 A	0,43 B	3,1 B	Franco arenosa	Suelta	1,6	Pardo pálido	Pardo grisáceo	
Rodal 6 /Parcela 2/30-100cm	8,5 Alc	3,6 M	0,51 B	56,7 A	1,09 A	7,3 B	Franco arenosa	Suelta	1,6	Pardo pálido	Pardo grisáceo	

CODIGO	
Alc. Alcalino	A: alto
N: Neutro	M: medio
L. Alc. Ligeramente alcalino	B: bajo



Ing. Franklin Arcos T.
JEFE DPTO DE SUELOS

Dirección: Escuela Superior

Chimborazo, Panamericana Sur Km 1/4, Facultad de Recursos Naturales

Teléfono 29998220 Extensión 418

Ing. Elizabeth Pachacama
TÉCNICO DE LABORATORIO

Apoyando a la producción sana, rentable y amigable con la naturaleza



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES
DEPARTAMENTO DE SUELOS



Propietario: ESPOCH
Investigador: Miguel Gualipa

Ubicación: Granja Experimental Tunshi
Nombre de la granja

Licto
Parroquia

Riobamba
Cantón

Fecha de ingreso: 10/12/2014
Fecha de salida: 24/12/2014
Chimborazo
Provincia

RESULTADOS E INTERPRETACIÓN DEL ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO DE SUELOS

Ident.	pH	mg/l			Meq/100g			gr/cc	COLOR				
		% M.O	NH4	P	K	CIC	Textura		Estructura	DA	Seco	Húmedo	
Rodal 7/Parcela 1/0-30cm	5.7 LAc	1.3 B	1.69 B	41.0 A	0.93 A	3.3 B	3.3 B	1.6	Franco arenosa	Suelta	1.6	Pardo grisáceo muy oscuro	Pardo grisáceo muy oscuro
Rodal 7/Parcela 1/30-100cm	9.0 Alc.	1.0 B	1.51 B	34.5 A	1.60 A	2.7 B	2.7 B	1.5	Franco arenosa	Suelta	1.5	Pardo grisáceo claro	Pardo grisáceo muy oscuro
Rodal 7/Parcela 2/0-30cm	8.4 Alc.	1.4 B	1.60 B	76.7 A	0.65 A	3.4 B	3.4 B	1.55	Franco arenosa	Suelta	1.55	Pardo grisáceo claro	Pardo grisáceo muy oscuro
Rodal 7/Parcela 2/30-100cm	8.9 Alc.	1.4 B	0.76 B	63.3 A	2.13 A	3.4 B	3.4 B	1.60	Franco arenosa	Suelta	1.60	Pardo pálido	Pardo grisáceo

CODIGO	
Alc. Alcalino	A: alto
N: Neutro	M: medio
L. Ac. Ligeramente ácido	B: bajo



Miguel Gualipa
Ing. Franklin Arcoís T.
JEFE DPTO DE SUELOS



Dirección: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Panamericana Sur Km1 1/2, Facultad de Recursos Naturales, EsPOCH, Riobamba, Chimborazo, Ecuador. Teléfono: 0998220 Extensión 418
Apoyando a la producción sana, rentable y amigable con la naturaleza



ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES
DEPARTAMENTO DE SUELOS



Propietario: ESPOCH
Investigador: Miguel Gualipa

Ubicación: Granja Experimental Tunshi
Nombre de la granja

Licto Parroquia
Riobamba Cantón

Fecha de ingreso: 10/12/2014
Fecha de salida: 24/12/2014
Chimborazo
Provincia

RESULTADOS E INTERPRETACIÓN DEL ANALISIS FISICO-QUIMICO DE SUELOS

Ident.	pH	mg/L			Meg/100g			gr/cc	COLOR		
		% M.O	NH4	P	K	CIC	Textura		Estructura	DA	Seco
Rodál 7/Parcela 1/0-30cm	5.7 L.Ac	1.3 B	1.69 B	41.0 A	0.93 A	3.3 B	Franco arenosa	Suelta	1.6	Pardo grisáceo	Pardo grisáceo muy oscuro
Rodál 7/Parcela 1/90-100cm	9.0 Alc.	1.0 B	1.51 B	54.5 A	1.60 A	2.7 B	Franco arenosa	Suelta	1.5	Pardo grisáceo claro	Pardo grisáceo muy oscuro
Rodál 7/Parcela 2/0-30cm	8.4 Alc.	1.4 B	1.60 B	76.7 A	0.65 A	3.4 B	Franco arenosa	Suelta	1.55	Pardo grisáceo claro	Pardo grisáceo muy oscuro
Rodál 7/Parcela 2/90-100cm	8.9 Alc.	1.4 B	0.76 B	63.3 A	2.13 A	3.4 B	Franco arenosa	Suelta	1.60	Pardo pálido	Pardo grisáceo

CODIGO	
Alc. Alcalino	A: alto
N: Neutro	M: medio
L. Ac. Ligeramente ácido	B: bajo



Ing. Franklin Arcos T.
JEFE DPTO DE SUELOS



Ing. Elizabeth Pachacama
TECNICO DE LABORATORIO

Facultad de Recursos Naturales, Chimborazo, Panamericana Sur Km1 1/2, Facultad de Recursos Naturales, Chimborazo, Panamericana Sur Km1 1/2, Apoyando a la producción sana, rentable y amigable con la naturaleza



ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES
DEPARTAMENTO DE SUELOS



Propietario: ESPOCH
Investigador: Miguel Gualpa

Ubicación: Granja Experimental Tunshi
Nombre de la granja

Licto
Parroquia

Riobamba
Cantón

Chimborazo
Provincia

Fecha de ingreso: 10/12/2014
Fecha de salida: 24/12/2014

RESULTADOS E INTERPRETACIÓN DEL ANALISIS FISICO-QUIMICO DE SUELOS

Ident.	pH	% M.O	mg/L			Meq/100g			Estructura	DA	COLOR
			NH4	P	K	C	CIC	Seco			
Rodril 1/P3/O-30cm	8.7 Alc.	1.9 B	6.6 B	21.0 M	0.45 B	5.3 B	Francó arenosa	Suelta	1.67	Pardo grisáceo	Pardo grisáceo muy oscuro
Rodril 1/P3/30-100cm	9.2 Alc.	1.7 B	8.5 B	59.1 A	0.87 A	3.9 B	Francó arenosa	Suelta	1.62	Pardo grisáceo	Pardo grisáceo muy oscuro
Rodril 2/P3/O-30cm	9.4 Alc.	3.0 M	8.4 B	22.5 M	1.5 A	7.1 B	Francó arenosa	Suelta	1.55	Pardo grisáceo claro	Pardo grisáceo muy oscuro
Rodril 2/P3/30-100cm	9.7 Alc.	5.0 M	8.3 B	27.6 M	2.6 A	10.7 B	Francó arenosa	Suelta	1.65	Pardo grisáceo claro	Pardo grisáceo muy oscuro
Rodril 2/Muestreo específico/O-30cm	9.2 Alc.	3.4 M	8.1 B	30.6 A	0.98 A	6.9 B	Francó arenosa	Suelta	1.60	Pardo grisáceo claro	Pardo grisáceo muy oscuro
Rodril 2/Muestreo específico/30-100cm	9.4 Alc.	3.2 M	8.9 B	37.0 A	1.7 A	6.5 B	Francó arenosa	Suelta	1.65	Pardo grisáceo claro	Pardo grisáceo muy oscuro

CODIGO	
Alc. Alcalino	A: alto
Ni: Neutro	M: medio
L. Alc. Ligeramente alcalino	B: bajo



Ing. Franklin Arcos T.
JEFE DPTO DE SUELOS

Dirección: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Panamericana Sur Km 1/4, Facultad de Recursos Naturales, Teléfono 2998220 Extensión 418

Ing. Elizabeth Pachacama
TECNICO DE LABORATORIO

Teléfono 2998220 Extensión 418

Facultad de Recursos Naturales, Tifoneo 2998220 Extensión 418



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES
DEPARTAMENTO DE SUELOS



Propietario: ESPOCH
Investigador: Miguel Gualpa

Ubicación: Granja Experimental Tunshi
Nombre de la granja

Licto Riobamba
Parroquia Cantón
RESULTADOS E INTERPRETACIÓN DEL ANALISIS FÍSICO-QUÍMICO DE SUELOS

Fecha de ingreso: 10/12/2014
Fecha de salida: 24/12/2014
Chimborazo
Provincia

Ident.	pH	% M.O	mg/L			Meq/100g			gr/cc	COLOR	
			NH4	P	K	C	CIC	DA		Seco	Húmedo
Rodril 3 /P3/0-30cm	8.5 Alc.	4.3 M	9.1 B	29.7 M	0.61 M	9.5 B	Avena franca	Suelta	1.56	Grís oscuro	Húmedo
Rodril 3 /P3/30-100cm	9.2 Alc.	2.3 B	9.0 B	26.8 M	0.32 B	5.0 B	Franco arenosa	Suelta	1.52	Pardo grisáceo	Grís muy oscuro
Rodril 3 /Muestra específica 0-30cm	9.8 Alc.	3.2 M	9.4 B	44.5 A	0.45 B	7.5 B	Franco arenosa	Suelta	1.59	Pardo grisáceo	Pardo grisáceo muy oscuro
Rodril 3 /Muestra específica 30-100cm	9.7 Alc.	3.8 M	9.1 B	24.3 M	1.32 A	8.7 B	Franco arenosa	Suelta	1.61	Pardo grisáceo	Pardo grisáceo muy oscuro
Rodril 4 /P3/0-30cm	8.9 Alc.	1.7 B	9.1 B	35.4 A	1.46 A	4.9 B	Franco arenosa	Suelta	1.52	Pardo pálido	Pardo grisáceo
Rodril 4 /P3/30-100cm	9.9 Alc.	2.3 B	9.0 B	33.A	2.4 A	6.0 B	Franco arenosa	Suelta	1.64	Pardo pálido	Pardo grisáceo

CODIGO	
Alc. Alcalino	A: alto
N: Neutro	M: medio
L. Alc. Ligeramente alcalino	B: bajo



Ing. Franklin Arcos T.
JEFE DPTO DE SUELOS

Dirección: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Panamericana Sur Km1 1/2, Facultad de Recursos Naturales, Tífono 2998220 Extensión 418



Ing. Elizabeth Pachacama
TÉCNICO DE LABORATORIO

Apoyando a la producción sana, rentable y amigable con la naturaleza



ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES
DEPARTAMENTO DE SUELOS



Propietario: ESPOCH
Investigador: Miguel Guallipa

Ubicación: Granja Experimental Tunshi
Nombre de la granja

Licto Parroquia
Riobamba Cantón
Chimborazo Provincia

Fecha de ingreso: 10/12/2014
Fecha de salida: 24/12/2014
Chimborazo Provincia

RESULTADOS E INTERPRETACIÓN DEL ANALISIS FISICO-QUIMICO DE SUELOS

Ident.	pH	mg/L				Meq/100g			gr/cc	COLOR	
		% M.O	NH4	P	K	CIC	Textura	Estructura		DA	Seco
Rodal 5 /P3/O-30cm	9.8 Alc.	1.9 B	9.8 B	32.2 A	2.16 A	6.3 B	Francos arenosa	Suelta	1.6	Pardo café	Pardo grisáceo
Rodal 5 /P3/O-100cm	8.6 Alc.	1.9 B	8.8 B	27.1 M	2.53 A	4.3 B	Francos arenosa	Suelta	1.6	Pardo oscuro	Pardo grisáceo
Rodal 6 /P3/O-30cm	9.4 Alc.	1.7 B	9.5 B	42.9 A	1.27 A	5.9 B	Francos arenosa	Suelta	1.6	Pardo grisáceo	Pardo grisáceo muy oscuro
Rodal 6 /P3/O-100cm	9.9 Alc.	2.1 B	8.9 B	57.7 A	2.45 A	8.6 B	Francos arenosa	Suelta	1.5	Pardo grisáceo	Pardo grisáceo muy oscuro
Rodal 7 /P3/O-30cm	8.2 Alc.	0.8 B	9.9 B	46.8 A	0.52 B	4.4 B	Francos arenosa	Suelta	1.6	Pardo pálido	Pardo grisáceo
Rodal 7 /P3/O-100cm	9.2 Alc.	1.5 B	9.8 B	56.8 A	1.3 A	4.5 B	Francos arenosa	Suelta	1.6	Pardo pálido	Pardo grisáceo

CODIGO	
Alc. Alcalino	A: alto
N: Neutro	M: medio
L. Alc. Ligeramente alcalino	B: bajo



Ing. Franklin Arcos X.
JEFE DPTO DE SUELOS

Ing. Elizabeth Pachacama

Directora Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Parroquia Riobamba, Cantón Riobamba, Chimborazo, Panamericana Sur Km11 Y4, Facultad de Recursos Naturales, Tílomo 2998220 Extensión 418
Aprobado a la producción sana, rentable y amigable con la naturaleza



ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO
 FACULTAD DE RECURSOS NATURALES
 DEPARTAMENTO DE SUELOS

Proprietario: EBPOCH
 Investigador: Miguel Guallipa

Ubicación: Granja Experimental Tunshi
 Nombre de la granja: Licto
 Parroquia: Riobamba
 Cantón: Chimborazo

Fecha de ingreso: 10/12/2014
 Fecha de salida: 24/12/2014
 Provincia: Chimborazo

RESULTADOS E INTERPRETACIÓN DEL ANALISIS FISICO-QUIMICO DE SUELOS

Ident.	pH	% M.O	mg/L			Mec/100g			Estructura	gr/cc	COLOR	
			NH4	P	K	CIC	DA	Seco			Húmedo	
Baldón /parcela 1/0-30cm	8.2 Alc	1.5 B	2.7 B	38.2 A	0.36 B	3.6 B	Arena franca	Suelta	1.6	Paro claro	Paro oscuro	
Baldón /parcela 1/ 30-100cm	8.4 Alc	3.4 M	2.9 B	37.6 A	0.62 M	6.9 B	Arena franca	Suelta	1.5	Car claro	Paro café	
San Juan/parcela 1/ 0-30cm	8.0 Alc	1.0 B	3.7 B	49.8 A	0.88 A	2.7 B	Arena franca	Suelta	1.6	Paro grisáceo	Paro grisáceo muy oscuro	
San Juan/parcela 1/50-100cm	8.2 Alc	1.0 B	4.0 B	49.4 A	0.99 A	2.7 B	Arena franca	Suelta	1.6	Paro grisáceo	Paro grisáceo muy oscuro	
Baldón /parcela 2/0-30cm	8.2 Alc	0.6 B	10.0 B	41.5 A	0.77 A	2.0 B	Arena franca	Suelta	1.6	Paro pálido	Amarillento oscuro	
Baldón /parcela 2/50 - 100cm	9.8 Alc	1.0 B	2.7 B	41.7 A	1.22 A	2.7 B	Arena franca	Suelta	1.6	Paro grisáceo	Paro oscuro	

CODIGO	
Alc. Alcalino	A: alto
N: Neutro	M: medio
L. Alc. Ligeramente alcalino	B: bajo



Ing. Franklin Arcoy T.
 JEFE DPTO. DE SUELOS

Dirección: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Av. 10 de Agosto s/n, P.O. Box 1701, Guaranda, Ecuador.
 Ing. Elizabeth Robacama
 TÉCNICO DE LABORATORIO
 Facultad de Recursos Naturales, Telfono 2998220 Extensión 418



ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES
DEPARTAMENTO DE SUELOS



Propietario: ESPOCH
Investigador: Miguel Gualajiga

Ubicación: Granja Experimental Tunshi
Nombre de la granja

Licto: Riobamba
Parroquia: Cantón

Fecha de Ingreso: 10/12/2014
Fecha de salida: 24/12/2014
Chimborazo
Provincia

RESULTADOS E INTERPRETACIÓN DEL ANÁLISIS QUÍMICO DE SUELOS

Identif.	%	CaCO3
Muestra 1	2.0	
Muestra 2	0.25	
Muestra 3	1.0	
Muestra 4	1.75	
Muestra 5	1.25	
Muestra 6	0.75	
Muestra 7	1.5	
Muestra 8	5.0	
Muestra 9	1.75	
Muestra 10	1.25	



Ing. Franklin Arcos/T.
JEFE DPTO DE SUELOS
Dirección: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Pinaramecana Sur Km1 1/2, Facultad de Recursos Naturales, Tlfono 2998220 Extensión 418



Ing. Elizabeth Pachacama
TÉCNICO DE LABORATORIO
Dirección: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Pinaramecana Sur Km1 1/2, Facultad de Recursos Naturales, Tlfono 2998220 Extensión 418

Apoyando a la producción sana, rentable y amigable con la naturaleza

Anexo 11. Reporte de salinidad laboratorio-INIAP

N° Muestra	Detalle	Sector	CaCO3	pH	C.E. mmoh/cm	CATIONES Milieq./litro					ANIONES Milieq./litro					RAS	CIC	PSI
			%			Ca++	Mg++	Na+	K+	Σcation	CO3	HCO3	SO4	Cl	Σanion			
1	R1P1 0-30	Tunshi	2,0	8,17	0,69	1,9	0,84	2,8	0,81	6,35	0	4,2	0,54	0,6	5,34	2,39	3,44	81,40
	R1P2 0-30	Tunshi																
	R2P1 0-30	Tunshi																
	R2P2 0-30	Tunshi																
	R3P1 0-30	Tunshi																
	R3P2 0-30	Tunshi																
	R4P1 0-30	Tunshi																
	R6P1 0-30	Tunshi																
	R6P2 0-30	Tunshi																
R7P2 0-30	Tunshi																	
2	R4P2 0-30	Tunshi	0,25	7,79	0,46	2,4	0,74	1,6	0,26	5	0	7,5	0,23	1,0	8,73	1,28	4,85	32,99
	R5P1 0-30	Tunshi																
3	R5P2 0-30	Tunshi	1,0	8,22	0,70	2,2	0,35	5,0	0,47	8,02	0	9,6	0,4	0,6	10,60	4,43	3,30	151,52
	R7P1 0-30	Tunshi																
4	BP1 0-30	Batan	1,75	7,65	0,45	2,1	0,64	1,2	0,21	4,15	0	5,3	0,79	0,2	6,29	1,03	3,05	39,34
	BP2 0-30	Batan																
5	SJ P1 0-30	San Juan	1,25	7,87	0,44	1,9	0,84	0,88	0,33	4,39	0	5,3	0,48	0,6	6,38	0,75	2,70	32,59
6	R1P1 30 - 100	Tunshi	0,75	7,97	0,52	1,6	0,39	1,3	0,37	3,66	0	6,4	0,54	0,6	7,54	1,30	4,64	28,02
	R2P1 30-100	Tunshi																
	R2P2 30-100	Tunshi																
	R3P2 30-100	Tunshi																
	R4P1 30-100	Tunshi																
7	R4P2 30-100	Tunshi	1,5	8,4	0,79	1,8	0,49	4,8	0,78	7,87	0	9,6	0,73	1,0	11,33	4,49	3,48	138,13
	R5P1 30-100	Tunshi																
	R6P1 30-100	Tunshi																
	R7P1 30-100	Tunshi																
8	R3P1 30-100	Tunshi	5	8,65	0,98	1,5	0,39	2,5	2,1	6,49	0	10,7	0,79	1,2	12,69	2,57	2,65	94,34
	R5P2 30-100	Tunshi																
9	BP1 30-100	Batan	1,75	8,35	1,35	2,1	0,64	6,6	0,37	9,71	0	8,6	2,8	3,2	14,6	5,64	4,80	137,50
	BP2 30-100	Batan																
10	SJP1 30-100	San Juan	1,25	7,82	0,41	1,7	0,76	1,1	0,31	3,87	0	3,1	0,77	1,0	4,87	0,99	2,65	41,51

Anexo 12. Datos dasométricos por rodal de la plantación de eucalipto

Rodal	Parcela	DAP	HC	HT	HMAX	AB_m2	VC_m3	VT_m3	Calidad 1	Calidad 2	Calidad 3
1	1	27,20	15,24	30,48	30,48	0,06	0,62	1,24	0	1	0
1	1	25,50	16,00	23,00		0,05	0,57	0,82	1	0	0
1	1	29,00	14,00	29,00	29,00	0,07	0,65	1,34	1	0	0
1	1	21,20	15,00	22,00		0,04	0,37	0,54	1	0	0
1	1	28,00	13,71	28,95		0,06	0,59	1,25	0	1	0
1	1	28,00	14,00	29,00		0,06	0,60	1,25	0	1	0
1	1	31,00	14,50	29,00		0,08	0,77	1,53	0	1	0
1	1	26,00	16,76	24,38		0,05	0,62	0,91	0	1	0
1	1	31,00	23,77	29,87	29,87	0,08	1,26	1,58	0	0	1
1	1	42,00	27,00	33,00	33,00	0,14	2,62	3,20	1	0	0
1	1	27,70	15,00	30,48		0,06	0,63	1,29	0	1	0
1	1	24,50	15,00	22,00		0,05	0,50	0,73	0	1	0
1	1	30,80	14,50	29,00	29,00	0,07	0,76	1,51	1	0	0
1	1	35,40	25,00	31,00	31,00	0,10	1,72	2,14	1	0	0
1	1	33,40	23,00	30,00		0,09	1,41	1,84	1	0	0
1	2	34,50	22,00	34,00	34,00	0,09	1,44	2,22	0	1	0
1	2	25,00	14,60	23,77		0,05	0,50	0,82	0	0	1
1	2	27,00	15,00	24,00		0,06	0,60	0,96	0	1	0
1	2	20,00	12,70	24,00		0,03	0,28	0,53	1	0	0
1	2	22,00	13,25	25,00		0,04	0,35	0,67	0	1	0
1	2	29,50	14,00	24,90		0,07	0,67	1,19	0	1	0
1	2	29,00	12,80	25,00	25,00	0,07	0,59	1,16	0	0	1
1	2	26,90	14,50	25,00		0,06	0,58	0,99	0	0	1
1	2	26,00	15,50	25,50		0,05	0,58	0,95	0	1	0
1	2	23,00	14,40	24,60		0,04	0,42	0,72	1	0	0
1	2	20,00	12,50	19,00		0,03	0,27	0,42	1	0	0
1	2	17,50	10,00	20,00		0,02	0,17	0,34	1	0	0
1	2	27,00	12,00	23,50	23,50	0,06	0,48	0,94	0	0	1

1	2	34,00	20,42	24,99	24,99	0,09	1,30	1,59	0	0	1
1	2	16,00	7,00	16,00		0,02	0,10	0,23	1	0	0
1	2	20,00	12,19	22,86		0,03	0,27	0,50	0	1	0
1	2	25,00	13,50	22,00		0,05	0,46	0,76	1	0	0
1	2	20,00	12,25	24,00		0,03	0,27	0,53	0	1	0
1	2	17,20	10,00	20,00		0,02	0,16	0,33	0	1	0
1	2	20,00	13,00	22,80		0,03	0,29	0,50	0	0	1
1	2	20,00	13,50	23,75		0,03	0,30	0,52	1	0	0
1	2	20,00	13,90	22,78		0,03	0,31	0,50	1	0	0
1	2	30,00	18,00	25,00	25,00	0,07	0,89	1,24	1	0	0
1	2	20,00	14,00	24,00		0,03	0,31	0,53	1	0	0
1	2	18,70	10,00	20,00		0,03	0,19	0,38	0	1	0
1	2	39,40	21,94	35,66	35,66	0,12	1,87	3,04	0	1	0
1	3	37,30	23,80	29,00	29,00	0,11	1,82	2,22	1	0	0
1	3	18,40	12,40	24,40		0,03	0,23	0,45	1	0	0
1	3	29,10	15,00	29,00		0,07	0,70	1,35	0	1	0
1	3	23,50	13,00	25,00		0,04	0,39	0,76	1	0	0
1	3	21,30	12,50	25,00		0,04	0,31	0,62	0	1	0
1	3	17,10	5,00	13,00		0,02	0,08	0,21	0	1	0
1	3	35,80	17,00	24,00		0,10	1,20	1,69	1	0	0
1	3	36,00	18,00	26,00	26,00	0,10	1,28	1,85	1	0	0
1	3	37,10	23,00	28,60	28,60	0,11	1,74	2,16	0	1	0
1	3	12,00	2,50	7,00		0,01	0,02	0,06	0	1	0
1	3	23,20	13,00	25,00		0,04	0,38	0,74	1	0	0
1	3	32,30	15,90	32,00	32,00	0,08	0,91	1,84	0	1	0
1	3	22,00	12,50	25,00		0,04	0,33	0,67	1	0	0
1	3	31,00	16,00	30,79	30,79	0,08	0,85	1,63	0	1	0
1	3	23,50	13,00	25,00		0,04	0,39	0,76	1	0	0
1	3	23,90	13,00	25,00		0,04	0,41	0,79	1	0	0
1	3	23,10	13,00	25,00		0,04	0,38	0,73	1	0	0

1	3	21,30	12,50	25,00		0,04	0,31	0,62	1	0	0
1	3	17,90	5,00	13,00		0,03	0,09	0,23	0	1	0
1	3	11,90	2,50	7,00		0,01	0,02	0,05	1	0	0
1	3	27,30	15,00	29,00		0,06	0,61	1,19	1	0	0
1	3	17,20	5,00	13,00		0,02	0,08	0,21	1	0	0
1	3	21,10	12,50	25,00		0,03	0,31	0,61	0	1	0
1	3	57,30	30,00	38,00	38,00	0,26	5,42	6,86	0	0	1
1	3	19,80	12,50	25,00		0,03	0,27	0,54	1	0	0
1	3	16,50	5,00	13,00		0,02	0,07	0,19	0	1	0
1	3	23,80	13,00	25,00		0,04	0,40	0,78	0	1	0
1	3	18,10	10,00	22,00		0,03	0,18	0,40	0	1	0
1	3	21,50	12,50	25,00		0,04	0,32	0,64	1	0	0
1	3	29,10	15,00	29,00		0,07	0,70	1,35	1	0	0
1	3	19,50	12,50	25,00		0,03	0,26	0,52	0	1	0
1	3	19,70	12,50	25,00		0,03	0,27	0,53	1	0	0
1	3	23,80	13,00	25,00		0,04	0,40	0,78	0	1	0
1	4	12,00	4,00	8,00		0,01	0,03	0,06	0	0	1
1	4	25,00	13,30	33,00	33,00	0,05	0,46	1,13	1	0	0
1	4	27,00	15,00	22,50		0,06	0,60	0,90	0	0	1
1	4	35,00	22,00	34,00	34,00	0,10	1,48	2,29	1	0	0
1	4	35,00	21,90	35,00	35,00	0,10	1,47	2,36	1	0	0
1	4	28,60	13,70	30,00	30,00	0,06	0,62	1,35	1	0	0
1	4	25,70	12,00	18,75		0,05	0,44	0,68	1	0	0
1	4	21,50	10,00	20,00		0,04	0,25	0,51	0	0	1
1	4	28,50	13,70	21,33		0,06	0,61	0,95	0	1	0
1	4	29,00	19,54	30,79		0,07	0,90	1,42	0	1	0
1	4	34,00	21,30	36,00	36,00	0,09	1,35	2,29	1	0	0
1	4	24,00	13,30	28,65		0,05	0,42	0,91	0	0	1
1	4	12,30	5,00	9,00		0,01	0,04	0,07	1	0	0
1	4	24,00	13,30	28,65		0,05	0,42	0,91	1	0	0

1	4	32,00	21,30	36,00	36,00	0,08	1,20	2,03	1	0	0
1	4	13,00	4,50	9,00		0,01	0,04	0,08	0	0	1
1	4	24,00	13,30	28,65		0,05	0,42	0,91	1	0	0
1	4	21,00	11,50	20,00		0,03	0,28	0,48	0	1	0
1	4	15,50	9,34	19,00		0,02	0,12	0,25	0	1	0
1	4	11,00	3,00	7,00		0,01	0,02	0,05	1	0	0
1	4	27,50	13,70	21,33		0,06	0,57	0,89	1	0	0
1	4	24,50	13,30	28,65		0,05	0,44	0,95	0	1	0
1	4	13,00	4,50	9,00		0,01	0,04	0,08	1	0	0
1	5	27,40	11,00	20,60	20,60	0,06	0,45	0,85	1	0	0
1	5	28,80	11,90	20,50	20,50	0,07	0,54	0,93	0	0	1
1	5	39,40	8,40	17,60		0,12	0,72	1,50	0	0	1
1	5	12,10	4,00	13,00		0,01	0,03	0,10	1	0	0
1	5	10,90	1,50	10,00		0,01	0,01	0,07	0	1	0
1	5	13,60	5,50	13,00		0,01	0,06	0,13	0	1	0
1	5	24,10	7,80	23,20	23,20	0,05	0,25	0,74	0	1	0
1	5	31,20	13,00	21,00		0,08	0,70	1,12	1	0	0
1	5	37,10	13,00	21,00	21,00	0,11	0,98	1,59	1	0	0
1	5	19,50	6,00	19,80		0,03	0,13	0,41	0	1	0
1	5	38,00	13,00	21,00	21,00	0,11	1,03	1,67	1	0	0
1	5	30,00	13,00	21,00	21,00	0,07	0,64	1,04	1	0	0
1	5	24,40	9,00	18,00		0,05	0,29	0,59	0	1	0
1	5	12,80	5,00	13,00		0,01	0,05	0,12	1	0	0
1	5	10,40	2,40	12,20		0,01	0,01	0,07	0	0	1
1	6	24,40	16,15	25,29		0,05	0,53	0,83	1	0	0
1	6	23,00	16,00	25,00		0,04	0,47	0,73	0	0	1
1	6	36,50	15,84	26,51		0,10	1,16	1,94	1	0	0
1	6	33,00	15,84	26,51		0,09	0,95	1,59	1	0	0
1	6	42,00	16,50	27,00	27,00	0,14	1,60	2,62	1	0	0
1	6	35,00	15,84	26,51	26,51	0,10	1,07	1,79	0	0	1

1	6	37,00	16,50	27,00	27,00	0,11	1,24	2,03	1	0	0
1	6	26,00	16,50	26,00		0,05	0,61	0,97	0	0	1
1	6	27,00	16,50	26,00		0,06	0,66	1,04	0	0	1
1	6	48,00	18,00	35,00	35,00	0,18	2,28	4,43	0	0	1
1	6	23,40	16,00	25,00		0,04	0,48	0,75	1	0	0
1	6	37,00	16,50	27,00	27,00	0,11	1,24	2,03	0	1	0
1	6	27,60	16,50	26,00		0,06	0,69	1,09	0	0	1
1	6	31,20	14,02	29,26		0,08	0,75	1,57	1	0	0
1	6	39,20	16,50	27,00	27,00	0,12	1,39	2,28	0	1	0
1	6	23,50	16,00	25,00		0,04	0,49	0,76	0	1	0
1	6	24,50	15,84	31,08		0,05	0,52	1,03	0	1	0
1	7	27,20	15,00	28,00	28,00	0,06	0,61	1,14	0	1	0
1	7	10,00	4,00	10,00		0,01	0,02	0,05	0	1	0
1	7	24,00	15,00	28,00	28,00	0,05	0,48	0,89	1	0	0
1	7	23,20	15,00	28,00	28,00	0,04	0,44	0,83	1	0	0
1	7	17,50	6,60	21,60		0,02	0,11	0,36	0	0	1
1	7	21,80	8,00	22,00		0,04	0,21	0,57	0	0	1
1	7	19,00	6,60	21,60		0,03	0,13	0,43	1	0	0
1	7	15,80	6,00	15,00		0,02	0,08	0,21	1	0	0
1	7	21,00	8,00	22,00		0,03	0,19	0,53	1	0	0
1	7	19,10	6,60	21,60		0,03	0,13	0,43	1	0	0
1	7	22,10	8,00	22,00		0,04	0,21	0,59	1	0	0
1	7	20,10	6,60	21,60	21,60	0,03	0,15	0,48	0	0	1
1	7	15,00	6,00	14,00		0,02	0,07	0,17	0	0	1
1	7	15,90	6,00	15,00		0,02	0,08	0,21	0	1	0
1	7	22,60	8,00	22,00		0,04	0,22	0,62	0	0	1
1	7	10,00	4,00	10,00		0,01	0,02	0,05	0	0	1
1	7	18,00	6,60	21,60		0,03	0,12	0,38	1	0	0
1	7	25,80	15,00	28,00	28,00	0,05	0,55	1,02	1	0	0
1	7	20,50	8,00	22,00		0,03	0,18	0,51	0	0	1

1	7	17,40	6,00	15,00		0,02	0,10	0,25	1	0	0
1	7	29,80	15,00	28,00	28,00	0,07	0,73	1,37	1	0	0
1	7	12,10	5,40	13,40		0,01	0,04	0,11	0	0	1
1	7	18,40	6,60	21,60		0,03	0,12	0,40	0	1	0
1	7	22,20	8,00	22,00		0,04	0,22	0,60	0	0	1
1	8	23,00	15,00	28,00	28,00	0,04	0,44	0,81	1	0	0
1	8	23,50	15,00	28,00	28,00	0,04	0,46	0,85	1	0	0
1	8	14,50	5,50	12,00		0,02	0,06	0,14	1	0	0
1	8	20,00	16,15	28,34		0,03	0,36	0,62	0	1	0
1	8	22,40	12,80	23,46		0,04	0,35	0,65	0	0	1
1	8	17,00	11,27	21,94		0,02	0,18	0,35	0	1	0
1	8	23,00	15,00	28,00	28,00	0,04	0,44	0,81	0	1	0
1	8	13,00	5,00	11,00		0,01	0,05	0,10	0	0	1
1	8	19,00	11,27	21,94		0,03	0,22	0,44	0	0	1
1	8	20,00	16,15	28,34		0,03	0,36	0,62	1	0	0
1	8	11,00	4,00	10,00		0,01	0,03	0,07	1	0	0
1	8	30,80	15,00	28,00	28,00	0,07	0,78	1,46	1	0	0
1	8	21,00	16,15	28,34		0,03	0,39	0,69	0	1	0
1	8	25,40	15,00	28,00	28,00	0,05	0,53	0,99	0	1	0
1	8	14,00	5,00	11,00		0,02	0,05	0,12	0	1	0
1	8	28,00	15,00	28,00	28,00	0,06	0,65	1,21	0	1	0
1	8	19,30	10,66	26,21		0,03	0,22	0,54	0	0	1
1	8	15,40	10,00	19,00		0,02	0,13	0,25	0	1	0
1	8	16,00	10,00	19,00		0,02	0,14	0,27	0	1	0
1	8	15,00	6,00	13,00		0,02	0,07	0,16	0	1	0
1	8	19,80	10,66	26,21		0,03	0,23	0,56	0	0	1
1	8	19,00	11,27	21,94		0,03	0,22	0,44	0	1	0
1	8	16,70	10,00	19,00		0,02	0,15	0,29	0	0	1
1	8	12,50	4,00	10,00		0,01	0,03	0,09	1	0	0
1	8	15,00	6,00	13,00		0,02	0,07	0,16	1	0	0

1	8	17,00	11,27	21,94		0,02	0,18	0,35	1	0	0
1	8	16,00	10,00	19,00		0,02	0,14	0,27	1	0	0
1	8	18,00	11,27	21,94		0,03	0,20	0,39	1	0	0
1	8	18,00	11,27	21,94		0,03	0,20	0,39	1	0	0
1	9	21,80	10,60	26,80	26,80	0,04	0,28	0,70	1	0	0
1	9	17,50	6,50	18,00		0,02	0,11	0,30	0	1	0
1	9	12,00	4,00	9,00		0,01	0,03	0,07	0	0	1
1	9	19,20	7,00	18,00		0,03	0,14	0,36	1	0	0
1	9	17,90	7,40	23,40	23,40	0,03	0,13	0,41	1	0	0
1	9	21,40	10,60	26,80	26,80	0,04	0,27	0,67	1	0	0
1	9	17,20	6,50	18,00		0,02	0,11	0,29	0	1	0
1	9	19,30	7,00	18,00		0,03	0,14	0,37	0	1	0
1	9	15,20	5,00	10,00		0,02	0,06	0,13	0	0	1
1	9	19,40	7,00	18,00		0,03	0,14	0,37	0	0	1
1	9	16,80	6,50	18,00		0,02	0,10	0,28	0	1	0
1	9	15,10	5,00	10,00		0,02	0,06	0,13	1	0	0
1	9	21,00	7,00	18,00	18,00	0,03	0,17	0,44	0	1	0
1	9	16,90	6,50	18,00		0,02	0,10	0,28	1	0	0
1	9	16,90	6,50	18,00		0,02	0,10	0,28	1	0	0
1	9	18,30	7,50	23,00		0,03	0,14	0,42	1	0	0
1	9	26,00	10,60	26,80	26,80	0,05	0,39	1,00	1	0	0
1	9	24,40	10,60	26,80	26,80	0,05	0,35	0,88	0	1	0
1	9	18,30	8,00	16,00		0,03	0,15	0,29	0	1	0
1	9	19,00	6,50	18,20		0,03	0,13	0,36	1	0	0
1	9	16,50	6,50	18,00		0,02	0,10	0,27	1	0	0
1	9	12,90	4,00	9,00		0,01	0,04	0,08	1	0	0
1	9	16,20	6,50	18,00		0,02	0,09	0,26	1	0	0
1	9	19,40	7,00	18,00		0,03	0,14	0,37	0	1	0
1	9	13,80	4,00	9,00		0,01	0,04	0,09	0	1	0
1	9	15,20	5,00	10,00		0,02	0,06	0,13	0	1	0

1	9	16,20	6,50	18,00		0,02	0,09	0,26	1	0	0
1	9	18,20	7,50	23,00		0,03	0,14	0,42	1	0	0
1	10	24,11	18,89	31,08	31,08	0,05	0,60	0,99	0	0	1
1	10	21,30	14,00	28,00		0,04	0,35	0,70	0	0	1
1	10	28,20	19,00	31,00	31,00	0,06	0,83	1,36	0	0	1
1	10	21,40	14,00	28,00		0,04	0,35	0,70	1	0	0
1	10	20,00	8,00	16,00		0,03	0,18	0,35	0	0	1
1	10	20,40	14,00	28,00		0,03	0,32	0,64	1	0	0
1	10	26,00	19,00	31,00	31,00	0,05	0,71	1,15	0	0	1
1	10	25,00	18,89	31,08		0,05	0,65	1,07	0	1	0
1	10	20,50	14,00	28,00		0,03	0,32	0,65	0	0	1
1	10	19,50	8,00	16,00		0,03	0,17	0,33	0	0	1
1	10	20,00	11,27	29,56		0,03	0,25	0,65	1	0	0
1	10	18,00	8,00	16,00		0,03	0,14	0,29	0	1	0
1	10	19,50	8,00	16,00		0,03	0,17	0,33	0	0	1
1	10	17,00	5,00	15,00		0,02	0,08	0,24	1	0	0
1	10	26,00	19,00	31,00	31,00	0,05	0,71	1,15	1	0	0
1	10	18,00	8,00	16,00		0,03	0,14	0,29	0	0	1
1	10	22,70	18,89	31,08		0,04	0,54	0,88	1	0	0
1	10	24,20	18,89	31,08	31,08	0,05	0,61	1,00	1	0	0
1	10	13,00	2,50	15,00		0,01	0,02	0,14	0	0	1
1	10	18,80	8,00	16,00		0,03	0,16	0,31	1	0	0
1	10	17,50	5,00	15,00		0,02	0,08	0,25	1	0	0
1	10	25,00	18,89	31,08		0,05	0,65	1,07	1	0	0
1	10	11,60	3,00	12,00		0,01	0,02	0,09	0	0	1
1	10	25,00	18,89	31,08	31,08	0,05	0,65	1,07	0	1	0
1	11	17,60	8,60	22,40		0,02	0,15	0,38	0	0	1
1	11	29,80	10,00	25,10	25,10	0,07	0,49	1,23	1	0	0
1	11	28,10	9,00	24,60	24,60	0,06	0,39	1,07	0	1	0
1	11	18,90	8,60	22,40		0,03	0,17	0,44	0	1	0

1	11	25,90	9,00	24,60	24,60	0,05	0,33	0,91	0	1	0
1	11	18,50	8,60	22,40		0,03	0,16	0,42	0	1	0
1	11	16,60	6,50	21,60		0,02	0,10	0,33	0	1	0
1	11	17,00	7,40	21,60		0,02	0,12	0,34	0	1	0
1	11	29,00	10,00	25,10	25,10	0,07	0,46	1,16	0	1	0
1	11	17,10	7,40	21,60		0,02	0,12	0,35	1	0	0
1	11	23,20	9,00	24,60	24,60	0,04	0,27	0,73	1	0	0
1	11	16,50	6,50	21,60		0,02	0,10	0,32	1	0	0
1	11	18,50	8,60	22,40		0,03	0,16	0,42	0	1	0
1	11	20,10	8,60	22,40	22,40	0,03	0,19	0,50	0	1	0
1	11	19,40	8,60	22,40		0,03	0,18	0,46	0	1	0
1	11	16,90	7,40	21,60		0,02	0,12	0,34	0	0	1
1	12	19,00	6,10	12,20		0,03	0,12	0,24	1	0	0
1	12	27,00	14,00	26,20	26,20	0,06	0,56	1,05	0	0	1
1	12	10,00	2,50	6,00		0,01	0,01	0,03	0	0	1
1	12	12,50	9,10	15,00		0,01	0,08	0,13	0	0	1
1	12	16,00	7,00	15,00	15,00	0,02	0,10	0,21	0	0	1
1	12	10,00	2,50	6,00		0,01	0,01	0,03	0	0	1
1	12	10,00	2,50	6,00		0,01	0,01	0,03	0	0	1
1	12	20,70	14,60	23,70	23,70	0,03	0,34	0,56	1	0	0
1	12	14,70	9,10	15,00	15,00	0,02	0,11	0,18	0	1	0
1	12	23,50	14,00	26,20	26,20	0,04	0,43	0,80	0	0	1
1	12	12,00	9,10	15,00		0,01	0,07	0,12	0	0	1
1	12	20,70	14,60	23,70	23,70	0,03	0,34	0,56	0	0	1
1	13	21,30	12,00	27,40	27,40	0,04	0,30	0,68	0	1	0
1	13	21,30	10,00	25,00	25,00	0,04	0,25	0,62	1	0	0
1	13	16,70	5,50	16,00		0,02	0,08	0,25	0	1	0
1	13	12,60	4,00	12,00		0,01	0,03	0,10	1	0	0
1	13	13,80	4,00	12,00		0,01	0,04	0,13	0	1	0
1	13	10,50	4,00	12,00		0,01	0,02	0,07	1	0	0

1	13	18,90	5,50	16,00		0,03	0,11	0,31	0	1	0
1	13	19,70	5,50	16,00		0,03	0,12	0,34	0	1	0
1	13	17,00	5,50	16,00		0,02	0,09	0,25	1	0	0
1	13	21,30	10,00	25,00	22,47	0,04	0,25	0,62	0	1	0
1	13	15,40	5,00	14,40		0,02	0,07	0,19	0	1	0
1	13	33,20	13,80	24,80	24,80	0,09	0,84	1,50	1	0	0
1	13	16,00	5,00	14,40		0,02	0,07	0,20	1	0	0
1	13	17,00	5,50	16,00		0,02	0,09	0,25	1	0	0
1	13	22,50	10,00	25,00		0,04	0,28	0,70	1	0	0
1	13	28,10	12,90	26,10	26,10	0,06	0,56	1,13	1	0	0
1	13	11,70	4,00	12,00		0,01	0,03	0,09	1	0	0
1	13	25,00	10,00	25,00		0,05	0,34	0,86	1	0	0
1	13	11,40	4,00	12,00		0,01	0,03	0,09	0	1	0
1	13	10,20	4,00	12,00		0,01	0,02	0,07	0	0	1
1	13	23,00	10,00	25,00		0,04	0,29	0,73	1	0	0
1	13	12,00	4,00	12,00		0,01	0,03	0,10	1	0	0
1	13	14,00	4,00	12,00		0,02	0,04	0,13	0	0	1
1	13	34,30	13,80	24,80	24,80	0,09	0,89	1,60	1	0	0
1	13	17,00	5,50	16,00		0,02	0,09	0,25	1	0	0
1	13	14,00	4,00	12,00		0,02	0,04	0,13	1	0	0
1	13	20,00	5,50	16,00		0,03	0,12	0,35	1	0	0
1	13	16,50	5,00	16,00		0,02	0,07	0,24	0	1	0
1	13	14,60	5,00	14,40		0,02	0,06	0,17	1	0	0
1	13	14,50	4,00	12,00		0,02	0,05	0,14	0	1	0
1	13	15,40	5,00	14,40		0,02	0,07	0,19	1	0	0
1	13	26,00	12,90	26,10		0,05	0,48	0,97	0	1	0
1	14	13,40	5,20	11,50	11,50	0,01	0,05	0,11	0	1	0
1	14	10,50	2,00	6,00		0,01	0,01	0,04	0	1	0
1	14	10,70	2,50	6,00		0,01	0,02	0,04	0	0	1
1	14	13,00	4,00	10,00	10,00	0,01	0,04	0,09	0	1	0

1	14	17,00	5,00	12,00	12,00	0,02	0,08	0,19	0	0	1
1	14	10,40	2,50	6,00		0,01	0,01	0,04	0	1	0
1	14	10,70	3,00	6,00		0,01	0,02	0,04	0	0	1
1	14	16,80	6,00	11,00	11,00	0,02	0,09	0,17	0	1	0
1	14	21,70	7,80	17,20	17,20	0,04	0,20	0,45	1	0	0
1	14	10,00	2,00	5,00		0,01	0,01	0,03	1	0	0
1	14	18,70	5,00	12,00	12,00	0,03	0,10	0,23	0	0	1
1	15	16,00	11,60	29,80		0,02	0,16	0,42	0	0	1
1	15	21,00	10,00	20,00		0,03	0,24	0,48	0	0	1
1	15	12,50	10,50	21,00		0,01	0,09	0,18	0	0	1
1	15	22,00	17,00	32,00	32,00	0,04	0,45	0,85	0	1	0
1	15	10,00	8,00	16,00		0,01	0,04	0,09	0	0	1
1	15	11,40	10,00	21,00		0,01	0,07	0,15	0	0	1
1	15	17,00	11,60	28,00		0,02	0,18	0,44	0	1	0
1	15	13,40	11,20	23,00		0,01	0,11	0,23	0	0	1
1	15	15,70	11,50	28,00		0,02	0,16	0,38	0	0	1
1	15	19,00	14,00	28,00		0,03	0,28	0,56	0	0	1
1	15	23,00	15,00	32,00	32,00	0,04	0,44	0,93	0	1	0
1	15	19,00	14,00	28,00	28,00	0,03	0,28	0,56	0	0	1
1	15	12,00	10,00	21,00		0,01	0,08	0,17	0	0	1
1	15	12,00	10,50	21,00		0,01	0,08	0,17	0	0	1
1	15	23,80	15,00	32,00	32,00	0,04	0,47	1,00	0	0	1
1	15	11,00	8,00	16,00		0,01	0,05	0,11	0	0	1
1	15	21,40	10,00	20,00	20,00	0,04	0,25	0,50	0	0	1
1	15	17,50	11,60	28,00		0,02	0,20	0,47	1	0	0
1	15	12,60	11,20	25,50		0,01	0,10	0,22	1	0	0
1	15	11,20	10,00	21,00		0,01	0,07	0,14	0	0	1
1	15	11,20	10,00	21,00		0,01	0,07	0,14	0	0	1
1	15	14,00	11,20	23,00		0,02	0,12	0,25	0	0	1
1	15	14,20	11,20	23,00		0,02	0,12	0,25	0	0	1

1	15	18,30	14,00	28,00		0,03	0,26	0,52	1	0	0
1	15	11,00	8,00	16,00		0,01	0,05	0,11	0	0	1
1	15	12,00	10,50	21,00		0,01	0,08	0,17	0	0	1
1	15	22,70	15,00	32,00	32,00	0,04	0,42	0,91	0	0	1
1	15	15,80	11,50	28,00		0,02	0,16	0,38	0	0	1
1	15	13,00	11,20	23,00		0,01	0,10	0,21	0	0	1
1	15	10,10	5,00	8,00		0,01	0,03	0,04	1	0	0
1	15	12,00	10,50	21,00		0,01	0,08	0,17	0	0	1
1	15	14,00	11,20	23,00		0,02	0,12	0,25	1	0	0
1	15	21,00	10,00	20,00		0,03	0,24	0,48	0	0	1
1	15	19,00	14,00	28,00		0,03	0,28	0,56	1	0	0
1	15	18,00	16,70	28,90		0,03	0,30	0,51	0	0	1
1	15	20,00	10,60	16,70		0,03	0,23	0,37	1	0	0
1	16	19,00	10,00	24,00	24,00	0,03	0,20	0,48	0	0	1
1	16	29,50	12,20	25,90	25,90	0,07	0,58	1,24	0	0	1
1	16	13,00	9,10	23,00		0,01	0,08	0,21	0	0	1
1	16	11,90	8,00	16,00		0,01	0,06	0,12	0	0	1
1	16	16,70	9,10	23,00		0,02	0,14	0,35	0	0	1
1	16	12,00	8,00	16,00		0,01	0,06	0,13	0	0	1
1	16	16,00	9,10	23,00		0,02	0,13	0,32	0	0	1
1	16	12,50	8,00	16,00		0,01	0,07	0,14	0	0	1
1	16	10,40	4,00	10,00		0,01	0,02	0,06	0	0	1
1	16	18,50	10,00	24,00		0,03	0,19	0,45	0	0	1
1	16	17,40	10,00	24,00		0,02	0,17	0,40	0	0	1
1	16	13,00	9,10	23,00		0,01	0,08	0,21	0	0	1
1	16	17,70	10,00	24,00		0,02	0,17	0,41	0	0	1
1	16	10,50	8,00	16,00		0,01	0,05	0,10	0	1	0
1	16	15,30	9,10	23,00		0,02	0,12	0,30	0	0	1
1	16	14,20	9,10	23,00		0,02	0,10	0,25	1	0	0
1	16	17,50	10,00	24,00		0,02	0,17	0,40	1	0	0

1	16	25,00	12,20	25,90	25,90	0,05	0,42	0,89	0	0	1
1	16	22,00	12,20	25,90		0,04	0,32	0,69	0	0	1
1	16	16,00	9,10	23,00		0,02	0,13	0,32	0	1	0
1	16	11,10	8,00	16,00		0,01	0,05	0,11	0	0	1
1	16	11,80	8,00	16,00		0,01	0,06	0,12	1	0	0
1	16	21,70	12,20	25,90	25,90	0,04	0,32	0,67	1	0	0
1	16	11,00	8,00	16,00		0,01	0,05	0,11	1	0	0
1	16	18,80	10,00	24,00		0,03	0,19	0,47	0	0	1
1	16	16,00	9,10	23,00		0,02	0,13	0,32	0	0	1
1	16	20,00	10,00	22,00		0,03	0,22	0,48	0	1	0
1	16	14,40	9,10	23,00		0,02	0,10	0,26	0	1	0
1	16	11,70	8,00	16,00		0,01	0,06	0,12	0	0	1
1	16	15,40	9,10	23,00		0,02	0,12	0,30	0	0	1
1	16	10,00	4,00	10,00		0,01	0,02	0,05	0	1	0
1	16	10,60	8,00	16,00		0,01	0,05	0,10	1	0	0
1	16	21,40	12,20	25,90	25,90	0,04	0,31	0,65	1	0	0
1	16	23,00	12,20	25,90	25,90	0,04	0,35	0,75	0	1	0
1	17	17,19	11,00	18,00		0,02	0,18	0,29	1	0	0
1	17	22,00	12,00	20,00		0,04	0,32	0,53	1	0	0
1	17	33,74	16,00	28,00	28,00	0,09	1,00	1,75	1	0	0
1	17	21,33	9,00	18,00		0,04	0,23	0,45	0	0	1
1	17	23,87	12,00	21,00		0,04	0,38	0,66	1	0	0
1	17	27,06	15,00	28,00		0,06	0,60	1,13	1	0	0
1	17	27,06	15,00	28,00	28,00	0,06	0,60	1,13	1	0	0
1	17	27,37	15,00	28,00		0,06	0,62	1,15	1	0	0
1	17	23,87	12,00	21,00		0,04	0,38	0,66	0	0	1
1	17	19,42	7,00	15,00		0,03	0,15	0,31	1	0	0
1	17	26,74	14,00	26,00		0,06	0,55	1,02	0	0	1
1	17	18,14	8,00	15,00		0,03	0,14	0,27	1	0	0
1	17	21,33	10,00	19,00		0,04	0,25	0,48	1	0	0

1	17	30,88	16,00	28,00	28,00	0,07	0,84	1,47	1	0	0
1	17	28,65	15,00	28,00		0,06	0,68	1,26	1	0	0
1	17	30,24	16,00	28,00		0,07	0,80	1,41	1	0	0
1	17	35,01	17,00	28,00		0,10	1,15	1,89	1	0	0
1	17	20,37	10,00	18,00		0,03	0,23	0,41	1	0	0
1	17	23,55	11,00	20,00		0,04	0,34	0,61	0	0	1
1	17	25,46	11,00	21,00		0,05	0,39	0,75	1	0	0
1	17	39,15	16,00	28,00		0,12	1,35	2,36	1	0	0
1	17	38,20	18,00	28,00	28,00	0,11	1,44	2,25	0	0	1
1	17	20,37	8,00	15,00		0,03	0,18	0,34	1	0	0
1	17	37,24	17,00	28,00	28,00	0,11	1,30	2,14	0	0	1
1	17	26,10	14,00	26,00		0,05	0,52	0,97	0	1	0
1	17	25,46	14,00	26,00		0,05	0,50	0,93	0	1	0
1	17	32,47	18,00	28,00	28,00	0,08	1,04	1,62	0	1	0
2	1	18,00	5,00	18,00		0,03	0,09	0,32	0	1	0
2	1	17,00	5,00	18,00		0,02	0,08	0,29	0	0	1
2	1	23,40	6,09	19,20		0,04	0,18	0,58	1	0	0
2	1	18,00	5,00	18,00		0,03	0,09	0,32	1	0	0
2	1	24,50	6,09	19,20	21,00	0,05	0,20	0,63	1	0	0
2	1	20,60	6,00	19,00		0,03	0,14	0,44	1	0	0
2	1	27,00	13,00	27,00	27,00	0,06	0,52	1,08	0	1	0
2	1	23,00	6,00	19,00		0,04	0,17	0,55	0	0	1
2	1	26,20	13,71	27,43		0,05	0,52	1,04	1	0	0
2	1	20,30	6,00	19,00		0,03	0,14	0,43	1	0	0
2	1	17,50	5,00	18,00		0,02	0,08	0,30	0	1	0
2	1	26,00	7,00	18,00	18,00	0,05	0,26	0,67	1	0	0
2	1	20,00	5,00	18,00		0,03	0,11	0,40	1	0	0
2	1	38,00	13,71	25,90	25,90	0,11	1,09	2,06	1	0	0
2	1	22,00	6,00	19,00		0,04	0,16	0,51	1	0	0
2	1	28,00	13,50	26,00	26,00	0,06	0,58	1,12	0	0	1

2	1	14,00	4,00	12,00		0,02	0,04	0,13	0	0	1
2	1	11,00	3,00	9,00		0,01	0,02	0,06	0	0	1
2	1	22,00	6,00	19,00		0,04	0,16	0,51	0	1	0
2	1	19,50	5,00	18,00		0,03	0,10	0,38	0	0	1
2	2	10,00	4,00	12,40		0,01	0,02	0,07	0	1	0
2	2	12,60	6,00	15,00		0,01	0,05	0,13	1	0	0
2	2	10,00	4,00	12,40		0,01	0,02	0,07	1	0	0
2	2	17,30	8,00	22,20		0,02	0,13	0,37	1	0	0
2	2	18,20	9,00	21,00		0,03	0,16	0,38	1	0	0
2	2	10,60	4,00	12,40		0,01	0,02	0,08	1	0	0
2	2	10,50	4,00	12,40		0,01	0,02	0,08	0	1	0
2	2	14,00	8,00	24,40		0,02	0,09	0,26	1	0	0
2	2	12,80	6,00	15,00		0,01	0,05	0,14	0	0	1
2	2	12,80	6,00	15,00		0,01	0,05	0,14	1	0	0
2	2	18,00	9,00	21,00		0,03	0,16	0,37	1	0	0
2	2	10,50	4,00	12,40		0,01	0,02	0,08	1	0	0
2	2	17,50	9,00	21,00		0,02	0,15	0,35	1	0	0
2	2	18,30	9,00	21,00		0,03	0,17	0,39	0	1	0
2	2	13,90	8,00	24,40		0,02	0,08	0,26	1	0	0
2	2	17,80	9,00	21,00		0,02	0,16	0,37	0	1	0
2	2	10,10	4,00	12,40		0,01	0,02	0,07	1	0	0
2	2	23,20	9,00	21,00	21,00	0,04	0,27	0,62	1	0	0
2	2	10,00	4,00	12,40		0,01	0,02	0,07	1	0	0
2	2	13,60	8,00	24,40		0,01	0,08	0,25	1	0	0
2	2	12,20	6,00	15,00		0,01	0,05	0,12	0	1	0
2	2	12,80	6,00	15,00		0,01	0,05	0,14	0	1	0
2	2	13,30	8,00	24,40		0,01	0,08	0,24	0	0	1
2	2	11,00	6,00	15,00		0,01	0,04	0,10	0	1	0
2	2	12,90	8,00	24,40		0,01	0,07	0,22	0	0	1
2	2	14,20	7,00	18,00		0,02	0,08	0,20	1	0	0

2	2	15,50	7,50	18,00		0,02	0,10	0,24	1	0	0
2	3	19,80	7,00	16,00	16,00	0,03	0,15	0,34	1	0	0
2	3	10,80	3,00	8,00		0,01	0,02	0,05	1	0	0
2	3	10,80	3,00	8,00		0,01	0,02	0,05	0	0	1
2	3	12,00	4,00	15,40		0,01	0,03	0,12	1	0	0
2	3	16,00	5,00	15,40		0,02	0,07	0,22	1	0	0
2	3	10,30	3,00	8,00		0,01	0,02	0,05	0	1	0
2	3	19,00	9,00	15,40	15,40	0,03	0,18	0,31	1	0	0
2	3	16,80	9,80	15,40		0,02	0,15	0,24	1	0	0
2	3	11,00	4,00	15,40		0,01	0,03	0,10	1	0	0
2	3	10,60	3,00	8,00		0,01	0,02	0,05	0	1	0
2	3	10,00	2,00	8,00		0,01	0,01	0,04	0	1	0
2	3	13,40	4,50	15,40		0,01	0,04	0,15	1	0	0
2	3	19,90	8,50	19,00	19,00	0,03	0,19	0,41	1	0	0
2	3	15,50	5,00	15,40		0,02	0,07	0,20	1	0	0
2	3	10,00	2,00	8,00		0,01	0,01	0,04	1	0	0
2	3	11,40	4,00	15,40		0,01	0,03	0,11	1	0	0
2	3	12,00	4,00	15,40		0,01	0,03	0,12	1	0	0
2	3	13,00	4,50	15,40		0,01	0,04	0,14	1	0	0
2	3	11,00	4,00	15,40		0,01	0,03	0,10	1	0	0
2	3	16,30	5,00	15,40		0,02	0,07	0,22	1	0	0
2	3	12,50	4,50	15,40		0,01	0,04	0,13	0	0	1
2	3	10,20	2,00	8,00		0,01	0,01	0,05	1	0	0
2	3	16,20	5,00	15,40		0,02	0,07	0,22	0	1	0
2	3	19,50	8,00	15,00	15,00	0,03	0,17	0,31	1	0	0
2	3	18,00	8,50	19,00	19,00	0,03	0,15	0,34	1	0	0
2	3	14,00	5,00	15,40		0,02	0,05	0,17	1	0	0
2	3	14,00	5,00	15,40		0,02	0,05	0,17	1	0	0
2	3	10,30	3,00	8,00		0,01	0,02	0,05	0	0	1
2	3	24,00	10,00	20,00	20,00	0,05	0,32	0,63	0	0	1

2	3	13,20	4,50	15,40		0,01	0,04	0,15	1	0	0
2	3	13,00	4,50	15,40		0,01	0,04	0,14	1	0	0
2	3	12,50	4,50	15,40		0,01	0,04	0,13	1	0	0
2	3	17,50	8,00	15,00		0,02	0,13	0,25	1	0	0
2	4	21,20	16,00	33,00	33,00	0,04	0,40	0,82	1	0	0
2	4	13,30	5,00	20,00		0,01	0,05	0,19	1	0	0
2	4	15,60	6,00	20,00		0,02	0,08	0,27	1	0	0
2	4	13,50	5,00	20,00		0,01	0,05	0,20	1	0	0
2	4	14,40	6,00	27,00		0,02	0,07	0,31	1	0	0
2	4	23,30	16,00	33,00	33,00	0,04	0,48	0,98	1	0	0
2	4	10,80	2,50	7,00		0,01	0,02	0,04	1	0	0
2	4	17,50	7,00	20,00		0,02	0,12	0,34	1	0	0
2	4	15,30	6,00	20,00		0,02	0,08	0,26	0	1	0
2	4	15,30	6,00	20,00		0,02	0,08	0,26	1	0	0
2	4	20,80	10,00	30,60	30,60	0,03	0,24	0,73	1	0	0
2	4	16,70	6,00	20,00		0,02	0,09	0,31	1	0	0
2	4	19,00	10,00	21,00	21,00	0,03	0,20	0,42	0	0	1
2	4	10,00	2,00	7,00		0,01	0,01	0,04	0	0	1
2	4	11,00	2,50	7,00		0,01	0,02	0,05	0	1	0
2	4	10,00	2,00	7,00		0,01	0,01	0,04	1	0	0
2	4	10,00	2,00	7,00		0,01	0,01	0,04	1	0	0
2	4	15,70	6,00	20,00		0,02	0,08	0,27	1	0	0
2	4	10,00	2,00	7,00		0,01	0,01	0,04	0	1	0
2	4	13,00	5,00	20,00		0,01	0,05	0,19	0	1	0
2	4	17,00	7,00	20,00		0,02	0,11	0,32	1	0	0
2	4	21,00	14,00	26,00		0,03	0,34	0,63	1	0	0
2	4	24,50	16,00	33,00	33,00	0,05	0,53	1,09	1	0	0
2	4	11,30	2,50	7,00		0,01	0,02	0,05	0	1	0
2	4	18,00	7,00	20,00		0,03	0,12	0,36	1	0	0
2	4	12,20	3,00	7,00		0,01	0,02	0,06	1	0	0

2	4	19,00	10,00	21,00		0,03	0,20	0,42	1	0	0
2	4	14,20	5,00	20,00		0,02	0,06	0,22	0	1	0
2	4	20,00	10,00	21,00		0,03	0,22	0,46	1	0	0
2	4	10,70	2,00	7,00		0,01	0,01	0,04	0	1	0
2	4	12,00	3,00	7,00		0,01	0,02	0,06	0	1	0
2	4	16,50	6,00	20,00		0,02	0,09	0,30	0	1	0
2	4	20,00	10,00	21,00		0,03	0,22	0,46	1	0	0
2	4	12,50	3,00	7,00		0,01	0,03	0,06	0	1	0
2	4	16,50	6,00	20,00		0,02	0,09	0,30	0	1	0
2	4	16,40	6,00	20,00		0,02	0,09	0,30	0	1	0
2	4	18,00	7,00	20,00		0,03	0,12	0,36	1	0	0
2	4	18,10	7,00	20,00		0,03	0,13	0,36	0	1	0
2	4	18,20	7,00	20,00		0,03	0,13	0,36	1	0	0
2	4	18,40	7,00	20,00		0,03	0,13	0,37	1	0	0
2	4	18,50	10,00	21,00		0,03	0,19	0,40	1	0	0
2	4	18,40	10,00	21,00		0,03	0,19	0,39	1	0	0
2	4	11,40	2,50	7,00		0,01	0,02	0,05	1	0	0
2	4	14,00	5,00	20,00		0,02	0,05	0,22	1	0	0
2	4	13,20	5,00	20,00		0,01	0,05	0,19	1	0	0
2	4	12,70	3,00	7,00		0,01	0,03	0,06	1	0	0
2	4	22,00	16,00	33,00	33,00	0,04	0,43	0,88	1	0	0
2	4	11,50	2,50	7,00		0,01	0,02	0,05	1	0	0
3	1	20,10	8,00	25,00	25,00	0,03	0,18	0,56	0	1	0
3	1	22,80	10,00	28,00	28,00	0,04	0,29	0,80	1	0	0
3	1	24,30	10,00	28,00	28,00	0,05	0,32	0,91	1	0	0
3	1	10,10	2,50	9,00		0,01	0,01	0,05	1	0	0
3	1	13,30	4,00	11,00		0,01	0,04	0,11	0	0	1
3	1	10,00	2,50	9,00		0,01	0,01	0,05	0	0	1
3	1	13,80	5,00	12,00	12,00	0,01	0,05	0,13	0	0	1
3	1	13,50	4,25	11,50		0,01	0,04	0,12	0	1	0

3	1	13,40	4,25	11,50		0,01	0,04	0,11	0	0	1
3	1	13,00	4,00	11,00		0,01	0,04	0,10	0	0	1
3	1	18,20	7,50	18,00	18,00	0,03	0,14	0,33	1	0	0
3	1	13,50	4,25	11,50		0,01	0,04	0,12	0	0	1
3	1	13,50	4,25	11,50		0,01	0,04	0,12	0	0	1
3	1	12,00	4,00	11,00		0,01	0,03	0,09	1	0	0
3	1	13,20	4,00	11,00		0,01	0,04	0,11	0	0	1
3	1	10,50	3,00	9,00		0,01	0,02	0,05	0	0	1
3	1	24,50	10,00	24,00	24,00	0,05	0,33	0,79	0	0	1
3	2	21,00	8,00	25,00	25,00	0,03	0,19	0,61	0	1	0
3	2	22,80	10,00	28,00	28,00	0,04	0,29	0,80	1	0	0
3	2	24,30	10,00	28,00	28,00	0,05	0,32	0,91	1	0	0
3	2	10,00	2,50	9,00		0,01	0,01	0,05	1	0	0
3	2	13,30	4,00	11,00	11,00	0,01	0,04	0,11	0	0	1
3	2	10,00	2,50	9,00		0,01	0,01	0,05	0	0	1
3	2	13,00	5,00	12,00		0,01	0,05	0,11	0	0	1
3	2	10,00	4,25	11,50		0,01	0,02	0,06	0	1	0
3	2	13,40	4,25	11,50	11,50	0,01	0,04	0,11	0	0	1
3	2	13,00	4,00	11,00		0,01	0,04	0,10	0	0	1
3	2	14,00	7,00	16,00	16,00	0,02	0,08	0,17	1	0	0
3	2	13,00	4,25	11,50		0,01	0,04	0,11	0	0	1
3	2	13,50	4,25	11,50		0,01	0,04	0,12	0	0	1
3	2	12,00	4,00	11,00		0,01	0,03	0,09	1	0	0
3	2	13,00	4,00	11,00		0,01	0,04	0,10	0	0	1
4	1	14,60	6,00	9,00	9,00	0,02	0,07	0,11	0	1	0
4	1	10,50	3,50	12,00		0,01	0,02	0,07	0	0	1
4	1	12,60	4,00	11,00	11,00	0,01	0,03	0,10	0	0	1
4	1	12,30	4,00	12,00	12,00	0,01	0,03	0,10	0	0	1
4	2	14,00	6,00	13,00	13,00	0,02	0,06	0,14	0	1	0
4	2	10,50	3,50	12,00	12,00	0,01	0,02	0,07	0	0	1

4	2	12,40	4,00	11,00	11,00	0,01	0,03	0,09	0	0	1
4	2	12,30	4,00	11,50	12,00	0,01	0,03	0,10	0	0	1
4	3	21,00	14,00	24,00	24,00	0,03	0,34	0,58	1	0	0
4	3	19,00	14,00	24,00	24,00	0,03	0,28	0,48	1	0	0
4	3	18,00	14,00	24,00		0,03	0,25	0,43	0	0	1
4	3	24,00	14,00	24,00	24,00	0,05	0,44	0,76	0	0	1
4	3	14,90	12,00	20,00		0,02	0,15	0,24	0	0	1
4	3	10,00	3,00	10,00		0,01	0,02	0,05	0	0	1
4	3	10,00	3,00	10,00		0,01	0,02	0,05	0	0	1
4	3	18,50	14,00	24,00		0,03	0,26	0,45	1	0	0
4	3	24,00	14,00	25,00	25,00	0,05	0,44	0,79	1	0	0
4	3	10,20	3,00	10,00		0,01	0,02	0,06	1	0	0
4	3	17,70	12,50	20,00		0,02	0,22	0,34	0	1	0
4	3	21,00	14,00	24,00	24,00	0,03	0,34	0,58	0	1	0
4	3	10,00	3,00	10,00		0,01	0,02	0,05	1	0	0
4	3	25,60	14,50	25,00	25,00	0,05	0,52	0,90	0	0	1
4	3	10,00	3,00	10,00		0,01	0,02	0,05	0	0	1
4	3	12,50	3,00	10,00		0,01	0,03	0,09	1	0	0
4	4	13,40	3,00	10,00	10,00	0,01	0,03	0,10	0	0	1
4	4	22,30	14,00	25,00	25,00	0,04	0,38	0,68	0	1	0
4	4	11,30	2,00	14,00		0,01	0,01	0,10	0	1	0
4	4	10,10	2,00	14,00		0,01	0,01	0,08	0	0	1
4	4	14,40	3,00	10,00	10,00	0,02	0,03	0,11	0	0	1
4	4	20,50	6,00	14,00	14,00	0,03	0,14	0,32	0	0	1
4	4	21,80	6,00	14,00	14,00	0,04	0,16	0,37	0	1	0
4	4	12,00	2,00	14,00		0,01	0,02	0,11	0	0	1
4	4	30,20	23,00	31,00	31,00	0,07	1,15	1,55	0	1	0
4	5	21,40	10,60	21,00	21,00	0,04	0,27	0,53	1	0	0
4	5	10,00	2,50	11,00		0,01	0,01	0,06	0	0	1
4	5	14,50	6,00	12,50		0,02	0,07	0,14	0	1	0

4	5	12,00	2,50	11,00		0,01	0,02	0,09	0	0	1
4	5	18,40	9,00	20,00	20,00	0,03	0,17	0,37	1	0	0
4	5	16,60	9,00	16,00		0,02	0,14	0,24	1	0	0
4	5	17,20	9,00	20,00	20,00	0,02	0,15	0,33	0	1	0
4	5	15,50	7,00	12,50		0,02	0,09	0,17	0	0	1
4	5	13,50	6,00	12,50		0,01	0,06	0,13	0	0	1
4	5	13,20	5,00	12,50		0,01	0,05	0,12	0	1	0
4	5	14,00	6,00	12,50		0,02	0,06	0,13	1	0	0
4	5	12,00	2,50	11,00		0,01	0,02	0,09	0	1	0
4	5	11,50	2,50	11,00		0,01	0,02	0,08	1	0	0
4	5	16,50	9,00	16,00		0,02	0,13	0,24	1	0	0
4	5	10,80	2,50	11,00		0,01	0,02	0,07	1	0	0
4	5	11,50	2,50	11,00		0,01	0,02	0,08	1	0	0
4	5	21,20	9,00	20,00	20,00	0,04	0,22	0,49	1	0	0
4	5	12,20	5,00	12,50		0,01	0,04	0,10	1	0	0
4	5	16,80	9,00	16,00		0,02	0,14	0,25	0	1	0
4	5	10,00	2,50	11,00		0,01	0,01	0,06	0	1	0
4	5	13,10	5,00	12,50		0,01	0,05	0,12	0	0	1
4	5	16,20	9,00	16,00	16,00	0,02	0,13	0,23	1	0	0
4	5	10,00	2,50	11,00		0,01	0,01	0,06	0	1	0
4	5	20,40	9,00	20,00	20,00	0,03	0,21	0,46	1	0	0
4	5	11,00	2,50	11,00		0,01	0,02	0,07	0	0	1
4	6	15,00	8,00	17,00		0,02	0,10	0,21	0	0	1
4	6	12,00	4,00	12,00		0,01	0,03	0,10	0	0	1
4	6	17,50	9,00	18,00	18,00	0,02	0,15	0,30	0	0	1
4	6	10,50	3,00	10,00		0,01	0,02	0,06	0	0	1
4	6	11,00	3,50	11,00		0,01	0,02	0,07	0	0	1
4	6	10,00	2,50	10,00		0,01	0,01	0,05	0	0	1
4	6	21,00	10,00	20,00	20,00	0,03	0,24	0,48	0	0	1
4	6	11,00	3,50	11,00		0,01	0,02	0,07	0	0	1

4	6	10,00	2,50	10,00		0,01	0,01	0,05	0	1	0
4	6	11,00	3,50	11,00		0,01	0,02	0,07	0	0	1
4	6	12,00	4,00	12,00		0,01	0,03	0,10	0	0	1
4	6	11,00	3,50	11,00		0,01	0,02	0,07	0	1	0
4	6	25,00	12,00	25,00	25,00	0,05	0,41	0,86	1	0	0
4	6	12,70	4,25	12,00		0,01	0,04	0,11	0	1	0
4	6	18,00	9,00	18,00	18,00	0,03	0,16	0,32	1	0	0
4	6	13,00	6,00	12,00		0,01	0,06	0,11	0	0	1
4	6	13,20	6,00	12,00		0,01	0,06	0,11	0	0	1
4	6	11,00	3,50	11,00		0,01	0,02	0,07	0	0	1
4	6	13,00	6,00	12,00		0,01	0,06	0,11	0	0	1
4	6	23,40	10,00	20,00	20,00	0,04	0,30	0,60	0	1	0
4	6	10,00	2,50	10,00		0,01	0,01	0,05	0	0	1
4	6	11,50	3,75	11,00		0,01	0,03	0,08	0	0	1
4	6	15,00	8,00	17,00		0,02	0,10	0,21	0	0	1
4	6	12,00	4,00	12,00		0,01	0,03	0,10	0	0	1
4	6	10,30	2,50	10,00		0,01	0,01	0,06	0	1	0
4	6	10,50	3,00	10,00		0,01	0,02	0,06	0	0	1
4	6	12,40	4,25	12,00		0,01	0,04	0,10	0	1	0
4	6	10,00	2,50	10,00		0,01	0,01	0,05	0	0	1
4	6	11,30	3,75	11,00		0,01	0,03	0,08	0	1	0
4	6	18,60	9,00	18,00	18,00	0,03	0,17	0,34	0	0	1
4	6	13,00	6,00	12,00		0,01	0,06	0,11	0	0	1
4	7	11,00	4,50	13,00		0,01	0,03	0,09	0	0	1
4	7	15,10	6,50	14,00		0,02	0,08	0,18	1	0	0
4	7	12,50	5,25	13,00		0,01	0,05	0,11	1	0	0
4	7	12,10	5,00	13,00		0,01	0,04	0,10	0	1	0
4	7	14,20	6,00	14,00		0,02	0,07	0,16	0	1	0
4	7	20,10	10,00	18,00	18,00	0,03	0,22	0,40	0	1	0
4	7	21,30	10,00	18,00	18,00	0,04	0,25	0,45	1	0	0

4	7	10,10	4,00	12,00		0,01	0,02	0,07	0	0	1
4	7	15,90	8,00	14,00		0,02	0,11	0,19	1	0	0
4	7	13,60	6,00	14,00		0,01	0,06	0,14	1	0	0
4	7	11,60	5,00	13,00		0,01	0,04	0,10	1	0	0
4	7	21,30	10,00	18,00	18,00	0,04	0,25	0,45	0	1	0
4	7	14,20	6,00	14,00		0,02	0,07	0,16	0	1	0
4	7	13,00	5,25	13,00		0,01	0,05	0,12	0	0	1
4	7	12,70	5,25	13,00		0,01	0,05	0,12	0	0	1
4	7	10,60	4,00	12,00		0,01	0,02	0,07	0	0	1
4	7	12,20	5,25	13,00		0,01	0,04	0,11	0	1	0
4	7	18,80	8,00	14,00		0,03	0,16	0,27	0	1	0
4	7	13,80	6,00	14,00		0,01	0,06	0,15	0	0	1
4	7	16,00	8,00	14,00		0,02	0,11	0,20	0	1	0
4	7	23,00	12,00	18,00	18,00	0,04	0,35	0,52	1	0	0
4	7	14,40	6,00	14,00		0,02	0,07	0,16	0	1	0
4	7	22,00	11,00	18,00	18,00	0,04	0,29	0,48	1	0	0
4	7	10,10	4,00	12,00		0,01	0,02	0,07	0	0	1
4	7	10,70	4,25	12,00		0,01	0,03	0,08	1	0	0
4	7	11,40	4,50	13,00		0,01	0,03	0,09	0	1	0
4	7	11,50	5,00	13,00		0,01	0,04	0,09	0	1	0
4	7	11,60	5,00	13,00		0,01	0,04	0,10	0	0	1
4	7	12,60	5,25	13,00		0,01	0,05	0,11	1	0	0
4	7	11,30	4,50	13,00		0,01	0,03	0,09	0	0	1
4	7	26,60	14,00	18,00	18,00	0,06	0,54	0,70	1	0	0
4	7	11,10	4,50	13,00		0,01	0,03	0,09	0	1	0
4	7	14,20	6,00	14,00		0,02	0,07	0,16	1	0	0
4	7	12,40	5,25	13,00		0,01	0,04	0,11	0	1	0
4	7	11,90	5,00	13,00		0,01	0,04	0,10	1	0	0
4	7	10,00	4,00	12,00		0,01	0,02	0,07	0	1	0
4	8	11,50	3,50	11,00		0,01	0,03	0,08	0	0	1

4	8	12,00	4,00	11,00		0,01	0,03	0,09	0	0	1
4	8	20,60	9,00	18,00	18,00	0,03	0,21	0,42	1	0	0
4	8	11,00	3,50	11,00		0,01	0,02	0,07	1	0	0
4	8	15,00	6,00	12,50		0,02	0,07	0,15	0	0	1
4	8	13,00	4,50	12,00		0,01	0,04	0,11	0	0	1
4	8	11,30	3,50	11,00		0,01	0,02	0,08	0	0	1
4	8	12,00	4,00	11,00		0,01	0,03	0,09	0	0	1
4	8	24,00	9,00	18,00	18,00	0,05	0,29	0,57	1	0	0
4	8	12,00	4,00	11,00		0,01	0,03	0,09	0	0	1
4	8	11,50	3,50	11,00		0,01	0,03	0,08	0	1	0
4	8	12,00	4,00	11,00		0,01	0,03	0,09	0	0	1
4	8	18,20	8,00	14,00	14,00	0,03	0,15	0,25	0	1	0
4	8	12,00	4,00	11,00		0,01	0,03	0,09	0	0	1
4	8	13,20	4,75	12,25		0,01	0,05	0,12	0	0	1
4	8	16,60	7,00	13,00		0,02	0,11	0,20	0	0	1
4	8	10,50	3,00	10,50		0,01	0,02	0,06	0	0	1
4	8	23,00	9,00	18,00	18,00	0,04	0,26	0,52	1	0	0
4	8	10,00	3,00	10,50		0,01	0,02	0,06	0	0	1
4	8	11,00	3,50	11,00		0,01	0,02	0,07	0	0	1
4	8	12,50	4,00	11,00		0,01	0,03	0,09	0	1	0
4	8	13,00	4,50	12,00		0,01	0,04	0,11	1	0	0
4	8	14,50	4,75	12,25		0,02	0,05	0,14	0	0	1
4	8	13,00	4,50	12,00		0,01	0,04	0,11	0	0	1
4	8	13,50	4,75	12,25		0,01	0,05	0,12	0	0	1
4	8	17,00	8,00	14,00		0,02	0,13	0,22	1	0	0
4	8	15,00	6,00	12,50		0,02	0,07	0,15	1	0	0
4	8	11,00	3,50	11,00		0,01	0,02	0,07	0	0	1
4	8	10,00	3,00	10,50		0,01	0,02	0,06	0	0	1
4	8	25,20	9,00	18,00	18,00	0,05	0,31	0,63	0	0	1
4	8	16,10	7,00	13,00		0,02	0,10	0,19	0	0	1

4	8	15,00	6,00	12,50		0,02	0,07	0,15	0	0	1
4	8	20,50	8,00	14,00	14,00	0,03	0,18	0,32	0	0	1
4	8	10,00	3,00	10,50		0,01	0,02	0,06	0	0	1
4	8	10,50	3,00	10,50		0,01	0,02	0,06	0	0	1
4	8	10,50	3,00	10,50		0,01	0,02	0,06	0	0	1
4	8	10,00	3,00	10,50		0,01	0,02	0,06	0	0	1
4	9	12,50	3,25	11,00		0,01	0,03	0,09	0	0	1
4	9	12,00	3,00	11,00		0,01	0,02	0,09	0	1	0
4	9	10,00	2,75	10,00		0,01	0,02	0,05	0	1	0
4	9	16,00	5,00	14,00	14,00	0,02	0,07	0,20	0	1	0
4	9	10,00	2,75	8,00		0,01	0,02	0,04	0	0	1
4	9	12,00	3,00	11,00		0,01	0,02	0,09	0	0	1
4	9	18,00	7,50	16,00	16,00	0,03	0,13	0,29	0	0	1
4	9	18,00	7,50	15,00		0,03	0,13	0,27	1	0	0
4	9	18,00	7,00	16,00	16,00	0,03	0,12	0,29	0	0	1
4	9	18,00	7,00	16,00	16,00	0,03	0,12	0,29	0	0	1
4	9	10,00	2,75	9,00		0,01	0,02	0,05	0	0	1
4	9	22,00	10,00	18,00	18,00	0,04	0,27	0,48	1	0	0
4	9	18,00	7,00	15,00	15,00	0,03	0,12	0,27	1	0	0
4	9	13,00	3,50	11,00		0,01	0,03	0,10	0	0	1
4	9	12,50	3,25	11,00		0,01	0,03	0,09	0	1	0
4	9	16,00	5,00	14,00		0,02	0,07	0,20	0	1	0
4	9	13,00	3,50	11,00		0,01	0,03	0,10	0	1	0
4	9	12,00	3,00	10,00		0,01	0,02	0,08	0	1	0
4	9	12,00	3,00	10,00		0,01	0,02	0,08	0	1	0
4	9	10,00	2,75	9,00		0,01	0,02	0,05	0	0	1
4	9	12,00	3,00	9,00		0,01	0,02	0,07	0	1	0
4	10	12,50	4,00	12,00		0,01	0,03	0,10	0	1	0
4	10	10,00	3,00	11,00		0,01	0,02	0,06	0	0	1
4	10	28,50	15,00	31,50	31,50	0,06	0,67	1,41	0	0	1

4	10	11,20	3,50	11,50		0,01	0,02	0,08	0	0	1
4	10	15,20	5,50	12,50		0,02	0,07	0,16	1	0	0
4	10	14,30	5,00	12,00		0,02	0,06	0,13	1	0	0
4	10	12,50	4,00	12,00		0,01	0,03	0,10	1	0	0
4	10	11,50	4,00	12,00		0,01	0,03	0,09	1	0	0
4	10	12,50	4,00	12,00		0,01	0,03	0,10	0	0	1
4	10	13,20	4,25	12,00		0,01	0,04	0,11	1	0	0
4	10	11,80	4,00	12,00		0,01	0,03	0,09	0	0	1
4	10	10,00	3,00	11,00		0,01	0,02	0,06	0	1	0
4	10	12,00	4,00	12,00		0,01	0,03	0,10	0	0	1
4	10	12,30	4,00	12,00		0,01	0,03	0,10	0	0	1
4	10	10,20	3,25	11,00		0,01	0,02	0,06	0	0	1
4	10	13,30	4,25	12,00		0,01	0,04	0,12	0	0	1
4	10	14,80	5,00	12,00		0,02	0,06	0,14	1	0	0
4	10	11,50	4,00	12,00		0,01	0,03	0,09	1	0	0
4	10	12,60	4,00	12,00		0,01	0,03	0,10	1	0	0
4	10	12,50	4,00	12,00		0,01	0,03	0,10	0	0	1
4	10	11,20	3,50	11,50		0,01	0,02	0,08	0	1	0
4	10	10,50	3,25	11,00		0,01	0,02	0,07	0	0	1
4	10	12,70	4,00	12,00		0,01	0,04	0,11	0	0	1
4	10	14,20	5,00	12,00		0,02	0,06	0,13	1	0	0
4	10	12,20	4,00	12,00		0,01	0,03	0,10	0	0	1
4	10	21,70	15,00	35,00	35,00	0,04	0,39	0,91	0	0	1
4	10	22,00	15,00	30,00	25,00	0,04	0,40	0,80	1	0	0
4	10	11,30	3,50	11,50		0,01	0,02	0,08	0	0	1
4	10	10,70	3,25	11,00		0,01	0,02	0,07	0	0	1
4	10	18,90	7,00	14,00		0,03	0,14	0,27	0	1	0
4	10	33,80	16,00	32,00	29,00	0,09	1,00	2,01	1	0	0
4	10	21,00	16,60	27,00	27,00	0,03	0,40	0,65	1	0	0
4	10	18,50	7,00	14,00		0,03	0,13	0,26	0	1	0

4	10	10,00	6,00	6,00		0,01	0,03	0,03	0	0	1
4	10	14,50	5,00	12,00		0,02	0,06	0,14	0	1	0
4	10	14,20	5,00	12,00		0,02	0,06	0,13	1	0	0
4	10	13,60	5,00	12,00		0,01	0,05	0,12	1	0	0
4	10	10,00	3,00	11,00		0,01	0,02	0,06	0	0	1
4	10	13,50	4,25	12,00		0,01	0,04	0,12	0	0	1
4	10	12,00	4,00	12,00		0,01	0,03	0,10	0	0	1
4	10	55,00	24,00	38,00	38,00	0,24	3,99	6,32	0	0	1
4	10	14,30	5,00	12,00		0,02	0,06	0,13	0	0	1
4	10	20,10	10,20	24,00		0,03	0,23	0,53	1	0	0
4	10	10,20	3,25	11,00		0,01	0,02	0,06	0	0	1
4	10	10,30	3,25	11,00		0,01	0,02	0,06	0	0	1
4	10	11,50	4,00	12,00		0,01	0,03	0,09	0	0	1
4	10	13,00	4,25	12,00		0,01	0,04	0,11	1	0	0
5	1	65,00	38,00	42,80	42,80	0,33	8,83	9,94	1	0	0
5	1	32,20	28,00	35,00	35,00	0,08	1,60	2,00	1	0	0
5	1	28,60	26,00	33,00		0,06	1,17	1,48	0	0	1
5	1	20,30	25,00	32,00		0,03	0,57	0,72	0	0	1
5	1	23,00	26,40	33,90		0,04	0,77	0,99	0	0	1
5	1	25,10	26,00	33,00		0,05	0,90	1,14	0	1	0
5	1	17,20	2,00	10,00		0,02	0,03	0,16	0	1	0
5	1	29,20	28,00	35,00		0,07	1,31	1,64	0	1	0
5	1	25,40	26,00	33,00		0,05	0,92	1,17	0	1	0
5	1	33,00	28,00	35,00		0,09	1,68	2,10	0	0	1
5	1	20,10	25,00	32,00		0,03	0,56	0,71	0	0	1
5	1	34,60	28,00	35,00	35,00	0,09	1,84	2,30	0	0	1
5	1	30,30	28,00	35,00		0,07	1,41	1,77	0	0	1
5	1	26,20	26,00	33,00		0,05	0,98	1,25	0	0	1
5	1	38,00	28,00	35,00		0,11	2,22	2,78	0	0	1
5	1	45,00	30,00	36,00		0,16	3,34	4,01	0	1	0

5	1	20,20	25,00	32,00		0,03	0,56	0,72	0	1	0
5	1	29,20	28,00	35,00		0,07	1,31	1,64	0	0	1
5	1	29,00	26,00	33,00		0,07	1,20	1,53	0	0	1
5	1	42,00	30,00	36,00	36,00	0,14	2,91	3,49	0	1	0
5	1	15,70	4,00	10,00		0,02	0,05	0,14	0	0	1
5	1	64,20	34,00	38,00	38,00	0,32	7,70	8,61	0	1	0
5	1	51,60	32,00	36,00		0,21	4,68	5,27	0	0	1
5	1	35,60	28,00	35,00		0,10	1,95	2,44	0	0	1
5	1	30,10	28,00	35,00		0,07	1,39	1,74	0	0	1
5	1	29,10	26,00	33,00		0,07	1,21	1,54	0	0	1
5	1	11,20	2,50	9,00		0,01	0,02	0,06	0	0	1
5	1	19,70	13,00	17,00		0,03	0,28	0,36	0	1	0
5	1	43,40	30,00	36,00	36,00	0,15	3,11	3,73	1	0	0
5	1	29,30	28,00	35,00		0,07	1,32	1,65	0	0	1
5	1	22,00	25,00	32,00		0,04	0,67	0,85	0	0	1
5	1	33,90	28,00	35,00		0,09	1,77	2,21	0	0	1
5	1	22,80	25,00	32,00		0,04	0,71	0,91	0	0	1
5	1	27,50	26,00	33,00		0,06	1,08	1,37	1	0	0
5	1	24,70	26,00	33,00		0,05	0,87	1,11	0	0	1
5	1	45,00	30,00	36,00		0,16	3,34	4,01	1	0	0
5	1	23,30	25,00	32,00		0,04	0,75	0,96	1	0	0
5	1	37,80	28,00	35,00		0,11	2,20	2,75	1	0	0
5	2	27,00	22,50	32,50		0,06	0,90	1,30	1	0	0
5	2	27,00	22,50	32,50		0,06	0,90	1,30	1	0	0
5	2	30,30	22,50	32,50	32,50	0,07	1,14	1,64	0	0	1
5	2	33,50	23,00	33,00	33,00	0,09	1,42	2,04	0	0	1
5	2	26,00	10,50	30,00		0,05	0,39	1,11	1	0	0
5	2	44,60	31,50	37,50	37,50	0,16	3,44	4,10	1	0	0
5	2	28,80	22,50	32,50		0,07	1,03	1,48	1	0	0
5	2	34,60	23,00	33,00	33,00	0,09	1,51	2,17	1	0	0

5	2	22,00	10,00	24,00		0,04	0,27	0,64	0	0	1
5	2	26,00	12,00	24,00		0,05	0,45	0,89	0	0	1
5	2	20,00	8,00	20,00		0,03	0,18	0,44	0	0	1
5	2	31,00	12,00	30,00	30,00	0,08	0,63	1,59	0	0	1
5	2	24,20	11,00	30,00		0,05	0,35	0,97	0	0	1
5	2	43,50	31,00	37,00	37,00	0,15	3,22	3,85	0	0	1
5	3	19,40	7,00	27,00		0,03	0,14	0,56	0	0	1
5	3	44,40	17,00	35,00	35,00	0,15	1,84	3,79	0	0	1
5	3	31,00	10,00	25,00		0,08	0,53	1,32	1	0	0
5	3	74,40	25,00	38,00		0,43	7,61	11,56	1	0	0
5	3	40,00	15,00	37,50	37,50	0,13	1,32	3,30	0	1	0
5	3	11,50	2,50	6,00		0,01	0,02	0,04	1	0	0
5	3	54,40	24,00	38,00		0,23	3,90	6,18	0	0	1
5	3	32,60	10,00	25,00		0,08	0,58	1,46	0	1	0
5	3	66,60	24,25	39,25	39,25	0,35	5,91	9,57	1	0	0
5	3	36,70	15,00	30,00		0,11	1,11	2,22	0	0	1
5	3	46,00	20,00	36,00		0,17	2,33	4,19	0	0	1
5	3	21,60	8,00	25,00		0,04	0,21	0,64	1	0	0
5	3	46,50	20,00	36,00	36,00	0,17	2,38	4,28	0	0	1
5	3	33,00	10,00	25,00		0,09	0,60	1,50	0	0	1
5	3	17,20	6,00	15,00		0,02	0,10	0,24	0	0	1
5	3	39,60	15,00	30,00		0,12	1,29	2,59	0	0	1
5	3	50,40	24,00	38,00	38,00	0,20	3,35	5,31	1	0	0
5	3	32,00	10,00	25,00		0,08	0,56	1,41	0	0	0
5	3	46,00	20,00	36,00	36,00	0,17	2,33	4,19	0	0	1
5	3	43,00	17,00	35,00		0,15	1,73	3,56	0	0	1
5	3	23,00	8,00	25,00		0,04	0,23	0,73	0	0	1
5	3	25,20	7,00	27,00		0,05	0,24	0,94	0	1	0
5	4	29,60	13,00	40,50		0,07	0,63	1,95	0	0	1
5	4	57,20	31,25	42,00	42,00	0,26	5,62	7,55	1	0	0

5	4	51,30	28,00	40,00	40,00	0,21	4,05	5,79	1	0	0
5	4	45,40	15,00	38,00	38,00	0,16	1,70	4,31	1	0	0
5	4	40,40	15,00	38,00		0,13	1,35	3,41	0	1	0
5	4	27,20	14,50	38,00		0,06	0,59	1,55	0	1	0
5	4	30,60	14,50	38,00		0,07	0,75	1,96	0	0	1
5	4	25,20	15,00	37,50		0,05	0,52	1,31	0	0	1
5	4	32,00	14,50	38,00		0,08	0,82	2,14	0	0	1
5	4	26,00	14,50	38,00		0,05	0,54	1,41	0	0	1
5	4	33,60	14,50	38,00	38,00	0,09	0,90	2,36	0	0	1
5	4	33,60	14,50	38,00		0,09	0,90	2,36	1	0	0
5	4	29,20	14,50	38,00		0,07	0,68	1,78	0	0	1
5	4	52,60	28,00	40,00	40,00	0,22	4,26	6,08	1	0	0
5	4	46,30	16,00	38,00		0,17	1,89	4,48	0	0	1
5	4	31,30	14,50	38,00		0,08	0,78	2,05	0	0	1
5	4	48,70	20,00	39,00	39,00	0,19	2,61	5,09	1	0	0
5	5	40,70	13,75	36,00	36,00	0,13	1,25	3,28	0	1	0
5	5	20,20	5,00	18,00	18,00	0,03	0,11	0,40	0	0	1
5	5	32,00	5,00	32,00	32,00	0,08	0,28	1,80	0	0	1
5	5	18,20	4,00	14,00	14,00	0,03	0,07	0,25	0	0	1
5	5	20,60	3,00	17,00	17,00	0,03	0,07	0,40	0	0	1
5	5	32,40	12,00	35,00	35,00	0,08	0,69	2,02	0	1	0
5	5	14,50	3,50	14,00		0,02	0,04	0,16	0	0	1
5	6	23,20	10,80	26,60		0,04	0,32	0,79	0	1	0
5	6	36,40	20,90	33,70	33,70	0,10	1,52	2,45	1	0	0
5	6	22,60	9,87	25,83		0,04	0,28	0,73	0	1	0
5	6	23,20	11,00	26,80		0,04	0,33	0,79	0	0	1
5	6	24,90	11,75	27,90		0,05	0,40	0,95	0	1	0
5	6	20,20	9,50	24,00		0,03	0,21	0,54	0	0	1
5	6	30,80	12,00	30,00	30,00	0,07	0,63	1,56	0	1	0
5	6	22,30	9,50	25,00		0,04	0,26	0,68	0	0	1

5	6	16,50	7,25	18,00		0,02	0,11	0,27	0	0	1
5	6	23,80	11,00	27,00		0,04	0,34	0,84	0	0	1
5	6	29,30	11,95	29,00	29,00	0,07	0,56	1,37	0	0	1
5	6	12,28	6,00	15,00		0,01	0,05	0,12	0	0	1
5	6	27,70	11,90	28,00	28,00	0,06	0,50	1,18	0	0	1
5	6	36,20	20,00	32,90		0,10	1,44	2,37	0	1	0
5	6	45,90	27,30	42,38	42,38	0,17	3,16	4,91	1	0	0
5	6	44,30	30,00	43,00	43,00	0,15	3,24	4,64	1	0	0
5	6	24,30	11,50	27,50		0,05	0,37	0,89	0	1	0
5	7	27,20	16,00	30,20	30,20	0,06	0,65	1,23	0	1	0
5	7	29,90	19,70	28,90		0,07	0,97	1,42	0	1	0
5	7	55,30	24,50	34,50	34,50	0,24	4,12	5,80	1	0	0
5	7	22,80	18,00	31,00		0,04	0,51	0,89	0	1	0
5	7	24,40	10,00	28,00		0,05	0,33	0,92	0	1	0
5	7	30,50	20,00	32,50	32,50	0,07	1,02	1,66	0	1	0
5	7	21,00	19,80	32,00		0,03	0,48	0,78	0	1	0
5	7	16,70	18,00	30,00		0,02	0,28	0,46	0	1	0
5	7	26,50	19,90	28,70		0,06	0,77	1,11	0	1	0
5	7	29,70	14,50	26,75		0,07	0,70	1,30	0	0	1
5	7	16,50	17,90	28,90		0,02	0,27	0,43	0	1	0
5	7	35,70	22,50	35,00	35,00	0,10	1,58	2,45	1	0	0
5	7	21,80	20,00	32,50		0,04	0,52	0,85	0	1	0
5	7	35,80	23,00	35,10		0,10	1,62	2,47	0	1	0
5	7	40,70	24,00	34,30	34,30	0,13	2,19	3,12	0	0	1
5	7	27,80	15,90	28,60		0,06	0,68	1,22	0	0	1
5	7	19,50	18,80	31,50		0,03	0,39	0,66	0	0	1
5	7	23,20	16,00	30,00		0,04	0,47	0,89	0	1	0
5	7	28,80	16,00	26,40		0,07	0,73	1,20	0	0	1
5	7	40,30	23,70	34,80	34,80	0,13	2,12	3,11	0	1	0
5	7	23,30	14,00	28,90		0,04	0,42	0,86	0	1	0

5	7	28,20	16,50	26,90		0,06	0,72	1,18	0	1	0
5	7	29,30	14,20	27,90		0,07	0,67	1,32	0	0	1
5	7	27,00	18,00	30,00		0,06	0,72	1,20	0	1	0
5	7	26,70	19,00	29,80		0,06	0,74	1,17	0	0	1
5	8	32,60	28,00	38,00	38,00	0,08	1,64	2,22	0	1	0
5	8	31,70	26,00	33,50		0,08	1,44	1,85	0	0	1
5	8	31,00	27,00	34,00	34,00	0,08	1,43	1,80	0	0	1
5	8	39,50	29,60	38,00		0,12	2,54	3,26	0	0	1
5	8	23,20	23,40	31,70		0,04	0,69	0,94	0	0	1
5	8	32,40	15,00	34,50		0,08	0,87	1,99	0	1	0
5	8	41,90	29,60	40,00		0,14	2,86	3,86	1	0	0
5	8	43,70	30,00	40,25		0,15	3,15	4,23	0	1	0
5	8	49,20	31,00	50,00	50,00	0,19	4,13	6,65	1	0	0
5	8	19,70	23,10	31,40		0,03	0,49	0,67	0	0	1
5	8	22,50	23,00	31,00		0,04	0,64	0,86	1	0	0
5	8	18,70	22,90	31,00		0,03	0,44	0,60	1	0	0
5	8	34,50	28,90	36,90		0,09	1,89	2,41	1	0	0
5	8	34,90	29,40	38,90	38,90	0,10	1,97	2,60	1	0	0
5	8	28,50	25,90	33,90		0,06	1,16	1,51	0	1	0
5	8	34,10	28,00	35,60		0,09	1,79	2,28	0	0	1
5	8	33,20	28,20	34,90		0,09	1,71	2,11	0	0	1
5	8	25,40	23,60	32,00		0,05	0,84	1,14	0	1	0
5	8	40,20	29,00	42,40	42,40	0,13	2,58	3,77	0	0	1
5	8	32,30	22,70	41,00	41,00	0,08	1,30	2,35	0	1	0
5	9	20,60	13,90	28,00		0,03	0,32	0,65	0	1	0
5	9	34,40	29,00	39,00	39,00	0,09	1,89	2,54	0	1	0
5	9	31,90	30,00	40,00		0,08	1,68	2,24	0	1	0
5	9	37,30	32,00	41,00	41,00	0,11	2,45	3,14	0	1	0
5	9	24,60	25,00	39,00		0,05	0,83	1,30	0	1	0
5	9	24,10	14,00	30,00		0,05	0,45	0,96	0	1	0

5	9	34,20	34,00	39,00		0,09	2,19	2,51	0	0	1
5	9	25,50	25,50	39,20		0,05	0,91	1,40	1	0	0
5	9	10,70	13,80	27,70		0,01	0,09	0,17	0	0	1
5	9	21,60	14,10	30,00		0,04	0,36	0,77	0	1	0
5	9	18,60	12,90	27,40		0,03	0,25	0,52	0	1	0
5	9	19,60	13,80	28,50		0,03	0,29	0,60	0	0	1
5	9	20,20	14,00	29,90		0,03	0,31	0,67	0	0	1
5	9	32,70	33,00	39,60		0,08	1,94	2,33	0	1	0
5	9	36,50	30,00	40,00	40,00	0,10	2,20	2,93	0	1	0
5	9	26,80	27,70	38,70		0,06	1,09	1,53	0	1	0
5	9	28,10	27,00	39,40		0,06	1,17	1,71	0	0	1
5	9	56,20	33,50	43,10	43,10	0,25	5,82	7,48	0	0	1
5	9	32,10	31,10	40,00		0,08	1,76	2,27	0	0	1
5	9	30,80	29,40	39,90		0,07	1,53	2,08	0	0	1
5	9	17,90	14,30	27,00		0,03	0,25	0,48	0	0	1
5	9	32,80	33,90	39,20		0,08	2,01	2,32	1	0	0
5	9	28,20	28,30	38,70		0,06	1,24	1,69	1	0	0
5	9	24,60	25,30	38,00		0,05	0,84	1,26	0	0	1
5	9	28,80	28,00	38,00		0,07	1,28	1,73	0	1	0
5	9	51,80	33,00	42,50	42,50	0,21	4,87	6,27	0	0	1
5	9	21,20	14,80	29,90		0,04	0,37	0,74	0	0	1
5	9	28,60	29,50	37,90		0,06	1,33	1,70	0	0	1
5	9	37,90	32,50	42,00		0,11	2,57	3,32	1	0	0
5	9	32,50	32,80	40,00		0,08	1,90	2,32	1	0	0
5	9	45,20	33,70	42,00	42,00	0,16	3,79	4,72	1	0	0
5	9	24,60	25,00	38,90		0,05	0,83	1,29	1	0	0
6	1	39,10	18,50	33,00	33,00	0,12	1,55	2,77	0	0	1
6	1	37,60	18,00	32,00		0,11	1,40	2,49	0	1	0
6	1	35,30	18,00	32,00	32,00	0,10	1,23	2,19	1	0	0
6	1	43,00	18,50	33,00	33,00	0,15	1,88	3,35	1	0	0

6	1	52,20	20,00	38,00	38,00	0,21	3,00	5,69	1	0	0
6	1	36,50	18,00	32,00		0,10	1,32	2,34	1	0	0
6	1	13,30	3,50	12,00		0,01	0,03	0,12	0	0	1
6	1	42,00	18,50	33,00		0,14	1,79	3,20	1	0	0
6	1	49,50	20,00	38,00	38,00	0,19	2,69	5,12	1	0	0
6	1	30,30	17,00	30,00		0,07	0,86	1,51	1	0	0
6	1	39,40	18,50	33,00		0,12	1,58	2,82	0	0	1
6	1	43,20	18,50	33,00	33,00	0,15	1,90	3,39	1	0	0
6	1	33,30	17,00	30,00		0,09	1,04	1,83	0	0	1
6	1	25,30	8,00	18,00		0,05	0,28	0,63	1	0	0
6	1	29,00	9,00	19,00		0,07	0,42	0,88	1	0	0
6	1	24,00	8,00	18,00		0,05	0,25	0,57	0	1	0
6	1	23,00	8,00	18,00		0,04	0,23	0,52	0	0	1
6	1	17,00	4,00	13,00		0,02	0,06	0,21	0	0	1
6	2	14,00	8,00	22,40		0,02	0,09	0,24	0	1	0
6	2	26,00	13,00	26,00		0,05	0,48	0,97	0	0	1
6	2	60,50	36,90	51,60	51,60	0,29	7,43	10,38	1	0	0
6	2	31,00	26,50	40,00		0,08	1,40	2,11	0	1	0
6	2	53,00	40,50	52,20	52,20	0,22	6,25	8,06	0	0	1
6	2	63,60	39,00	51,90	51,90	0,32	8,67	11,54	1	0	0
6	2	35,00	22,80	34,60		0,10	1,54	2,33	0	1	0
6	2	12,80	3,00	19,00		0,01	0,03	0,17	0	0	1
6	2	49,50	39,00	48,00		0,19	5,25	6,47	0	1	0
6	2	47,50	39,00	48,00	48,00	0,18	4,84	5,95	0	1	0
6	2	10,50	2,50	21,00		0,01	0,02	0,13	1	0	0
6	2	34,40	24,00	30,00		0,09	1,56	1,95	0	0	1
6	2	14,70	4,00	12,00		0,02	0,05	0,14	0	0	1
6	2	26,00	14,00	18,80		0,05	0,52	0,70	0	0	1
6	2	24,00	12,00	15,00		0,05	0,38	0,48	0	0	1
6	2	15,30	3,00	19,00		0,02	0,04	0,24	0	0	1

6	2	26,00	20,00	31,00		0,05	0,74	1,15	0	0	1
6	2	35,00	23,60	36,60		0,10	1,59	2,46	1	0	0
6	2	25,00	26,00	46,45		0,05	0,89	1,60	0	0	1
6	2	19,00	6,00	10,00		0,03	0,12	0,20	0	0	1
6	2	43,00	34,80	48,00	48,00	0,15	3,54	4,88	1	0	0
6	2	34,00	26,00	42,25		0,09	1,65	2,69	0	0	1
6	2	11,40	3,00	16,80		0,01	0,02	0,12	0	0	1
6	2	49,50	39,00	51,60	51,60	0,19	5,25	6,95	0	0	1
6	2	26,70	10,00	20,80		0,06	0,39	0,82	0	0	1
6	2	34,00	28,00	45,50		0,09	1,78	2,89	1	0	0
6	3	25,20	10,50	22,00		0,05	0,37	0,77	1	0	0
6	3	29,40	11,00	24,00	24,00	0,07	0,52	1,14	1	0	0
6	3	29,80	11,00	24,00	24,00	0,07	0,54	1,17	1	0	0
6	3	11,20	3,00	14,70		0,01	0,02	0,10	0	1	0
6	3	13,60	4,00	17,00		0,01	0,04	0,17	0	1	0
6	3	11,80	4,00	18,30		0,01	0,03	0,14	1	0	0
6	3	42,00	13,00	30,00	30,00	0,14	1,26	2,91	1	0	0
6	3	33,40	12,00	24,00	24,00	0,09	0,74	1,47	0	0	1
6	3	26,90	11,00	23,00		0,06	0,44	0,91	0	1	0
6	3	38,00	12,50	29,00	29,00	0,11	0,99	2,30	0	1	0
6	3	26,60	11,00	23,00	23,00	0,06	0,43	0,89	0	0	1
6	3	12,80	4,00	17,30		0,01	0,04	0,16	0	0	1
6	3	16,00	5,00	14,00		0,02	0,07	0,20	0	0	1
6	3	17,80	7,00	14,00		0,02	0,12	0,24	0	0	1
6	3	23,80	10,50	22,00		0,04	0,33	0,69	0	1	0
6	4	17,00	4,00	13,00		0,02	0,06	0,21	0	1	0
6	4	22,50	8,00	18,00	18,00	0,04	0,22	0,50	0	1	0
6	4	21,50	8,00	18,00		0,04	0,20	0,46	1	0	0
6	4	14,50	3,50	12,00		0,02	0,04	0,14	0	0	1
6	4	28,80	9,00	22,00	22,00	0,07	0,41	1,00	0	0	1

6	4	16,20	4,00	13,00		0,02	0,06	0,19	0	0	1
6	4	15,30	3,50	12,00		0,02	0,05	0,15	0	0	1
6	4	25,00	8,00	24,00	24,00	0,05	0,27	0,82	0	0	1
6	4	17,00	4,00	13,00		0,02	0,06	0,21	0	0	1
6	4	21,70	8,00	18,00		0,04	0,21	0,47	0	0	1
6	4	11,00	3,00	11,00		0,01	0,02	0,07	0	0	1
6	4	12,00	3,00	11,00		0,01	0,02	0,09	1	0	0
6	4	33,70	10,00	28,00	28,00	0,09	0,62	1,75	0	1	0
6	4	27,00	9,00	22,00	22,00	0,06	0,36	0,88	0	1	0
6	4	18,70	4,50	14,00		0,03	0,09	0,27	0	0	1
6	4	30,80	10,00	27,00	27,00	0,07	0,52	1,41	1	0	0
6	4	21,00	8,00	18,00		0,03	0,19	0,44	0	0	1
6	4	27,20	9,00	18,00		0,06	0,37	0,73	0	0	1
7	1	62,00	26,30	30,00	30,00	0,30	5,56	6,34	0	1	0
7	1	29,00	26,00	29,00		0,07	1,20	1,34	1	0	0
7	1	40,50	28,10	31,00	31,00	0,13	2,53	2,80	0	1	0
7	1	26,00	26,00	28,70		0,05	0,97	1,07	0	1	0
7	1	33,50	24,00	29,50		0,09	1,48	1,82	1	0	0
7	1	60,00	28,00	31,20	31,20	0,28	5,54	6,18	0	1	0
7	1	34,00	16,00	19,40		0,09	1,02	1,23	0	1	0
7	1	27,00	12,00	16,00		0,06	0,48	0,64	0	1	0
7	1	26,00	12,00	15,20		0,05	0,45	0,56	0	1	0
7	1	39,50	12,00	16,00		0,12	1,03	1,37	0	1	0
7	1	23,50	9,00	15,00		0,04	0,27	0,46	0	0	1
7	1	46,50	25,00	27,00		0,17	2,97	3,21	0	1	0
7	1	22,00	15,50	18,00		0,04	0,41	0,48	0	1	0
7	1	46,50	26,50	29,00		0,17	3,15	3,45	1	0	0
7	1	32,40	15,00	17,00		0,08	0,87	0,98	0	0	1
7	1	51,40	29,00	32,00	32,00	0,21	4,21	4,65	1	0	0
7	1	24,00	24,00	28,00		0,05	0,76	0,89	0	1	0

7	1	49,00	30,00	34,20	34,20	0,19	3,96	4,51	0	1	0
7	1	45,00	30,00	34,00		0,16	3,34	3,79	1	0	0
7	2	64,60	30,00	34,20	34,20	0,33	6,88	7,85	0	1	0
7	2	31,20	25,00	28,20		0,08	1,34	1,51	0	1	0
7	2	23,60	10,00	20,60		0,04	0,31	0,63	1	0	0
7	2	33,40	17,00	19,40		0,09	1,04	1,19	1	0	0
7	2	31,80	19,00	23,40		0,08	1,06	1,30	1	0	0
7	2	34,70	27,00	29,00		0,09	1,79	1,92	1	0	0
7	2	24,80	18,00	20,00		0,05	0,61	0,68	1	0	0
7	2	41,70	30,00	33,00	33,00	0,14	2,87	3,15	1	0	0
7	2	38,80	35,00	38,00	38,00	0,12	2,90	3,15	1	0	0
7	2	48,40	36,00	38,40	38,40	0,18	4,64	4,95	1	0	0
7	2	40,00	12,00	15,00		0,13	1,06	1,32	1	0	0
7	2	22,30	6,00	10,50		0,04	0,16	0,29	1	0	0
7	2	49,80	14,70	17,30	17,30	0,19	2,00	2,36	1	0	0
7	2	18,60	7,30	13,10		0,03	0,14	0,25	1	0	0
7	2	33,70	11,50	15,70		0,09	0,72	0,98	0	0	1
7	2	37,60	15,00	19,60		0,11	1,17	1,52	0	1	0
7	2	58,00	10,00	25,00	25,00	0,26	1,85	4,62	0	1	0

Anexo 13. Resumen general de variables dasométricas plantación de eucalipto -Tunshi

Rodales	DAP (cm)	HC (m)	HT (m)	AB_m2	VC_m3	VT_m3	N°_Arb/ ha
1	21,0	10,8	21,6	18,4	174,1	319,3	473
2	15,8	6,3	17,1	13,8	75,5	189,9	640
3	14,9	5,3	14,7	6,1	29,2	80,2	320
4	14,5	5,9	13,9	8,5	52,4	105,4	460
5	31,3	20,4	32,7	36,9	604,9	919,4	427
6	28,2	13,6	25,7	28,8	428,8	691,6	385
7	37,5	20,5	24,5	44,0	707,2	834,2	360
Σ	163,3	82,8	150,1	156,4	2072,0	3140,1	3065
\bar{X}	23,3	11,8	21,4	22,3	296,0	448,6	438
Dato/ha	23,3	11,8	21,4	22,3	296,0	448,6	438
S² (Var)	83,5	43,7	45,9	210,9	79358,1	127746,8	10909,0
S (DesvSta)	9,1	6,6	6,8	14,5	281,7	357,4	104,4
Cv	39,2	55,9	31,6	65,0	95,2	79,7	23,9
S \bar{X} (err stad)	3,5	2,5	2,6	5,5	106,5	135,1	39,5
S \bar{X} (err must)	8,2	5,9	6,1	13,0	251,8	319,5	93,4
Lim conf (sup)	45,7	26,4	30,5	56,9	959,0	1153,7	453,4
Lim conf (inf)	29,4	14,6	18,4	31,0	455,4	514,7	266,6
Error muestr %	35,0	50,0	28,2	58,1	85,1	71,2	21,3

Anexo 14. Análisis de supuestos (Independencia, aleatoriedad, normalidad y homocedasticidad) de las variables dasométricas.

Análisis de la aleatoriedad de cada una de las variables por rodal:

Rodal 1:

Prueba de rachas

	DAP	HC	HT	HMAX	AB_m2	VC_m3	VT_m3
Valor de prueba ^a	20,0	10,50	22,79	28,00	,03141592	,22484732	,48490482
Casos < valor de prueba	197	198	201	42	197	201	199
Casos >= valor de prueba	205	204	201	43	205	201	203
Casos en total	402	402	402	85	402	402	402
Número de rachas	155	131	165	15	155	139	155
Z	-4,688	-7,088	-3,695	-6,219	-4,688	-6,292	-4,693
Sig. asintót. (bilateral)	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000

a. Mediana

En todos los casos se observa que el p-valor $< \alpha = 0.05$; por tanto ninguna de las variables cumple el supuesto de aleatoriedad en el rodal 1.

Rodal 2:

Prueba de rachas

	DAP	HC	HT	HMAX	AB_m2	VC_m3	VT_m3
Valor de prueba ^a	15,3	6,00	18,00	21,00	,01838538	,07740939	,23835645
Casos < valor de prueba	63	60	59	6	63	64	64
Casos >= valor de prueba	65	68	69	15	65	64	64
Casos en total	128	128	128	21	128	128	128
Número de rachas	52	55	46	3	52	54	50
Z	-2,305	-1,737	-3,323	-3,370	-2,305	-1,952	-2,662
Sig. asintót. (bilateral)	,021	,082	,001	,001	,021	,051	,008

a. Mediana

En el rodal 2 se puede ver que, trabajando con un nivel de significancia del 5% se observa aleatoriedad sólo en las variables altura comercial (HC) y volumen comercial (VC_m3) p-valor $>\alpha=0.05$, no así en el resto de las variables.

Rodal 3:

Prueba de rachas

	DAP	HC	HT	HMAX	AB_m2	VC_m3	VT_m3
Valor de prueba ^a	13,4	4,25	11,50	28,00	,01399775	,04195526	,11251056
Casos < valor de prueba	16	13	13	3	16	15	16
Casos \geq valor de prueba	16	19	19	4	16	17	16
Casos en total	32	32	32	7	32	32	32
Número de rachas	14	12	12	4	14	16	14
Z	-,898	- 1,468	-1,468	,000	-,898	-,158	-,898
Sig. asintót. (bilateral)	,369	,142	,142	1,000	,369	,875	,369

a. Mediana

En el caso del rodal 3 se observa que todas las variables cumplen el supuesto de aleatoriedad p-valor $>\alpha=0.05$.

Rodal 4:

Prueba de rachas

	DAP	HC	HT	HMAX	AB_m2	VC_m3	VT_m3
Valor de prueba ^a	12,6	4,50	12,00	18,00	,01246898	,03830672	,10592476
Casos < valor de prueba	113	111	79	14	113	115	115
Casos \geq valor de prueba	117	119	151	33	117	115	115
Casos en total	230	230	230	47	230	230	230
Número de rachas	111	90	88	8	111	105	104
Z	-,656	-3,422	-2,453	-4,306	-,656	-1,454	-1,586
Sig. asintót. (bilateral)	,512	,001	,014	,000	,512	,146	,113

a. Mediana

En el caso del rodal 4 se puede observar aleatoriedad en las variables: diámetro a la altura del pecho (DAP), área basal (AB_m2), volumen comercial (VC_m3) y volumen total (VT_m3), no así en el resto de las variables estudiadas.

Rodal 5:

Prueba de rachas

	DAP	HC	HT	HMAX	AB_m2	VC_m3	VT_m3
Valor de prueba ^a	29,3	22,50	33,60	37,50	,06742564	,9066916	1,5748191
Casos < valor de prueba	94	94	96	23	94	96	96
Casos >= valor de prueba	98	98	96	24	98	96	96
Casos en total	192	192	192	47	192	192	192
Número de rachas	98	47	81	15	98	80	98
Z	,151	- 7,233	-2,315	-2,653	,151	-2,460	,145
Sig. asintót. (bilateral)	,880	,000	,021	,008	,880	,014	,885

a. Mediana

En el caso del rodal 5 la aleatoriedad se logra en las variables diámetro a la altura del pecho (DAP), área basal (AB_m2) y volumen total (VT_m3).

Rodal 6:

Prueba de rachas

	DAP	HC	HT	HMAX	AB_m2	VC_m3	VT_m3
Valor de prueba ^a	26,7	10,5	23,00	31,0	,0559407	,42790156	,89470328
Casos < Valor de prueba	37	36	37	12	37	37	37
Casos >= Valor de prueba	38	39	38	12	38	38	38
Casos en total	75	75	75	24	75	75	75
Número de rachas	29	24	28	2	29	28	28
Z	-2,208	-3,363	-2,440	-4,383	-2,208	-2,440	-2,440
Sig. asintót. (bilateral)	,027	,001	,015	,000	,027	,015	,015

a. Mediana

En el caso del rodal 6 no se observa aleatoriedad en ninguna de las variables dasométricas estudiadas a un 5% de nivel de significancia.

Rodal 7:

	DAP	HC	HT	HMAX	AB_m2	VC_m3	VT_m3
Valor de prueba ^a	34,4	21,5	26,0	32,0	,09268051	1,184014434	1,440832785
					7	8	6
Casos < Valor de prueba	18	18	18	5	18	18	18
Casos >= Valor de prueba	18	18	18	6	18	18	18
Casos en total	36	36	36	11	36	36	36
Número de rachas	23	12	12	3	23	19	21
Z	1,184	-2,198	-2,198	-1,895	1,184	,000	,507
Sig. asintót. (bilateral)	,237	,028	,028	,058	,237	1,000	,612

a. Mediana

En el caso del rodal 7 se observa, con un nivel de significancia del 5%, aleatoriedad en todas las variables analizadas salvo en altura comercial (HC) y altura total (HT). Una vez analizada la aleatoriedad se puede llegar a la conclusión de que no deben usarse las pruebas de ANOVA ni de Kruskal Wallis para la comparación de las variables dasométricas entre los distintos rodales, no obstante se procede a analizar los supuestos de normalidad y homocedasticidad.

Análisis de la normalidad de cada una de las variables por rodal:

	Rodales	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
	1	,081	402	,000	,948	402	,000
	2	,116	128	,000	,911	128	,000
	3	,325	32	,000	,790	32	,000
DAP	4	,192	230	,000	,743	230	,000
	5	,107	192	,000	,942	192	,000
	6	,092	75	,188	,955	75	,010
	7	,119	36	,200*	,950	36	,106

	1	,067	402	,000	,976	402	,000
	2	,163	128	,000	,900	128	,000
	3	,319	32	,000	,792	32	,000
HC	4	,207	230	,000	,795	230	,000
	5	,115	192	,000	,960	192	,000
	6	,170	75	,000	,863	75	,000
	7	,161	36	,020	,936	36	,038
	1	,094	402	,000	,975	402	,000
	2	,132	128	,000	,938	128	,000
	3	,373	32	,000	,700	32	,000
HT	4	,264	230	,000	,738	230	,000
	5	,103	192	,000	,919	192	,000
	6	,143	75	,001	,917	75	,000
	7	,148	36	,045	,941	36	,054
	1	,143	402	,000	,817	402	,000
	2	,173	128	,000	,786	128	,000
	3	,363	32	,000	,732	32	,000
AB_	4	,287	230	,000	,471	230	,000
m2	5	,178	192	,000	,806	192	,000
	6	,156	75	,000	,848	75	,000
	7	,163	36	,017	,889	36	,002
	1	,217	402	,000	,647	402	,000
	2	,230	128	,000	,655	128	,000
	3	,363	32	,000	,672	32	,000
VC_	4	,364	230	,000	,279	230	,000
m3	5	,166	192	,000	,771	192	,000
	6	,259	75	,000	,647	75	,000
	7	,198	36	,001	,859	36	,000
	1	,166	402	,000	,752	402	,000
	2	,182	128	,000	,755	128	,000
	3	,386	32	,000	,652	32	,000
VT_	4	,343	230	,000	,305	230	,000
m3	5	,178	192	,000	,801	192	,000
	6	,225	75	,000	,721	75	,000
	7	,214	36	,000	,863	36	,000

*. Este es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de la significación de Lilliefors

Como se puede observar, aplicando el test de Shapiro-Wilk y utilizando un nivel de significancia del 5%, no se cumple el supuesto de normalidad en casi la totalidad de las variables y rodajes, lo que confirma aún más la imposibilidad de aplicar un Test de ANOVA.

Análisis de la homocedasticidad:

Prueba de homogeneidad de varianzas

	Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
DAP	31,281	6	1088	,000
HC	71,608	6	1088	,000
HT	23,575	6	1088	,000
AB_m2	56,920	6	1088	,000
VC_m3	76,891	6	1088	,000
VT_m3	71,274	6	1088	,000

El estadístico de Levene sugiere heterocedasticidad entre los grupos para todas las variables estudiadas.

Anexo 15. Definición de conglomerados

Una vez comprobada la imposibilidad de realizar estudios comparativos entre los rodales, se procedió a agrupar los rodales de la manera más homogénea posible, para esto se realizó un Análisis de Cluster, cuyo objetivo fundamental fue crear conglomerados que internamente posean características homogéneas entre si y heterogéneas con los individuos que conformen otros conglomerados.

Se partió por buscar la media de cada una de las características dasométricas que identifiquen a cada uno de los rodales, con ellos se conformó la siguiente tabla:

Rodales	DAP (m)	HC (m)	HT (m)	AB_m2	VC_m3	VT_m3	N°_Arb/Ha	Ho (m)	IH (%)	AB (%)
1	21,00	10,80	21,63	18,39	174,06	319,34	472,94	26,45	19,85	85,04
2	15,83	6,27	17,11	13,77	75,48	189,94	640,00	23,72	18,65	80,50
3	14,88	5,30	14,66	6,08	29,15	80,21	320,00	21,21	26,55	41,50
4	14,47	5,87	13,88	8,51	52,43	105,42	460,00	19,17	39,13	61,35
5	31,33	20,40	32,66	36,89	604,85	919,44	426,67	35,85	15,38	112,97
6	28,23	13,64	25,74	28,77	428,79	691,56	385,00	33,55	17,22	111,79
7	37,52	20,50	24,46	43,96	707,21	834,17	360,00	29,27	18,03	179,72

Las cuales ayudan en una mejor caracterización del rodal. Aplicando un Análisis de Conglomerados Jerárquico, utilizando el método de conglomeración de Ward, donde el objetivo de este método es minimizar la varianza intragrupo. Se parte de n grupos formados todos ellos por un único punto (todos los individuos). En este momento la varianza intra-grupos es cero. A continuación se formaron dos grupos (individuos) en uno sólo, (aquellos que minimicen el incremento en la suma de las varianzas intra-grupos). Se repitió el proceso hasta que se concluya en un único grupo.

Con el objetivo de eliminar las influencias de las magnitudes en las distancias se estandarizaron los datos utilizando la puntuación Z $\left(Z = \frac{x_i - \bar{x}}{s} \right)$.

Anexo 16. Tipos de espesura de masas forestales

G(m²/ha)	Espesura
0	Raso
<4,94	Muy clara
4,94-13,72	Clara
13,72-22,67	Defectiva
22,67-34,60	Normal
34,60-59,17	Excesiva
>59,17	Trabada

Fuente: (López, 2008)

Anexo 17. Distribución de volumen de madera para manejo y aprovechamiento forestal de la plantación de eucalipto en Tunshi

Rodales		Clases diamétricas (cm)													Total
		10-15	15-20	20-25	25-30	30-35	35-40	40-45	45-50	50-55	55-60	60-65	65-70	70-75	
Rodal 1	Frecuencia calidad 1	106,34	199,38	212,68	101,91	66,46	53,17	8,86							748,80
	Volumen calidad 1	5,36	28,05	70,97	58,87	64,54	70,89	18,69							317,37
	Frecuencia calidad 2	81,54	182,26	124,71	105,52	23,98	19,19								537,19
	Volumen calidad 2	4,11	25,64	41,61	60,96	23,29	25,58								181,19
	Frecuencia calidad 3	187,19	146,10	114,14	68,49	9,13	18,26		4,57		4,57				552,45
	Volumen calidad3	9,43	20,55	38,09	39,56	8,87	24,35		10,41		24,72				175,99
Rodal 5	Frecuencia calidad 1	4,76	4,76	19,02	33,29	38,04	19,02	19,02	28,53	14,27	9,51		9,51	4,76	204,49
	Volumen calidad 1	0,20	1,09	8,66	29,00	49,80	36,13	46,03	80,35	59,73	49,32		70,10	36,18	466,59
	Frecuencia calidad 2		23,78	71,33	66,58	47,56	19,02	28,53	4,76			4,76			266,31
	Volumen calidad 2		5,46	32,49	57,99	62,25	36,13	69,04	13,39			36,64			313,39
	Frecuencia calidad 3	19,02	42,80	95,11	95,11	104,62	23,78	23,78	19,02	14,27	4,76				442,27
	Volumen calidad3	0,81	9,83	43,32	82,85	136,94	45,16	57,54	53,57	59,73	24,66				514,40
Rodal 6	Frecuencia calidad 1	55,80		18,60	93,00	55,80	55,80	93,00	18,60	18,60		37,20			446,40
	Volumen calidad 1	1,90		4,70	43,21	63,05	78,13	192,90	83,88	86,03		299,43			853,24
	Frecuencia calidad 2	55,80	18,60	55,80	37,20	37,20	55,80		37,20						297,60
	Volumen calidad 2	1,90	1,36	14,09	17,28	42,04	78,13		167,76						322,57
	Frecuencia calidad 3	130,20	167,40	74,40	167,40	74,40	37,20		18,60	18,60					688,20
	Volumen calidad3	4,44	12,22	18,79	77,77	84,07	52,09		83,88	86,03					419,29
Rodal 7	Frecuencia calidad 1		19,30	57,90	19,30	77,20	19,30	38,60	77,20	19,30					328,10
	Volumen calidad 1		2,68	24,36	14,94	89,80	32,76	83,09	258,14	81,30					587,06
	Frecuencia calidad 2			38,60	57,90	38,60	38,60	19,30	38,60		19,30	57,90			308,80
	Volumen calidad 2			16,24	44,81	44,90	65,52	41,54	129,07		35,69	347,07			724,84
	Frecuencia calidad 3			19,30		38,60									57,90
	Volumen calidad3			8,12		44,90									53,02
	Total	28,16	106,90	321,44	527,24	714,44	544,85	508,84	880,5	372,81	134,40	683,14	70,10	36,18	4928,96

Fuente: Levantamiento de información de campo

Elaborado por: Miguel Gualpa

Anexo 18. Fotografías



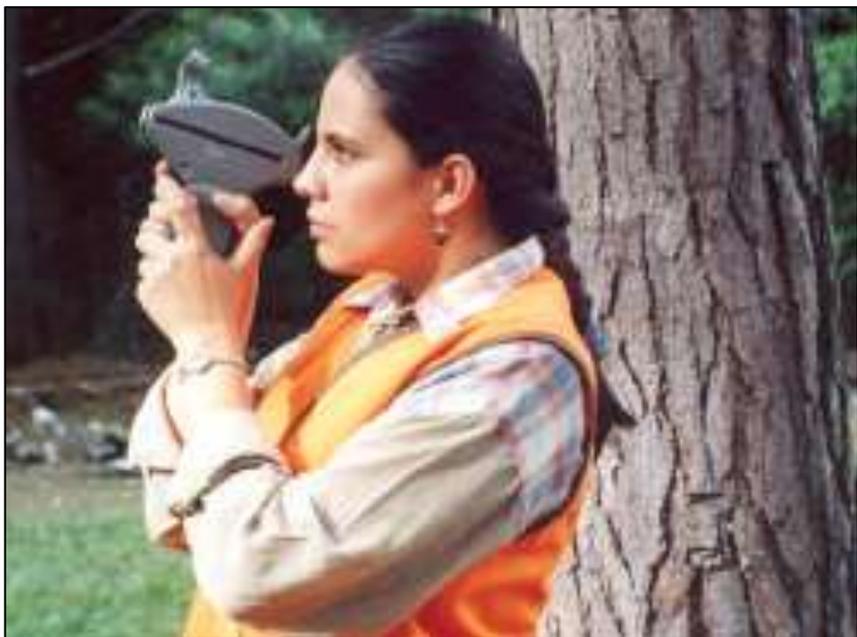
Fotografía 1. Panorama general de la plantación



Fotografía 2. Instalación de parcelas



Fotografía 3. Medición de DAP de los árboles



Fotografía 4. Medición de altura y registro de características de los árboles



Fotografía 5. Determinación de cubierta herbácea



Fotografía 6. Elaboración de calicata



Fotografía 7. Muestras de suelo en el laboratorio



Fotografía 8. Determinación del nivel de infiltración utilizando cilindros



Fotografías 9. Niveles de calidad de los árboles



Fotografía 10. Niveles de calidad de los árboles



Fotografía 11. El aspecto interno de un rodal no manejado