

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI



FACULTAD DE INDUSTRIAS AGROPECUARIAS Y CIENCIAS AMBIENTALES

CARRERA DE INGENIERÍA EN DESARROLLO INTEGRAL AGROPECUARIO

Tema: “Evaluación de suelos bajo Uso Forestal (Plantaciones Forestales) en los cantones Huaca y Tulcán, provincia del Carchi”

Trabajo de titulación previa la obtención del
título de Ingeniero en Desarrollo Integral Agropecuario

AUTOR: Boris Renato Ruales Auz.

TUTOR: MSc. Hernán Rigoberto Benavides Rosales.

Tulcán, 2021

CERTIFICADO JURADO EXAMINADOR

Certificamos que el estudiante Boris Renato Ruales Auz. con el número de cédula 040177679-4, ha elaborado el trabajo de titulación: “Evaluación de suelos bajo Uso Forestal (Plantaciones Forestales) en los cantones Huaca y Tulcán, provincia del Carchi”.


Este trabajo se sujeta a las normas y metodología dispuesta en el Reglamento de Titulación, Sustentación e Incorporación de la UPEC, por lo tanto, autorizamos la presentación de la sustentación para la calificación respectiva.



f.....

MSc. Hernán Rigoberto Benavides Rosales.

TUTOR



f.....

MSc Julio Jairo Peña Chamorro

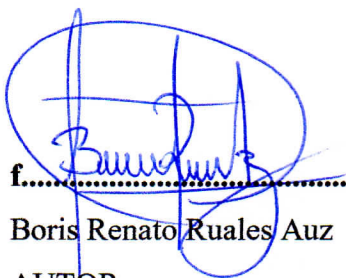
LECTOR

Tulcán, marzo de 2021

AUTORÍA DE TRABAJO

El presente trabajo de titulación constituye requisito previo para la obtención del título de Ingeniero en la Carrera de ingeniería en desarrollo integral agropecuaria de la Facultad de Industrias Agropecuarias y Ciencias Ambientales

Yo, Boris Renato Ruales Auz con cédula de identidad número 040177679-4, declaro: que la investigación es absolutamente original, auténtica, personal y los resultados y conclusiones a los que he llegado son de mi absoluta responsabilidad.


f.....

Boris Renato Ruales Auz

AUTOR

Tulcán, marzo de 2021

ACTA DE CESIÓN DE DERECHOS DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Boris Renato Ruales Auz declaro ser autor/a de los criterios emitidos en el trabajo de investigación: "Evaluación de suelos bajo Uso Forestal (Plantaciones Forestales) en los cantones Huaca y Tulcán, provincia del Carchi" y eximo expresamente a la Universidad Politécnica Estatal del Carchi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.


f.....
Boris Renato Ruales Auz
Tulcán, marzo de 2021

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer de manera infinita a Dios por haberme dado la vida, y la oportunidad de estudiar en mi propia provincia, la carrera que tanto amo.

A mis padres quienes han hecho un esfuerzo infinito para que yo pueda estudiar, como también a mis dos hermanas y mi hermano quienes han estado conmigo paso a paso, para que yo pueda cumplir con mi sueño.

Un agradecimiento a mis tutores de Tesis Doctor Wilfredo Franco y MSc. Hernán Benavides y, asimismo, a la Dra. Judith García por el apoyo y guía en el procesamiento estadístico de los datos. Igualmente, a todos los docentes de la UPEC de los cuales tuve oportunidad de recibir enseñanzas y conocimientos a lo largo de mis estudios.

Así mismo a todos mis compañeros de clase, quienes me acompañaron en esta trayectoria de aprendizaje, y, muy especialmente al Ingeniero Juan Pablo Rosero compañero de esfuerzos y trabajo en la realización de nuestras tesis de grado.

DEDICATORIA

Este proyecto de investigación va dedicado primeramente a Dios por estar conmigo en los buenos y malos momentos de mi vida, por nunca abandonarme.

A mi familia que ha estado apoyándome constantemente, especialmente mi padre Juan Ruales y mi madre Katty Zambrano, que me han motivado a realizar este proyecto y haberme formado día a día con sus valores.

A mi hermano Francisco Ruales por mantener su constante apoyo en todo este trayecto, y por su grandioso amor y paciencia en los momentos más difíciles de esta de esta etapa de mi vida

A mis queridos docentes de la Universidad que me formaron como estudiante día tras día dándome a conocer todo el conocimiento que ellos poseen.

ÍNDICE

CERTIFICADO JURADO EXAMINADOR.....	2
AUTORÍA DE TRABAJO	3
ACTA DE CESIÓN DE DERECHOS DEL TRABAJO DE TITULACIÓN.....	4
AGRADECIMIENTO	5
DEDICATORIA.....	6
RESUMEN EJECUTIVO.....	15
ABSTRACT	16
INTRODUCCIÓN.....	17
I. PROBLEMA	20
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	20
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	20
1.3 JUSTIFICACIÓN	21
1.4. OBJETIVOS Y PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN	22
1.4.1. Objetivo General.....	22
1.4.2. Objetivos Específicos	22
1.4.3. Preguntas de Investigación	23
I. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	24
2.1. ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS	24
2.2. MARCO TEÓRICO	25
2.2.1 Suelo.....	25
2.2.2 Suelo Forestal.....	25
2.2.2.1 Suelo productivo y horizontes	26
2.2.2.2 Perfil del suelo.	27
2.3 Características y propiedades de los suelos forestales	28
2.3.1 Morfología del suelo	28

2.3.2 Textura y Estructura	28
2.3.4 Estructura	29
2.3.5 Tipo de estructura	29
2.3.6 El grado de estructura	29
2.3.7 Clase de estructuras	30
2.3.8 Características químicas del suelo.....	30
2.3.9 Materia orgánica del suelo	30
2.4 Sistema de clasificación y tipos de suelo.....	31
2.4.1 Suelos de la sierra ecuatoriana.	31
2.4.4 Suelos Aridisoles.....	33
2.4.5 Suelos Entisoles	34
2.4.6 Suelos Histisoles.....	35
2.4.7 Suelos Inceptisoles.....	35
2.4.8 Suelos Molisoles.....	36
2.4.9 Suelos Oxisoles.....	37
2.2.10 Suelos Ultisoles	38
2.4.11 Suelos Vertisoles.....	39
2.5 Plantación forestal.....	39
2.5.1 Requerimientos de suelos de las plantaciones forestales	40
2.5.1 Eucalipto	41
2.6 Ciprés	42
2.7 Parámetros de estudio en las plantaciones	43
2.8 Estimación del balance hídrico local	43
METODOLOGÍA	45
3.1. ENFOQUE METODOLÓGICO	45
3.1.1. Enfoque	45
3.1.2. Tipo de Investigación	45

3.2. HIPÓTESIS O IDEA A DEFENDER	45
1.3. DEFINICIÓN Y OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	46
3.3.1. VARIABLES	46
3.3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA DE LA INVESTIGACIÓN.	46
Población.	46
Muestra.....	46
3.3.3. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....	46
3.4. MÉTODOS UTILIZADOS	49
3.4.1. Información procedimental	49
3.4.2. Determinaciones de laboratorio y gabinete.....	49
3.4.3. Detalles de procedimientos	51
3.4.5. Levantamiento de la información (etapa de campo)	51
3.4.6. Recolección de muestras	53
3.4.7. Etapa de laboratorio.....	53
3.4.8. Procesamiento y análisis de la información	55
3.4.9. Análisis Estadístico	57
3.4.10. PLANTACIONES FORESTALES EVALUADAS	58
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	61
4.1. TIPOS DE SUELO	61
4.2. AMPLIACION DE CATÁLOGO DE TIPOS DE SUELOS	65
4.3. RESPUESTA DE LA MASA FORESTAL A LAS CONDICIONES DE SITIO	67
Discusión.....	76
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	78
5.1. CONCLUSIONES.....	78
5.2. RECOMENDACIONES	79
IV. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	80
V. ANEXOS	85

5.1 DESCRIPCIÓN DE PERFILES.....	85
5.1. ANÁLISIS DE LABORATORIO	130

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Perfil de suelo.....	28
Figura 2. Suelos Alfisoles.....	32
Figura 3. Suelos Andisoles	33
Figura 4. Suelos Aridisoles.....	34
Figura 5. Suelos Entisoles	34
Figura 6. Suelos Histisoles	35
Figura 7. Suelos Inceptisoles	36
Figura 8. Suelos Molisoles	37
Figura 9. Suelos Oxisoles	37
Figura 10. Suelos Utisoles	38
Figura 11. Suelos Vertisoles.....	39
Figura 12. Plantación de Eucalipto Angasmayo.....	41
Figura 13. Observación de las plantaciones forestales y mediciones de cada tramo de pendiente	51
Figura 14. Establecimiento de las plantaciones forestales	52
Figura 15. Descripción del perfil de suelo.....	52
Figura 16. Extracción de la muestra de horizonte A1	53
Figura 17. Muestra de la densidad aparente	54
Figura 18. Muestra de carbono	54
Figura 19. Cálculo de pH.....	55
Figura 20. Suelo tipo 1a.....	61
Figura 21. Suelo tipo 1AA.....	62
Figura 22. Suelo tipo 2a.....	63
Figura 23. Suelo tipo 2b	64
Figura 24 Suelo tipo 3a.....	64
Figura 25. Tipo de suelo 3b.....	65

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Periodos de días continuos sin lluvia	44
Tabla 2: Operacionalización de variable independiente	47
Tabla 3: Operacionalización de variable dependiente	48
Tabla 4: Actividades del proyecto	51
Tabla 5: Catálogo de Tipos de Suelos (Rosero, 2015; Quintero 2015)	56
Tabla 6 :Plantaciones forestales evaluadas en el cantón Tulcán - Huaca; Error! Marcador no definido.	
Tabla 7: Coordenadas de las plantaciones forestales en el cantón Tulcán - Huaca	60
Tabla 8: Modificación al Catálogo de Tipos de Suelos	66
Tabla 9: Parámetros de suelo y vegetación agrupados según la posición topográfica de las parcelas.....	67
Tabla 10: Contenido de Carbono % en el horizonte A1 e incrementos en las variables del vuelo forestal (plantaciones de eucalipto entre 2600 y 2800 msnm sobre suelos volcánicos).	68
Tabla 11: Contenido de Carbono % en el horizonte A1 e incrementos en las variables del vuelo forestal (plantaciones de ciprés entre 2600 y 2800 msnm sobre suelos volcánicos).	70
Tabla 12: Asociaciones lineales entre variables y el volumen (Eucalipto).....	72
Tabla 13: Asociaciones lineales entre variables y el área basal (Eucalipto).....	73
Tabla 14: Asociaciones lineales entre variables con el volumen en plantaciones de Ciprés... 74	
Tabla 15: Asociaciones lineales entre variables con el área basal (Ciprés).....	75
Tabla 16: Plantación Forestal el Carrizal	85
Tabla 17: Plantación Forestal el Carrizal	86
Tabla 18: Plantación Forestal el Carrizal	87
Tabla 19: Plantación forestal Barrial	88
Tabla 20: Plantación forestal Barrial	89
Tabla 21:Plantación forestal Barrial	90
Tabla 22: Plantación forestal sector Rumichaca	91
Tabla 23:Plantación forestal sector Rumichaca	92
Tabla 24: Plantación forestal sector Rumichaca	93
Tabla 25:Plantación forestal sector de Angasmayo Eucalipto (5 años) Textura: Franco arenoso	94
Tabla 26: Plantación forestal sector Angasmayo	95
Tabla 27:Plantación forestal sector de Angasmayo	96

Tabla 28: Plantación forestal sector el Chochal	97
Tabla 29: Plantación forestal sector el Chochal	98
Tabla 30: Plantación forestal sector el Chochal	99
Tabla 31: Plantación forestal sector la Palizada Eucalipto (30 años) Textura: Franco arenoso	100
Tabla 32: Plantación forestal sector la Palizada Eucalipto Textura: Franco arenoso.....	101
Tabla 33: Plantación forestal sector la Palizada Eucalipto Textura: Franco arenoso.....	102
Tabla 34: Plantación forestal sector Troya Eucalipto (4 años) Textura: Franco arenoso.....	103
Tabla 35: Plantación forestal sector Troya Eucalipto Textura: Franco arenoso.....	104
Tabla 36: Plantación forestal sector Troya Eucalipto Textura: Franco arenoso.....	105
Tabla 37: Plantación forestal sector Pioter Eucalipto (14 años) Textura: Franco arenoso gravoso	106
Tabla 38: Plantación forestal sector Pioter Eucalipto Textura: Franco arenoso.....	107
Tabla 39: Plantación forestal sector Pioter Eucalipto Textura: Franco arenoso.....	108
Tabla 40: Plantación forestal sector Michuquer Eucalipto (16 años) Textura: Franco limoso	109
Tabla 41: Plantación forestal sector Michuquer Eucalipto Textura: Franco Limoso.....	110
Tabla 42: Plantación forestal sector Michuquer Eucalipto Textura: Franco limoso	111
Tabla 43: Plantación forestal sector Las Peñas Eucalipto (7 años) Textura: Franco arenoso	112
Tabla 44: Plantación forestal sector Las Peñas Eucalipto Textura: Franco arenoso	113
Tabla 45: Plantación forestal sector Las Peñas Eucalipto Textura: Franco arenoso	114
Tabla 46: Plantación forestal sector La Estrellita Eucalipto (6 años) Textura: franco arenoso	115
Tabla 47: Plantación forestal sector La Estrellita Eucalipto (6 años) Textura: franco arenoso	116
Tabla 48: Plantación forestal sector La Estrellita Eucalipto (6 años) Textura: franco arenoso	117
Tabla 49: Plantación Forestal Sector Taya Ciprés (30 años) Textura: Franco arenoso	118
Tabla 50: Plantación Forestal Sector Taya Ciprés Textura: Franco arenoso	119
Tabla 51: Plantación forestal Taya Ciprés Textura: Franco arenoso.....	120
Tabla 52: Plantación forestal Sector Chitan de Navarrete Bosque: Ciprés (40 años) Textura: Franco limoso	121
Tabla 53: Plantación forestal Sector Chitan de Navarrete Bosque: Ciprés Textura: Franco limoso	122
Tabla 54: Plantación forestal Sector Chitan de Navarrete Ciprés Textura: Franco limoso....	123

Tabla 55:Plantación forestal Sector El Capote Ciprés (32 años) Textura: Franco arenoso...	124
Tabla 56: Plantación forestal Sector El Capote Ciprés Textura: Franco arenoso.....	125
Tabla 57: Plantación forestal Sector El Capote Ciprés Textura: Franco arenoso.....	126
Tabla 58:Plantación forestal Sector La Encillada Ciprés (32 años) Textura: Franco limoso	127
Tabla 59: Plantación forestal Sector La Encillada Bosque: Ciprés Textura: Franco limoso .	128
Tabla 60: Plantación forestal Sector La Encillada Bosque: Ciprés Textura: Franco limoso .	129
Tabla 61: Troya parte A	130
Tabla 62: Troya parte B	130
Tabla 63: La Palizada parte A.....	131
Tabla 64: La Palizada parte B	131
Tabla 65: Rumichaca A.....	132
Tabla 66: Rumichaca B.....	132
Tabla 67: El Barrial A.....	133
Tabla 68: El Barrial B	133
Tabla 69: Taya parte A.....	134
Tabla 70: Taya parte B.....	134
Tabla 71: El Chochal A.....	135
Tabla 72: El Chochal B.....	135
Tabla 73: El Carrizal A	136
Tabla 74: El Carrizal B	136
Tabla 75: Angasmayo A	137
Tabla 76: Angasmayo B.....	137
Tabla 77: La Estrellita parte A.....	138
Tabla 78: La Estrellita parte B	138
Tabla 79: Las Peñas parte A	139
Tabla 80: Las Peñas parte B.....	139
Tabla 81: Michuquer parte A.....	140
Tabla 82: Michuquer parte B	140
Tabla 83: Pioter parte A.....	141
Tabla 84: Pioter parte B	141

RESUMEN EJECUTIVO

Este trabajo se propuso realizar una evaluación a nivel exploratorio de los suelos bajo cobertura forestal, e igualmente sobre el rendimiento de las plantaciones forestales según las condiciones de los suelos, en un grupo de fincas de los cantones Huaca y Tulcán de la provincia del Carchi, aplicando un sistema de definición de suelos (catálogo de tipos interpretativos de suelos) para la tipificación de los mismos. Para ello, se evaluaron parcelas de 20 x 20 m de superficie en las plantaciones y se registró la especie, la edad, altura, área basal y volumen, a lo largo de transectos que incluyeron desde la cima y parte alta de pendientes, hasta medias laderas y partes bajas del relieve. En cada parcela se describió el perfil de suelo y se le clasificó aplicando el catálogo de tipos de suelos desarrollado en el Centro Experimental San Francisco de la UPEC en Huaca. Los resultados muestran la frecuencia de la mayor parte de los tipos ya incluidos en el catálogo, y la adición de uno nuevo designado como tipo 1 AA, correspondiente a suelos en posición de cima o parte alta de la pendiente y caracterizado por un profundo horizonte A1 de más de 1,5 m de profundidad (Un suelo similar solo había aparecido en bases de pendiente: tipo 3b, definido como un perfil de acumulación). Los valores de incremento anual de la masa forestal en altura (eucalipto 1,59 m/año, ciprés 0,32 m/año), área basal (eucalipto 23,61 m²/ha/año, ciprés 0,9 m² / ha/ año) y volumen (eucalipto 8,91 m³/ha/año, ciprés 2,25 m³/ha/año) resultaron bajos a muy bajos, y con una alta uniformidad a lo largo de las tres posiciones topográficas consideradas y a los diferentes tipos de suelo. Ello demuestra dos cualidades de las especies forestales estudiadas: a) La capacidad de crecer a ritmo similar independientemente de la posición topográfica, la pendiente y los tipos de suelo; y b) La inexistencia de una relación significativa entre el ritmo de crecimiento de la masa forestal y los parámetros edáficos específicos considerados. Por otra parte, es notoria la mayor velocidad de crecimiento del eucalipto en comparación con el ciprés en las condiciones de gran altitud y clima frío y húmedo existente. Se concluye que, en la zona alta, fría y húmeda de la provincia del Carchi, el relativo bajo ritmo de desarrollo de la masa forestal de las especies estudiadas está más condicionado por las condiciones climáticas y la altitud que por las propiedades de los suelos. Debe considerarse que se trata de suelos de origen volcánico moderadamente fértiles, con contenidos de carbono orgánico alrededor de 7% y pH entre 5,5 y 6.

Palabras claves: tipificación, área basal, transectos, horizonte, masa forestal, edáficos

ABSTRACT

This work was developed through an evaluation at an exploratory level of the low soils, forest cover and the yield of its plantations according to the conditions in which the group of farms of the Huaca and Tulcán cantons of the province of Carchi are found, where it was applied the soil definition system developed in the “Centro Experimental San Francisco” of the UPEC University in Huaca for the classification of the same. For this, plots of 20 x 20 m of surface in the plantations were evaluated and the species, age, height, basal area and volume were recorded, along transects that included from the top and upper part of slopes, to middle slopes, and lower parts of relief, in each plot the soil profile was described and classified. Subsequently, the results show the frequency of most of the types already included in the catalog, and the addition of a new one designated as type 1 AA, which were low to very low, and with high uniformity throughout the three topographic positions and different types of soil. This demonstrates two qualities of the forest species studied, the first being the ability to grow at a similar rate regardless of the topographic position, the slope and the types of soil, and the second corresponds to the lack of a significant relationship between the rate of growth, growth of the forest mass and the specific edaphic parameters. On the other hand, the higher growth speed of eucalyptus compared to cypress in high altitude, cold and humid climate conditions is notable. Finally, it is concluded that, in the high, cold and humid zone of the Carchi province, the relatively low rate of development of the forest mass of the studied species is more conditioned by climatic conditions and altitude than by the properties of the soils. of volcanic origin moderately fertile, with organic carbon contents around 7% and pH between 5.5 and 6.

Keywords: typification, basal area, transects, horizon, forest mass, edaphic.

INTRODUCCIÓN

El Ecuador tiene una superficie terrestre de 28.356.000 ha. (283.356 km²), de las cuales se estima que 14.4 millones de hectáreas están bajo uso preferentemente forestal, es decir, el 50% del territorio nacional. Corresponden a las plantaciones forestales alrededor de 164.000 ha lo que representa el 1,14% de la superficie forestal del Ecuador. Entre las ventajas comparativas del Ecuador en relación al uso de la tierra se incluyen la ubicación geográfica, la elevación de la Cordillera de los Andes por sobre la planicie amazónica y la región costera, y la influencia de corrientes marinas, pues ellas determinan que el Ecuador disponga de gran variedad de climas, formaciones vegetales y cultivos. La extensa deforestación de la Sierra ecuatoriana ocurrida desde el siglo XVII motivó, ya en 1860, que el gobierno ecuatoriano invite a una misión forestal australiana a contribuir con la reforestación en la región de Los Andes. Esta misión trajo a Ecuador especies de eucaliptos y acacias, y más tarde se incorporó a los proyectos de reforestación cipreses y pinos (Franco, 2016).

En la actualidad, las plantaciones forestales existentes son, principalmente, de *Pinus spp*, *Eucalyptus spp.* y *Cupressus spp.* localizadas mayormente en las provincias de la Sierra, como en la provincia del Carchi, con el doble propósito de brindar protección en las cuencas altas y generar madera para construcción, carpintería y combustible. También se han establecido plantaciones de Teca (*Tectona grandis*) en la Región Costa, una de las maderas de mayor valor comercial en el mercado mundial. En la región Amazónica es más notoria la presencia de árboles nativos en cultivos mixtos o sistemas agroforestales (Salazar, 2007).

Para un país como el Ecuador, cuya economía y desarrollo social y económico se fundamenta en el sector agroproductivo, los recursos suelo, agua y biodiversidad son de vital importancia, por lo que debe estimularse toda acción dirigida a su conocimiento, conservación y manejo. La importancia de los suelos en el Ecuador se visualiza con las cifras del sector agropecuario, que señalan que su contribución al PIB ha oscilado entre 12 y 15% en los últimos años, y que el sector agroproductivo ha generado ingresos globales que representan un 46% de las divisas para el país. Ello, además del esfuerzo humano, el clima y la agrodiversidad, se fundamenta en la calidad y productividad de los suelos, eso significa que los suelos más que para muchos países de América Latina y el mundo, constituyen para Ecuador un recurso estratégico fundamental. Sin embargo, se ha estimado que, de los suelos bajo uso agropecuario en el Ecuador, una creciente proporción ha sido o está siendo afectada por procesos de degradación que reducen significativamente los rendimientos de los cultivos, e incluso la imposibilidad de su uso

productivo. El agresivo deterioro del recurso suelo, por su uso inadecuado, se acentúa cada vez más. Su origen se debe a la falta de capacitación de los usuarios y al crecimiento demográfico, que presiona el uso intensivo de los recursos suelo, agua y vegetación (Velasquez, 2012).

Por otra parte Suquilanda (2011) afirma que “después de alrededor de cinco décadas de la aplicación de los principios de la revolución verde en la agricultura ecuatoriana, buena parte de los suelos del país se han visto seriamente deteriorados por el uso de tecnologías inadecuadas a la realidad, ecológica, económica y socio cultural, propiciando bajas sensibles en la productividad de la mayoría de cultivos, severos desbalances en los agro ecosistemas y contaminación ambiental, con impactos negativos en la salud de los agricultores y consumidores finales”. Esta situación ya en niveles críticos, merece la atención y los esfuerzos del Estado y de la sociedad en búsqueda de soluciones, y, desde luego, el rol de las Universidades y otras instituciones del sector ciencia y tecnología es crucial en esa búsqueda.

El uso agrícola se ha venido intensificando desde su deforestación a mediados del siglo XX, llevando la frontera del bosque húmedo montano alto original sobre los 3200 m de altitud; de hecho, al elaborar la línea base de deforestación del Ecuador se encontró que la sub-región interandina muestra el menor valor de remanencia de vegetación natural entre todas las sub-regiones de Ecuador. La detención de los procesos de degradación, así como la restauración de los suelos afectados, requiere de un conjunto de políticas, estrategias y acciones dirigidas a corregir las causas de la afectación de los suelos y a remediar el daño causado hasta donde sea posible. Entre las técnicas a aplicar se incluye la plantación de árboles de diversidad de especies y bajo diferentes esquemas según las condiciones de las áreas: sistemas agroforestales, plantaciones en curvas de nivel, cortinas rompevientos y plantaciones mixtas o puras con fines múltiples de protección y producción, además propone una serie de alternativas de cultivos mixtos y sistemas agroforestales para diversas condiciones edafoclimáticas de la provincia del Carchi (Cordova y Valverde, 2002).

La urgente necesidad de avanzar en la conversión de los sistemas agrícolas convencionales en sistemas agroecológicos, donde los ciclos de materia orgánica, agua y nutrientes tienden a equilibrarse mediante cultivos multiestratificados que incluyen hierbas, arbustos y árboles de múltiple propósito. En Ecuador, se estima que del área deforestada y en proceso de degradación, más de 3 millones de hectáreas son tierras que pueden ser cubiertas con árboles para fines de producción, protección o recuperación de suelos. En general, los bosques naturales y plantados cumplen una importante función en la preservación del equilibrio ecológico, por lo que su

aprovechamiento se encuentra regulado con el fin de asegurar el mantenimiento del equilibrio en los diversos ecosistemas que incluyen plantaciones forestales y bosques naturales (Altieri, 2015).

A pesar de los esfuerzos realizados en plantaciones forestales desde fines del siglo XIX en Ecuador, aún existe la necesidad de restablecer la cobertura forestal en buena parte de las tierras deforestadas, especialmente en las cuencas altas, donde se han afectado los regímenes hídricos y la calidad de los cursos de agua, colocando en duda la sostenibilidad del desarrollo agropecuario a largo plazo. (Castro, 2012).

Debido a ello es urgente y necesario obtener tanta información como sea posible sobre las plantaciones forestales y el rendimiento de las especies utilizadas bajo diferentes condiciones edafoclimáticas. Ello permitirá orientar los esfuerzos a realizar hacia la obtención de los mejores resultados posibles. Este trabajo pretende arrojar información sobre el ritmo de desarrollo de plantaciones de eucalipto y pino existentes en los cantones Tulcán y Huaca, provincia del Carchi, en relación con las condiciones de relieve y suelos.

I. PROBLEMA

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Existe poca información sobre los suelos de la franja del piso montano entre 2.900-3.100 m altitud, que cubre una amplia área del Valle Interandino Norte entre las Cordilleras Oriental y Occidental del Ecuador. En esta área existe un uso combinado de la tierra, que incluye pastizales para ganadería de leche, cultivos de papa, alverjas y chocho, y también áreas de bosque húmedo montano alto y plantaciones forestales, especialmente de *Eucaliptus spp* y *Cupressus spp*. Estos usos se han venido estableciendo, luego de la masiva deforestación de remanentes de la selva nublada original desde las primeras décadas del siglo XX. No se dispone de datos suficientes sobre las condiciones en que están creciendo estas plantaciones, sobre que variabilidad edáfica, y cuál es la tasa media anual de crecimiento en área basal y volumen. Esa información es importante en proyectos de restauración y de uso agroforestal. Del mismo modo, es muy escasa la información disponible sobre análisis comparativos entre estos suelos y los vecinos equivalentes bajo cultivo agrícola. Sería de esperar que solo los suelos más empinados y degradados estuvieran cubiertos de plantaciones forestales, en una región con alta demografía y una extraordinaria intensidad de uso (Franco, 2016).

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Qué tan variables son los suelos bajo uso forestal plantaciones forestales en los cantones Huaca y Tulcán – Provincia del Carchi?

Se propone realizar la evaluación de los suelos bajo plantaciones forestales en diversas condiciones de posición topográfica y pendiente. Los procesos de degradación y erosión de los suelos en ciertos sectores del valle interandino.

En general, en la Sierra ecuatoriana se conoce bien la aptitud de las tierras para cultivos agrícolas y pastos, pero muy poco para especies forestales, pese a la importancia de las mismas. Por otra parte, la extensa deforestación de las zonas altas y la consecuente degradación de los suelos exige programas de restauración para cuyo éxito se requiere de información técnica pertinente sobre los suelos y las especies más utilizadas hasta ahora. En ese contexto, se propone realizar la evaluación de los suelos bajo plantaciones forestales de eucaliptos y cipreses, en diversas condiciones de posición topográfica y pendiente. Los procesos de degradación y erosión de los suelos en ciertos sectores del Valle Interandino en la provincia del Carchi han alcanzado un nivel avanzado, en algunos sectores quizás ya desde la época colonial, y en otros

desde el siglo XIX o XX. Es de suponer que las plantaciones se realizaron con fines de conservación de suelos, en primer término, y para la producción de madera, en segundo.

Buena parte de las cuencas más altas, de gran importancia por su rol en la generación de recursos hídricos para las comunidades y el riego para la producción agropecuaria ha sido deforestada, colocando en riesgo la sostenibilidad de la agricultura aguas abajo. La restauración de esas cuencas podría hacerse mediante el ordenamiento del uso y el establecimiento de plantaciones forestales de múltiple propósito. Un pequeño porcentaje posee aun vegetación boscosa natural en algunos sectores, los que deben ser protegidos estrictamente. Por otra parte, también se encuentran plantaciones dedicadas a la producción de madera. En función de ese espectro de plantaciones forestales de protección y producción se diseñó el presente trabajo, el cual parte de la selección de lotes para el establecimiento de parcelas de evaluación de suelos y del vuelo forestal en los cantones Huaca y Tulcán de la provincia del Carchi (Franco , 2016).

Por otra parte, aprovechando la oportunidad del desarrollo reciente en el Centro Experimental San Francisco de la UPEC, de un sistema de definición y categorización de los suelos que considera su posición topográfica, el grado de pendiente y el estado de conservación/degradación por erosión y/o compactación, se utilizó el catálogo de suelos resultante para la caracterización de los suelos en las parcelas de estudio bajo uso forestal (Franco et al, 2015, Quintero, 2015 y Rosero 2015). Asimismo, la información de suelos y vegetación de las parcelas sirvió a los fines de ampliar la base de información de dicho catálogo.

1.3 JUSTIFICACIÓN

El conocimiento sobre las propiedades y caracterización de los suelos y su productividad en una región debe abarcar todos los usos, tanto productivos como protectores. Es notoria la importancia de la producción agropecuaria en el Valle Interandino Norte en la provincia del Carchi, especialmente en los cantones Huaca y Tulcán, asimismo en los otros cantones (Montufar, Bolívar, Espejo y Mira), y que dicha producción ha venido aumentando con el crecimiento demográfico y el crecimiento económico de la región. Deben hacerse todos los esfuerzos necesarios para asegurar la sostenibilidad del desarrollo agropecuario, lo que incluye la conservación de las cuencas altas y los valiosos recursos hídricos, así como el mantenimiento de la productividad de los suelos y la salvaguarda de la biodiversidad remanente. En ese contexto, las plantaciones protectoras y las de múltiple propósito (conservación, madera, fijación CO₂, fomento de la fauna) constituyen un componente estratégico del uso de la tierra en el marco de la ordenación y manejo de las tierras altas. El fomento, establecimiento y manejo de las plantaciones forestales requiere de conocimientos sobre el funcionamiento del sistema

clima-suelo-agua-planta en esos ecosistemas forestales. Ello permitiría sustentar políticas de estado e inversiones privadas dirigidas al logro de metas en la búsqueda del desarrollo rural sostenible.

El estudio de los suelos bajo uso forestal productivo y conservacionista, incluyendo el estado de conservación del mismo, su posición topográfica y su pendiente, permitirá obtener información básica útil para complementar un diagnóstico sobre la situación actual de los suelos y las tendencias de la producción forestal en el área de estudio, y, de este modo, orientar el diseño de futuros proyectos de investigación e innovación dirigidos a potenciar la productividad y solventar eventuales riesgos que pudieran detectarse.

Es importante para la UPEC, como Universidad Regional que incluye la especialidad Desarrollo Integral Agropecuario y Ciencias Ambientales, prestar atención al tema de conservación de los suelos bajo cualquier uso y el mejoramiento de los sistemas de producción.

1.4. OBJETIVOS Y PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

1.4.1. Objetivo General

Realizar una evaluación a nivel exploratorio de los suelos bajo cobertura forestal, e igualmente sobre el rendimiento de las plantaciones forestales según las condiciones de los suelos, en un grupo de fincas de los cantones Huaca y Tulcán de la provincia del Carchi, aplicando un sistema de definición de suelos (catálogo de tipos interpretativos de suelos) para la tipificación de los mismos.

1.4.2. Objetivos Específicos

- Describir las condiciones de los suelos bajo uso forestal productivo y conservacionista bajo diferentes condiciones topográficas, en sectores de los cantones Huaca y Tulcán.
- Definir el tipo de suelo en cada localidad estudiada según el catálogo de tipos de suelos propuesto por la UPEC.
- Obtener y analizar la información sobre el rendimiento de las plantaciones forestales (especie, densidad, edad, tasa de crecimiento en altura, área basal y volumen).
- Interpretar la información de suelos y topografía conjuntamente con la obtenida sobre la masa forestal de las plantaciones.

- Complementar el catálogo de tipos de suelos propuesto por la UPEC, adicionándole nuevos tipos, usos y productividad, según las condiciones identificadas de los suelos bajo cobertura forestal.

1.4.3. Preguntas de Investigación

- ✓ ¿Qué tan variables son los suelos bajo plantaciones forestales?
- ✓ ¿Es posible representar su variabilidad mediante parámetros de fácil determinación, como su posición topográfica, pendiente, espesor del horizonte A1, contenido de Carbono y pH?
- ✓ ¿Cuál es la tasa de crecimiento en área basal y volumen de las plantaciones según los tipos de suelos que puedan diferenciarse dadas las restricciones de pendiente?
- ✓ ¿Bajo las mismas condiciones topográficas, existen diferencias entre los suelos bajo cubierta forestal y los suelos bajo uso agropecuario, especialmente en relación a su estado de degradación/conservación?
- ✓ ¿Cómo ha sido la evolución reciente de estos suelos en comparación con los suelos bajo uso agrícola?

I. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1. ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS

Condoy y Imaicela (1999) estudiaron las plantaciones forestales de *Pinus radiata* y *Pinus patula* sobre los 3.000 m de altitud en 9 de las 10 provincias de la Sierra Ecuatoriana. Los autores señalan que para 1986 existían por encima de 3.000 m de altitud, 20.000 ha *Pinus radiata* y 4.000 de *Pinus patula*, y que las plantaciones, por lo común, se establecieron en gran diversidad de condiciones, pero preponderantemente en áreas de difícil acceso y de suelos marginales, por lo que los rendimientos son igualmente muy disimiles. El Índice de Sitio sobre 3.000 msnm en pino con base en 20 años de edad varió entre 10 y 25 m de altura (altura mayor promedio de los árboles), mostrando la gran variabilidad de los sitios plantados. En pino el índice de sitio varió entre 6 y 20 metros y los factores que mejor explicaron esa variabilidad fueron: la altitud, profundidad efectiva del suelo (alcance de las raíces) y densidad del suelo. En el *Pinus patula* los factores de fueron: altitud y temperatura del suelo en menor grado la textura, humedad del suelo a 10 cm y profundidad efectiva.

Estos autores reportan un crecimiento promedio anual de *Pinus patula* entre 2,34 y 10,45 m³/ha/año, por sobre 3.000 msnm. En Colombia, la misma especie, pero 2.000 y 2.700 msnm arrojó un promedio de 18,9 m³/ha/año. Por su parte, el *Pinus radiata* registró un crecimiento medio anual entre 6,66 y 20,8 m³/ha/año. En ambos casos se tomó 20 años como edad indicadora. En general, las plantaciones forestales en Ecuador no son manejadas, por lo que el rendimiento de las mismas es muy inferior al esperado.

En 1987 se aprobó una ley forestal en Uruguay cuyo objetivo central era la promoción de las plantaciones de árboles a gran escala, y dieciocho años después, el país contaba con 660.000 hectáreas plantadas, siendo el mayor porcentaje de eucaliptos, seguido mayoritariamente por pinos y en menor medida sauces y álamos (Céspedes, 2013). El eucalipto es una especie que consume importantes cantidades de agua debido a su alta tasa de evapotranspiración. Simultáneamente, realiza una captura selectiva de nutrientes desde 1-2 m de profundidad en el suelo, trasladándolos a la superficie vía hojarasca, por lo que, una vez introducida en suelos degradados propiciará su restauración progresiva, mejorando sus propiedades fisicoquímicas para especies autóctonas a implantarse al extraer el eucalipto. (Franco, com. personal).

Esta especie originaria del oeste Australia, ha evolucionado bajo condiciones bioclimáticas específicas, propias de su hábitat de dispersión, por lo que, una vez introducida en otro

ambiente, buscara reconstruir las condiciones ambientales de origen. A nivel de suelo, ello ha de traducirse en cambios en sus propiedades fisicoquímicas, acorde a su demanda nutricional. En el caso estudiado, la investigación mostró que los suelos, originalmente evolucionados bajo un ecosistema de praderas, luego de 25 años bajo plantaciones de eucalipto, presentaron efectos significativos en un número importante de variables, que redundaron en cambio de la pedogénesis. Estos impactos varían a medida que avanzamos en la profundidad del suelo. En la primera capa del suelo (conocida como horizonte A1; de unos 30 cm de espesor) se comprobó que los impactos son muy severos y que estos son menos significativos a medida que descendemos en la profundidad del suelo.

Por otra parte (UNAM, 2015) en su investigación Evaluación de prácticas de conservación de suelos forestales en México: caso de las zanjas trinchera, menciona que se evaluaron 28 sitios distribuidos en 7 estados, los estudios señalan que los impactos son negativos. Entre ellos, la remoción de suelos como consecuencia de la excavación, la cual puede movilizar de 60-123 ton/ha y la exposición de 0.4-6.3 ton/ha de carbón en la superficie. Los resultados también mostraron también que esta práctica no mejora las condiciones de retención de humedad, necesarias para sostener la reforestación asociada y no son adoptas por la población.

La investigación de (Ramírez & Sánchez, 2012) en su trabajo denominado, “Indicadores de la calidad de los suelos: una nueva manera de evaluar este recurso” establece que, la calidad del suelo se considera como una medida de su capacidad para funcionar adecuadamente en relación con un uso específico, también menciona que para determinar la calidad del suelo se deben tomar en cuenta las propiedades físicas, químicas y biológicas. Es por ello q esta investigación determina que para clasificar un buen suelo se deben tomar muestras 0-10 y 10-20cm con ello permitirá valorar el suelo a largo plazo.

2.2. MARCO TEÓRICO

2.2.1 Suelo

El suelo es la primera capa superficial de la tierra la cual sirve de sostén para las plantas. Es capaz de aportar los nutrientes fundamentales para el crecimiento de los vegetales y almacenar agua de lluvias cediéndola a las plantas a medida que la necesitan (INIA, 2015).

2.2.2 Suelo Forestal

Es un sistema dinámico que ejerce funciones de soporte biológico en los ecosistemas terrestres; interviene en los ciclos de carbono, azufre, nitrógeno y fósforo como parte fundamental en el equilibrio de los ecosistemas, funciona como filtro y amortiguador que retiene sustancias, protegiendo las aguas subterráneas y superficiales contra la penetración de agentes nocivos, transforma compuestos orgánicos descomponiéndolos o modificando su estructura consiguiendo la mineralización, también proporciona materias primas renovables y no renovables de utilidad para el ser humano (CONAFOR, 2015).

2.2.2.1 Suelo productivo y horizontes

Puede identificarse el suelo, como la parte superior de la corteza terrestre que se encuentra conformada por la mezcla de materiales orgánicos, inorgánicos, agua, aire y organismos microscópicos. El suelo, se forma a partir de una constante y lenta descomposición del material rocoso debido a la acción de los fenómenos climáticos, de la digestión de microorganismos, de las enzimas segregadas por las plantas o mediante el transporte y sedimentación del material inorgánico arrastrado por los ríos, los mares o por los vientos. Dentro del suelo vive gran cantidad de microorganismos cuya cantidad supera grandemente a los todos los animales que viven en la superficie. En la parte más expuesta a la luz solar, viven grandes cantidades de algas, diatomeas, ácaros, colémbolos, cochinillas, larvas de insectos, lombrices, etc. Las lombrices desempeñan una función muy especial en el suelo, al contribuir con el proceso de transformación de la materia orgánica en compuestos húmicos, abrir galerías que facilitan el crecimiento de las raíces, y sus heces retienen agua y contienen importantes nutrientes para las plantas. El suelo sirve como sustrato de sostén a las plantas y en él se producen constantes procesos bioquímicos que favorecen la formación de los principios alimenticios básicos o nutrientes, de los cuales se alimentan las plantas (Trujillo, 2012).

El espesor del suelo es variable, en algunos lugares puede alcanzar 10 cm. de profundidad, mientras que en otros lugares puede alcanzar varios metros. Los suelos, son la fuente en la cual se nutren las diferentes especies vivas que pueblan la tierra, ya que sirven de medio de alimentación y sostén de las plantas, las cuáles a su vez constituyen elemento básico de alimentación directa o indirecta de todo ser vivo. La capa u horizonte más productivo del suelo es el horizonte A1, gracias a su contenido en materia orgánica y nutrientes. La pérdida o degradación de este horizonte conlleva a reducciones, que pueden ser muy significativas, de la productividad. Mediante el pase de rastra y arado el horizonte A1 puede mezclarse con el horizonte subyacente y sufrir compactación y pérdida de materias orgánicas y nutrientes,

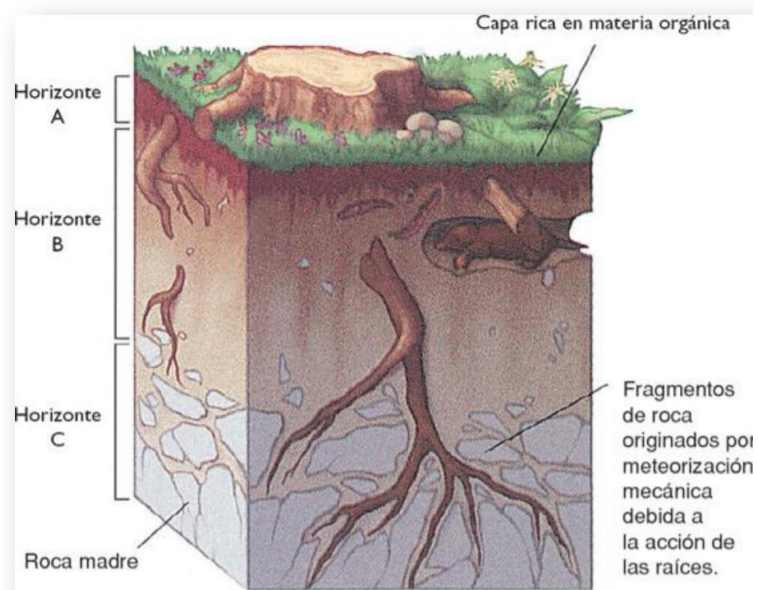
igualmente el pastoreo ocasiona degradación del suelo por compactación. Este horizonte alterado es el Ap o capa arable. En suelos conservados bajo vegetación nativa se puede esperar encontrar al perfil original o poco afectado por procesos de degradación luego de la deforestación y uso agropecuario. Y en suelos bajo plantaciones forestales, que pudieron haber estado en proceso de degradación, pudo haber ocurrido su estabilización y haberse iniciado eventualmente la recuperación del Horizonte A1, gracias al ciclo de materia orgánica bajo el ecosistema forestal. (Rosero, 2016).

En los cantones Huaca y Tulcán se realizó una evaluación preliminar del uso agropecuario de los suelos, encontrando un efecto significativo de la degradación edáfica. Es necesario continuar con evaluaciones de similar naturaleza. La comparación de suelos bajo usos diferentes permitirá inferir sobre lo planteado; mediante la descripción de los suelos asociada a unidades de pendiente y posición topográfica se posibilitará referenciar la información sobre uso forestal y productividad. Esta información podrá sistematizarse en una herramienta que denominamos catálogo de tipos interpretativos de suelos (Quintero, 2015).

2.2.2.2 Perfil del suelo.

En la Figura 1. se puede observar la evolución del suelo gracias a sus estratos, llamados también horizontes, que son porciones consecutivas a ciertas profundidades con propiedades físicas, químicas y biológicas completamente diferentes. 7 el primer estrato denominado mantillo es una capa fina de color marrón o negro compuesto principalmente por materia orgánica. El segundo estrato u horizonte "A" tiene aproximadamente 0,5 metros de profundidad, posee minerales, materia orgánica porosa y descompuesta por la acción de organismos vivos. El horizonte "B" posee mineral lixiviado proveniente de las capas superiores debido al fenómeno de percolación, de profundidad máxima de 1 metro. Por último, está el horizonte "C" correspondiente a la roca madre (Quevedo, 2013).

Figura 1. Perfil de suelo



Fuente: (Quevedo, 2013)

2.3 Características y propiedades de los suelos forestales

2.3.1 Morfología del suelo

Es el estudio y descripción sistemática del tamaño, forma, disposición e interrelación de sus componentes, como así también de características tales como color, consistencia, estructura y su relación con el paisaje. El estudio morfológico del suelo se realiza en el campo, analizando un corte vertical del terreno, siguiendo una serie de normas que se establecen a fin de hacer comparables las descripciones de distintos perfiles, eliminando ambigüedades, regionalismos y subjetividades. Los datos obtenidos se documentan en la Ficha Edafológica (Baridón, 2019).

2.3.2 Textura y Estructura

2.3.3 Textura

Se define la textura del suelo como: La proporción (en porcentaje de peso) de las partículas menores a 2 mm de diámetro (arena, arcilla y limo) existentes en los horizontes del suelo. En edafología las partículas de un suelo se clasifican en elementos gruesos (tamaño de diámetro superior a 2 mm) y elementos finos (tamaño inferior a 2 mm). Estos últimos son los utilizados para definir la textura de un suelo. No obstante, todas estas clases texturales se agrupan en 4 grandes grupos que poseen características similares: 1.- Las texturas arcillosas dan suelos

plásticos y difíciles de trabajar. Retienen gran cantidad de agua y de nutrientes debido a la microporosidad y a su elevada capacidad de intercambio catiónico. Aunque retengan agua en cantidad presentan una permeabilidad baja, salvo que estén bien estructurados y formen un buen sistema de grietas. 2.- La textura arenosa es la contrapuesta a la arcillosa, pues cuando en superficie hay una textura arenosa los suelos se conocen como ligeros, dada su escasa plasticidad y facilidad de trabajo. Presenta una excelente aireación debido a que las partículas dominantes de gran tamaño facilitan la penetración del aire. Únicamente cuando se producen lluvias intensas se puede producir encharcamiento o escorrentía, momento en el que la erosión laminar es muy importante. La acumulación de materia orgánica es mínima y el lavado de los elementos minerales es elevado. 3.- La textura limosa presenta carencia de propiedades coloidales formadoras de estructura, formando suelos que se apelmazan con facilidad impidiendo la aireación y la circulación del agua. Es fácil la formación de costras superficiales que impiden la emergencia de las plántulas. 4.- Las texturas francas o equilibradas al tener un mayor equilibrio entre sus componentes, gozan de los efectos favorables de las anteriores sin sufrir sus defectos, el estado ideal sería la textura franca y a medida que nos desviamos de ella se van mostrando los inconvenientes derivados (Gisbert, Ibáñez, & Moreno, 2010, pp. 2;5).

2.3.4 Estructura

De acuerdo con (Baridón, 2019) la estructura se refiere a la agregación de partículas individuales del suelo para generar unidades de mayor tamaño conocidas como agregados o terrones y que son el resultado de procesos patogenéticos. Generalmente se describen 3 aspectos de la estructura. El tipo de estructura, el grado y la clase.

2.3.5 Tipo de estructura

Sin estructura

Estructura granular; gránulos más o menos esféricos

Laminar; se forman agregados aplanados

Estructura poliédrica; con agregados poliédricos más o menos regulares. Si tiene aspecto de columna se llama columnar (Alicia, 2006).

2.3.6 El grado de estructura

El grado de estructura, se define como la intensidad de agregación de las partículas y expresa la diferencia entre la cohesión dentro de los agregados y la adhesividad entre estos. Se ve modificado por las variaciones de humedad, por lo que su estimación deberá de determinarse

cuando el contenido en humedad del suelo sea el “normal”. La clasificación del grado de estructura de un suelo es la siguiente: 1. Sin estructura: Grado de estructura caracterizado porque no existen agregados visibles, o bien no hay un ordenamiento natural de las líneas. Si es coherente se le llama aglomerado y si no lo es, se considera grano suelto. 2. Débil: Grado de estructura caracterizado por escasos agregados formados que apenas son visibles. Si resulta necesario para fines de comparación, este grado se puede subdividir en muy débil y moderadamente débil. 3. Moderado: Grado de estructura caracterizado por agregados bien formados y diferenciados de duración moderada. 4. Fuerte: Grado de estructura caracterizado por agregados duraderos evidentes en suelos no alterados. Estos se adhieren débilmente entre sí, tolerando desplazamientos y separándose cuando el suelo se altera. Si resulta necesario para fines de comparación, este grado se puede subdividir en fuerte y muy fuerte (Sandra, El cuidado de las plantas y el jardín, 2015).

2.3.7 Clase de estructuras

La clase de la estructura describe el tamaño medio de los agregados individuales y se divide en los siguientes términos: 1. Muy fino o muy delgado 2. Fino o delgado 3. Medio 4. Grueso o espeso 5. Muy grueso o muy espeso (Ramón & Manuel, 2010).

2.3.8 Características químicas del suelo

Capacidad de intercambio: Se trata de la capacidad que tiene el suelo de poder intercambiar arcilla y humus, cediendo nutrientes a las plantas por medio de la captación de partículas minerales. Carbono: Es el % de carbono que se encuentra retenido en el suelo pH: la acidez, la neutralidad o alcalinidad del suelo (UNLP, 2021).

2.3.9 Materia orgánica del suelo

La materia orgánica a la parte orgánica que cumple un papel esencial en el suelo. No existe una definición de humus con la que todos los especialistas estén de acuerdo; pero, en general, el término humus designa a las “sustancias orgánicas variadas, de color pardo y negruzco, que resultan de la descomposición de materias orgánicas de origen exclusivamente vegetal”. Contiene aproximadamente un 5% de nitrógeno, por lo que su valor en el suelo se puede calcular multiplicando por 20 su contenido en nitrógeno total. El humus tiene efecto sobre las propiedades físicas del suelo, formando agregados y dando estabilidad estructural, uniéndose a las arcillas y formando el complejo de cambio, favoreciendo la penetración del agua y su retención, disminuyendo la erosión y favoreciendo el intercambio gaseoso. Cuando se refiere

al efecto sobre las propiedades químicas del suelo, los autores mencionan que aumenta la capacidad de cambio del suelo, la reserva de nutrientes para la vida vegetal y la capacidad tampón del suelo favorece la acción de los abonos minerales y facilita su absorción a través de la membrana celular de las raicillas. Y en cuanto a su efecto sobre las propiedades biológicas, favorece los procesos de mineralización, el desarrollo de la cubierta vegetal, sirve de alimento a una multitud de microorganismos y estimula el crecimiento de la planta en un sistema ecológico equilibrado. La cantidad de humus en el suelo depende de muchos factores, tales como la incorporación de nuevos restos orgánicos al suelo y su velocidad de oxidación química y biológica, la velocidad de descomposición de la materia orgánica existente ya en el suelo, la textura del suelo, la aireación, humedad y los factores climáticos. Las prácticas de manejo del cultivo también pueden tener un efecto sobre este parámetro, ya que, por ejemplo, el empleo de abonos minerales acelera la descomposición de la materia orgánica en el suelo. Esto es una manifestación del crecimiento de la actividad biológica, que se traduce en la práctica en una mejora de la fertilidad y, por tanto, de los rendimientos. (Alberto, Meneses, Sevillano, & Segundo, 2006).

2.4 Sistema de clasificación y tipos de suelo

Durante la primera mitad del siglo XX había una visión de que el suelo sólo se formaba a partir del material parental o por transporte de sedimentos. A medida que el conocimiento en la ciencia del suelo fue aumentando, se incorporó la visión de que el suelo se formaba por diversos factores y procesos, por lo que existen diferencias en las características de los suelos y de sus respuestas al manejo. El establecimiento de la clasificación de suelos surgió como una necesidad de ordenar, diferenciar y sistematizar la información del suelo. Como existe una alta variabilidad en las características del suelo, los sistemas de clasificación incluyen aproximaciones sustanciales, que observan y clasifican el suelo con base en tendencias generales. Existen diversos sistemas de clasificación, los que han sido creados en distintos países para un uso interno. Por consiguiente, no existe un único sistema de clasificación que sea aceptado a nivel mundial. Los dos sistemas más utilizados y conocidos en Latinoamérica son el de Taxonomía de Suelos del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (Thiers, 2013).

2.4.1 Suelos de la sierra ecuatoriana.

En la sierra ecuatoriana existen 10 tipos de suelos que se los describe a continuación.

2.4.2 Suelos Alfisoles

Son suelos minerales con buen grado de desarrollo edafogénico que tienen un horizonte superficial claro, sobre un horizonte enriquecido con arcilla producto de la translocación de arcilla del horizonte superficial. Tienen una saturación de bases mayor al 35% y generalmente se desarrollan sobre relieves muy antiguos o en paisajes jóvenes pero que han permanecido estables, esto es, libres de erosión y otras perturbaciones edáficas, cuando menos a lo largo del último milenio. Se recomienda estos suelos para explotaciones intensivas de ciclo corto y forrajes, tanto por la saturación de bases como por la reserva de nutrientes disponibles para las plantas, en general altos. Como limitantes podemos mencionar la formación de capas duras que impiden el desarrollo radicular de los cultivos, la poca infiltración de agua y el bajo porcentaje de agua aprovechable (MAGAP, 2019).

Figura 2. Suelos Alfisoles



Fuente: (MAGAP, 2019)

2.4.3 Suelos Andisoles

Se desarrollan a partir de cenizas volcánicas y evidencian poca a moderada evolución; presentan un apreciable contenido de alófana (arcillas amorfas); baja densidad aparente ($< 0,85 \text{ g/cc}$) y, alta fijación de fósforo. Se ubican en las zonas altas y húmedas de la serranía ecuatoriana “páramos”; así como, dentro del callejón interandino y hacia la costa y el oriente debido a flujos de material volcánico. En las zonas altas se encuentran cubiertos por vegetación de páramo. Hacia el callejón interandino y la costa son muy utilizados para realizar actividades agrícolas ya que presentan buenas condiciones de fertilidad (Calvache, 2015).

Figura 3. Suelos Andisoles



Fuente: (MAGAP, 2019)

2.4.4 Suelos Aridisoles

Los Aridisoles se distinguen de los demás órdenes de suelo principalmente por el régimen de húmeda Arídico o tórrico, así como la presencia de sales solubles en superficie que limitan el crecimiento en el entorno de vegetación. Los Aridisoles, debido a su régimen de humedad están claramente limitados en cuanto a la productividad de los cultivos que en él se puedan presentar. No obstante, con el avance de la agricultura, se han desarrollado grandes extensiones de cultivo en zonas arídicas bajo condiciones de riego, con el único inconveniente del control de los procesos de salinización del suelo por el riego de este con aguas de baja calidad. Los aprovechamientos forestales, prácticamente son nulos, presentándose principalmente en estas zonas regiones de en las que los procesos erosivos y la pérdida de suelo son de especial interés en la conservación de éstos. De este modo, los Aridisoles siempre han estado asociados a terrenos yermos y baldíos, con escaso aprovechamiento, aunque desde el punto de vista medioambiental presentan una rica fauna y flora endémica. (Ramon, Sara, & Juan, 2011).

Figura 4. Suelos Aridisoles



Fuente: (MAGAP, 2019)

2.4.5 Suelos Entisoles

La erosión, pedregosidad, excesivos elementos gruesos, susceptibilidad a inundaciones y la saturación de agua permanente son sus principales problemas para el aprovechamiento; sin embargo, existen suelos potencialmente muy fértiles debido a los diferentes aluviones recibidos que sirven de sustento a una agricultura intensiva, por ejemplo, los entisoles en que se encuentran los cultivos de cacao y banano en los cantones Balao y Naranjal de la provincia del Guayas. Estos suelos ocupan una superficie de 1 324 302 ha, que representa el 6% del territorio nacional cartografiado, situándose una gran parte de ellos en pendientes fuertes (>40 a 70%) de los relieves montañosos. Cabe mencionar que 520 573 ha presentan una vocación agropecuaria (MAGAP, 2019).

Figura 5. Suelos Entisoles



Fuente: (MAGAP, 2019)

2.4.6 Suelos Histisoles

Los Histisoles son suelos ricos en materia orgánica y residuos vegetales más o menos descompuestos. Se desarrollan generalmente en zonas donde la materia orgánica se acumula en la superficie sin llegar a descomponerse en consecuencia de bajas temperaturas (climas Boreales) o de una saturación prolongada del suelo (en los Trópicos Húmedos). Se vuelven en suelos de baja fertilidad cuando la vegetación natural es reemplazada abruptamente por cultivos agrícolas. El ciclo de los nutrientes para las plantas se interrumpe llevando a un agotamiento químico en el suelo. Sufre ausencias especialmente de contenidos de boro, cobre y zinc (FAO, 2017).

Figura 6. Suelos Histisoles



Fuente: (MAGAP, 2019)

2.4.7 Suelos Inceptisoles

Los Inceptisoles son aquellos suelos que están empezando a mostrar el desarrollo de los horizontes puesto que los suelos son bastante jóvenes todavía en evolución. Es por ello, que en este orden aparecerán suelos con uno o más horizontes de diagnóstico cuya génesis sea de rápida formación, con procesos de translocación de materiales o meteorización extrema. Incluye una amplia variedad de suelos. En algunas zonas los Inceptisoles son suelos con un mínimo desarrollo del perfil (aunque eso sí, más desarrollados que los Entisoles), mientras que en otras son suelos con horizontes de diagnóstico que no cumplen los requisitos exigidos para otros órdenes de suelos (Héctor, Sara, & Juan, 2011).

Figura 7. Suelos Inceptisoles



Fuente: (MAGAP, 2019)

2.4.8 Suelos Molisoles

Son suelos cuya principal característica es la existencia de un horizonte superficial rico en materia orgánica y bases de cambio, de color oscuro y con otras excelentes propiedades físicas favorables para el desarrollo radicular. Estos suelos se desarrollan en una gran variedad de regímenes climáticos desde secos a muy húmedos, y desde cálidos a muy fríos. La mayoría de ellos presentan una vegetación de pastizal, aunque también se les encuentra bajo vegetación forestal. En cuanto a los cultivos su aprovechamiento más frecuente en nuestro país es para cacao, maíz suave, maíz duro, caña de azúcar y papa. Cabe mencionar que algunas de las producciones más altas del mundo se han obtenido en estos suelos. Ocupan un área de 1 872 652 ha que representa el 9% del territorio nacional cartografiado; ubicándose la mayoría en los relieves estructurales y colinados terciarios de la Costa, y también en los relieves de fondos de cuencas con rellenos volcano sedimentarios del callejón interandino (MAGAP, 2019).

Figura 8. Suelos Molisoles



Fuente: (MAGAP, 2019)

2.4.9 Suelos Oxisoles

Los Oxisoles corresponden a los suelos amarillos y rojizos de las regiones tropicales y subtropicales localizados sobre pendientes suaves de superficies muy antiguas. Corresponden a los suelos con un horizonte óxico. Incluyen parte de los suelos antes conocidos como Latosoles o suelos Lateríticos. Los Oxisoles están constituidos por una mezcla de cuarzo, caolinita, óxidos libres de hierro y aluminio y materia orgánica. Poseen muy pocos minerales alterables, una baja capacidad de intercambio de bases, bajo pH y sus arcillas son escasamente dispersables en el agua, con cargas altamente dependientes del pH. En su mayor parte son suelos sin rasgos sobresalientes y horizontes poco definidos. Las diferencias en las propiedades en profundidad son muy graduales por lo que la demarcación de los límites es generalmente arbitraria (Guillermo, 2011).

Figura 9. Suelos Oxisoles



Fuente: (MAGAP, 2019)

2.2.10 Suelos Ultisoles

Las características más importantes para el diagnóstico de los Ultisoles son la presencia de un horizonte argílico o de un horizonte cándico, acompañado por una saturación de bases, por suma de cationes, inferior a 35% a una profundidad de 125 cm por debajo del límite superior del horizonte argílico o cándico o hasta una profundidad de 180 cm desde la superficie del suelo. Los Ultisoles necesitan para su formación climas cálidos y húmedos, con un período de precipitación deficiente. Dichos suelos se forman en una amplia variedad de materiales parentales, pero con muy pocos contenidos de minerales primarios que contengan bases con excepción de algunas micas. La fracción arcillosa está constituida principalmente por caolinita, gibsitita y arcillas interestratificadas con aluminio interlaminar. Los Ultisoles pueden formarse bajo cualquier régimen de temperatura. El régimen de humedad puede ser ácuico. El proceso más importante en su formación es la migración de arcilla desde la parte superficial hasta el horizonte iluvial. Los Ultisoles se pueden formar tanto en regiones templadas como en regiones tropicales con vegetación boscosa o no, ellos se encuentran en superficies más jóvenes (Oballos & Ochoa, 2008).

Figura 10. Suelos Utisoles

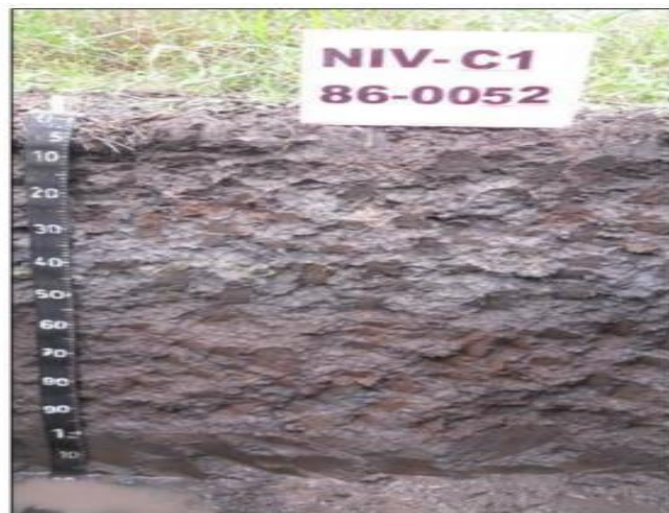


Fuente: (MAGAP, 2019)

2.4.11 Suelos Vertisoles

Suelos minerales poco desarrollados, generalmente negros que presentan caras de fricción y/o agregados en forma de cuña y un alto contenido de arcillas expansibles (>30%), conocidas como montmorillonitas, las mismas que en época lluviosa se inundan fácilmente debido a su hinchamiento e impermeabilidad, y en época seca se contraen presentando grietas verticales que permanecen abiertas por lo menos 90 días consecutivos. Las continuas expansiones y contracciones causan, donde el material del suelo se mezcla consistentemente entre sí, causando vertisoles con un horizonte A extremadamente profundo y sin horizonte B. Esto también produce en ascenso de material interno a la superficie creando micro relieves.

Figura 11. Suelos Vertisoles



Fuente: (MAGAP, 2019)

2.5 Plantación forestal

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. Además, las plantaciones forestales son una alternativa para recuperar suelos degradados y erosionados por malas prácticas agrícolas y ganaderas incorporando materia orgánica al suelo y mejorando su estructura, por tanto, las plantaciones son una alternativa productiva en suelos donde ya no se puede hacer agricultura o ganadería (Mena, 2013).

Según el Ministerio del Ambiente, en Ecuador existe una superficie de 163.000 hectáreas de plantaciones, de las cuales las plantaciones de la Sierra representan el 50 % y el restante 50%

se localiza en la Costa y Amazonía. Aproximadamente el 48% corresponden en su mayoría a especies de pino, ciprés y eucalipto, mientras que en la Costa existen 20.000 ha de teca, 10.000 ha de balsa y 20.000 ha de otras plantaciones tropicales (MAE, 2012).

2.5.1 Requerimientos de suelos de las plantaciones forestales

Las plantaciones forestales prefieren suelos con textura franco arenoso, con buen drenaje y con una disponibilidad de nutrientes promedio. Cuando el contenido de calcio (Ca) es suficiente y en sitios apropiados las hojas se descomponen bien. Crecimientos malos fueron reportados por deficiencia de fósforo y zinc. También se reportaron malos crecimientos por deficiencia de boro en suelos andinos. Las investigaciones muestran que fertilizando con fósforo y boro se elimina el problema y mejora el crecimiento significativamente (Jongsma, 1997).

Zeaser (citado en Erazo, 2010) indica que, en Nueva Zelanda, *Pinus radiata* y *Pinus Cupressus* mejora su rendimiento con incrementos de precipitación, nutrientes en el suelo, grosor del primer horizonte y penetrabilidad de raíces en el suelo y el pH de 6,0 En Sudáfrica, se recomienda plantar estas especies en suelos profundos, mayores de 60 cm, con buen drenaje y no en suelos arcillosos ni muy húmedos.

En Chile, varias *Pinus spp.* crecen bien en suelos derivados de roca madre, de textura liviana, observándose buen rendimiento en los arenales con nivel alto de aguas freáticas. Sin embargo, en aquellos arenales y pedregales con nivel freático profundo, fuera del alcance de las raíces, son forestalmente improductivos (Rojas, 2015).

En Ecuador, los pinos crecen bien en suelos con una profundidad de 60 o más cm, el grosor del primer horizonte debe ser de 15 o más cm; prefiere suelos con textura franco hasta franco arenoso en los primeros horizontes, los suelos pesados y mal drenados de textura arcillosa parecen limitar el crecimiento del pino. Pueden crecer en sitios con fertilidad baja mínimo 38 y pH ligeramente ácido, entre 5.5 y 6.3, recomendando no realizar plantaciones con *Pinus Radiata* en suelos no volcánicos en la provincia de Loja (Erazo, 2010).

Colombia en varios trabajos de fertilización realizados en invernadero y utilizando suelos de cenizas volcánicas del Oriente Antioqueño, se reporta como elementos limitantes para el crecimiento para esta especie, fósforo, nitrógeno, potasio y boro, estos tres últimos en menor grado que el fósforo. Además, indican que la micorrización en esta especie es de suma importancia para el desarrollo normal de la planta (Avila, 2017).

Vela (2013) cita que esta especie es altamente tolerante a la composición química de los suelos, y que la presencia de calcio a menudo es limitante para el pleno desarrollo de las plántulas, así como la deficiencia de boro provoca desórdenes en los individuos.

2.5.1 Eucalipto

El género *Eucalyptus* es amplio y abarca unas 600 especies, Los eucaliptos se hallan en casi todos los principales tipos de hábitats en Australia, que es su tierra de origen (además de Indonesia, Nueva Guinea, Timor, Filipinas). Alrededor del 40% de las plantaciones forestales en la provincia del Carchi es de origen australiano, y en su mayoría se trata de eucaliptos. Casi todas las plantaciones de grandes dimensiones se cultivan en sitios donde el suelo ha perdido la fertilidad y su estructura, si bien los eucaliptos se pueden aprovechar para una amplia gama de usos. Millones de esos árboles se plantan también en hileras únicas a lo largo de las carreteras, vías de navegación o en los linderos de los campos agrícolas. La plantación de eucaliptos en forma de árboles aislados, hileras de árboles o pequeñas arboledas puede tener efectos ecológicos diferentes de los que produce la plantación en bloques de grandes proporciones (MAE, 2012).



Figura 12. Plantación de Eucalipto Angasmayo

El eucalipto genera beneficios, así como efectos que pueden ser críticos para la fertilidad del suelo y la absorción de agua.

Entre los beneficios de una plantación forestal de eucalipto tenemos los siguientes puntos:

- ✓ Son fáciles de cultivar;
- ✓ No son apetecibles para los animales que pastan y por ende son fáciles de proteger;
- ✓ Toleran sitios con un bajo nivel de fertilidad (y por consiguiente requieren pocos fertilizantes);
- ✓ Son resistentes a la sequía y al fuego;
- ✓ Rebrotan con rapidez;
- ✓ Producen fibra corta de calidad superior para la fabricación de papel y cartón, postes y varas para viviendas y cercas, madera para durmientes de ferrocarril y otros usos;
- ✓ Producen un excelente carbón vegetal;
- ✓ Son apropiados para el establecimiento de cortinas rompevientos, el control de la erosión, la recuperación de tierras y el drenaje, y
- ✓ Producen valiosos productos no forestales como miel y esencias, y por esta razón en muchos países se consideran ideales tanto para los bosquecillos rurales como para las plantaciones de mayores dimensiones.

2.6 Ciprés

Es un árbol que puede llegar a medir entre 20 y 35 m de altura. El fuste entre 100 a 120 cm de diámetro a la altura del pecho de forma recta y acanalada en la base. La copa puede ser grande o pequeña, con forma piramidal o estrecha, la cual al alcanzar la madurez se amplía, dando como resultado ramas pendulosas. Corteza: La corteza externa presenta coloración parda rojiza y en la parte interna de color blancuzca. Hojas: Se describen como escamosas imbricadas de 1.3–2 mm de largo, opuestas, toda la rama decidua como una unidad, hojas de las ramas terminales de 6–7 mm de largo y de crecimiento rápido Estróbilos: Las flores masculinas miden alrededor de 5 mm de largo, son numerosas, con coloración verde amarillentas, ubicadas en los extremos de los brotes. Los conos femeninos, botánicamente llamados gálbulas son casi esféricos, de 12 a 15 mm de diámetro, inicialmente de color verdeazulado, se vuelven duros, leñosos, de color café oscuro al madurar. Formados por 6-8 escamas peltadas leñosas con 75 a

120 semillas por gálbula, de color café y de 3 a 4 mm de longitud, aplanadas irregularmente, con alas poco efectivas (Cano, 2017).

2.7 Parámetros de estudio en las plantaciones

El desarrollo de las plantaciones forestales se mide a través de parámetros que: a) dimensionan al árbol: diámetro del tronco a 1,3 m del suelo (dap), altura hasta la primera ramificación importante y altura total del árbol, adicionalmente vitalidad (deficiencias o plagas o enfermedades), calidad del fuste (rectitud); y b) dimensional al rodal: área basal (suma de las áreas del corte transversal de los troncos a 1,3 m de altura, calculado según la fórmula: $AB = \pi r^2$ y se expresa en m²/ha; y volumen de los fustes, calculado como la suma de los volúmenes de los troncos obtenidos por la fórmula $V = AB \times L \times \text{coeficiente m\`orfico}$ (0,7).

2.8 Estimación del balance hídrico local

Los principales parámetros del clima, como pluviosidad, temperatura y evapotranspiración, permiten establecer el balance hídrico general de los sitios, de donde se deriva la disponibilidad o deficiencia de agua para los procesos de evolución y desarrollo del suelo, así como también para suplir las necesidades de la vegetación natural o cultivada. Así, un balance hídrico positivo promoverá la meteorización y transformación de los materiales originarios (minerales), el lixiviado de las bases (Ca, Mg, K y Na), y la acumulación de H y Al, pudiendo resultar un pH en el rango ácido (menor a 7). Un balance hídrico negativo, por el contrario, promoverá la acumulación de las bases y un pH en el rango básico (mayor a 7). En ello influye en forma determinante la relación entre el agua que se infiltra y la que se escurre superficialmente, lo que depende en primer lugar del relieve (posición topográfica y grado de pendiente) y la textura y estructura del suelo. Todo ello tiene consecuencias para la agricultura y el uso de las tierras en general.

Por ejemplo, bajo un mismo clima, el balance hídrico y la dinámica del agua en los suelos de las cimas pueden diferir de los de media vertiente y los de la base. Esta información permite entender mejor la constitución del perfil y hacer la interpretación de campo de la dinámica hídrica y de nutrientes del perfil, la que debe incluirse al final de la descripción (Franco, 2016).

Rosero (2016), para la misma zona de estudio, encontró en el análisis del periodo 2010-2012 una frecuencia de periodos continuos sin lluvia, agrupados en cuatro categorías. Es posible que, haciendo el análisis en periodos de tiempo más prolongados, pueda encontrarse alguna relación

con el cambio climático y cierta tendencia a la acentuación de los extremos de lluvia y sequía. Los resultados de Rosero se detallan en la siguiente tabla:

Tabla 1: Periodos de días continuos sin lluvia.

Fuente: Rosero (2016). *Evaluación y categorización del estado de conservación de los suelos*

Meses	Días continuos sin lluvia											
	Año 2010				Año 2011				Año 2012			
	C1	C2	C3	C4	C1	C2	C3	C4	C1	C2	C3	C4
Enero	1	1	1	0	2	1	0	0	1	0	0	0
Febrero	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Marzo	3	2	0	0	2	0	0	0	1	0	0	0
Abril	2	0	0	0	1	0	0	0	2	0	0	0
Mayo	2	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0
Junio	3	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0
Julio	1	0	0	0	2	0	0	0	0	0	1	0
Agosto	0	0	0	0	2	1	0	0	1	0	1	0
Septiembre	3	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	1
Octubre	2	0	0	0	2	0	0	0	3	1	0	0
Noviembre	0	0	0	0	2	1	0	0	2	0	0	0
Diciembre	1	0	0	0	2	0	0	0	1	0	0	0

Categoría 1: de 4 – 7 días sin lluvias
Categoría 2: de 8 – 11 días sin lluvias
Categoría 3: de 12 – 15 días sin lluvias
Categoría 4: ≥ 16 días sin lluvias

en el Centro Experimental San Francisco.

Se consideró día sin lluvia al que recibió menos de 1 milímetro de precipitación en 24 horas; el periodo más largo sin lluvia fue octubre del 2012 con 16 días sin lluvia.

Se puede observar en el cuadro 1 además 18 periodos sin lluvia de categoría 1 (de 4 a 7 días) durante el año 2010 y 2011, a diferencia del año 2012, con 12 periodos. Debe destacarse la ocurrencia de períodos de más de 12 y más de 16 días continuos sin lluvia, cuyo impacto sobre la agricultura puede variar según la fase de desarrollo del cultivo. En enero y febrero, por ejemplo, la papa está en fase de desarrollo de los tubérculos y normalmente se tiene abundante lluvia; pero de ocurrir déficit hídrico y no disponerse de riego, habrá afectación de la producción (caso del año 2010). En 2012 la sequía fue acentuada entre junio y septiembre, cuando los campos están en reposo porque es lo que corresponde por tradición agrícola sin riego (temporada de sequía), reflejo de la experiencia intergeneracional de los agricultores.

METODOLOGÍA

3.1. ENFOQUE METODOLÓGICO

3.1.1. Enfoque

Se trata de un estudio descriptivo que evaluó cualitativa y cuantitativamente el uso de los suelos bajo cobertura forestal en fincas de los cantones Huaca y Tulcán; así mismo, se procesó los resultados utilizando una herramienta de clasificación interpretativa de los suelos, permitiendo así la comparación con suelos equivalentes topográficamente bajo uso agropecuario. Además, se procesó los datos estadísticamente a los fines de comprobación de diferencias y similitudes entre los usos y tipos de suelos.

3.1.2. Tipo de Investigación

Es una investigación descriptiva-explicativa, que busca generar información acerca de un fenómeno o proceso natural, como es el desarrollo de una masa forestal bajo diferentes condiciones en el paisaje alto andino, para describir sus implicaciones, y tratar de determinar posibles relaciones entre el relieve y el suelo como factores que influyen el desarrollo forestal y los parámetros que describen cuantitativamente dicho desarrollo. También es una investigación aplicada que pretende utilizar los hallazgos encontrados para formular recomendaciones sobre el uso de la tierra en las áreas de estudio, con el fin de contribuir a direccionar esfuerzos en pro de la sostenibilidad del desarrollo agropecuario y forestal. Se apoya tanto en los datos obtenidos y procesados como en la información de diferentes fuentes bibliográficas. Se apoya en consultas, análisis y crítica de documentos.

3.2. HIPÓTESIS O IDEA A DEFENDER

Hipótesis nula: Las plantaciones forestales no influyen en la textura, estructura espesor del horizonte A1 y contenido de materia orgánica de los suelos.

Hipótesis alternativas: Las plantaciones forestales influyen en la textura, estructura espesor del horizonte A1 y contenido de materia orgánica de los suelos.

El uso forestal, productivo y conservacionista, de los suelos en los cantones Huaca y Tulcán se realiza sobre diversidad de condiciones edáficas y topográficas con resultados igualmente diversos en el rendimiento de las especies forestales; ello es posible de ser evaluado y

relacionado con un sistema de identificación y clasificación interpretativa de suelos basado en el estado de conservación/degradación del mismo, la posición topográfica y la pendiente.

1.3. DEFINICIÓN Y OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

3.3.1. VARIABLES

- ✓ Independiente: Estado de conservación de los suelos (tipo según catálogo) en los cantones Huaca – Tulcán Carchi.
- ✓ Dependientes: Variables forestales (densidad, tasa de incremento en área basal y volumen, altura mayor de la plantación).

3.3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA DE LA INVESTIGACIÓN.

Población.

Plantaciones forestales, incluyendo el vuelo forestal y los suelos, en los cantones Tulcán y Huaca, diferenciadas y caracterizadas en campo según parámetros de la biomasa y los suelos, complementando con determinaciones de laboratorio (suelos) simples y poco costosas.

Muestra.

La muestra estuvo constituida por 15 parcelas de 20 x 20 m² de superficie y perfiles de suelo de 0-120 cm de profundidad, localizadas en pendientes variables a lo largo de transectos bajo la cobertura forestal.

3.3.3. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

En las tablas 2 y 3 se presenta una síntesis de las variables en su contexto.

Tabla 2: Operacionalización de variable independiente

HIPOTESIS	Variables	Definición de la variable	Dimensión	Indicadores	Ítems	Técnicas	Instrumentos	Informante
El uso forestal productivo y conservacionista de los suelos, en el sector de estudio del cantón Huaca del Carchi, se realiza sobre diversidad de condiciones edáficas y topográficas con resultados igualmente diversos.	VI. Estado de conservación de los suelos (tipo según catálogo).	Conservación de los suelos: el estado de conservación/degradación de los suelos bajo uso forestal (plantaciones forestales) se define en base al perfil del suelo, particularmente en base al grosor en cm, pH, contenido de carbono orgánico y grado de compactación del Horizonte A1.	Conservación/ Degradación	Perfil del suelo y sus horizontes, y sus propiedades físicas, químicas y morfológicas.	Horizonte A1 Horizonte AC Horizonte IIA1 (fósil) Determinación del color, textura, estructura, compactación y raíces de cada horizonte	Observación Observación Entrevista	Barreno de suelos, cinta métrica, altímetro, brújula, libreta de campo. Libros, Revistas, Páginas web Cuestionario	Boris Ruales Boris Ruales Boris Ruales
				pH y Carbono	Acidez del suelo y contenido de materia orgánica	Observación	Libreta de notas Crisol Mufla Estufa	Boris Ruales

Tabla 3: Operacionalización de variable dependiente

Variables	Definición de la variable	Dimensión	Indicadores	Ítems	Técnicas	Instrumentos	Informante
VD. Uso forestal del suelo, importancia ambiental y económica.	<p>Evaluación:</p> <p>La evaluación del estado de desarrollo de la plantación forestal se basa en la obtención de parámetros cuantitativos y cualitativos de la plantación forestal.</p>	Selección de áreas de plantaciones forestales en los cantones Tulcán y Huaca.	Parte alta o cima Parte media Parte baja	<p>Especie, Altura promedio de los árboles, Altura de los troncos, Diámetro de los troncos a 1.3 m de altura Vitalidad</p>	Medición, observación	<p>Ficha GPS Libreta de notas Jalones Cinta métrica</p>	Boris Ruales
		Descripción de la topografía del terreno					
		Diferenciación de rodales en la cima, media ladera y base de la pendiente para colocación de parcelas (20 x 20 m).					

3.4. MÉTODOS UTILIZADOS

Para obtener la información para la investigación se evaluaron parcelas en 15 lotes de plantaciones forestales localizados en diferentes formas de relieve y pendiente, en los cantones Tulcán y Huaca. Se hicieron las mediciones correspondientes a los árboles para cálculo de parámetros de la masa forestal, de igual forma se describió el perfil de suelo y se tomaron muestras de suelo y se analizaron en el laboratorio.

3.4.1. Información procedimental

- La selección de lotes de plantación forestal en los cantones Huaca y Tulcán se hizo en base a su accesibilidad, considerando la edad y la especie. En cada lote se trazó un transecto desde la cima a la base de la pendiente, procediéndose a recorrerla y medir la pendiente, definiéndose tramos por clases de pendiente (0-20, 20-35, 35-60 y más de 60%).
- Posteriormente se establecieron parcelas para evaluación en posición de cima, media ladera y base de pendiente.
- En los tramos de pendiente se realizó la observación de cortes en el terreno y/o barrenamientos y se describieron las características del sitio y del suelo, atendiendo al Manual para la Descripción de Perfiles de Suelos, otorgado por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura (Cerón, 2019). Se realizó la toma de muestras en cada horizonte para la determinación del pH, el contenido de carbono (C%) y la densidad aparente (Da). A partir de esta última se calculó la capacidad de campo (CC) y la porosidad total.

3.4.2. Determinaciones de laboratorio y gabinete

- El contenido de carbono orgánico (%) se determinó por combustión de una muestra de 5 gramos de suelo en mufla a 425°C por 24 horas. La muestra se secó previamente en estufa a 100°C por 24 horas.
- El pH se midió en una mezcla de suelo (seco al aire) en agua destilada 1:2,5, agitada previamente, se calcula el valor con un pH-metro electrónico con electrodo de vidrio.
- Adicionalmente se determinó la Capacidad de Campo (CC=contenido de humedad del suelo una vez desalojada el agua de los macroporos por gravedad) en volumen % (contenido de humedad en relación al peso seco x Da).
- Se determinó la porosidad total (PT) según la fórmula:

$PT = (1 - Da/Pe) \times 100$, donde Da es densidad aparente en gramos/cm^3 , Pe es el peso específico de la materia mineral, asumiéndose el valor correspondiente al Cuarzo ($2,65 \text{ g/cm}^3$).

- Por diferencia entre la PT y la CC se obtuvo el valor correspondiente a Meso más microporos (Rosero, 2016).
- Obtención del diámetro (D_{ap}) del árbol: El diámetro del árbol se mide con la corteza, a la altura del pecho (1,3 m), sobre el terreno, con la excepción de casos particulares que se mencionan a continuación. La medición de la circunferencia a la altura del pecho puede realizarse con la ayuda de una cinta métrica, haciéndose el cálculo del diámetro por la fórmula: $\text{Circunferencia (C)} = \text{Diámetro (D)} \times 3,1416 (\pi)$.
- Para la altura de los árboles se utiliza el método del triángulo de Pitágoras utilizando un trozo de papel en forma de triángulo el cual debe tener un ángulo recto (90° grados) y dos ángulos de 45° grados localizándolo a la altura del ojo (el lado de la hipotenusa hacia nuestra posición), se recorre la distancia hasta que se pueda ver la cima del árbol en el extremo superior del triángulo, este punto debe ser marcado y se mide la distancia que hay desde la base del árbol. Esta distancia permite calcular la altura del árbol sumándole nuestra altura ya que se mira al árbol desde la altura de los ojos por encima del suelo (Bravo, 2018).

3.4.3. Detalles de procedimientos

Tabla 4: Actividades del proyecto

Secuencia de actividades		
1	Levantamiento de la información de campo	Se hizo la delimitación de parcelas en áreas uniformes en cada plantación forestal, según la medición de pendientes y diferenciación de tramos por clase de pendiente. Igual la descripción de suelo en cortes del terreno y en algunos casos barrenamientos.
2	Descripción del suelo, morfología de los árboles y toma de muestras	La descripción morfológica de los árboles incluye altura, CAP (Circunferencia altura de pecho), edad y estado de la plantación forestal. En el suelo se describe color, moteo, textura, estructura, grava %, raíces, compactación y minerales reconocibles. Se recolectaron muestras de suelo del horizonte A1 para densidad aparente (cilindros de 100 cc) y para análisis de laboratorio.
3	Trabajo de laboratorio	Análisis de muestras (Carbono por combustión en mufla, contenido de humedad en estufa y pH).
4	Cálculos	En los árboles se calculó el área basal ($m^2 \times ha$), el volumen ($m^3 \times ha$), el árbol más alto (m) y la tasa de crecimiento anual de cada especie (Ciprés y Eucalipto), en el suelo se calculó la densidad aparente y los volúmenes de porosidad total, capacidad de campo, y por diferencia, de macro más microporos.
5	Informe de resultados	Interpretación de resultados obtenidos.

3.4.5. Levantamiento de la información (etapa de campo)

La selección de áreas de trabajo se realiza con la observación de la plantación forestal con un número mínimo de 250 árboles, en sitios uniformes de cada plantación forestal se mide cada tramo de pendiente en porcentaje y posición topográfica (parte alta, media o baja).



Figura 13. Observación de las plantaciones forestales y mediciones de cada tramo de pendiente

Estableciendo parcelas de 20 x 20 m se toma la altura del árbol por medio del método del triángulo de Pitágoras, su CAP (Circunferencia a la altura de pecho) con una cinta métrica, el número de árboles por parcela y la edad de la plantación forestal. En tramos adecuados se realizó el despeje del sitio y el barrenamiento del suelo para descripción del perfil de suelo (horizontes).



Figura 14. Establecimiento de las plantaciones forestales

En cada plantación forestal se establecieron parcelas de 20 x 20m en las cuales se tomó el diámetro de los árboles y la altura, posteriormente barrenamiento del suelo para la medición del horizonte A1 y descripción de sus características.



Figura 15. Descripción del perfil de suelo

La descripción del suelo incluyó color (tabla de colores de Munsell), textura, estructura, compactación, y cantidad de raíces, lo que permitió la interpretación del estado actual de degradación del horizonte A1.

3.4.6. Recolección de muestras

Las muestras para el análisis de suelo fueron tomadas de acuerdo con la topografía del terreno, se realizó en cada corte la limpieza del perfil realizadas en profundidades de 0-20 cm de profundidad (Parte A o superior del horizonte A1), y a 40 o más cm de profundidad (Parte B o base del horizonte A1, dependiendo del espesor del A1). Se tomaron muestras con cilindros de PVC de borde afilado, para obtención de la densidad aparente y se recolectó 300 g de suelo para ciones de laboratorio (pH y carbono) del horizonte A1.



Figura 16. Extracción de la muestra de horizonte A1

3.4.7. Etapa de laboratorio

Preparación de material

Previamente al análisis de muestras en el laboratorio se realizó la preparación del material y de las muestras:

- Limpieza de los materiales: vasos de aluminio, crisoles, vasos de precipitación y probetas con agua destilada y alcohol etílico.
- Al tener el material completamente limpio se llevó a la estufa a una temperatura de 105 grados centígrados por 24 horas para la obtención de la tara de los envases.

Análisis de muestras

✓ Densidad aparente

Las muestras de los cilindros se colocaron en vasos de aluminio numerados y se pesaron en la balanza analítica, registrado el peso húmedo, la muestra se sometió a 105 ° grados centígrados

en la estufa por un periodo de 24 horas; posteriormente se volvió a pesar y se registró el valor para realizar el cálculo de la humedad y obtención del peso seco del suelo (Agostini, 2014)



Figura 17. Muestra de la densidad aparente

Carbono

A partir de las muestras secas en la estufa a 105 grados centígrados (muestras para densidad aparente), se toma 5 gramos de suelo y se colocan en un crisol, se pesa en la balanza analítica, se registra su valor y se somete a una temperatura de 425 grados centígrados en la mufla por 24 horas. Luego, por diferencia de peso, se obtiene el contenido de carbono en % del peso seco de la muestra (FAO, 2017).



Figura 18. Muestra de carbono

pH

De las muestras de suelo secas al aire libre (300G) se tomaron 5 gramos y se mezclaron con 12,5 ml de agua destilada (relación 1:2,5) con ayuda de un agitador magnético por un periodo de tiempo de 10 minutos, previo a la medición del pH.



Figura 19. Cálculo de pH

3.4.8. Procesamiento y análisis de la información

Las descripciones de los perfiles de suelo (Anexos 8.2) se describen en un formato según la profundidad de los horizontes y agrupados según los siguientes factores:

- a. El espesor del horizonte A1.
- b. Posición topográfica y clase de pendiente.
- c. Grado de mezcla de material del horizonte A1 y lapilli.
- d. Color de suelo
- e. Textura (cantidad de grava)
- f. Estructura
- g. Compactación y cantidad de raíces

Los datos de porosidad y contenido de carbono, expresados en el porcentaje de volumen, se utilizaron para diseñar figuras verticales de los perfiles de las plantaciones forestales (Anexos 8.1), que permiten destacar las particularidades de cada uno y visualizar las diferencias.

Utilizando el Catálogo de Suelos descrito en Rosero (2016) y Quintero (2016) se realizó la definición del tipo de suelo de cada perfil descrito. Con los datos de campo y laboratorio se tipificó el perfil de suelo y se contrastó con el Catálogo de tipos de suelos (Rosero, 2015; Quintero, 2015). El catálogo se presenta en la tabla 6.

Datos de la Masa Forestal

El área basal fue calculada para cada árbol ($AB = \pi * r^2$) y la suma arrojó el AB de la parcela en m²/ha, que al dividirse entre la edad generó la tasa media del incremento anual en AB de la plantación en m²/ha/año.

El Volumen fue calculado para cada árbol ($V = AB * \text{Altura del fuste} * \text{Coeficiente mórfico}$) y la suma arrojó el Volumen de la parcela en m³/ha; al dividirse entre la edad generó la tasa media del incremento anual en volumen de la plantación en m³/ha/año.

El promedio de los diez arboles más altos se consideró como Altura Mayor o Índice de sitio y se expresa en metros lineales.

Estos parámetros caracterizan la respuesta de las especies plantadas a las condiciones de clima y sitio, considerando a éste como la integración de los efectos del relieve (posición topográfica y pendiente) y las propiedades del suelo consideradas, las que determinan, mayormente, el régimen hídrico de los suelos y su capacidad nutricional.

Tabla 5: Catálogo de Tipos de Suelos (Rosero, 2015; Quintero 2015)

Tipo de Suelo	Posición topográfica	Pendiente (%)	Espesor del horizonte A1 y textura	Da A1 (g/cc)	Propiedades y limitaciones
1a	Cimas convexas, poco uso. <i>Perfil modal</i> , poco alterado.	≤ 20%	60-95 cm Franco arenoso fino a FL	0,80 ±0,12	Conservado, máxima productividad, riesgo a déficit hídrico moderado, alta exposición vientos
1b	Cimas convexas, laderas de poca pendiente y bases de vertiente	≤ 20%	60-95 cm Franco arcillo limoso a Franco arcillo- arenoso	ND	Conservado máxima productividad, riesgo a déficit hídrico moderado.
2 a	Sin soliflucción, localizado en cimas y parte alta de vertientes afectadas por sobreuso. Degradación media.	15-32%	45-60 cm Franco arenoso a aF.	0,90	Erosión moderada a fuerte, riesgo a déficit hídrico acentuado
2 b	Perdida por soliflucción, localizado en cimas y parte alta de vertientes, erosión laminar severa por sobreuso. Fuerte degradación.	20-40%	0-35 cm. Arenoso Franco (Mezcla con IIC)	0,72	Erosión severa, mezcla del A1 con lapilli desde la superficie. Riesgo a acentuado déficit hídrico. .
3 a	Media vertiente, acumulación por soliflucción y erosión desde partes altas.	35-80%	80-160 cm Franco arenoso fino a FL	0,74	Erosión ligera, moderadamente conservado. Riesgo a déficit hídrico moderado.
3 b	Base de vertiente, acumulación por soliflucción y erosión desde partes altas. Saturación ocasional a ± 1 m profundidad.	30-40%	110-220 cm Franco limoso	0,75	Conservado, sin riesgo a déficit hídrico, máxima productividad
4	Fondo de valle, márgenes de ríos con saturación frecuente (pseudogley).	≤ 10%	≤ 40 cm Franco arcillo- limoso	0,68	Saturado frecuentemente, vegetación natural o pastizal

3.4.9. Análisis Estadístico

A fin de probar niveles significativos de diferencias entre las medias de los parámetros de los grupos diferenciados, los datos de campo de los datos de suelos y vegetación, laboratorio y gabinete fueron llevados a matrices del programa Microsoft Excel 2010 y procesados con el paquete estadístico Statistix versión 8. Para el análisis de correlaciones de los parámetros de vegetación y suelos se realizó el Spearman con un valor p aproximado, y a fin de comparar las medias de los grupos se utilizó la prueba de medias de Tukey a un nivel de significación de $p=0,05$. En estos casos, medias con letras iguales indican que no existen diferencias significativas entre ellas.

3.4.10. PLANTACIONES FORESTALES EVALUADAS

En la tabla 6 se presentan las plantaciones forestales estudiadas parte (alta, media, baja) de los cantones Huaca-Tulcán Carchi.

Número	Nombre de la plantación forestal	Plantación	Posición topográfica	Observaciones y procedimiento
1	Plantación forestal ubicada en el Carrizal (Cantón Tulcán).	Ciprés	Parte alta Parte media Parte baja	Se describió el perfil de suelo y se tomó muestras en la parte superior e inferior del horizonte A1; en los árboles se midió altura, CAP y abundancia y se registró la edad de la plantación.
2	Plantación forestal ubicada en el Barrial (Cantón Tulcán).	Eucalipto	Parte alta Parte media Parte baja	Se describió el perfil de suelo y se tomó muestras en la parte superior e inferior del horizonte A1; en los árboles se midió altura, CAP y abundancia y se registró la edad de la plantación.
3	Plantación forestal ubicada en Rumichaca. (Cantón Tulcán).	Eucalipto	Parte alta Parte media Parte baja	Se describió el perfil de suelo y se tomó muestras en la parte superior e inferior del horizonte A1; en los árboles se midió altura, CAP y abundancia y se registró la edad de la plantación.
4	Plantación forestal ubicada en Angasmayo (Urbina Tulcán).	Eucalipto	Parte alta Parte media Parte baja	Se describió el perfil de suelo y se tomó muestras en la parte superior e inferior del horizonte A1; en los árboles se midió altura, CAP y abundancia y se registró la edad de la plantación.
5	Plantación forestal ubicada en el Chochal (Cantón Tulcán).	Eucalipto	Parte alta Parte media Parte baja	Se describió el perfil de suelo y se tomó muestras en la parte superior e inferior del horizonte A1; en los árboles se midió altura, CAP y abundancia y se registró la edad de la plantación.
6	Plantación forestal ubicada en la Palizada (Cantón Tulcán).	Eucalipto	Parte alta Parte media Parte baja	Se describió el perfil de suelo y se tomó muestras en la parte superior e inferior del horizonte A1; en los árboles se midió altura, CAP y abundancia y se registró la edad de la plantación.
7	Plantación forestal ubicada en Troya (Cantón Tulcán).	Eucalipto	Parte alta Parte media Parte baja	Se describió el perfil de suelo y se tomó muestras en la parte superior e inferior del horizonte A1; en los árboles se midió altura, CAP y abundancia y se registró la edad de la plantación.

8	Plantación forestal ubicada en Pioter (Cantón Huaca).	Eucalipto	Parte alta Parte media Parte baja	Se describió el perfil de suelo y se tomó muestras en la parte superior e inferior del horizonte A1; en los árboles se midió altura, CAP y abundancia y se registró la edad de la plantación.
9	Plantación forestal ubicada en Michuquer (Cantón Huaca).	Eucalipto	Parte alta Parte media Parte baja	Se describió el perfil de suelo y se tomó muestras en la parte superior e inferior del horizonte A1; en los árboles se midió altura, CAP y abundancia y se registró la edad de la plantación.
10	Plantación forestal ubicada en las Peñas (Cantón Tulcán).	Eucalipto	Parte alta Parte media Parte baja	Se describió el perfil de suelo y se tomó muestras en la parte superior e inferior del horizonte A1; en los árboles se midió altura, CAP y abundancia y se registró la edad de la plantación.
11	Plantación forestal ubicada en la Estrellita (Cantón Tulcán).		Parte alta Parte media Parte baja	Se describió el perfil de suelo y se tomó muestras en la parte superior e inferior del horizonte A1; en los árboles se midió altura, CAP y abundancia y se registró la edad de la plantación.
12	Plantación forestal ubicada en Taya (Cantón Tulcán).	Ciprés	Parte alta Parte media Parte baja	Se describió el perfil de suelo y se tomó muestras en la parte superior e inferior del horizonte A1; en los árboles se midió altura, CAP y abundancia y se registró la edad de la plantación.
13	Plantación forestal ubicada en Chitan de Navarrete (Cantón Huaca).	Ciprés	Parte alta Parte media Parte baja	Se describió el perfil de suelo y se tomó muestras en la parte superior e inferior del horizonte A1; en los árboles se midió altura, CAP y abundancia y se registró la edad de la plantación.
14	Plantación forestal ubicada en el Capote (Cantón Huaca).	Ciprés	Parte alta Parte media Parte baja	Se describió el perfil de suelo y se tomó muestras en la parte superior e inferior del horizonte A1; en los árboles se midió altura, CAP y abundancia y se registró la edad de la plantación.
15	Plantación forestal ubicada en la Encillada (Cantón Tulcán).	Ciprés	Parte alta Parte media Parte baja	Se describió el perfil de suelo y se tomó muestras en la parte superior e inferior del horizonte A1; en los árboles se midió altura, CAP y abundancia y se registró la edad de la plantación.

Tabla 6: Coordenadas de las plantaciones forestales en el cantón Tulcán - Huaca

Plantación forestal	Este	Norte
Plantación forestal ubicada en el Carrizal	198.625	857.92
Plantación forestal ubicada en el Barrial	101.979	90.898
Plantación forestal ubicada en Rumichaca	102.235	90.659
Plantación forestal ubicada en Angasmayo	198.526	92.266
Plantación forestal ubicada en el Chochal	199.580	86.605
Plantación forestal ubicada en la Palizada	197.873	86.426
Plantación forestal ubicada en Troya	100.084	81.069
Plantación forestal ubicada en Pioter	190.616	71.504
Plantación forestal ubicada en Michuquer	198.824	77.738
Plantación forestal ubicada en las Peñas	196.326	83.860
Plantación forestal ubicada en la Estrellita	198.512	81.660
Plantación forestal ubicada en Taya	201.324	87.028
Plantación forestal ubicada en Chitan de Navarrete	189.634	68.706
Plantación forestal ubicada en el Capote	197.004	84.183
Plantación forestal ubicada en la Encillada	196.872	91.280

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. TIPOS DE SUELO

En este trabajo se utilizó el Catálogo de Tipos de Suelos, basado en la clasificación Interpretativa según el nivel de degradación de los suelos, desarrollado en el Centro Experimental San Francisco de la UPEC, en los cantones Huaca y Tulcán, provincia del Carchi (Rosero, 2016) para tipificar cada perfil (ver tabla 6 en la Metodología). Ello permite el análisis comparativo, y, al mismo tiempo, contribuir con la progresiva ampliación del catálogo. En las figuras 9 a la 14 se presenta un perfil representativo de cada tipo de suelo encontrado en las plantaciones, mostrando los porcentajes volumétricos de poros, materia orgánica y materia mineral, según la profundidad. Todos, salvo uno, corresponden a tipos de suelos ya descritos en el catálogo.

En la figura 20 se presenta el diagrama vertical del perfil de suelo del Chochal (parte media). Se representa un corte volumétrico idealizado según la profundidad, con indicación de volumen poroso y volumen sólido (mineral y orgánico).

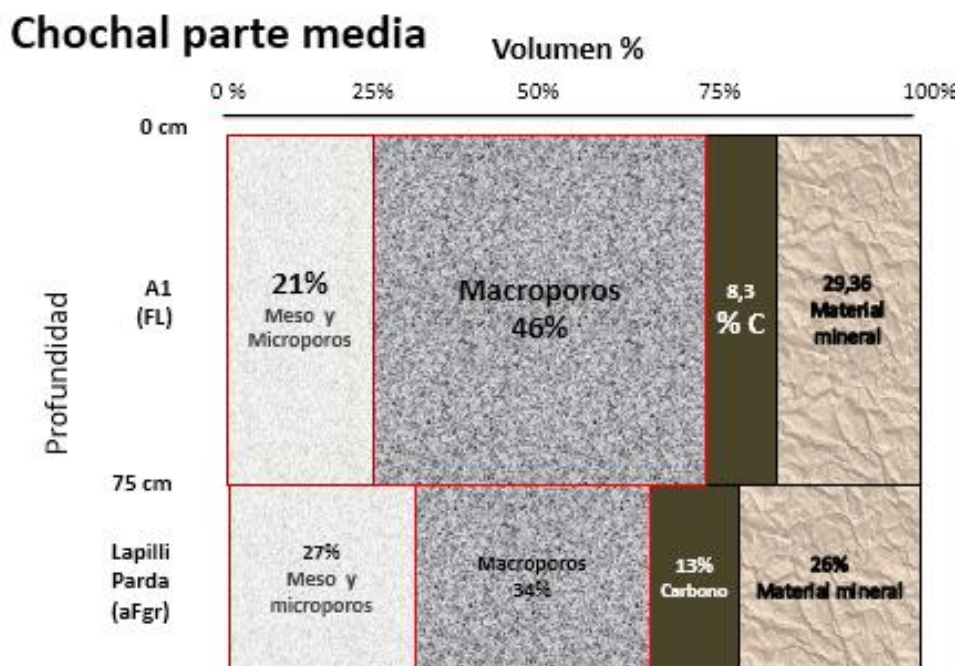


Figura 20. Suelo tipo 1a

Perfil ubicado en la plantación forestal El Chochal (cantón Tulcán) de la especie eucalipto, de 5 años de edad. El horizonte A1 se caracteriza por una estructura blocosa subangular fina y una

gran porosidad (67%), predominando la macroporosidad (46%), además de una moderada cantidad de materia orgánica, que se incrementa con la profundidad. Se puede asumir la rápida infiltración y percolación del agua debido a la cantidad de macroporos. Sin embargo, en el horizonte A1, pese a la rápida percolación, el bajo contenido de arcilla (menos de 10%) permite asumir que al menos 1/2 de la meso-microporosidad corresponde a reserva asequible de agua, en este caso 10,5 y 13,5% en los dos horizontes. Ello significa en todo el horizonte A1 una reserva de agua de 94,5 mm (de 0-70 cm), y de 40,5 mm en los primeros 30 cm del perfil; esta última reserva alcanza para soportar sólo 11-12 días de evapotranspiración sin lluvia o riego para alcanzar el Punto Permanente de Marchitez. En síntesis, este perfil no ofrece suficiente capacidad de reserva de agua para un óptimo desarrollo de la vegetación. Puede deducirse que el estrés hídrico será frecuente y afectará el crecimiento de las especies, como el eucalipto plantado, exigentes a buenas condiciones de humedad.

En la figura 21 se presenta el diagrama del perfil de suelo de Rumichaca. Tipo 1 AA (Variante profundo, con más de 90-150 cm de espesor en condición de cima).

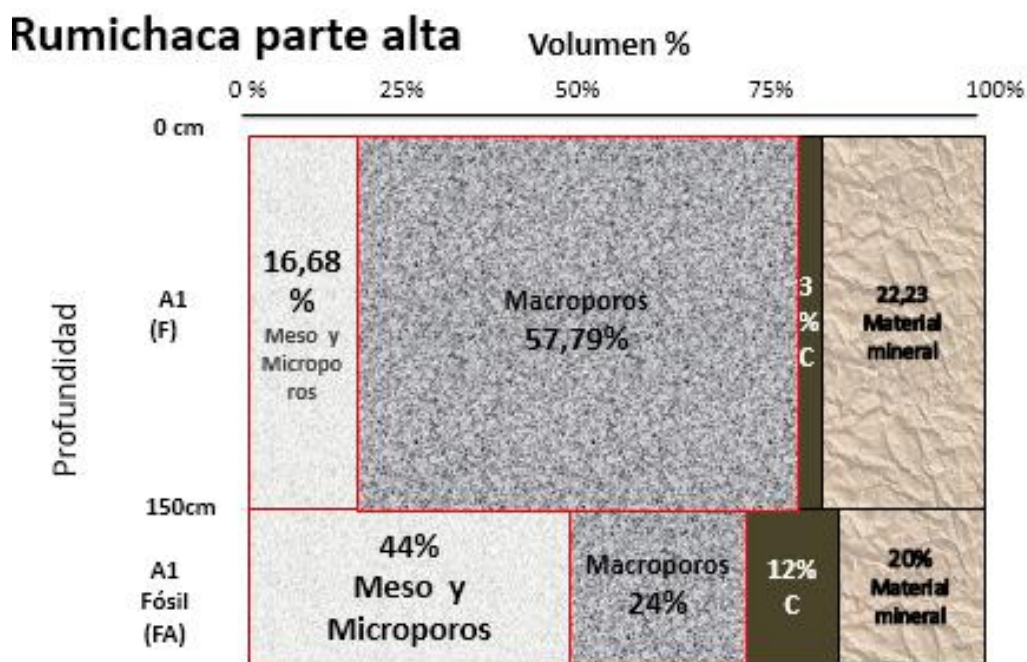


Figura 21. Suelo tipo 1AA

En este perfil ubicado en la plantación forestal (cantón Tulcán) de eucalipto de 6 años de edad, en posición de cima, se observa un considerable espesor del horizonte A1 que, en comparación con el perfil definido como modal (tabla 10), el horizonte A1 se incrementa de 75 a 150 cm

(ganancia de +85 cm). Sin embargo, los contenidos de carbono son considerablemente menores, tanto en la superficie como en profundidad.

En la figura 22 se presenta el diagrama del perfil de suelo de La Estrellita: Tipo 2a (medianamente degradado).

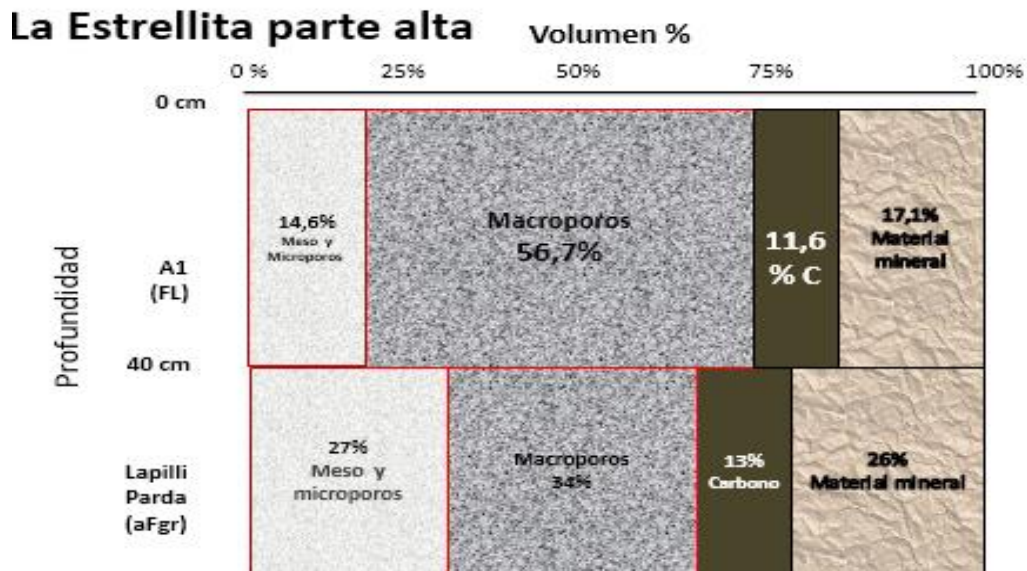


Figura 22. Suelo tipo 2a

En este perfil ubicado en el Cantón Tulcán, en la plantación forestal de eucalipto de 6 años de edad en el cantón Tulcán en comparación con el suelo modal, se redujo el espesor del horizonte A1 de 75 a 40 cm (aproximadamente en 1/3). Se ha reducido la proporción de meso-microporos, y ha aumentado la proporción de macroporos. El contenido de carbono se ha reducido en menor proporción a otros perfiles bajo plantaciones. Es decir, la degradación de este perfil, posiblemente por sobreuso, no fue tan intensa, posiblemente gracias a la pendiente pudo haber sido cultivado con menor intensidad previo a la plantación forestal. Se infiere una alta tasa de infiltración, que debe continuar hasta encontrar el horizonte A1 fósil debajo de lapilli blanca. En este perfil la reserva de agua asequible, siguiendo el procedimiento anterior, podría ser de 49,5 mm de 0-45 cm de profundidad, y de 33 mm de 0-30 cm. Para los cultivos de enraizamiento superficial, la diferencia con el Tipo 1 no es significativa, pues la reserva asequible de agua alcanzaría para 9 días.

En la figura 23 se presenta el diagrama del perfil de suelo de Pioter: Tipo 2b (Fuertemente degradado).

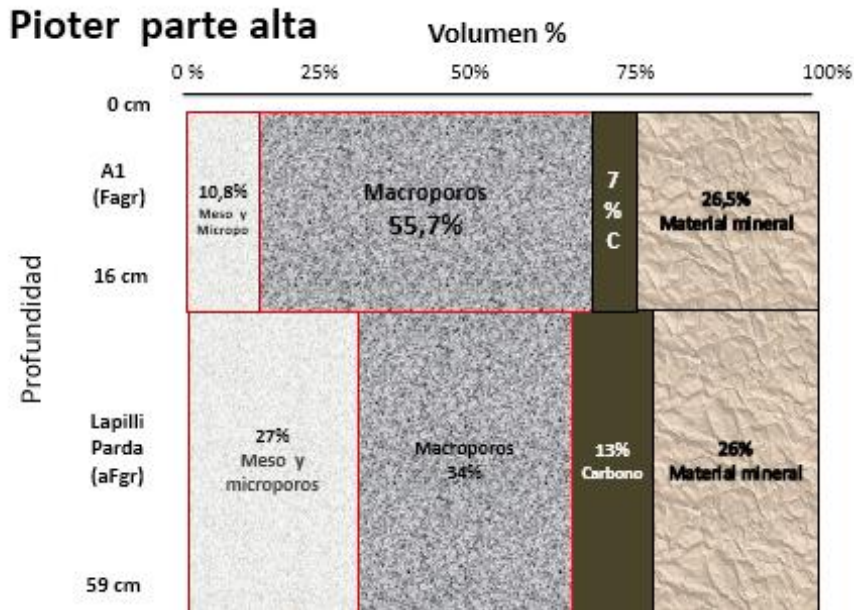


Figura 23. Suelo tipo 2b

En este perfil ubicado en el Cantón Huaca, en la plantación forestal de eucalipto de 14 años de edad, en comparación con el suelo modal se destaca la reducción del espesor del horizonte A1 desde 75 a solo 16 cm, una pérdida del 78%, Y todo ello, pese a posición de cima con una pendiente inferior a 25%. Ello solo pudo haber sido posible por un nivel excesivamente intensivo de sobreuso del suelo. La capacidad de reserva asequible del horizonte A1 es de solo 20 mm, alcanzando para 6 días sin lluvias o riego antes del Punto Permanente de Marchitez.

En la figura 24 se presenta el diagrama del perfil de suelo de Chitan de Navarrete: Tipo 3a (Perfil de acumulación moderada).

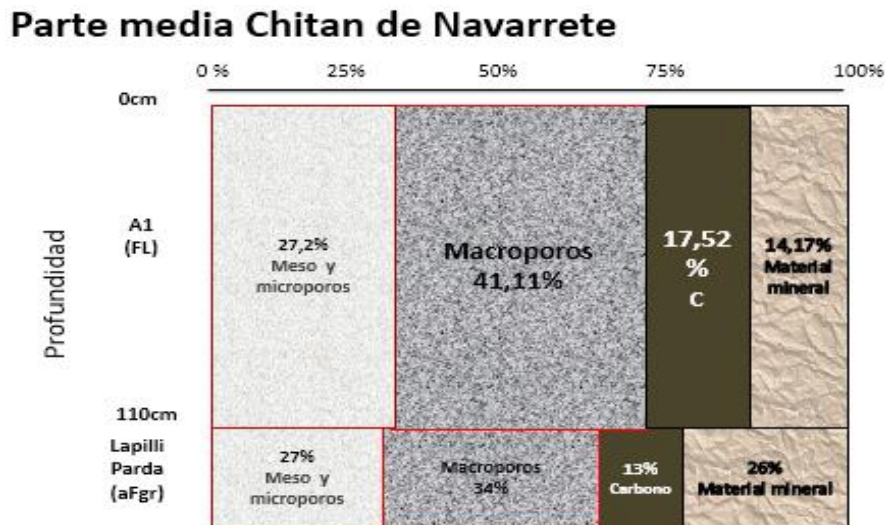


Figura 24 Suelo tipo 3a

En este perfil ubicado en la plantación forestal de ciprés de 40 años en el cantón Huaca, en comparación con el perfil modal, se incrementa el grosor del horizonte A1 desde 70 a 110 cm (ganancia de 55%); además, el contenido de materia orgánica es alto (17,5%). En este caso, la capacidad de reserva asequible en el A1 es de 161,5 mm, y en los primeros 30 cm de 51 mm. El alta pendiente (40%) puede influir en el balance infiltración/percolación durante lluvias fuertes, sin embargo, este suelo ofrece buena capacidad de reserva de agua en la mesoporosidad. En la figura 25 se presenta el diagrama del perfil de suelo de El Carrizal: Tipo 3b (Perfil de acumulación).

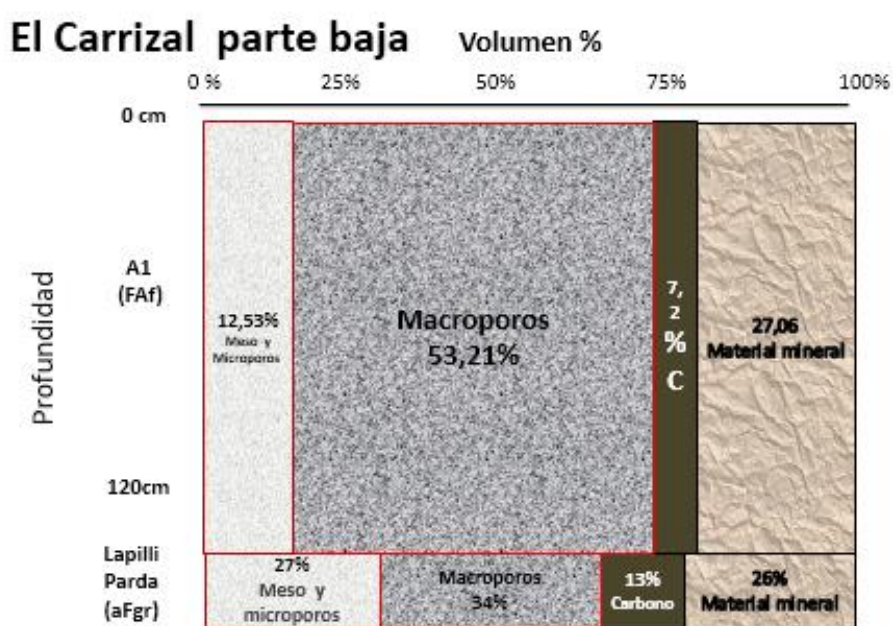


Figura 25. Tipo de suelo 3b

En este perfil, ubicado en la plantación forestal de ciprés de 45 años en el cantón Tulcán en la base de la ladera, ha ocurrido una considerable acumulación de material por lo que en comparación con el suelo modal el horizonte A1 se incrementa de 75 a 120 cm (ganancia de +55%), sin embargo, los contenidos de carbono se encuentran reducidos a nivel medio a bajo.

4.2. AMPLIACION DE CATÁLOGO DE TIPOS DE SUELOS

En este trabajo se encontró un tipo de suelo no descrito en el catálogo. Este perfil ha sido considerado como equivalente al 1a y se le denominó 1aa. Fue encontrado en el cantón Tulcán, sector Rumichaca, en el cual el espesor del horizonte A1 alcanzó de 90 a 150 cm, pese a estar localizado en la parte alta de la pendiente. Hasta ahora, tal espesor solo se había encontrado al

pie de las pendientes, donde por solifluxión o erosión se deposita material proveniente de las partes altas.

Tabla 7: Modificación al Catálogo de Tipos de Suelos

Tipo de Suelo	Posición topográfica	Pendiente (%)	Espesor del horizonte A1 y textura	Da A1 (g/cc)	Propiedades y limitaciones
1a	Cimas convexas, poco uso. Suelo “modal”, poco alterado.	≤ 20%	60-95 cm Franco arenoso fino a FL	0,80 ±0,12	Conservado, máxima productividad, riesgo a déficit hídrico moderado, alta exposición vientos
1aa	Cimas convexas, poco uso. Suelo, poco alterado.	20-35%	90-150 cm Franco arenoso fino a FL.	0,60 a 0,88	Conservado, máxima productividad, riesgo a déficit hídrico moderado, alta exposición vientos

Se determinaron seis tipos de suelos, el tipo 1a situado en cimas convexas, poco uso y poco alterado (suelo modal); el tipo 1b ubicado en cimas, laderas de poca pendiente y bases de vertiente, el tipo 1aa situado en cimas convexas parte alta (diferenciado por su espesor de 90-150 cm de profundidad), el tipo 2a situado en cimas y parte alta de vertientes (degradación media); el tipo 2b situado igualmente en cimas y parte alta de vertientes con pérdida por solifluxión y erosión laminar (fuerte degradación); el tipo 3a situado en parte media de vertientes, con acumulación por solifluxión y erosión desde partes altas; el tipo 3b situado en la base de vertientes, con acumulación por solifluxión y erosión desde partes altas, eventualmente con saturación ocasional a ± 1 m profundidad, y el tipo 4 situado en fondo de valle, hasta márgenes de ríos con saturación frecuente en el primer metro de profundidad (pseudogley).

El tipo de suelo 1aa se diferencia abiertamente de todos los demás por ser un perfil que alcanza hasta 150 cm de profundidad del horizonte A1 y estar situado en partes altas y cimas. La textura gruesa predominante (franco arenoso con predominancia de arena fina), además de una buena estructuración, en su mayoría de los suelos determina una alta proporción de macroporos. En el tipo de suelo 2b se presenta una mezcla de lapilli parda con el material del A1, incrementando aún más la fracción de macroporos. Ello acelera la infiltración y el desecamiento en estos suelos, tendencia que se acentúa en pendientes fuerte.

En los tipos de suelo evaluados en las plantaciones forestales, en los cantones Huaca y Tulcán, se evidencia la ocurrencia, posiblemente previa a las plantaciones, de procesos de degradación a través de los relativamente bajos contenidos de carbono orgánico (menos de 8%). Posiblemente ello haya sido la razón del establecimiento de plantaciones forestales en esos sitios.

Los tipos de suelo evaluados no presentan diferencia significativa en la densidad aparente, reflejo de la uniformidad en textura y estructura.

4.3. RESPUESTA DE LA MASA FORESTAL A LAS CONDICIONES DE SITIO

En la tabla 9 se presenta el incremento anual en altura, área basal y volumen de la masa forestal de las plantaciones de eucalipto y ciprés evaluadas, agrupando las parcelas según la posición topográfica (1: cima/parte alta de pendiente, 2: media ladera y 3: base/parte baja de pendiente). Del mismo modo, se presentan los valores promedio de pendiente, espesor del A1, densidad aparente y contenido de carbono. Asimismo, los parámetros del vuelo forestal.

Tabla 8: Parámetros de suelo y vegetación agrupados según la posición topográfica de las parcelas

Pos. Top	Pendiente %	Esp. A1 (cm)	Densidad aparente	Carbono %	Tipos de suelo	Incremento en Altura (m/año)	Altura media árboles más altos	Incremento Área Basal (m ² /ha/año)	Incremento Volumen (m ³ /ha/año)
1	26,1	61,2	0,85	7,8	Tipo1 (5)	1,53	13,35	2,03	8,67
					Tipo 2a(2)				
	±9,87	±38,14	±0,09	±2,80	Tipo 2b(3)	±0,68	±4,316	±0,44	±2,973
2	37,1	83,2	0,80	7,69	Tipo 1 (4)	1,6	13,93	2,1	8,99
					Tipo 2a(1)				
					Tipo 2b (1)				
±9,85	±39,46	±0,09	±2,69	Tipo 3a (4)	±0,71	±4,41	±0,44	±2,78	
3	24,1	90,5	0,76	7,75	Tipo 1 (2)	1,65	14,17	2,14	9,08
					Tipo2a(2)				
					Tipo 2b(1)				
					Tipo 3a(3)				
±13,17	±54,95	±0,12	±2,69	Tipo 3b(2)	±0,75	±4,22	±0,46	±2,77	

En esta tabla podemos observar la pendiente medida en %, espesor del horizonte A1, densidad aparente del suelo, contenido de carbono del suelo, los tipos de suelos clasificados según el catálogo de suelos del centro experimental San Francisco de la UPEC. El incremento en altura de las plantaciones forestales por año, el incremento del área basal de las plantaciones forestales e incremento del volumen de las plantaciones forestales por año.

Organizando las parcelas según la posición topográfica y procediendo a calcular las medias y las desviaciones estándar de parámetros de sitio y de la masa forestal se observa lo siguiente:

En el relieve colinado predominante, las pendientes en los topes de las laderas y en las bases de estas muestran valores muy similares (26,1 y 24,1%), siendo más empinadas en media ladera (37,1%).

El espesor del horizonte A1, si bien muestra una muy alta variabilidad (desviaciones estándar cercanas al 50% del valor de la media), alcanza valores promedio entre 60 y 90 cm, lo que puede considerarse muy favorable a los cultivos forestales, pese a que los contenidos de carbono no alcanzan los altos valores observados en suelos equivalentes bajo uso agrícola o pastizales, donde es común encontrar valores de 15 a 25% de carbono. El largo ciclo de vida de las plantaciones forestales se adecua a bajos valores de contenidos nutricionales y de carbono.

Los valores de incremento anual de la masa forestal en Altura, Área basal y Volumen del fuste son relativamente bajos al comparar con plantaciones en tierras bajas, donde se han reportado valores de incremento anual en volumen superiores a 40 m³/ha/año

Destaca el hecho de no evidenciarse diferencias significativas entre las plantaciones de cimas/partes altas, las de media ladera y las de base de pendiente.

Al ordenar las parcelas según clases de contenido de carbono en el horizonte A1 (Tabla 10) se observa lo siguiente:

Tabla 9: Contenido de Carbono % en el horizonte A1 e incrementos en las variables del vuelo forestal (plantaciones de eucalipto entre 2600 y 2800 msnm sobre suelos volcánicos).

Eucalipto			
Carbono (%)	Alt (m/año)	Increment. A. Basal (m ² /ha/año)	Increment. Volumen (m ³ /ha/año)
12,7	0,7	1,5	9,43
11,8	1,54	2,31	7,4
11,6	1,5	2,23	7,32
11,5	2,73	2,48	8,38
10,7	1,52	2,29	7,35
10,28	1,63	2,14	8,49
10	2,12	2,15	7,31
9,7	1,24	2,74	15,12

9	0,92	2,55	12,02
8,8	1,82	1,57	5,78
8,7	1,99	2,06	7,3
8,6	1,9	1,65	5,94
8,4	2,7	2,43	7,99
8,4	0,71	1,53	9,9
8,3	2,4	2,51	8,28
8,3	1,76	1,53	5,66
8,1	0,74	1,69	9,37
7,98	1,73	2,02	8,46
7,8	2,56	2,58	8,36
7,3	0,73	1,53	9,94
7,2	2,26	2,38	8,18
6,6	0,87	2,56	12,07
6,5	0,72	1,69	9,38
6,5	1,21	2,61	15,04
6,4	1,07	2,54	14,95
6,2	0,88	2,54	11,98
5,3	2,74	2,49	8,74
5,1	1,63	1,51	5,3
5,05	1,44	2,09	9,67
4,8	2,12	1,83	6,74
3,3	1,9	1,77	6,19
3	0,67	1,67	9,37
1,8	2,06	1,79	6,6
1,66	0,69	0,44	3,44
1,45	0,57	0,41	2,79
0,49	0,88	0,49	1,38

Los coeficientes de correlación entre C y las tres variables del vuelo forestal son:

% Carbono e Incremento en Altura: $r= 0,22$

% Carbono e Incremento en Área Basal: $r= 0,54$

% Carbono e Incremento en Volumen: $r= 0,34$

Los resultados sugieren una relación moderada entre el contenido de Carbono y el incremento en área basal y débil o inexistente con el incremento en altura; el errático comportamiento del volumen obedece a la variable densidad de las plantaciones, relacionadas con el aprovechamiento y rebrote de nuevos tallos en los árboles de Eucalipto. Los incrementos en

volumen del eucalipto triplican a los del ciprés, aun en las condiciones tropicales de alta montaña. La figura 14 muestra las tendencias entre las variables estudiadas.

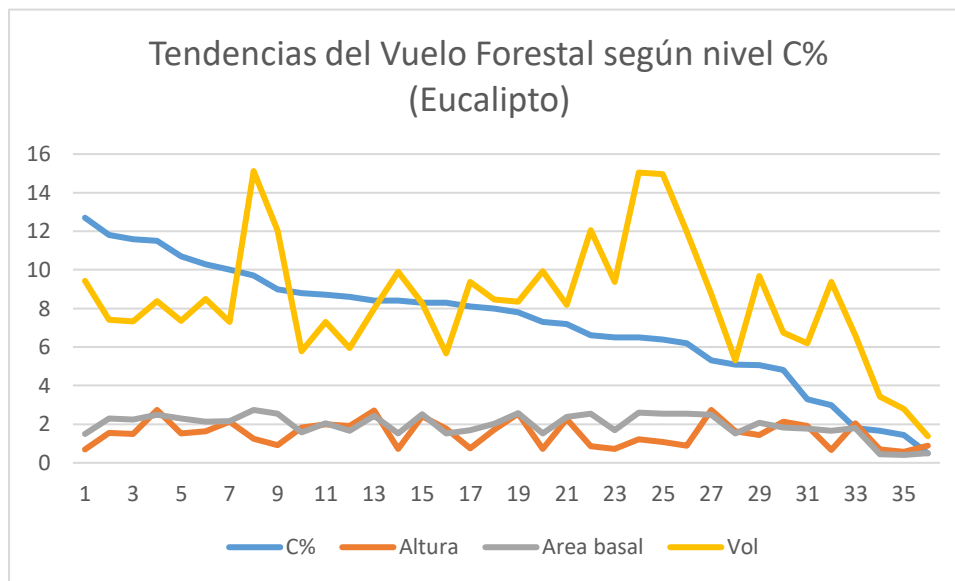


Figura 14. Tendencias de las variables incremento en altura, en área basal y volumen en relación al contenido de C% en el suelo, en plantaciones de Eucalipto.

En el caso del Ciprés, la relación entre el contenido de carbono en el horizonte A1 y las variables del vuelo se presentan en la tabla 11 y la figura 15.

Tabla 10: Contenido de Carbono % en el horizonte A1 e incrementos en las variables del vuelo forestal (plantaciones de ciprés entre 2600 y 2800 msnm sobre suelos volcánicos).

Ciprés			
Carbono (%)	Alt (m/año)	Increment. A. Basal (m ² /ha/año)	Increment. Volumen (m ³ /ha/año)
13,41	1,1	0,8	3,75
12,7	0,95	0,45	3,97
12,7	1,1	0,85	3,98
12,7	0,9	0,9	4,5
12,7	1,1	0,92	3,98
12,28	0,88	0,78	3,9
11,2	1,08	0,82	4,01
11,2	1,1	0,9	4,2
11,2	0,85	0,7	4,01
11,12	0,95	0,75	3,1

10,1	0,95	0,7	2,98
9,7	0,85	0,68	2,95
7,8	0,72	0,5	1,96
7,7	0,66	0,44	1,98
7,3	0,68	0,58	2,4
7,3	0,65	0,4	1,85
7,2	0,65	0,55	1,89
4,6	0,6	0,4	1,8

Los coeficientes de correlación entre C y las tres variables del vuelo forestal son:

% Carbono e Incremento en Altura: $r= 0,88$

% Carbono e Incremento en Área Basal: $r= 0,77$

% Carbono e Incremento en Volumen: $r= 0,92$

Los resultados sugieren una marcada relación entre el contenido de Carbono y el incremento en área basal, altura y volumen del ciprés. El incremento del carbono en el suelo se refleja en incrementos en las tasas de crecimiento en altura, área basal y volumen de la plantación; aunque tales incrementos son apenas 1/3 de los incrementos observados en eucalipto. La figura 15 muestra las tendencias paralelas de las variables.

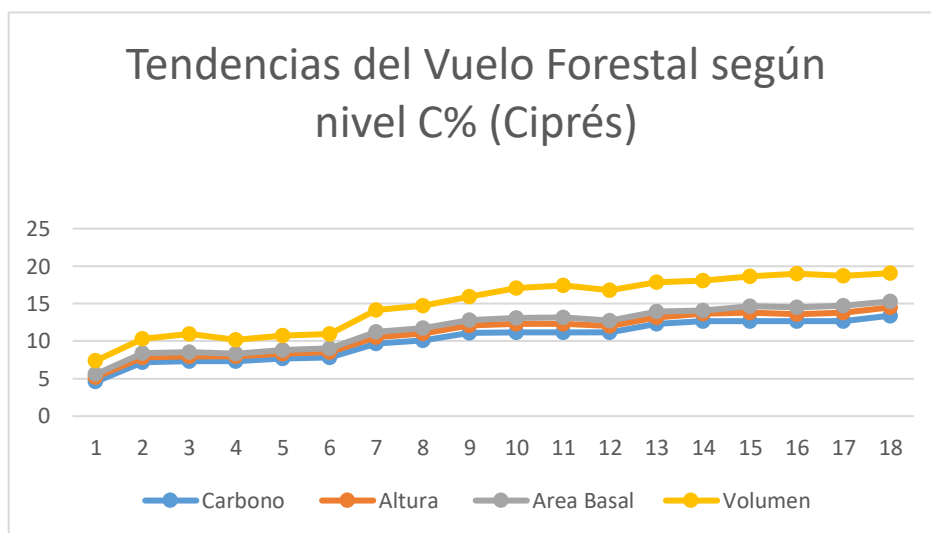


Figura 15. Tendencias de las variables incremento en altura, en área basal y volumen en relación al contenido de C% en el suelo, en plantaciones de Ciprés.

En plantaciones de eucalipto, en suelos con contenidos de carbono entre 8,50 y 12,70% los incrementos anuales en altura, área basal y volumen del fuste no evidencian diferencias significativas con los observados en contenidos de 7,50 a 8,50 y los observados a contenidos

inferiores a 7%. Ello permite asumir que bajo las relativamente favorables condiciones edáficas existentes en los cantones Tulcán y Huaca del Carchi, los factores climáticos, por su influencia en el régimen hídrico y la disponibilidad de agua (frecuencia e intensidad del estrés hídrico) pudieran ser los determinantes en dichas tasas de crecimiento y su uniformidad. Y, en cuanto al sitio, las condiciones físico-hidrológicas del suelo ejercerían una mayor influencia en el desarrollo del eucalipto que las químicas, en el ambiente de alta montaña del Ecuador. Al contrario, en el caso del ciprés, de crecimiento mas lento, las propiedades químicas parecen ejercer una determinante influencia en el desarrollo.

4.4. Análisis de las relaciones entre los incrementos anuales en altura, área basal y volumen del eucalipto y ciprés con parámetros de sitio

Se realizaron análisis de asociaciones lineales entre el área basal y volumen para cada variable y se presenta el valor p correspondiente (Tablas del 11 al 14). Valores $p < 0,05$ son evidencia de que existe una asociación lineal entre cada par de variables. Si el signo es positivo existe una relación directamente proporcional y si es negativo la relación es inversamente proporcional.

Tabla 11: Asociaciones lineales entre variables y el volumen (Eucalipto).

	TIPO	POS	ESPA1	C	VOL	ALT	ARB+ALTO
POS	0.3587						
ESPA1	0.2591	0.2373					
	0.1733	0.2140					
C	-0.1758	-0.0228	0.4598				
	0.3599	0.9055	0.0128				
VOL	0.3753	0.0617	0.1344	-0.0030			
	0.0453	0.7485	0.4835	0.9888			
ALT	-0.3643	0.1044	-0.0216	-0.0031	-0.8538		
	0.0526	0.5867	0.9116	0.9868	0.0000		
ARB+ALTO	0.3989	0.1482	0.3263	-0.3005	0.7402	-0.6017	
	0.0329	0.4395	0.0842	0.1133	0.0000	0.0007	
AREA	0.3800	0.1845	0.2313	-0.0952	0.9330	0.7676	0.7999
	0.0427	0.3359	0.2259	0.6207	0.0000	0.0000	0.0000
CC	-0.0949	-0.0456	-0.0153	0.1419	-0.4137	0.5041	-0.2364
	0.6225	0.8132	0.9379	0.4597	0.0265	0.0058	0.2160
DA	-0.2426	-0.2899	-0.2090	-0.1716	-0.2821	0.2168	-0.1958
	0.2035	0.1268	0.2745	0.3709	0.1378	0.2565	0.3067
EDAD	0.3874	0.1474	0.1037	-0.2161	0.1695	0.0667	-0.1099
	0.0386	0.4426	0.5902	0.2587	0.3779	0.7291	0.5691
MACRO	0.1807	0.1909	0.1048	-0.0227	0.4324	-0.4800	0.2225
	0.3451	0.3192	0.5867	0.9075	0.0198	0.0090	0.2446
MESO	-0.1100	-0.0786	-0.0076	0.1334	-0.4139	0.5007	-0.2434

	0.5673	0.6835	0.9684	0.4867	0.0263	0.0062	0.2026
PENDIEN	-0.0083	-0.0029	0.3460	-0.0647	0.0083	0.0528	-0.1478
	0.9664	0.9888	0.0663	0.7368	0.9644	0.7836	0.4426
AREA	-0.1395	0.0902	-0.2393	-0.0366	-0.0737	0.3352	-0.2108
	0.4675	0.6389	0.2102	0.8491	0.7024	0.0757	0.2710
VOLUMEN	0.3854	-0.0383	0.1976	-0.1352	0.8781	-0.9412	0.7946
	0.0396	0.8431	0.3017	0.4819	0.0000	0.0000	0.0000
VOL FUSTE	.2173	0.0289	-0.0387	-0.0179	0.7063	-0.5073	0.5698
	0.2554	0.8812	0.8411	0.9257	0.0000	0.0055	0.0015

En la tabla 12 se observa una relación significativa, directa, entre la altura y el volumen ($p=0.05$); igual ocurre entre el volumen y el árbol más alto ($p= 0.03$), y cabe destacar la relación directa y significativa que tiene el incremento en altura con la porosidad total y macroporos, e inversa con la densidad aparente, es decir, la capacidad de aireación del suelo parece incidir en la velocidad de crecimiento en altura del eucalipto.

Las variables del régimen hídrico del suelo (cc: capacidad de campo, meso y macroporos, determinantes para la capacidad de reserva asequible de agua del suelo) muestran clara asociación con la tasa de incremento en volumen y en altura de los árboles de eucalipto de las plantaciones evaluadas. Por otra parte, es obvia la relación directamente proporcional entre área basal y volumen, igualmente entre el tamaño de los árboles, el área basal y volumen. Estos parámetros se incrementan con la edad de los árboles, en plantaciones jóvenes en crecimiento en altura.

Tabla 12: Asociaciones lineales entre variables y el área basal (Eucalipto).

	AREA	CC	DA	EDAD	MACRO	MESO
CC	-0.3507					
P-Value	0.0628					
DA	-0.2298	0.4061				
	0.2290	0.0296				
MACRO	0.3723	-0.9191	-0.6935	0.2073		
	0.0471	0.0000	0.0000	0.2791		
MESO	-0.3523	0.9977	0.4146	-0.0620	-0.9207	
	0.0612	0.0000	0.0261	0.7485	0.0000	
PENDIEN	0.0177	-0.1277	-0.0235	-0.0736	0.1206	-0.1276
	0.9257	0.5063	0.9035	0.7024	0.5296	0.5079
AREA BASAL	-0.0579	0.0476	0.0628	0.0208	-0.0498	0.0601
	0.7640	0.8053	0.7446	0.9136	0.7974	0.7543
VOLUMEN	0.8302	-0.5570	-0.2891	-0.0951	0.5224	-0.5565
	0.0000	0.0020	0.1281	0.6225	0.0041	0.0020
VOLFUS	0.7083	-0.1453	-0.0293	-0.0781	0.1210	0.1392
	0.0000	0.4503	0.8792	0.6854	0.5296	0.4691

En la tabla 13 se puede observar la relación que existe entre parámetros edáficos entre sí y con el área basal. La capacidad de campo está asociada directamente con la densidad aparente y mesoporos, e inversamente con macroporos, asimismo indirectamente con la tasa de incremento en volumen.

Tabla 13: Asociaciones lineales entre variables con el volumen en plantaciones de Ciprés.

	TIPO	POS	ESPA1	C	VOL	ALT	ARB+ALTO
POS	0.7183						
P-Value	0.0110						
ESPA1	0.4943	0.3726					
	0.1041	0.2274					
C	0.0596	0.0484	0.5026				
	0.8517	0.8690	0.0936				
VOL	-0.0505	0.1757	0.0617	0.6175			
	0.8863	0.5730	0.8344	0.0348			
ALT	-0.4172	-0.1751	-0.6186	-0.2098	0.2246		
	0.1766	0.5883	0.0348	0.5935	0.4709		
ARB+ALTO	0.0339	-0.0715	0.6981	0.3463	0.0213	-0.3180	
	0.9037	0.8344	0.0133	0.2660	0.9562	0.3083	
AREA	-0.1103	0.0822	0.1111	0.6386	0.9789	0.2456	-0.0000
	0.7328	0.7832	0.7162	0.0280	0.0000	0.4301	0.9912
CC	0.1415	-0.0223	0.4429	0.7692	0.1544	-0.5175	0.3039
	0.6511	0.9562	0.1472	0.0047	0.6194	0.0887	0.3309
DA	0.3078	0.1007	0.4982	0.0946	-0.0861	-0.8967	0.3009
	0.3195	0.7495	0.0988	0.7663	0.7832	0.0000	0.3309
EDAD	0.1944	-0.0477	0.1673	0.0322	0.3951	0.2219	-0.0362
	0.5281	0.8863	0.5883	0.9212	0.2010	0.4849	0.9212
MACRO	-0.2239	-0.0896	-0.4965	-0.4869	0.1353	0.8021	-0.2319
	0.4849	0.7832	0.1041	0.1096	0.6672	0.0027	0.4709
MESO	0.1155	-0.0223	0.3726	0.6853	0.0947	-0.6294	0.1944
	0.7162	0.9562	0.2274	0.0159	0.7663	0.0324	0.5281
PENDIEN	0.4243	0.4504	0.0917	-0.0877	-0.0246	0.2386	0.1064
	0.1689	0.1404	0.7663	0.7832	0.9387	0.4435	0.7328
PT	-0.6146	-0.4880	-0.6925	-0.2517	0.1930	0.8392	-0.2014
	0.0373	0.1096	0.0159	0.4301	0.5429	0.0010	0.5281
VOL	0.3508	0.0743	0.6602	-0.0107	-0.5351	-0.8696	0.5769
	0.2560	0.8173	0.0222	0.9737	0.0749	0.0003	0.0521
VOL FUSTE	-0.2458	0.0633	-0.5167	0.1049	0.7158	0.7902	-0.4488
	0.4435	0.8344	0.0887	0.7328	0.0110	0.0032	0.1472

En la tabla 14 se observa una relación significativa, directa, entre el volumen y la edad ($p=0.05$); igual ocurre entre el volumen y el contenido de carbono orgánico en el suelo ($p= 0.03$), y cabe destacar la relación directa y significativa que tiene el incremento en altura con la porosidad

total y macroporos, e inversa con la densidad aparente, es decir, la capacidad de aireación del suelo parece incidir en la velocidad de crecimiento en altura del ciprés.

Tabla 14: Asociaciones lineales entre variables con el área basal (Ciprés).

	AREA	CC	DA	EDAD	MACRO	MESO
CC	0.1333					
P-Value	0.6672					
DA	-0.1213	0.3363				
	0.6997	0.2762				
EDAD	0.2765	0.0465	-0.4876			
	0.3787	0.8863	0.1096			
MACRO	0.1564	-0.7461	-0.6439	0.1183		
	0.6194	0.0074	0.0280	0.6997		
MESO	0.0596	0.9091	0.5149	-0.1360	-0.9107	
	0.8517	0.0000	0.0887	0.6672	0.0000	
PENDIEN	-0.1021	0.0912	-0.2373	0.2263	0.2724	-0.1544
	0.7495	0.7663	0.4571	0.4709	0.3787	0.6351
PT	0.2140	-0.5035	-0.6830	-0.0215	0.7846	-0.5944
	0.4991	0.0988	0.0173	0.9562	0.0036	0.0458
VOLUMEN	0.5351	0.3543	0.7564	-0.0256	-0.6453	0.4116
	0.0749	0.2560	0.0059	0.9387	0.0259	0.1766
VOL FUSTE	0.6947	-0.3077	-0.6445	-0.1324	0.6410	-0.3986
	0.0145	0.3309	0.0280	0.6834	0.0280	0.2010

El volumen presenta una relación directa y significativa con la porosidad total del suelo ($p=0.0059$).

Al aumentar la pendiente aumenta la cantidad de macroporos en el suelo, lo que podría asociarse a una mejor estructura del suelo por mejor drenaje y a la mayor mezcla de lapilli con el A1, todo lo cual reduce la densidad aparente del suelo ($p=0.028$).

En general, los resultados sugieren una alta uniformidad de los suelos, asociada a la ceniza volcánica que le dio origen (sustrato homogéneo), a su carácter relativamente reciente (Holoceno superior) y a la uniformidad de las condiciones de temprana evolución del suelo bajo bosque húmedo montano. La diferenciación de los perfiles, especialmente de su horizonte A1 debe entonces ser relacionada con los siguientes factores y procesos:

a) Movimientos en masa (soliflucción) bajo condiciones topográficas favorables por la pendiente cóncava y material permeable que posibilita la concentración de altos volúmenes de agua y la

saturación del estrato de cenizas sobre el lapilli, ocasionando el traslado masivo del material a lo largo de la pendiente hasta la base. Ello determina un horizonte A1 poco profundo en la zona de pérdida y de gran grosor en la zona de acumulación.

b) Erosión del material superficial del A1 por efecto del uso intensivo del suelo lo que causa su degradación y reducción de su fertilidad natural.

4.2 DISCUSIÓN

Una investigación comparable en suelos volcánicos (Andisoles), en el estado de Antioquia – Colombia, con el objetivo de determinar la fertilidad del suelo para árboles de distintas especies, principalmente pinos, destinados a la comercialización de madera, a 2900 msnm, se fundamentó en el muestreo en 10 000 ha. Las propiedades consideradas fueron pH, carbono orgánico, humedad, densidad aparente, porosidad, cantidad de limo y arena, capacidad de retención de agua (CC) y el punto de marchitez permanente, todo ello entre 0-60 cm de profundidad del horizonte A1 (Rodríguez, 2011).

En Tulcán se encontró un contenido de carbono de 7.5% en promedio, sin diferencia significativa encontrado en el sector de Rumichaca (perfil 1AA), cantón Tulcán con 3 % de contenido de carbono, el valor reducido en Antioquia fue atribuido al uso agrícola intensivo en cultivos de ciclo corto. Rodríguez (2011) afirman que según las prácticas de manejo puede generarse la reducción del carbono con el paso del tiempo, o su acumulación, y que el manejo agrícola convencional de suelos, con uso intensivo del arado, promueve la liberación de carbono hacia la atmósfera, mientras que el uso conservacionista favorece la permanencia de formas orgánicas dentro del suelo. En Antioquia, la densidad aparente fue 1,24 gr/cm³ y la porosidad total 57%, mientras que en el sector de Rumichaca (perfil 1AA) estos valores son 57% de porosidad total y 0,68 a 0,72gr/cm³ de densidad aparente, de donde puede inferirse el determinante efecto del contenido de materia orgánica del suelo volcánico en sus propiedades físicas, y por tanto en la dinámica del agua en el suelo. En el caso estudiado, la investigación mostró que los suelos, originalmente evolucionados bajo un ecosistema de praderas, luego de 25 años bajo plantaciones de eucaliptos, presentaron efectos significativos en un número importante de variables, que redundaron en cambios en la pedogénesis. Esos impactos varían a medida que avanzamos en la profundidad del suelo. En la primera capa del suelo (conocida como horizonte A1) se comprobó que los impactos son muy severos y que estos son menos significativos a medida que descendemos en la profundidad del suelo.

Los valores de incremento anual de la masa forestal en plantaciones de eucalipto: altura 1,6 m/año, área basal 2,1 m²/ha/año y volumen del fuste 8,99 m³/ha/año, son relativamente bajos al comparar con plantaciones en distintos trabajos como en el bosque del Chaco en Argentina, donde se han reportado valores de incremento anual en altura de 3,2 m/año, área basal 4,1 m²/ha/año y volumen del fuste de 9,4 m³/ha/año.

Se destaca el hecho de no evidenciarse diferencias significativas entre las plantaciones de eucaliptos en cimas/partes altas, media ladera, base de pendiente.

El uso forestal, productivo y conservacionista, de los suelos en los cantones Huaca y Tulcán se realiza sobre diversidad de condiciones edáficas y topográficas con resultados igualmente diversos en el rendimiento de las especies forestales; ello es posible de ser evaluado y relacionado con un sistema de identificación y clasificación interpretativa de suelos basado en el estado de conservación/degradación del mismo, la posición topográfica y la pendiente.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- Los suelos encontrados en las parcelas de estudio coinciden en su mayor parte en su tipología con los tipos ya descritos e incluidos en el Catálogo de Tipos de Suelos desarrollado en el Centro Experimental San Francisco. Ello reafirma el concepto sobre la alta uniformidad de los suelos de la zona alta, fría y húmeda del Carchi, derivados de depósitos de cenizas volcánicas holocénicas de textura franco arenosa fina, provenientes de los tres volcanes considerados activos en la zona (Chiles, Cerro Negro y Soche, añadiéndole el volcán Cumbal en Colombia).
- En las parcelas los perfiles de suelos presentan variable espesor del horizonte A1, entre 16 y 150 cm de espesor, lo que evidencia la ocurrencia de procesos de transferencia de material a lo largo de las pendientes por causas naturales (soliflucción, deslizamientos) e inducida (erosión laminar). Por otra parte, es notoria la uniformidad en el contenido de carbono orgánico, que se encuentra en promedio alrededor de 7%, con valores extremos de 12,7 y 1,8%. Ello difiere de valores reportados en la zona entre 15 y 25% y es indicativo de la degradación sufrida por la cubierta edáfica, posiblemente relacionada con el sobreuso mecanizado de los suelos.
- Las plantaciones de eucalipto muestran valores similares de incremento anual en altura, área basal y volumen del fuste, independientemente de la posición topográfica y parámetros edáficos al igual que los datos obtenidos del pino.
- Los valores de incremento anual de la masa forestal en altura, área basal y volumen son bajos a muy bajos, tanto en Eucalipto como en pino, lo que se podría atribuir a varios factores: a) La ausencia de manejo de las plantaciones, b) La altitud y factores climáticos, como la temperatura y radiación solar, y c) La baja disponibilidad de Fosforo, y eventualmente de algún microelemento. Este conjunto de factores podría estar coadyuvando en los bajos rendimientos de las plantaciones.

5.2. RECOMENDACIONES

- Implementar el manejo silvicultural de las plantaciones, lo que incluye el manejo del espaciamiento a través de raleos y podas, la fertilización según las necesidades nutricionales de las especies y el mejoramiento genético mediante selección y multiplicación de clones de alto rendimiento.
- Implementar sistemas de producción agroecológicos con sistemas combinados de uso de la tierra, incluyendo especies forestales multipropósito, autóctonas o exóticas fijadoras de nitrógeno a fin de detener la degradación de los suelos y de esta manera contribuir a la restauración de la biodiversidad local.
- Formular proyectos de restauración de áreas degradadas considerando la variable respuesta de las especies evaluadas en las condiciones edafoclimáticas del Carchi.

IV. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agostini, M. (2014) *Un método simple y práctico para la determinación de densidad aparente*. Ciencia del suelo, volumen.(32), pp. 172-174. Recuperado el 26 de abril del 2018 de https://www.researchgate.net/publication/317535604_Un_metodo_simple_y_practico_para_la_determinacion_de_densidad_aparente
- Altieri. (2015). *Agroecología la base para una agricultura sostenible* . Montevideo, Uruguay, Editorial Nordan-Comunidad. Recuperado el 11 de mayo del 2016 de <http://agroeco.org/wp-content/uploads/2010/10/Libro-Agroecologia.pdf>
- Avila. (2017). *Investigacion agroforestal del proyecto UNU/CATIE*.
- Bravo, A. (2018). *Geometria al aire libre* . En geometria recreativa. Mexico.
- Castro, T. (2012). *Estudio de la pérdida del recurso suelo*. Tesis de ingeniería, Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Quito, Ecuador. Recuperado el 1 de septiembre del 2017 de http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/7094/6.H07.001_317.pdf?sequence=4
- Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM. (2015). *Evaluación de prácticas de conservación de suelos forestales en México: caso de las zanjas trinchera*. Mexico: ELSEVIER.
- Wendy Ramírez, S. S. (2012). Indicadores de la calidad de los suelos: una nueva manera de evaluar este recurso . *scielo*, 6-18.
- Cerón-González, A., Barajas-Alcalá, A., Rojas-Pérez, L. y Amador-Sierra, J. (2019). *Manual Oficial del 2do Concurso Nacional de Evaluación de Suelos*. Secretaría de Acción Juvenil, Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, México.
- Alberto, J., Meneses, Sevillano, F., & Segundo, B. (2006). La materia organica, importancia experiencia del suelo en la agricultura. *Scielo*, 10.
- Alicia, C. (2006). Estructura del Suelo. *Estructura del suelo*, (pág. 22).
- Baridón, E. (2019). CURSO EDAFOLOGÍA. *Morfología de los suelos* (pág. 29). Buenos Aires: Universidad de la Plata.
- Calvache, M. (2015). *Los suelos del Ecuador*. Quito: UTE.
- Cano, E. (2017). *Ciprés común*. Guatemala: <https://www.marn.gob.gt/>.
- CONAFOR. (27 de julio de 2015). *gob.mx*. Obtenido de *gob.mx*: <https://www.gob.mx/conafor/documentos/suelos-forestales-27815>
- FAO. (21 de MAYO de 2017). *FAO*. Obtenido de FAO: <http://www.fao.org/soils-portal/soil-management/secuestro-de-carbono-en-el-suelo/es/>

- Gisbert, J., Ibáñez, S., & Moreno, H. (2010). Textura de un Suelo. *Produccion Vegetal*, 7.
- Guillermo, F. (2011). *Clasificacion de los Suelos*. San Miguel de Tucumán: Universidad Nacional de Tucumán.
- Héctor, M., Sara, I., & Juan, G. (2011). *INCEPTISOLES*. Valencia: Universidad Politecnica De Valencia.
- INIA. (20 de mayo de 2015). *inia.uy*. Obtenido de inia.uy:
<http://inia.uy/Documentos/P%C3%BABlicos/INIA%20Tacuaremb%C3%B3/2015/El%20Suelo%20de%20mayo.pdf>
- Jajaira, O., & Guido, O. (2008). Caracterización de ultisoles. *Scielo*, 10.
- MAGAP. (2019). MAPA DE ORDENES DE SUELOS DEL ECUADOR. *SIGTIERRAS*, 15.
- Marcelo, C. (2015). suelos del ecuador. *VII CONGRESO SUDAMERICANO DE AGRONOMIA MANEJO SOSTENIBLE DE LOS SUELOS DEL ECUADOR* (pág. 54). Quito: UTE.
- Marcelo, C. (2015). *suelos del ecuador*. Quito: 2015.
- Marcelo, C. (2015). Suelos del Ecuador. *VII CONGRESO SUDAMERICANO DE AGRONOMIA MANEJO SOSTENIBLE DE LOS SUELOS DEL ECUADOR* (pág. 54). Quito : UTE.
- Marcelo, C. (2015). Suelos del Ecuador. *VII CONGRESO SUDAMERICANO DE AGRONOMIA MANEJO SOSTENIBLE DE LOS SUELOS DEL ECUADOR* (pág. 54). QUITO: UTE.
- Marcelo, U. (2015). *Suelos del Ecuador*. Quito: UTE.
- Oballos, J., & Ochoa, G. (2008). Caracterización de ultisoles. *Scielo*, 10.
- Quevedo, L. (2013). *Disertación previa a la obtención del título de Licenciado en Ciencias Químicas con*. Quevedo: PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR.
- Ramírez, W., & Sánchez, S. (2012). Indicadores de la calidad de los suelos: una nueva manera de evaluar este recurso. *scielo*, 6-18.
- Ramón, M., & Manuel, G. (2010). La estructura de un suelo. *Universidad Politecnica de Valencia*, 8.
- Ramon, M., Sara, I., & Juan, G. (2011). *Aridisole*. Valencia: Universidad Politecnica De Valencia.
- Sandra, G. (7 de Junio de 2015). *El cuidado de las plantas y el jardin*. Obtenido de <https://sandra65.blogspot.com/2015/06/estructura-del-suelo.html>

- Sandra, G. (7 de Junio de 2015). *El cuidado de las plantas y el jardín*. Obtenido de El cuidado de las plantas y el jardín: <https://sandra65.blogspot.com/2015/06/estructura-del-suelo.html>
- Sara, I., Juan, G., & Moreno, R. (2011). *Aridisole*. Valencia: Universidad Politecnica de Valencia.
- Thiers, O. (2013). Suelos en ecosistemas forestales. *ResearchGate*, 61.
- UNAM. (2015). *Evaluación de prácticas de conservación de suelos forestales en México: caso de las zanjas trincheras*. Mexico: ELSEVIER.
- UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA. (2021). *El suelo un universo libre*. Buenos Aires: Escuela Universitaria de oficio.
- UNLP. (2012). *Suelo un universo invisible*. Buenos Aires: Escuela Universitaria de Oficios.
- UNLP. (2021). *Suelo un universo libre*. Buenos Aires: Escuela Universitaria de oficio.
- Céspedes, C. (2013). *Defensa del monte indígena*. Recuperado el 20 de noviembre del 2017 de <http://www.guayubira.org.uy/2007/02/impacto-de-las-plantaciones-de-eucaliptos-en-el-suelo/>
- Condoy, F. & Imaicela V. (1997). *Análisis del estado de las plantaciones forestales Pinus Radiata*. Tesis de ingeniería, Universidad de Loja, Loja Ecuador. Recuperado el 28 de marzo del 2018 de: <file:///C:/Users/DANIEL/Downloads/eBook-en-PDF-Analisis-del-estado-de-las-plantaciones-forestales-de-Pinus-radiata-y-Pinus-patula-sobre-los-3000-msnm-en-la-Sierra-Ecuatoriana.pdf>
- Córdova, J.J., y Valverde, F. (septiembre, 2002). *Evaluación de la erosión causada por labranza con arado y rastra en Carchi – Ecuador*. En VIII Congreso Ecuatoriano de la Ciencia del Suelo (pp. 1-9). Portoviejo, Ecuador: Sociedad Ecuatoriana de la Ciencia del Suelo.
- Erazo, A. (2010). *Evaluación del comportamiento inicial del pino (Pinus radiata) mediante la aplicación de retenedores de agua en Tanlagua, San Antonio de Pichincha* (Bachelor's thesis). Recuperado el 15 de junio del 2018 de <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/936/1/03%20FOR%20183%20Art.%20Cient%20C3%ADfco.pdf>
- FAO. (2017). *Carbono orgánico del suelo el potencial oculto*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura. Roma, Italia. Recuperado el 18 de julio del 2018 de <http://www.fao.org/3/b-i6937s.pdf>
- Franco . (2016). *Manejo y conservación de suelos*. Tierra Infinita. Tulcán.
- Franco, W., Peña, J., Quintero, O., & Rosero, J. (2015). *VI Congreso nacional de la papa*. Recuperado el 12 de agosto del 2016 de <https://www.researchgate.net>

/publication/300727672_Clasificacion_Interpretativa_de_Suelos_para_Cultivo_de_Papa_y_Pastizales_en_el_canton_Huaca_Carchi-Ecuador

Gandullo. (2010). *Agroecología Aplicada*.

Ibañez. (2011). *Universo invisible bajo nuestros pies*. Producción, productividad y propiedades del suelo, Madrid. Recuperado el 3 de mayo del 2018 de <http://www.madrimasd.org/blogs/universo/>

Jongsma, W., Hofstede, R. y Lips, J. (1997). *Geografía, ecología y forestación de la sierra alta del Ecuador*. Universidad de Texas . Ediciones Abya - Yala

MAE. (2012). *Ecuador Forestal*. Quito. Recuperado el 7 de octubre del 2016 de <https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/07/CONTROL-FORESTAL.pdf>

MAE. (2012). *Productividad del suelo y principios de conservación* . Quito. Recuperado el 9 de febrero del 2017 de <https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/06/BENEFICIOS-MANEJO-NUEVO1.pdf>

Mena, J. (2013). *Los suelos bajo clima mediterráneo*. Universidad de la Merced, Murcia, España.

Quintero. (2015). *Evaluación Preliminar de la Productividad de los Suelos en el Cantón Tulcán, Huaca y Montufar*. Tesis ingeniería, Universidad Politécnica del Carchi, Tulcán.

Rodríguez, M, & Correa, J. *Investigaciones sobre la fertilidad de los suelos de tres regiones del norte de Colombia*. Agronomía colombiana, Medellín. Recuperado el 15 de enero del 2018 de <https://revistas.unal.edu.co/index.php/refame/article/view/30583/30715>

Rojas, J. (2015). *Fertilidad de suelos en plantaciones forestales del trópico colombiano*. Tesis maestría, Universidad Nacional de Colombia, Medellín. Recuperado el 5 de diciembre del 2017 de <http://bdigital.unal.edu.co/51111/1/98452226.2016.pdf>

Rosero, J. (2016). *Evaluación y Categorización de suelos* . Tesis ingeniería, Universidad Politécnica Estatal del Carchi, Tulcan, Ecuador.

Salazar, M. (2007). *Plantaciones forestales en el Ecuador*. Quito, Ecuador.

Suquilanda. (2011). *Agroecología UTN - Revolución Verde*. Recuperado el 9 de octubre del 2018 de <http://agroecologiautn.blogspot.com/p/la-revolucion-verde.html>

Trujillo. (2012). *Erosión ,degradación del suelo en el Ecuador*. UTN. *ANÁLISIS DE vulnerabilidades – perfil territorial Huaca*. Unión Europea, PNUD, SENPLADES .

Velasquez. (2012). *La macrofauna edáfica como indicador biológico del estado de conservación/perturbación del suelo*. Pastos y forrajes, volumen (35) Recuperado el 11

de agosto del 2017 de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03942012000400001

Vela. (2013). *Estado de conservación/perturbación del suelo*. Pastos y forrajes, volumen (35). Recuperado el 12 de diciembre del 2017 de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-0394161145456

V. ANEXOS

5.1 DESCRIPCIÓN DE PERFILES

Tabla 15: Plantación Forestal el Carrizal

Ciprés (45 años) Textura: Franco a Franco limoso

Profundidad de horizonte A1: 0-60 cm

Pendiente: 15%

Localización: Parte alta

Suelo Tipo 1

Horizonte	Propiedades	(Da)	(C%)	Macroporos	(PT)	(CC)	pH
A11 0-60 cm	Color negro oscuro (10 YR 2/1), textura franca a Franco limoso (8% arcilla, 40% limo, 35% arena fina y media), cuarzo, mica negra, estructura blocosa angular moderadamente precipitado, raíces finas, medias, gruesas en todo el horizonte.	(A) 0,91	7,30	39,61	65,80	26,20	5.40
		(B) 0,98	4.60	39,41	62,83	23,43	5.80
AC (Lapilli parda) 60-88 cm	Color pardo amarillento oscuro (10 YR 4/6) franjas de sustancia húmica y material arcilloso por migración de 1 a 3 cm de espesor, suelo franco areno grueso gravoso, estructura granular, sueltos saturados.						
(lapilli blanco) 88-x cm	Color gris claro (10 YR 7/2) Textura arenoso medio (5% de grava), marcado con una línea de óxido ferroso, granos sueltos muy húmedo sin raíces.						

Tabla 16: Plantación Forestal el Carrizal

Ciprés (45 años) Textura: Franco arenoso

Profundidad de horizonte A1: 0-110 cm Pendiente: 45%

Localización: Parte media

Suelo Tipo 3a

Horizonte	Propiedades	(Da)	(C%)	Macroporos	(PT)	(CC)	PH
A11 0-110 cm	Color marrón (10 YR 2/1), textura franco arenoso, fina (8% arcilla, 35% limo, arena fina y media 40%), cuarzo, mica negra, estructura granular, suelta, moderadamente precipitado, raíces finas, medias, gruesas hasta los 95 cm.	(A) 0,92	7,80	45,11	65,37	20,26	5.70
		(B) 0,92	7,70	45,94	65,22	19,28	6.01
AC (Lapilli parda) 110-x cm	Color pardo amarillento oscuro (10 YR 4/6) franjas de sustancia húmica y material arcilloso por migración de 1 a 3 cm de espesor, suelo franco arenoso grueso gravoso, estructura granular, sueltos saturados.						

Tabla 17: Plantación Forestal el Carrizal

Ciprés (45 años) Franco arenoso

Profundidad de horizonte A1: 0-120 cm Pendiente: 25%

Localización: Parte baja

Suelo Tipo 3b

Horizonte	Propiedades	(Da)	(C%)	Macroporos	(PT)	(CC)	PH
A11 0-120 cm	Color marrón (10 YR 2/1), textura franco arenoso, fina (8% arcilla, 35% limo, 30% arena fina y gruesa), cuarzo, mica negra, estructura granular, suelta, moderadamente precipitado, raíces finas, medias, gruesas, presencia de óxidos de hierro.	(A) 0,91	7,20	53,21	65,74	12,53	5.87
		(B) 0,74	7,30	43,55	71,98	28,43	5.91
AC (Lapilli parda) 120-x cm	Color pardo amarillento oscuro (10 YR 4/6), suelo franco arenoso gravoso, estructura granular, sueltos saturados.						

Tabla 18: Plantación forestal Barrial

Eucalipto (27 años) Textura: Franco arenoso

Profundidad de horizonte A1: 0-75 cm

Pendiente: 35%

Localización: Parte alta

Suelo Tipo 1

Horizonte	Propiedades	(Da)	(C%)	Macroporos	(PT)	(CC)	pH
A11 0-75cm	Color negro oscuro (10 YR 2/1), textura franco arenoso, (5% arcilla, 40% limo, 30% arena fina y media), cuarzo, (mica negra), estructura granular, friable; óxido de hierro raíces finas, medias, gruesas en todo el horizonte.	(A) 0,77 (B) 0,78	8,10 7,50	43,59 64,71	71,41 74,52	27,83 9,81	5.74 5.66
AC 75-xcm (Lapilli parda) 120-x cm	Color pardo amarillento oscuro (10 YR 4/6), suelo franco arenoso gravoso, estructura granular, sueltos saturados.						

Tabla 19: Plantación forestal Barrial

Eucalipto Textura: Franco arenoso a franco limoso

Profundidad de horizonte A1: 0- 90 cm Pendiente: 48% Localización: Parte media

Suelo Tipo 3a

Horizonte	Propiedades	(Da)	(C%)	Macroporos	(PT)	(CC)	pH
A11 0-90 cm	Color pardo oscuro (7,5 YR 2/1), textura franco arenoso a franco limoso, (5% arcilla, 40% limo, 40% arena fina y media), cuarzo, mica negra, estructura granular moderadamente precipitado, compactado a partir de los 60 cm, presencias de pedotúbulos, óxido de hierro raíces finas, medias, gruesas, abundantes, precipitado moderadamente friable en todo el horizonte	(A) 0,70	6,50	63,48	73,66	10,18	5.14
		(B) 0,68	7,50	64,71	74,52	9,81	5.74
AC 90-110 (Lapilli parda) 180-x cm	Color pardo amarillento oscuro (10 YR 4/6), suelo franco arenoso gravoso, estructura granular, sueltos saturados.						

Tabla 20:Plantación forestal Barrial

Bosque: Eucalipto Textura: Franco arenoso

Profundidad de horizonte A1: 0-93 cm

Pendiente: 25%

Localización: Parte baja

Suelo Tipo 3a

Horizonte	Propiedades	(Da)	(C%)	Macroporos	(PT)	(CC)	PH
A11 0-93 cm	Color marrón (7,5YR 2/3), textura franco arenoso, (8% arcilla, 35% limo, 50% arena fina y media) estructura granular, suelta, moderadamente precipitado, raíces finas, medias, gruesas.	(A) 0,93	3,00	47,17	64,94	17,77	5.87
		(B) 0,79	10,20	51,64	70,16	18,52	5.42
AC 93-120 (Lapilli parda) 120-x cm	Color pardo amarillento oscuro (10 YR 4/6), suelo franco arenoso gravoso, estructura granular, sueltos saturados.						

Tabla 21: Plantación forestal sector Rumichaca

Eucalipto (6 años) Textura: franco

Profundidad de horizonte A1: 0-150 cm

Pendiente: 28%

Localización: Parte alta

Suelo tipo 1-AA

Horizonte	Propiedades	(Da)	(C%)	Macroporos	(PT)	(CC)	PH
A1 0-150 cm	Color pardo (7.5 YR 4/2), textura franco arenoso (8% arcilla, 40% limo, 42% arena fina y media), mica negra, estructura granular, fina media moderadamente compactado y precipitado, raíces finas, medias, gruesas en todo el horizonte, presencia de mallas de raicillas de 0-25 cm.	(A) 0,68	3,30	57,79	74,47	16,68	5.88
		(B) 0,72	9,80	56,64	73,00	16,37	5.61
II A1 fósil 150-x cm	Color pardo amarillento oscuro (10 YR 4/6), suelo franco arenoso gravoso, estructura granular, sueltos saturados.						

Tabla 22:Plantación forestal sector Rumichaca

Eucalipto Textura: franco arenoso

Profundidad de horizonte A1: 0-170 cm

Pendiente: 43%

Localización: Parte medi

Suelo tipo 3a

Horizonte	Propiedades	(Da)	(C%)	Macroporos	(PT)	(CC)	PH
A11 0-170 cm	Color pardo (7.5 YR 4/1), textura franco arenoso, (8% arcilla, 30% limo, arena fina y gruesa 60%), cuarzo, (mica negra), estructura granular, moderadamente coherente muy friable, raíces finas, medias, gruesas.	(A) 0,74	1,80	55,66	72,05	16,40	5.84
		(B) 0,81	8,90	51,87	69,56	17,69	5.69
AC (Lapilli parda) 170-x cm	Color pardo amarillento oscuro (10 YR 4/6), suelo franco arenoso gravoso, estructura granular, sueltos saturados.						

Tabla 23: Plantación forestal sector Rumichaca

Eucalipto Textura: franco arenoso

Profundidad de horizonte A1: 0-220 cm

Pendiente: 17%

Localización: Parte baja

Suelo tipo 3b

Horizonte	Propiedades	(Da)	(C%)	Macroporos	(PT)	(CC)	PH
A11 0-220 cm	Color pardo grisáceo (10 YR 4/1), textura franco arenoso, (8% arcilla, 35% limo, arena fina y gruesa 40%), cuarzo, mica negra, estructura granular, suelta, moderadamente precipitado, raíces finas, medias, gruesas, presencia de óxidos de hierro y una franja de humus.	(A) 0,85	4,80	43,26	67,92	24,66	5.89
		(B) 0,82	4,90	54,22	68,95	14,73	5.77
AC (Lapilli parda) 220-x cm	Color pardo amarillento oscuro (10 YR 4/6), suelo franco arenoso gravoso, estructura granular, sueltos saturados.						

Tabla 24:Plantación forestal sector de Angasmayo

Eucalipto (5 años) extura: Franco arenoso

Profundidad de horizonte A1: 0-25 cm

Pendiente: 12%

Localización: Parte alta

Suelo tipo 2b

Horizonte	Propiedades	(Da)	(C%)	Macro poros	(PT)	(CC)	PH
A1 0-25 cm	Color negro oscuro (10 YR 2/1), textura Franco arenoso (8% de arcilla, 60% de arena fina y media,30% de limo) estructura granular, fuerte, friable, poroso, moderadamente húmedo, raíces finas, medias, en todo el horizonte.	(A) 0,92 (B) 0,80	8,60 7,50	31,64 39,12	65,29 69,67	33,65 30,56	5.99 5.64
AC (Lapilli parda) 25- x cm	Color pardo amarillento oscuro (10 YR 4/6), suelo franco arenoso gravoso, estructura granular, sueltos saturados.						

Tabla 25: Plantación forestal sector Angasmayo

Eucalipto

Textura: Franco arenoso

Profundidad de horizonte A1: 0-60 cm

Pendiente: 38%

Localización: Parte media

Suelo tipo 1 (modal)

Horizonte	Propiedades	(Da)	(C%)	Macro poros	(PT)	(CC)	PH
A11 0-60 cm	Color negro (10YR 2/1) textura franco arenoso (60% arena, 25% limo, 10% arcilla) estructura granular, fina, débil; moderadamente precipitado, malla de raicillas hasta 20cm, raíces finas medias y gruesas abundantes.	(A) 0,98	8,70	36,16	62,92	26,76	6.02
		(B) 0,86	7,80	42,94	67,55	24,61	5.74
AC (Lapilli parda) 60-100 cm	Color pardo amarillento oscuro (10 YR 4/6), suelo franco arenoso gravoso, estructura granular, sueltos saturados.						

Tabla 26:Plantación forestal sector de Angasmayo

Eucalipto Textura: Franco arenoso

Profundidad de horizonte A1: 0-95 cm

Pendiente: 54%

Localización: Parte baja

Suelo tipo 3a

Horizonte	Propiedades	(Da)	(C%)	Macro poros	(PT)	(CC)	PH
A11 0-40 cm	Color negro oscuro (10 YR 2/1), textura franco arenoso, fina (60% arena, 25% limo, 10% arcilla) estructura granular, fina, débil, poco precipitado, malla de raicillas hasta los 20 cm, raíces finas medias.	(A) 0,80	10,00	50,32	69,76	19,45	5.69
		(B) 0,87	8,80	38,19	67,16	28,98	5.87
A12 40-95 cm	Color negro oscuro (10YR 2/1), franco arenoso (10% arcilla, 30% limo y 60% arena fina y media) estructura granular; débil, fina; suelo poco friable, algo compactado, raíces finas muy finas, medias, gruesas abundantes.						
AC (Lapilli parda) 95-120 cm	Color pardo amarillento oscuro (10 YR 4/6), suelo franco arenoso gravoso, estructura granular, sueltos saturados.						

Tabla 27: Plantación forestal sector el Chochal

Eucalipto (5 años) Textura: Franco arenoso

Profundidad de horizonte A1: 0-60 cm

Pendiente: 38%

Localización: Parte alta

Suelo tipo 1

Horizonte	Propiedades	(Da)	(C%)	Macro poros	(PT)	(CC)	PH
A11 0-20	Color negro (10 YR 2/1), textura franco arenoso, 10% de arcilla, estructura granular, moderadamente precipitado, friable fino, fuerte, poroso, raíces finas, medias, abundantes.	(A) 0,97 (B) 0,95	7,20 7,50	40,08 41,41	63,42 64,32	23,34 22,91	5.78 5.88
A12 20-60 cm	Color negro (7.5YR 2.5/1), textura franco limoso, estructura granular, 20% de arena fina a media friable, malla de raicillas.						
AC (Lapilli parda) 60- x cm	Color pardo amarillento oscuro (10 YR 4/6) franjas de sustancia húmica irregulares, suelo franco arenoso gravoso, estructura granular, sueltos saturados.						

Tabla 28: Plantación forestal sector el Chochal

Eucalipto Textura: Franco limoso

Profundidad de horizonte A1: 0-75 cm

Pendiente: 25%

Localización: Parte media

Suelo tipo 1

Horizonte	Propiedades	(Da)	(C%)	Macro poros	(PT)	(CC)	PH
A11 0-40 cm	Color negro (10YR 2/1) textura franco limoso, estructura blocosa angular fina, ligeramente compactado, malla de raicillas hasta los 28 cm, raíces muy finas, finas y medias. Abundantes	(A) 0,88	8,30	46,02	66,78	20,76	5.91
		(B) 0,87	7,70	48,05	67,27	19,22	5.65
A12 40-75 cm	Color pardo muy oscuro (10YR 2/2) textura franco limoso, estructura blocosa, friable.						
AC (Lapilli parda) 75-X cm	Color pardo amarillento oscuro (10 YR 4/6) franjas de sustancia húmica irregulares, suelo franco arenoso gravoso, estructura granular, sueltos saturados.						

Tabla 29:Plantación forestal sector el Chochal

Eucalipto Textura: Franco limoso

Profundidad de horizonte A1: 0-40 cm

Pendiente: 16%

Localización: Parte baja

Suelos Tipo 2a

Horizonte	Propiedades	(Da)	(C%)	Macro poros	(PT)	(CC)	PH
A11 0-40 cm	Color negro (10YR 2/1) textura franco limoso, estructura blocosa, moderadamente precipitado, malla de raicillas hasta 20 cm, raíces finas muy finas medias abundantes,	(A) 0,82 (B) 0,86	7,80 7,90	44,71 50,98	69,21 67,70	24,50 16,72	5.61 5.71
AC (Lapilli parda) 40-x cm	Color pardo amarillento oscuro (10 YR 4/6) franjas de sustancia húmica irregulares, suelo franco arenoso gravoso, estructura granular, sueltos saturados.						

Tabla 30: Plantación forestal sector la Palizada

Eucalipto (30 años) Textura: Franco arenoso

Profundidad de horizonte A1: 0-50 cm

Pendiente: 25%

Localización: Parte alta

Suelo Tipo 2a

Horizonte	Propiedades	(Da)	(C%)	Macro poros	(PT)	(CC)	PH
A11 0-50 cm	Color pardo muy oscuro (10YR 2/2) textura franco arenoso, estructura granular, friable un poco suelto, con malla de raicillas hasta los 20 cm, raíces muy finas, medias, gruesas abundantes.	(A) 0,88 (B) 0,79	12,70 13,10	50,21 55,58	66,67 70,00	16,45 14,42	5.73 5.84
AC (Lapilli parda) 50- x cm	Color pardo amarillento oscuro (10 YR 4/6) franjas de sustancia húmica irregulares, suelo franco arenoso gravoso, estructura granular, sueltos saturados.						

Tabla 31: Plantación forestal sector la Palizada

Eucalipto

Textura: Franco arenoso

Profundidad de horizonte A1: 0-110 cm

Pendiente: 48%

Localización: Parte media

Suelo Tipo 3a

Horizonte	Propiedades	(Da)	(C%)	Macro poros	(PT)	(CC)	PH
A11 0-75 cm	Color pardo muy oscuro (7.5YR 2.5/2) textura franco arenoso, fino, estructura granular, suelto, muy precipitado, hasta 60 cm, con malla de raíces hasta los 30 cm, raíces finas muy finas medias abundantes.	(A) 0,70 (B) 0,87	8,40 7,30	61,64 52,90	73,56 67,12	11,92 14,23	5.61 5.77
A12 75-110 cm	Color pardo muy oscuro (7.5 YR 2.5/2), textura franco limoso, estructura poco friable con bastantes partículas brillantes mica negra, raicillas pocas.						
Lapilli pardo 110-x cm	Color pardo amarillento oscuro (10 YR 4/6) franjas de sustancia húmica irregulares, suelo franco arenoso gravoso, estructura granular, sueltos saturados.						

Tabla 32: Plantación forestal sector la Palizada

Eucalipto Textura: Franco arenoso

Profundidad de horizonte A1: 0-85 cm

Pendiente: 15%

Localización: Parte baja

Suelos tipo 3a

Horizonte	Propiedades	(Da)	(C%)	Macro poros	(PT)	(CC)	PH
A11 0-85 cm	Color pardo muy oscuro (10YR 2/2) textura franco arenoso, fino, estructura granular suelta, malla de raíces hasta los 28 cm, raíces finas, medias y gruesas abundantes.	(A) 0,77	7,30	54,80	71,11	16,31	5.82
		(B) 0,78	8,50	55,48	70,64	15,16	5.61
AC (Lapilli parda) 85-x cm	Color pardo amarillento oscuro (10 YR 4/6) franjas de sustancia húmica irregulares, suelo franco arenoso gravoso, estructura granular, sueltos saturados.						

Tabla 33: Plantación forestal sector Troya Eucalipto (4 años) Textura: Franco arenoso
 Profundidad de horizonte A1: 0-45 cm Pendiente: 14% Localización: Parte alta
Suelo Tipo 2a

Horizonte	Propiedades	(Da)	(C%)	Macro poros	(PT)	(CC)	PH
A11 0-45 cm	Color pardo muy oscuro (7.5YR 2.5/2) textura franco arenoso, estructura, granular moderadamente precipitado, presencia de mica negra, cuarzo lavado, con malla de raicillas hasta los 25 cm, raíces finas muy finas, medias abundantes.	(A) 0,89	8,40	36,37	66,23	29,86	6.01
AC (Lapilli parda) 45- x cm	Color pardo amarillento oscuro (10 YR 4/6) franjas de sustancia húmica irregulares, suelo franco arenoso gravoso, estructura granular, sueltos saturados.	(B) 0,83	7,50	43,59	68,77	25,18	6.11

Tabla 34: Plantación forestal sector Troya Eucalipto Textura: Franco arenoso

Profundidad de horizonte A1: 0-60 cm Pendiente: 32% Localización: Parte media

Suelo tipo 1

Horizonte	Propiedades	(Da)	(C%)	Macro poros	(PT)	(CC)	PH
A11 0-60 cm	Color negro (10YR 2/1) textura franco arenoso, estructura granular, muy poroso, partículas de mica negra y cuarzo abundantes, raíces finas, muy finas medias abundantes.	(A)0,79	11,50	35,61	70,06	34,45	5.92
AC (Lapilli parda) 60- x cm	Color pardo amarillento oscuro (10 YR 4/6) franjas de sustancia húmica irregulares, suelo franco arenoso gravoso, estructura granular, sueltos saturados.	(B) 0,75	11,30	39,98	71,61	31,63	5.61

Tabla 35: Plantación forestal sector Troya Eucalipto Textura: Franco arenoso

Profundidad de horizonte A1: 0-78 cm Pendiente: 40% Localización: Parte baja

Suelo tipo 1

Horizonte	Propiedades	(Da)	(C%)	Macro poros	(PT)	(CC)	PH
A11	Color pardo oscuro (10 YR 2/2);	(A) 0,9	5,30	45,44	66,03	20,59	5.88
0-78 cm	textura franco arenoso, (60 % de arena fina y media, 35% de limo y 5% de arcilla) estructura granular, suelta, raíces finas muy finas medias abundantes.	0	4,00	41,45	63,95	22,50	5.97
AC		(B)					
(Lapilli parda)		0,96					
78-x cm	Color pardo amarillento oscuro (10 YR 4/6) franjas de sustancia húmica irregulares, suelo franco arenoso gravoso, estructura granular, sueltos saturados.						

Tabla 36: Plantación forestal sector Pioter Eucalipto (14 años) Textura: Franco arenoso gravoso

Profundidad de horizonte A1: 0-16 cm

Pendiente: 25%

Localización: Parte alta

Suelo Tipo 2b

Horizonte	Propiedades	(Da)	(C%)	Macro poros	(PT)	(CC)	PH
A11 0-16 cm	Mezcla de material A1 (70%) y AC (30%) color pardo (7.5YR 2.5/1), textura franco arenoso fino, estructura granular, moderadamente precipitado, raíces muy finas ,finas ,medias muy abundantes.	(A) 0,8 5	12,70	62,18	67,88	5,70	5.87
		(B) 0,7 9	13,10	64,38	70,06	5,68	5.04
AC (Lapilli parda) 16- 45 cm	Color pardo amarillento oscuro (10 YR 4/6) franjas de sustancia húmica irregulares, suelo franco arenoso gravoso, estructura granular, sueltos saturados.						

Tabla 37: Plantación forestal sector Pioter Eucalipto Textura: Franco arenoso

Profundidad de horizonte A1: 0-28 cm Pendiente: 36% Localización: Parte media

Suelo Tipo 2b

Horizonte	Propiedades	(Da)	(C%)	Macro poros	(PT)	(CC)	PH
A11 0-28 cm	Color (7.5YR 2.4/4) textura franco arenoso gravoso (por ser mezcla con lapilli parda), estructura granular suelto, precipitado, muy friable, con malla de raíces finas muy finas abundantes.	(A) 0,87	8,40	53,43	67,31	13,87	5.77
		(B) 0,84	7,30	55,22	68,47	13,25	5.31
(Lapilli parda) 28-57 cm	Color pardo amarillento oscuro (10 YR 4/6) franjas de sustancia húmica irregulares, suelo franco arenoso gravoso, estructura granular, sueltos saturados.						

Tabla 38: Plantación forestal sector Pioter Eucalipto Textura: Franco arenoso

Profundidad de horizonte A1: 0-36 cm Pendiente: 13% Localización: Parte baja

Suelo tipo 2b

Horizonte	Propiedades	(Da)	(C%)	Macro poros	(PT)	(CC)	PH
A11 0-36 cm	Color pardo oscuro (10YR 3/3) textura franco arenoso, estructura granular, moderadamente precipitado ligeramente compacto, con malla de raicillas hasta los 20 cm, raíces medias finas abundantes.	(A) 0,57 (B) 0,79	7,30 8,50	66,18 59,10	78,47 70,32	12,29 11,22	5.44 5.64
(Lapilli parda) 36-x cm	Color pardo amarillento oscuro (10 YR 4/6) franjas de sustancia húmica irregulares, suelo franco arenoso gravoso, estructura granular, sueltos saturados.						

Tabla 39: Plantación forestal sector Michuquer Eucalipto (16 años) Textura: Franco limoso
 Profundidad de horizonte A1: 0-90 cm Pendiente: 35% Localización: Parte alta
Suelo Tipo 1AA

Horizonte	Propiedades	(Da)	(C%)	Macro poros	(PT)	(CC)	PH
A11 0-90 cm	Color pardo (7.5YR 2.5/1) textura limosa, estructura compacta, con raíces finas muy finas medias abundantes, gránulos de cuarzo limpios abundantes.	(A) 0,91 (B) 0,91	8,40 7,50	56,07 55,00	65,80 65,79	9,72 10,80	5.63 5.41
AC (Lapilli blanca) 90- x cm	Color gris claro (10 YR 7/2) Textura arenoso gravosa estructura granular, suelta muy húmedo sin raíces.						

Tabla 40:Plantación forestal sector Michuquer

Eucalipto

Textura: Franco Limoso

Profundidad de horizonte A1: 0-110 cm

Pendiente: 48%

Localización: Parte media

Suelo Tipo 3a

Horizonte	Propiedades	(Da)	(C%)	Macro poros	(PT)	(CC)	PH
A11	Color pardo oscuro (7.5 YR 2.5/2)	(A) 0,70	11,50	64,88	73,68	8,80	5.78
0-110 cm	textura franco limoso, estructura angular, moderadamente precipitado, muy friable, con malla de raicillas hasta los 30 cm, raíces finas muy finas medias abundantes.	(B) 0,83	11,30	60,93	68,62	7,69	5.30
AC	Color gris claro (10 YR 7/2) Textura arenoso gravoso, estructura granular sueltos muy húmedos sin raíces.						
(Lapilli blanca)							
90-x cm							

Tabla 41: Plantación forestal sector Michuquer Eucalipto Textura: Franco limoso
 Profundidad de horizonte A1: 0-140 cm Pendiente: 15% Localización: Parte baja
Suelo Tipo 3b

Horizonte	Propiedades	(Da)	(C%)	Macro poros	(PT)	(CC)	PH
A11 0-140 cm	Color pardo oscuro (7.5 YR 2.5/3), textura franco limoso (8% de arcilla, 30% de arena media y fina, 60 % de limo) estructura angular, fino, fuerte, moderadamente húmedo. raíces muy finas , finas, medias abundantes.	(A) 0,61 (B) 0,64	5,30 11,30	61,82 64,24	77,09 75,92	15,27 11,67	5.61 5.77
(Lapilli blanca) 140-x cm	Color gris claro (10 YR 7/2) Textura arenoso gravoso, estructura granular suelta muy húmeda sin raíces.						

Tabla 42: Plantación forestal sector Las Peñas Eucalipto (7 años) Textura: Franco arenoso

Profundidad de horizonte A1: 0-61 cm Pendiente: 14% Localización: Parte alta

Suelo Tipo 1

Horizonte	Propiedades	(Da)	(C%)	Macro poros	(PT)	(CC)	pH
A11 0-61 cm	Color negro oscuro (10 YR 2/1), textura Franco arenoso (8% arcilla, 20% limo,50% arena fina y media), estructura granular, suelta friable, presencia de cuarzo, mica negra, suelo seco, raíces finas, medias, gruesas en todo el horizonte.	(A) 0,84	5,10	62,32	68,41	6,09	5.84
		(B) 0,70	5,50	68,67	73,57	4,90	5.41
(lapilli blanco) 61-x cm	Color gris claro (10 YR 7/2) Textura arenoso gravoso, estructura granular suelta muy húmedo sin raíces.						

Tabla 43: Plantación forestal sector Las Peñas Eucalipto Textura: Franco arenoso
 Profundidad de horizonte A1: 0- 72cm Pendiente: 38 % Localización: Parte media
Suelo Tipo 1

Horizonte	Propiedades	(Da)	(C%)	Macro poros	(PT)	(CC)	PH
A11 0-72 cm	Color negro (10YR 2/1), textura franco arenoso, muy fino (8% de arcilla y 30% de limo, 60% de arena fina y media) ligeramente compacto poco precipitado, raíces finas muy finas medias abundantes en todo el horizonte.	(A) 0,87	8,30	58,08	67,28	9,20	5.41
		(B) 0,85	8,90	58,78	68,01	9,23	5.74
AC (Lapilli parda) 72-x cm	Color pardo amarillento oscuro (10 YR 4/6); suelo franco areno gravoso gravoso, estructura granular, sueltos saturados.						

Tabla 44: Plantación forestal sector Las Peñas Eucalipto Textura: Franco arenoso
 Profundidad de horizonte A1: 0-48 cm Pendiente: 21% Localización: Parte baja
Suelo tipo 2a

Horizonte	Propiedades	(Da)	(C%)	Macro poros	(PT)	(CC)	PH
A11 0-48 cm	Color negro (10YR 2/1) textura franco arenoso (60% arena, 25% limo, 8% arcilla) estructura granular, fina, débil; suelo seco, raíces finas muy finas medias abundantes.	(A) 0,67 (B) 0,65	8,80 8,40	67,39 66,65	74,69 75,59	7,31 8,94	5.84 5.66
AC (Lapilli parda) 60-x cm	Color pardo amarillento oscuro (10 YR 4/6), textura franco arenoso gravoso, estructura granular, sueltos saturados						

Tabla 45: Plantación forestal sector La Estrellita Eucalipto (6 años) Textura: franco arenoso

Profundidad de horizonte A1: 0- 40 cm

Pendiente: 35 %

Localización: Parte alta

Suelo Tipo 2a

Horizonte	Propiedades	(Da)	(C%)	Macro poros	(PT)	(CC)	pH
A11 0-40 cm	Color negro (10YR 2/1) textura franco arenoso gravoso (60% arena fina y media, 30 % limo, 5% arcilla, 8% de grava) estructura granular, fina, débil; suelo moderadamente precipitado, raíces muy finas, finas y medias abundantes.	(A) 0,76	11,60	56,79	71,48	14,69	5.98
		(B) 0,83	9,70	52,03	68,55	16,51	6.04
AC (Lapilli parda) 40-88 cm	Color pardo amarillento oscuro (10 YR 4/6), textura franco arenoso gravoso, estructura granular, sueltos saturados						

Tabla 46: Plantación forestal sector La Estrellita Eucalipto (6 años) Textura: franco arenoso

Profundidad de horizonte A1: 0-57 cm

Pendiente: 45 %

Localización: Parte media

Suelo Tipo 2a

Horizonte	Propiedades	(Da)	(C%)	Macro poros	(PT)	(CC)	PH
A11 0-57 cm	Color pardo oscuro (10YR 2/2), franco arenoso gravoso, (10% arcilla, 30% limo y 60% arena fina y media, 8% grava más meteorizada que el anterior perfil de la parte alta) estructura granular débil, poco moteo pardo (óxido de hierro).	(A) 0,78 (B) 0,83	10,70 11,90	58,35 55,52	70,47 68,49	12,12 12,88	6.02 6.00
AC (Lapilli parda) 57-88 cm	Color pardo amarillento oscuro (10 YR 4/6), textura franco arenoso gravoso, estructura granular, sueltos saturados						

Tabla 47: Plantación forestal sector La Estrellita Eucalipto (6 años) Textura: franco arenoso

Profundidad de horizonte A1: 0-70 cm

Pendiente: 25 %

Localización: Parte baja

Suelo Tipo 1

Horizonte	Propiedades	(Da)	(C%)	Macro poros	(PT)	(CC)	PH
A1 0-70 cm	Color pardo oscuro (7,5 YR 2/1); textura franco arenoso, (arena fina a media 65%, 8% de grava, 25% limo,8 % de arcilla) estructura granular, malla de raicillas hasta los 28 cm, raíces finas medias abundantes.	(A) 0,60 (B) 0,71	11,80 11,30	67,80 61,53	77,41 73,25	9,61 11,72	6.01 5.74
AC (Lapilli parda) 70- 90 cm	Color pardo amarillento oscuro (10 YR 4/6), textura franco arenoso gravoso, estructura granular, suelos saturados						

Tabla 48:Plantación Forestal Sector Taya

Ciprés (30 años)

Textura: Franco arenoso

Profundidad de horizonte A1: 0-80 cm

Pendiente: 15%

Localización: Parte alta

Suelo tipo 1

Horizonte	Propiedades	(Da)	(C%)	Macro poros	(PT)	(CC)	pH
A11 0-50 cm	Color pardo muy oscuro (7.5YR 2.5/3), textura franco arenoso, fino (8% arcilla, 30% limo,60% arena fina y media); estructura granular, fina, muy friable; raíces finas muy finas abundantes medias pocas.	(A) 0,68 (B) 0,60	15,00 15,70	74,25 64,21	74,25 77,46	14,66 13,25	5.77 5.81
A12 50-80-cm	Color negro (7.5YR 2.5/1), textura franco arenoso, fino, (8% arcilla, 32% limo, 54% arena fina y media); estructura granular fina, material muy friable, raíces finas muy finas medias abundantes.						
Lapilli blanco 80-xcm	Color gris claro (10 YR 7/2) Textura arenoso gravoso granos sueltos muy húmedo sin raíces.						

Tabla 49:Plantación Forestal Sector Taya

Ciprés

Textura: Franco arenoso

Profundidad de horizonte A1: 0-45 cm

Pendiente: 42 %

Localización: Parte media

Suelo tipo 2a

Horizonte	Propiedades	(Da)	(C%)	Macro poros	(PT)	(CC)	PH
A11 0-20 cm	Color pardo muy oscuro (7.5 YR 2.5/2), textura franco arenoso, fino; estructura granular, fina; friable y ligeramente compactado, gránulos de mica negra y cuarzo lavado.	(A) 0,77	11,50	55,00	70,80	15,80	5.51
		(B) 0,85	11,40	49,72	67,80	18,08	5.81
A12 20-45 cm	Color pardo oscuro (7.5 YR 5/6), franco arenoso, fino material moderadamente compactado, gránulos de mica negra, cuarzo lavado						
Lapilli blanco 45-x cm	Color gris claro (10 YR 7/2) Textura arenoso gravoso, marcado con una línea de óxido ferroso, granos sueltos muy húmedo sin raíces.						

Tabla 50: Plantación forestal Taya Ciprés Textura: Franco arenoso
 Profundidad de horizonte A1: 0-38 cm Pendiente: 58% Localización: Parte baja

Suelo tipo 2a

Horizonte	Propiedades	(Da)	(C%)	Macro poros	(PT)	(CC)	PH
A1 0-38 cm	Color pardo oscuro (7.5 YR 2.5/1), franco arenoso, fino (50% de arena fina y media, 35% de limo, 5 % arcilla) estructura granular, fina, moderadamente precipitado, raíces finas muy finas medias abundantes.	(A) 0,73 (B) 0,76	12,70 11,20	56,76 55,86	72,34 71,29	15,58 15,42	5.66 5.15
AC (Lapilli parda) 38-70 cm	Color pardo amarillento oscuro (10 YR 4/6), textura franco arenoso gravoso, estructura granular, sueltos saturados						

Tabla 51: Plantación forestal Sector Chitan de Navarrete

Bosque: Ciprés (40 años)

Textura: Franco limoso

Profundidad de horizonte A1: 0- 90 cm

Pendiente: 20%

Localización: Parte alta

Suelo Tipo 1 AA

Horizonte	Propiedades	(Da)	(C%)	Macro poros	(PT)	(CC)	pH
A11 0-90 cm	Color negro (10YR 2/1), textura franco limoso, (arena media fina 45%, 60% de limo, 5% de arcilla,); estructura subangular, fina, fuerte, friable; moderadamente precipitado. Abundantes raíces finas, muy finas medias.	(A) 0,77	13,70	55,76	70,34	13,52	5.61
		(B) 0,74	12,20	54,86	71,32	14,72	5.47
(Lapilli parda) 90-x cm	Color pardo amarillento oscuro (10 YR 4/6), textura franco arenoso gravoso, estructura granular, sueltos saturados						

Tabla 52: Plantación forestal Sector Chitan de Navarrete

Bosque: Ciprés

Textura: Franco limoso

Profundidad de horizonte A1: 0-110 cm

Pendiente: 38%

Localización: Parte media

Suelo tipo 3a

Horizonte	Propiedades	(Da)	(C%)	Macro poros	(PT)	(CC)	PH
A11 0-60 cm	Color de suelo negro (10YR 2/1), suelo franco limoso, (45% de limo, 35% de arena fina y media, 8 % de arcilla), estructura blocosa, fuerte, moderadamente precipitado, presencia de mica negra y cuarzo, raíces finas, muy finas, medias abundantes.	(A) 0,74 (B) 0,78	12,70 11,20	56,76 55,86	72,34 71,29	15,58 15,42	5.41 5.84
A12 80-110 cm AC (Lapilli parda) 110-x cm	Color pardo oscuro, (7.5YR 2.5/2), textura franco arenoso, fino, friable, abundante mica negra, raíces finas medias abundantes gruesas pocas. Color pardo amarillento oscuro (10 YR 4/6), textura franco arenoso gravoso, estructura granular, sueltos saturados.						

Tabla 53: Plantación forestal Sector Chitan de Navarrete

Ciprés

Textura: Franco limoso

Profundidad de horizonte A1: 0-130 cm

Pendiente: 63%

Localización: Parte baja

Suelo tipo 3a

Horizonte	Propiedades	(Da)	(C%)	Macro poros	(PT)	(CC)	PH
A11 0-20 cm	Color pardo oscuro (10 YR 2/2); textura franco limoso, (60 % de limo 45% de arena fina y media y 5% de arcilla) estructura blocosa fuerte; Raíces finas medias abundantes gruesas pocas.	(A) 0,70	9,70	54,16	70,34	15,58	5.98
		(B) 0,71	10,10	52,92	69,89	15,42	5.67
A12 20-130 cm	Color pardo oscuro (10YR 2/2); textura franco arenoso fino (60 % de arena fina y media ;35 de limo, 5 % de arcilla), raíces finas medias abundantes gruesas pocas.						
AC (Lapilli parda) 130-x cm	Color pardo amarillento oscuro (10 YR 4/6), textura franco arenoso gravoso, estructura granular, sueltos saturados.						

Tabla 54:Plantación forestal Sector El Capote

Ciprés (32 años)

Textura: Franco arenoso

Profundidad de horizonte A1: 0-45 cm

Pendiente: 10%

Localización: Parte alta

Suelo tipo 2a

Horizonte	Propiedades	(Da)	(C%)	Macro poros	(PT)	(CC)	pH
A11 0-20 cm	Color negro (10YR 2/1) textura franco arenoso, estructura granular, moderadamente compacto y precipitado, raíces finas muy finas abundantes.	(A) 0,74 (B) 0,78	12,70 11,20	56,76 55,86	72,34 71,29	15,58 15,42	5.84 5.41
A12 20-45 cm	Color pardo grisáceo (10YR 3/2) textura franco arenoso, estructura moderadamente compacta, fuerte, raíces medias finas abundantes.						
AC (Lapilli parda) 45-x cm	Color pardo amarillento oscuro (10 YR 4/6) franjas de sustancia húmica y material arcilloso por migración de 1 a 3 cm textura franco arenoso gravoso, estructura granular, sueltos saturados.						

Tabla 55: Plantación forestal Sector El Capote

Ciprés

Textura: Franco arenoso

Profundidad de horizonte A1: 0-60 cm

Pendiente: 18%

Localización: Parte media

Suelo Tipo 1

Horizonte	Propiedades	(Da)	(C%)	Macro poros	(PT)	(CC)	PH
A11 0-60 cm	Color pardo oscuro (7.5 YR 2.5/2), textura franco arenoso, fino; estructura granular, fina, friable, suelta, poco precipitado, abundantes puntos brillantes de cuarzo y mica negra; abundantes raíces finas y medias.	(A) 0,74 (B) 0,78	12,70 11,20	56,76 55,86	72,34 71,29	15,58 15,42	5.84 5.89
AC (Lapilli parda) 60-x cm	Color pardo amarillento oscuro (10 YR 4/6) franjas de sustancia húmica y material arcilloso por migración de 1 a 3 cm textura franco arenoso gravoso, estructura granular, sueltos saturado.						

Tabla 56: Plantación forestal Sector El Capote

Ciprés

Textura: Franco arenoso

Profundidad de horizonte A1: 0-80 cm

Pendiente: 12%

Localización: Parte baja

Suelo Tipo 3b

Horizonte	Propiedades	(Da)	(C%)	Macro poros	(PT)	(CC)	PH
A11 0-80 cm	Color pardo muy oscuro (10 YR 2/2)	(A) 0,74	12,70	56,76	72,34	15,58	5.87
	textura franco arenoso fino (65% de arena fina y media, 20 % de limo,8% de arcilla), estructura granular, fina poco precipitado, abundantes puntos brillantes de mica negra, raíces finas muy finas medias abundantes.	(B) 0,78	11,20	55,86	71,29	15,42	5.91
AC (Lapilli parda) 80-x cm	Color pardo amarillento oscuro (10 YR 4/6) franjas de sustancia húmica y material arcilloso por migración de 1 a 3 cm textura franco arenoso gravoso, estructura granular, sueltos saturados.						

Tabla 57: Plantación forestal Sector La Encillada

Ciprés (32 años) Textura: Franco limoso

Profundidad de horizonte A1: 0-90 cm

Pendiente: 20%

Localización: Parte alta

Tipo 1aa

Horizonte	Propiedades	(Da)	(C%)	Macro poros	(PT)	(CC)	pH
A11 0-90 cm	Color pardo oscuro (7.5YR 2.5/2); franco limoso (35 % arena media y fina, 60% de limo, 8 % de arcilla); estructura blocosa angular, fuerte, abundante en mica negra, moderadamente precipitado, raíces finas muy finas abundantes, gruesas y medias pocas.	(A) 0,74	12,70	56,76	72,34	15,58	6.11
		(B) 0,78	11,20	55,86	71,29	15,42	6.21
(lapilli blanco) 90-x cm	Color gris claro (10 YR 7/2) Textura arenoso gravoso, marcado con una línea de óxido ferroso, granos sueltos muy húmedo sin raíces.						

Tabla 58: Plantación forestal Sector La Encillada

Bosque: Ciprés

Textura: Franco limoso

Profundidad de horizonte A1: 0-70 cm

Pendiente: 35%

Localización: Parte media

Suelo tipo 1A

Horizonte	Propiedades	(Da)	(C%)	Macro poros	(PT)	(CC)	PH
A11 0-105	Color pardo oscuro, (7.5YR 2.5/2), textura franco arenoso friable, abundante mica negra, con grava 5%, arena media y fina abundante.	(A) 0,74	12,70	56,76	72,34	15,58	6,34
		(B) 0,78	11,20	55,86	71,29	15,42	6,18
A12 30-70cm	Color de suelo negro (10YR 2/1), suelo franco arenoso, contiene mica negra y cuarzo y grava, raicillas abundantes finas y muy finas moderadamente precipitado.						
AC (Lapilli parda) 70-x cm	Color pardo amarillento oscuro (10 YR 4/6) franjas de sustancia húmica y material arcilloso por migración de 1 a 3 cm de espesor distintos en el horizonte, 5% de arcilla suelo franco areno grueso gravoso, estructura granular, sueltos saturado.						

Tabla 59: Plantación forestal Sector La Encillada

Bosque: Ciprés

Textura: Franco limoso

Profundidad de horizonte A1: 0-70 cm

Pendiente: 12%

Localización: Parte baja

Suelo tipo 1A

Horizonte	Propiedades	(Da)	(C%)	Macro poros	(PT)	(CC)	PH
A11 0-105	Color pardo oscuro, (7.5YR 2.5/2), textura franco arenoso friable, abundante mica negra, con grava 5%, arena media y fina abundante.	(A) 0,72 (B) 0,70	13,41 12,28	54,77 52,04	70,87 68,14	16,11 15,01	6,21 6,14
A12 30-850cm	Color de suelo negro (10YR 2/1), suelo franco arenoso, contiene mica negra y cuarzo y grava, raicillas abundantes finas y muy finas moderadamente precipitado.						
AC (Lapilli parda) 85-x cm	Color pardo amarillento oscuro (10 YR 4/6) franjas de sustancia húmica y material arcilloso por migración de 1 a 3 cm de espesor distintos en el horizonte, 5% de arcilla suelo franco areno grueso gravoso, estructura granular, sueltos saturados.						

5.1. ANÁLISIS DE LABORATORIO

Tabla 60: Troya parte A

Posición topográfica	Densidad aparente	Porosidad total (1-DA/ Pe)	Capacidad de campo	Macroporos(P-CC)	Suelo luego de mufla	% de C.O
Parte alta	0,97	63	29,89	33	26,76	8,2
Parte alta	0,82	69	29,84	39	27,24	8,6
PROMEDIOS	0,89	66,23	29,86	36,37	27,00	8,40
Parte media	0,79	70	35,43	35	28,16	11,8
Parte media	0,80	70	33,47	36	25,87	11,2
PROMEDIOS	0,79	70,06	34,45	35,61	27,02	11,50
Parte baja	0,86	68	20,02	48	27,58	5,6
Parte baja	0,94	64	21,16	43	27,4	5
PROMEDIOS	0,90	66,03	20,59	45,44	27,49	5,30

Tabla 61: Troya parte B

Posición topográfica	Densidad aparente	Porosidad total (1-DA/ Pe)	Capacidad de campo	Macroporos(P-CC)	Suelo luego de mufla	% de C.O
Parte alta	0,86	67	26,36	41	40,42	7,4
Parte alta	0,79	70	24,00	46	27,42	7,6
PROMEDIOS	0,83	68,77	25,18	43,59	33,92	7,50
Parte media	0,80	70	33,44	37	27,02	11,6
Parte media	0,71	73	29,82	43	25,1	11
PROMEDIOS	0,75	71,61	31,63	39,98	26,06	11,30
Parte baja	0,95	64	22,40	42	29,11	3,6
Parte baja	0,96	64	22,60	41	29,32	4,4
PROMEDIOS	0,96	63,95	22,50	41,45	29,22	4,00

Tabla 62: La Palizada parte A

Posición topográfica	Densidad aparente	Porosidad total (1- DA/ Pe)	Capacidad de campo	Macroporos(P-CC)	Suelo luego de mufla	% de C.O
Parte alta	0,85	68	15,58	52	27,09	12,20
Parte alta	0,92	65	17,33	48	67,07	13,20
PROMEDIOS	0,88	66,67	16,45	50,21	47,08	12,70
Parte media	0,53	80	9,20	71	41,57	8,60
Parte media	0,87	67	14,63	53	42,72	8,20
PROMEDIOS	0,70	73,56	11,92	61,64	42,15	8,40
Parte baja	0,73	72	15,91	57	40,58	6,00
Parte baja	0,80	70	16,71	53	64,53	8,60
PROMEDIOS	0,77	71,11	16,31	54,80	52,56	7,30

Tabla 63: La Palizada parte B

Posición topográfica	Densidad aparente	Porosidad total (1- DA/ Pe)	Capacidad de campo	Macroporos(P-CC)	Suelo luego de mufla	% de C.O
Parte alta	0,79	70	14,45	56	44,2	12,40
Parte alta	0,80	70	14,40	55	41,68	13,80
PROMEDIOS	0,79	70,00	14,42	55,58	42,94	13,10
Parte media	0,89	66	14,65	52	42,29	7,40
Parte media	0,85	68	13,80	54	59,86	7,20
PROMEDIOS	0,87	67,12	14,23	52,90	51,08	7,30
Parte baja	0,75	72	14,87	57	66,41	8,00
Parte baja	0,80	70	15,44	54	64,63	9,00
PROMEDIOS	0,78	70,64	15,16	55,48	65,52	8,50

Tabla 64: Rumichaca A

Posición topográfica	Densidad aparente	Porosidad total (1- DA/ Pe)	Capacidad de campo	Macroporos(P-CC)	Suelo luego de mufla	% de C.O
Parte alta	0,64	76	16,93	59	27	3,4
Parte alta	0,72	73	16,43	57	27,51	3,2
PROMEDIOS	0,68	74,47	16,68	57,79	27,26	3,30
Parte media	0,72	73	15,12	58	28,65	2
Parte media	0,76	71	17,67	54	26,35	1,6
PROMEDIOS	0,74	72,05	16,40	55,66	27,50	1,80
Parte baja	0,84	68	21,52	47	27,63	4,6
Parte baja	0,86	67	27,80	40	27,4	5
PROMEDIOS	0,85	67,92	24,66	43,26	27,52	4,80

Tabla 65: Rumichaca B

Posición topográfica	Densidad aparente	Porosidad total (1- DA/ Pe)	Capacidad de campo	Macroporos(P-CC)	Suelo luego de mufla	% de C.O
Parte alta	0,70	73	15,12	58	40,31	9,6
Parte alta	0,73	73	17,61	55	27,3	10
PROMEDIOS	0,72	73,00	16,37	56,64	33,81	9,80
Parte media	0,82	69	17,76	51	27,16	8,8
Parte media	0,79	70	17,62	53	25,2	9
PROMEDIOS	0,81	69,56	17,69	51,87	26,18	8,90
Parte baja	0,81	69	20,89	48	29,04	5
Parte baja	0,83	69	8,57	60	29,3	4,8
PROMEDIOS	0,82	68,95	14,73	54,22	29,17	4,90

Tabla 66: El Barrial A

Posición topográfica	Densidad aparente	Porosidad			Suelo	
		total (1- DA/ Pe)	Capacidad de campo	Macroporos(P-CC)	luego de mufla	% de C.O
Parte alta	0,76	71	26,94	45	27,3	8,00
Parte alta	0,76	71	28,72	43	67,32	8,20
PROMEDIOS	0,76	71,42	27,83	43,59	47,31	8,10
Parte media	0,64	76	9,73	66	41,7	6,00
Parte media	0,76	71	10,64	61	42,78	7,00
PROMEDIOS	0,70	73,66	10,18	63,48	42,24	6,50
Parte baja	0,98	63	18,76	44	40,75	2,60
Parte baja	0,88	67	16,78	50	64,79	3,40
PROMEDIOS	0,93	64,94	17,77	47,17	52,77	3,00

Tabla 67: El Barrial B

Posición topográfica	Densidad aparente	Porosidad			Suelo	
		total (1- DA/ Pe)	Capacidad de campo	Macroporos(P-CC)	luego de mufla	% de C.O
Parte alta	0,77	71	26,20	45	44,33	9,80
Parte alta	0,79	70	25,38	45	41,85	10,40
PROMEDIOS	0,78	70,61	25,79	44,82	43,09	10,10
Parte media	0,63	76	9,32	67	42,3	7,20
Parte media	0,72	73	10,30	62	59,83	7,80
PROMEDIOS	0,68	74,52	9,81	64,71	51,07	7,50
Parte baja	0,82	69	18,97	50	66,27	10,80
Parte baja	0,77	71	18,08	53	64,6	9,60
PROMEDIOS	0,79	70,16	18,52	51,64	65,44	10,20

Tabla 68: Taya parte A

Posición topográfica	Densidad aparente	Porosidad total (1- DA/ Pe)	Capacidad de campo	Macroporos(P-CC)	Suelo luego de mufla	% de C.O
Parte alta	0,68	74	14,44	60	26,47	14
Parte alta	0,69	74	14,88	59	26,87	16
PROMEDIOS	0,68	74,25	14,66	59,59	26,67	15,00
Parte media	0,76	71	15,23	56	28,17	11,6
Parte media	0,78	70	16,38	54	25,86	11,4
PROMEDIOS	0,77	70,80	15,80	55,00	27,02	11,50
Parte baja	0,77	71	16,33	55	27,23	12,6
Parte baja	0,70	74	14,82	59	27,01	12,8
PROMEDIOS	0,73	72,34	15,58	56,76	27,12	12,70

Tabla 69: Taya parte B

Posición topográfica	Densidad aparente	Porosidad total (1- DA/ Pe)	Capacidad de campo	Macroporos(P-CC)	Suelo luego de mufla	% de C.O
Parte alta	0,62	76	14,50	62	40,04	15
Parte alta	0,57	78	12,00	66	26,98	16,4
PROMEDIOS	0,60	77,46	13,25	64,21	33,51	15,70
Parte media	0,87	67	17,99	49	26,99	12,2
Parte media	0,84	68	18,17	50	25,12	10,6
PROMEDIOS	0,85	67,80	18,08	49,72	26,06	11,40
Parte baja	0,76	71	15,17	56	28,74	11
Parte baja	0,76	71	15,68	56	28,97	11,4
PROMEDIOS	0,76	71,29	15,42	55,86	28,86	11,20

Tabla 70: El Chochal A

Posición topográfica	Densidad aparente	Porosidad			Suelo luego de mufla	% de C.O
		total (1-DA/ Pe)	Capacidad de campo	Macroporos(P-CC)		
Parte alta	1,01	62	23,85	38	27,4	6,00
Parte alta	0,93	65	22,83	42	67,31	8,40
PROMEDIOS	0,97	63,42	23,34	40,08	47,36	7,20
Parte media	0,89	66	20,93	45	41,6	8,00
Parte media	0,87	67	20,58	47	42,7	8,60
PROMEDIOS	0,88	66,78	20,76	46,02	42,15	8,30
Parte baja	0,81	70	23,99	46	40,49	7,80
Parte baja	0,83	69	25,01	44	64,57	7,80
PROMEDIOS	0,82	69,21	24,50	44,71	52,53	7,80

Tabla 71: El Chochal B

Posición topográfica	Densidad aparente	Porosidad			Suelo luego de mufla	% de C.O
		total (1-DA/ Pe)	Capacidad de campo	Macroporos(P-CC)		
Parte alta	0,94	64	21,84	43	44,45	7,40
Parte alta	0,95	64	23,98	40	41,99	7,60
PROMEDIOS	0,95	64,32	22,91	41,41	43,22	7,50
Parte media	0,86	68	19,44	48	42,3	7,20
Parte media	0,88	67	19,00	48	59,81	8,20
PROMEDIOS	0,87	67,27	19,22	48,05	51,06	7,70
Parte baja	0,85	68	16,59	51	66,43	7,60
Parte baja	0,86	68	16,85	51	64,67	8,20
PROMEDIOS	0,86	67,70	16,72	50,98	65,55	7,90

Tabla 72: El Carrizal A

Posición topográfica	Densidad aparente	Porosidad total (1-DA/ Pe)	Capacidad de campo	Macroporos(P-CC)	Suelo luego de mufla	% de C.O
Parte alta	0,90	66	26,17	40	26,8	7,4
Parte alta	0,91	66	26,23	39	27,31	7,2
PROMEDIOS	0,91	65,80	26,20	39,61	27,06	7,30
Parte media	0,94	65	20,19	45	28,36	7,8
Parte media	0,90	66	20,34	46	26,04	7,8
PROMEDIOS	0,92	65,37	20,26	45,11	27,20	7,80
Parte baja	0,86	68	11,68	56	27,5	7,2
Parte baja	0,96	64	13,37	51	27,29	7,2
PROMEDIOS	0,91	65,74	12,53	53,21	27,40	7,20

Tabla 73: El Carrizal B

Posición topográfica	Densidad aparente	Porosidad total (1-DA/ Pe)	Capacidad de campo	Macroporos(P-CC)	Suelo luego de mufla	% de C.O
Parte alta	1,00	62	23,86	39	40,53	5,2
Parte alta	0,97	63	22,99	40	27,6	4
PROMEDIOS	0,98	62,83	23,43	39,41	34,07	4,60
Parte media	0,92	65	20,07	45	27,17	8,6
Parte media	0,92	65	18,48	47	25,31	6,8
PROMEDIOS	0,92	65,22	19,28	45,94	26,24	7,70
Parte baja	0,69	74	28,05	46	28,9	7,8
Parte baja	0,80	70	28,81	41	29,2	6,8
PROMEDIOS	0,74	71,98	28,43	43,55	29,05	7,30

Tabla 74: Angasmayo A

Posición topográfica	Densidad aparente	Porosidad total (1-DA/ Pe)	Capacidad de campo	Macroporos(P-CC)	Suelo luego de mufla	% de C.O
Parte alta	0,89	66	32,28	34	27,33	7,40
Parte alta	0,95	64	35,02	29	67,24	9,80
PROMEDIOS	0,92	65,29	33,65	31,64	47,29	8,60
Parte media	0,99	63	27,24	35	41,56	8,80
Parte media	0,97	63	26,28	37	42,7	8,60
PROMEDIOS	0,98	62,92	26,76	36,16	42,13	8,70
Parte baja	0,78	70	26,81	44	40,33	11,00
Parte baja	0,82	69	12,09	57	64,51	9,00
PROMEDIOS	0,80	69,76	19,45	50,32	52,42	10,00

Tabla 75: Angasmayo B

Posición topográfica	Densidad aparente	Porosidad total (1-DA/ Pe)	Capacidad de campo	Macroporos(P-CC)	Suelo luego de mufla	% de C.O
Parte alta	0,76	71	29,74	41	44,46	7,20
Parte alta	0,84	68	31,37	37	41,98	7,80
PROMEDIOS	0,80	69,67	30,56	39,12	43,22	7,50
Parte media	0,88	67	24,93	42	42,26	8,00
Parte media	0,84	68	24,30	44	59,84	7,60
PROMEDIOS	0,86	67,55	24,61	42,94	51,05	7,80
Parte baja	0,89	66	22,57	44	66,35	9,20
Parte baja	0,85	68	35,39	32	64,66	8,40
PROMEDIOS	0,87	67,16	28,98	38,19	65,51	8,80

Tabla 76: La Estrellita parte A

Posición topográfica	Densidad aparente	Porosidad total (1- DA/ Pe)	Capacidad de campo	Macroporos(P-CC)	Suelo luego de mufla	% de C.O
Parte alta	0,85	68	16,61	51	26,6	11,4
Parte alta	0,66	75	12,77	62	27,08	11,8
PROMEDIOS	0,76	71,48	14,69	56,79	26,84	11,60
Parte media	0,85	68	13,06	55	28,2	11
Parte media	0,72	73	11,17	62	25,91	10,4
PROMEDIOS	0,78	70,47	12,12	58,35	27,06	10,70
Parte baja	0,54	80	8,29	71	27,31	11
Parte baja	0,66	75	10,93	64	27,02	12,6
PROMEDIOS	0,60	77,41	9,61	67,80	27,17	11,80

Tabla 77: La Estrellita parte B

Posición topográfica	Densidad aparente	Porosidad total (1- DA/ Pe)	Capacidad de campo	Macroporos(P-CC)	Suelo luego de mufla	% de C.O
Parte alta	0,84	68	16,63	52	40,21	11,6
Parte alta	0,83	69	16,40	52	27,41	7,8
PROMEDIOS	0,83	68,55	16,51	52,03	33,81	9,70
Parte media	0,86	67	13,30	54	26,99	12,2
Parte media	0,81	70	12,45	57	25,07	11,6
PROMEDIOS	0,83	68,49	12,88	55,62	26,03	11,90
Parte baja	0,78	70	12,85	58	28,72	11,4
Parte baja	0,63	76	10,59	65	28,98	11,2
PROMEDIOS	0,71	73,25	11,72	61,53	28,85	11,30

Tabla 78: Las Peñas parte A

Posición topográfica	Densidad aparente	Porosidad				
		total (1- DA/ Pe)	Capacidad de campo	Macroporos(P-CC)	Suelo luego de mufla	% de C.O
Parte alta	0,81	70	5,95	64	27,45	5,00
Parte alta	0,87	67	6,23	61	67,47	5,20
PROMEDIOS	0,84	68,41	6,09	62,32	47,46	5,10
Parte media	0,81	69	8,58	61	41,6	8,00
Parte media	0,92	65	9,81	55	42,7	8,60
PROMEDIOS	0,87	67,28	9,20	58,08	42,15	8,30
Parte baja	0,82	69	9,13	60	40,42	9,20
Parte baja	0,52	80	5,49	75	64,54	8,40
PROMEDIOS	0,67	74,69	7,31	67,39	52,48	8,80

Tabla 79: Las Peñas parte B

Posición topográfica	Densidad aparente	Porosidad				
		total (1- DA/ Pe)	Capacidad de campo	Macroporos(P-CC)	Suelo luego de mufla	% de C.O
Parte alta	0,72	73	5,07	68	44,54	5,60
Parte alta	0,69	74	4,73	69	42,1	5,40
PROMEDIOS	0,70	73,57	4,90	68,67	43,32	5,50
Parte media	0,91	66	9,92	56	42,2	9,20
Parte media	0,79	70	8,54	62	59,79	8,60
PROMEDIOS	0,85	68,01	9,23	58,78	51,00	8,90

Tabla 80: Michuquer parte A

Posición topográfica	Densidad aparente	Porosidad total (1- DA/ Pe)	Capacidad de campo	Macroporos(P-CC)	Suelo luego de mufla	% de C.O
Parte alta	0,92	65	9,84	55	26,76	8,2
Parte alta	0,89	66	9,61	57	27,24	8,6
PROMEDIOS	0,91	65,80	9,72	56,07	27,00	8,40
Parte media	0,73	73	8,50	64	28,16	11,8
Parte media	0,67	75	9,10	66	25,87	11,2
PROMEDIOS	0,70	73,68	8,80	64,88	27,02	11,50
Parte baja	0,69	74	16,49	58	27,58	5,6
Parte baja	0,53	80	14,04	66	27,4	5
PROMEDIOS	0,61	77,09	15,27	61,82	27,49	5,30

Tabla 81: Michuquer parte B

Posición topográfica	Densidad aparente	Porosidad total (1- DA/ Pe)	Capacidad de campo	Macroporos(P-CC)	Suelo luego de mufla	% de C.O
Parte alta	0,90	66	9,96	56	40,42	7,4
Parte alta	0,92	65	11,63	54	27,42	7,6
PROMEDIOS	0,91	65,79	10,80	55,00	33,92	7,50
Parte media	0,85	68	7,88	60	27,02	11,6
Parte media	0,81	69	7,49	62	25,1	11
PROMEDIOS	0,83	68,62	7,69	60,93	26,06	11,30
Parte baja	0,62	77	11,00	66	29,11	3,6
Parte baja	0,66	75	12,34	63	29,32	4,4
PROMEDIOS	0,64	75,92	11,67	64,24	29,22	4,00

Tabla 82: Pioter parte A

Posición topográfica	Densidad aparente	Porosidad				
		total (1- DA/ Pe)	Capacidad de campo	Macroporos(P-CC)	Suelo luego de mufla	% de C.O
Parte alta	0,85	68	5,72	62	27,09	12,20
Parte alta	0,86	68	5,67	62	67,07	13,20
PROMEDIOS	0,85	67,88	5,70	62,18	47,08	12,70
Parte media	0,85	68	14,01	54	41,57	8,60
Parte media	0,88	67	13,74	53	42,72	8,20
PROMEDIOS	0,87	67,31	13,87	53,43	42,15	8,40
Parte baja	0,48	82	12,44	69	40,58	6,00
Parte baja	0,66	75	12,14	63	64,53	8,60
PROMEDIOS	0,57	78,47	12,29	66,18	52,56	7,30

Tabla 83: Pioter parte B

Posición topográfica	Densidad aparente	Porosidad				Suelo luego de mufla	% de C.O
		total (1- DA/ Pe)	Capacidad de campo	Macroporos(P-CC)			
Parte alta	0,75	72	5,23	66	44,2	12,40	
Parte alta	0,84	68	6,13	62	41,68	13,80	
PROMEDIOS	0,79	70,06	5,68	64,38	42,94	13,10	
Parte media	0,84	68	13,04	55	42,29	7,40	
Parte media	0,83	69	13,47	55	59,86	7,20	
PROMEDIOS	0,84	68,47	13,25	55,22	51,08	7,30	
Parte baja	0,73	72	11,12	61	66,41	8,00	
Parte baja	0,84	68	11,32	57	64,63	9,00	
PROMEDIOS	0,79	70,32	11,22	59,10	65,52	8,50	

Acta de la Pre defensa



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI
ACULTAD DE INDUSTRIAS AGROPECUARIAS Y CIENCIAS AMBIENTALE
CARRERA DE INGENIERÍA EN DESARROLLO INTEGRAL AGROPECUARIO



ACTA

DE LA SUSTENTACIÓN DE PREDEFENSA DEL DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN

NOMBRE Boris Renato Rúaes Auz **CÉDULA DE IDENTID** 040177679-4
NIVEL/PARALELO: 0 **PERIODO ACADEMIC** Nov 2020-Mar 2021

TEMA DEL TIC: "Evaluación de suelos bajo Uso Forestal (Plantaciones Forestales) en los cantones Huaca y Tulcán, provincia del Carchi"

Tribunal designado por la dirección de esta Carrera, conformado por:

PRESIDENTE: MSC. IBARRA ROSERO EDISON MARCELO
DOCENTE TUTOR: MSC. BENAVIDES ROSALES HERNAN RIGOBERTO
DOCENTE: MSC. JULIO JAIRO PEÑA CHAMORRO

De acuerdo al artículo 32: Una vez entregados los documentos; y, cumplidos los requisitos para la realización de la pre-defensa el Directoría de Carrera designará el Tribunal, fijando lugar, fecha y hora para la realización de este acto:

EDIFICIO DE AULAS 0 AULA: 0

FECHA: martes, 16 de marzo de 2021

HORA: 15H00

Obteniendo las siguientes notas:

1) Sustentación de la predefensa:	5,40
2) Trabajo escrito	2,10
Nota final de PRE DEFENSA	7,50

Por lo tanto: **APRUEBA CON OBSERVACIONES** ; debiendo acatar el siguiente artículo:

Art. 36.- De los estudiantes que aprueban el informe final del TIC con observaciones.- Los estudiantes tendrán el plazo de 10 días para proceder a corregir su informe final del TIC de conformidad a las observaciones y recomendaciones realizadas por los miembros del Tribunal de sustentación de la pre-defensa.

Para constancia del presente, firman en la ciudad de Tulcán el martes, 16 de marzo de 2021



Firmado digitalmente por:
**EDISON MARCELO
IBARRA ROSERO -**
1002415873

MSC. IBARRA ROSERO EDISON MARCELO
PRESIDENTE



Firmado digitalmente por:
**ROBERTO ROSALES
ROSALES**

MSC. BENAVIDES ROSALES HERNAN RIGOBERTO
DOCENTE TUTOR

JULIO JAIRO
PEÑA
CHAMORRO

Firmado digitalmente por:
JULIO JAIRO PEÑA CHAMORRO
1002415873

MSC. JULIO JAIRO PEÑA CHAMORRO
DOCENTE

Adj.: Observaciones y recomendaciones



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI
FOREIGN AND NATIVE LANGUAGE CENTER**

Informe sobre el Abstract de Artículo Científico o Investigación.

Autor: Ruales Auz Boris Renato

Fecha de recepción del abstract: 26 de marzo de 2021

Fecha de entrega del informe: 26 de marzo de 2021

El presente informe validará la traducción del idioma español al inglés si alcanza un porcentaje de: 9 – 10 Excelente.

Si la traducción no está dentro de los parámetros de 9 – 10, el autor deberá realizar las observaciones presentadas en el ABSTRACT, para su posterior presentación y aprobación.

Observaciones:

Después de realizar la revisión del presente abstract, éste presenta una apropiada traducción sobre el tema planteado en el idioma Inglés. Según los rubrics de evaluación de la traducción en Inglés, ésta alcanza un valor de 9, por lo cual se valida dicho trabajo.

Atentamente



Edison Peñafiel Arcos
EDISON PEÑAFIEL ARCOS
PEÑAFIEL ARCOS

Ing. Edison Peñafiel Arcos MSc
Coordinador del CIDEN



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI
FOREIGN AND NATIVE LANGUAGE CENTER**

ABSTRACT- EVALUATION SHEET				
NAME: Ruales Auz Boris Renato				
DATE: 26 de marzo de 2021				
TOPIC: "EVALUACIÓN DE SUELOS BAJO USO FORESTAL (PLANTACIONES FORESTALES) EN LOS CANTONES HUACA Y TULCÁN, PROVINCIA DEL CARCHI."				
REMARKS AWARDED		QUANTITATIVE AND QUALITATIVE		
VOCABULARY AND WORD USE	Use new learnt vocabulary and precise words related to the topic	Use a little new vocabulary and some appropriate words related to the topic	Use basic vocabulary and simplistic words related to the topic	Limited vocabulary and inadequate words related to the topic
	EXCELLENT: 2 <input checked="" type="checkbox"/>	GOOD: 1,5 <input type="checkbox"/>	AVERAGE: 1 <input type="checkbox"/>	LIMITED: 0,5 <input type="checkbox"/>
WRITING COHESION	Clear and logical progression of ideas and supporting paragraphs.	Adequate progression of ideas and supporting paragraphs.	Some progression of ideas and supporting paragraphs.	Inadequate ideas and supporting paragraphs.
	EXCELLENT: 2 <input checked="" type="checkbox"/>	GOOD: 1,5 <input type="checkbox"/>	AVERAGE: 1 <input type="checkbox"/>	LIMITED: 0,5 <input type="checkbox"/>
ARGUMENT	The message has been communicated very well and identify the type of text	The message has been communicated appropriately and identify the type of text	Some of the message has been communicated and the type of text is little confusing	The message hasn't been communicated and the type of text is inadequate
	EXCELLENT: 2 <input checked="" type="checkbox"/>	GOOD: 1,5 <input type="checkbox"/>	AVERAGE: 1 <input type="checkbox"/>	LIMITED: 0,5 <input type="checkbox"/>
CREATIVITY	Outstanding flow of ideas and events	Good flow of ideas and events	Average flow of ideas and events	Poor flow of ideas and events
	EXCELLENT: 2 <input type="checkbox"/>	GOOD: 1,5 <input checked="" type="checkbox"/>	AVERAGE: 1 <input type="checkbox"/>	LIMITED: 0,5 <input type="checkbox"/>
SCIENTIFIC SUSTAINABILITY	Reasonable, specific and supportable opinion or thesis statement	Minor errors when supporting the thesis statement	Some errors when supporting the thesis statement	Lots of errors when supporting the thesis statement
	EXCELLENT: 2 <input type="checkbox"/>	GOOD: 1,5 <input checked="" type="checkbox"/>	AVERAGE: 1 <input type="checkbox"/>	LIMITED: 0,5 <input type="checkbox"/>
TOTAL/AVERAGE	9 - 10: EXCELLENT 7 - 8,9: GOOD 5 - 6,9: AVERAGE 0 - 4,9: LIMITED	TOTAL 9		