



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE RECURSOS NATURALES**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA FORESTAL**

**“CARACTERIZACIÓN DEL SUELO DEDICADO A LA PRODUCCIÓN  
FORESTAL PERTENECIENTE A LA EMPRESA AGLOMERADOS  
COTOPAXI S.A, EN EL SECTOR CUCHITINGUE, CANTÓN LATACUNGA,  
PROVINCIA DE COTOPAXI”**

**TRABAJO DE TITULACIÓN**  
**PROYECTO DE INVESTIGACION PARA TITULACIÓN DE GRADO**

**PRESENTADO COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TITULO  
DE INGENIERA FORESTAL**

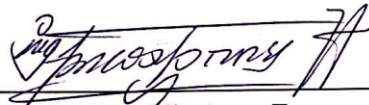
**GALARZA BAÑO FERNANDA ABIGAIL**

**Riobamba - Ecuador**  
**2020**

## HOJA DE CERTIFICACIÓN

El tribunal de trabajo de titulación certifica, que el trabajo de investigación titulado: "CARACTERIZACIÓN DEL SUELO DEDICADO A LA PRODUCCIÓN FORESTAL PERTENECIENTE A LA EMPRESA AGLOMERADOS COTOPAXI S.A, EN EL SECTOR CUCHITINGUE, CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI", de responsabilidad de la señorita Fernanda Abigail Galarza Baño, ha realizado las correcciones correspondientes señaladas por el tribunal y se encuentra apto para su presentación y sustentación.

### TRIBUNAL DE TRABAJO DE TITULACIÓN

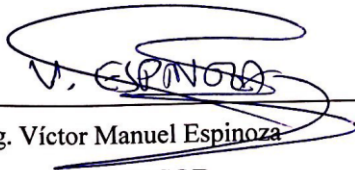


Ing. José Franklin Arcos Torres

**DIRECTOR**

06-02-2020

**FECHA**



Ing. Víctor Manuel Espinoza

**ASESOR**

06-02-2020

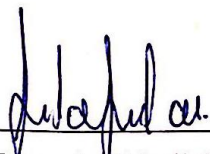
**FECHA**

## DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo, Fernanda Abigail Galarza Baño, declaro que el presente trabajo de titulación es de mi autoría y que los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos constantes en el documento que provienen de otra fuente están debidamente citados y referenciados.

Como autora, asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación.

Riobamba, 6 de febrero de 2020

  
\_\_\_\_\_  
Fernanda Abigail Galarza Baño  
C.I.: 050289693-9

## **AUTORÍA**

La autoría del presente trabajo de investigación es de propiedad intelectual de la Srta. estudiante, de la Carrera de Ingeniería Forestal, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

## **DEDICATORIA**

*Esta Investigación está dedicada para quienes considero mi vida entera, mis padres Norma y Luis Fernando, gracias a sus consejos diarios, sus llamadas de aliento a la distancia y su permanencia lograron que culmine esta investigación.*

*Quiero dedicar esta investigación a toda mi familia y a mis mejores amigos Joselyn, Sebastián, Deymar y Camila, colegas, quienes cada día se esfuerzan para poder mejorar nuestro país.*

## AGRADECIMIENTO

*Al culminar esta investigación quiero extender mis más gratos agradecimientos a una de las empresas más reconocidas del país Aglomerados Cotopaxi S, A, a todo su equipo, en especial a María Gallardo, Roberto Neuman quienes han confiado en la capacidad de los estudiantes brindando oportunidades únicas que hacen posibles sueños.*

*Agradezco a grandes profesionales que con el tiempo se convirtieron en amigos Ing José Franklin Arcos (Director), Ing Víctor Manuel Espinoza (Asesor), también a la Ing. Elizabeth Pachacama, quienes gracias a su disposición de tiempo y paciencia colaboraron de forma continua para poder culminar este trabajo. A cada uno de los docentes que conforman la Carrera de Ingeniería Forestal dentro de mi institución en especial al Ing. Hugo Rodríguez y Danilo Román quienes desde*

*el inicio de la carrera fueron capaces de brindar apoyo moral y académico para obtener esta investigación.*

*Finalmente agradezco a mis padres Norma, y Luis Fernando quienes han compartido mi felicidad por cada uno de mis logros alcanzados, a mi compañero de vida Willan por la constancia que me ha enseñado durante este proceso.*

**TABLA DE CONTENIDO**

N°	PÁG.
I. "CARACTERIZACIÓN DEL SUELO DEDICADO A LA PRODUCCIÓN FORESTAL PERTENECIENTE A LA EMPRESA AGLOMERADOS COTOPAXI S.A, EN EL SECTOR CUCHITINGUE, CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI".	1
II. INTRODUCCIÓN	1
A. JUSTIFICACIÓN	2
B. PROBLEMA	3
III. OBJETIVOS	4
A. OBJETIVO GENERAL	4
B. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	4
IV. HIPÓTESIS	4
A. NULA	4
B. ALTERNANTE	4
V. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	5
A. GENERALIDADES DE SUELOS FORESTALES	5
B. FORMACIÓN DEL SUELO	5
1. Horizontes del suelo	6
C. PROPIEDADES FÍSICAS DEL SUELO	7
1. Humedad	8
2. Textura	8
3. Estructura	9
4. Color	10
5. Consistencia	10
6. Densidad aparente y real	11



7.	Espacio Poroso	12
D.	PROPIEDADES QUÍMICAS DEL SUELO	13
1.	pH	13
2.	Conductividad eléctrica (CE)	14
3.	Materia orgánica	14
4.	Carbono orgánico	15
5.	Capacidad de Intercambio catiónico	16
6.	Carbonatos de calcio	16
7.	Nitrógeno (N)	17
8.	Fósforo (P)	17
9.	Potasio (K)	18
10.	Calcio (Ca)	18
11.	Magnesio (Mg)	19
12.	Sodio (Na)	19
13.	Hierro (Fe)	20
14.	Zinc (Zn)	20
15.	Manganeso (Mn)	20
16.	Porcentaje de saturación de bases	20
17.	Relación de adsorción del sodio (RAS)	21
18.	Porcentaje de Sodio intercambiable	21
19.	Relación Carbono Nitrógeno (C/N)	22
E.	FERTILIDAD DEL SUELO	22
1.	Fertilidad química del suelo	22
2.	Fertilidad física del suelo	22
3.	Fertilidad biológica del suelo	23

VI. MATERIALES Y MÉTODOS	24
A. CARACTERIZACIÓN DEL LUGAR	24
1. Localización	24
2. Ubicación Geográfica y Condiciones climatológicos	24
B. MATERIALES Y EQUIPOS	27
1. Materiales e insumos de laboratorio	27
2. Material de campo	27
3. Material de oficina	27
C. METODOLOGÍA	28
2. Fase de laboratorio	29
3. Fase de tabulación de datos	29
4. Diseño experimental	29
VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	31
A. ANÁLISIS DE PROPIEDADES FÍSICAS DEL SUELO (Anexo 1)	31
1. Porcentaje de humedad	31
2. Textura	32
3. Estructura y porcentaje de porosidad	34
4. Color	35
5. Consistencia	37
6. Densidad real y aparente	38
B. ANÁLISIS DE PROPIEDADES QUÍMICAS DEL SUELO	39
1. pH en solución de Cloruro de Potasio (KCl)	39
2. Materia Orgánica	40
3. Carbón orgánico	42
4. Componentes del suelo de Cuchitingue	44

5.	Nitrógeno en forma de amonio (NH <sub>4</sub> )	45
6.	Fósforo en el suelo	47
6.	Potasio en el suelo	48
7.	Relación Carbono Nitrógeno (C/N)	49
8.	CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO (CIC)	50
C.	DESCRIPCIÓN DE PERFIL DEL SUELO	61
VIII.	CONCLUSIONES	66
IX.	RECOMENDACIONES	67
X.	RESUMEN	<b>¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.</b>
XI.	SUMMARY	69
XII.	BIBLIOGRAFÍA	70
XIII.	ANEXOS	76

## ÍNDICE DE CUADROS

N°		PÁG
Cuadro 1.	Rango de textura	9
Cuadro 2.	Rango de estructura	10
Cuadro 3.	Calificación de consistencia del suelo en el campo.	11
Cuadro 4.	Clasificación de los poros del suelo según su diámetro.	12
Cuadro 5.	Clasificación de pH	13
Cuadro 6.	Tipo de suelo en relación al porcentaje de sodio.	14
Cuadro 7.	Tipos de suelo en relación al porcentaje de materia orgánica en el suelo.	15
Cuadro 8.	Rango de valores de coloides en el suelo.	16
Cuadro 9.	Porcentaje de carbonatos en el suelo.	17
Cuadro 10.	Ubicación geográfica y condiciones climatológicos de 3500-3599 msnm.	24
Cuadro 11.	Ubicación geográfica y condiciones climatológicos de 3600- 3699 msnm.	25
Cuadro 12.	Ubicación geográfica y condiciones climatológicos de 3700-3799 msnm	25
Cuadro 13.	Ubicación geográfica y condiciones climatológicos de 3800- 3899 msnm	26
Cuadro 14.	Análisis de varianza (ADEVA)	30
Cuadro 15.	Descripción de los tratamientos	30
Cuadro 16.	Análisis de varianza para el porcentaje de humedad en el suelo	31
Cuadro 17.	Prueba de tukey al 5% para porcentaje de humedad en el suelo	31
Cuadro 18.	Análisis de varianza para el pH en el suelo	39
Cuadro 19.	análisis de varianza para determinar porcentaje de materia orgánica en el suelo	40
Cuadro 20.	Prueba de tukey al 5% para el porcentaje de materia orgánica	41
Cuadro 21.	Análisis de varianza para carbón orgánico del suelo	43
Cuadro 22.	Prueba de tukey al 5% para porcentaje de carbono orgánico.	43

Cuadro 23.	Análisis de varianza para determinar la cantidad de amoniaco en el suelo	45
Cuadro 24.	Prueba de tukey al 5% para cantidad de nitrógeno en el suelo.	46
Cuadro 25.	Análisis de varianza para determinar cantidad de fósforo en el suelo.	47
Cuadro 26.	Análisis de varianza para determinar potasio en el suelo	48
Cuadro 27.	Análisis de varianza para determinar la relación C/N en el suelo	49
Cuadro 28.	Análisis de varianza para determinar capacidad de intercambio catiónico.	50
Cuadro 29.	Prueba de tukey al 5% para para determinar capacidad de intercambio catiónico.	50
Cuadro 30.	Análisis de varianza para determinar capacidad de intercambio catiónico	52
Cuadro 31.	Prueba de tukey al 5% para determinar porcentaje de sodio intercambiable	52
Cuadro 32.	Análisis de varianza para determinar el porcentaje de saturación de bases en el suelo.	54
Cuadro 33.	Prueba de tukey al 5% para para determinar el porcentaje de saturación de bases en el suelo.	54

## ÍNDICE DE TABLAS

Nº		PÁG
Tabla 1.	Clase textural por piso altitudinal en la zona de cuchitingue.	33
Tabla 2.	Clases de estructura, porcentaje de porosidad y estabilidad estructural por piso altitudinal en la zona de cuchitingue.	35
Tabla 3.	Clases de color en pisos altitudinales en la zona de cuchitingue.	36
Tabla 4.	Consistencia del suelo según los pisos altitudinales de la zona de cuchitingue	37
Tabla 5.	Densidad aparente y real en suelos de la zona de cuchitingue	38
Tabla 6.	pH en cloruro de potasio (KCl)	40
Tabla 7.	Materia orgánica del suelo	42
Tabla 8.	Porcentaje de sodio intercambiable	53
Tabla 9.	Porcentaje de saturación de bases en suelos de cuchitingue	55
Tabla 10.	Relación de adsorción de sodio	57
Tabla 11.	Conductividad eléctrica del suelo	57
Tabla 12.	Cantidad de macroelementos en el suelo	58
Tabla 13.	Microelementos en el suelo	59
Tabla 14.	Porcentaje de carbonatos de calcio (CaCO <sub>3</sub> ) en el suelo de cuchitingue.	60
Tabla 15.	Características del rodal.	61
Tabla 16.	Características del rodal.	62
Tabla 17.	Características del rodal.	63
Tabla 18.	Características del rodal.	64

**ÍNDICE DE GRÁFICOS**

Nº		PÁG
Gráfico 1.	Porcentaje de humedad en el suelo, según los pisos altitudinales.	32
Gráfico 2.	Distribución del tamaño de partículas según su clase textural	34
Gráfico 3.	Rango de pH por cada piso altitudinal.	39
Gráfico 4.	Porcentaje de materia orgánica en el suelo	41
Gráfico 5.	Porcentaje de carbono orgánico en el suelo.	43
Gráfico 6.	Componentes del suelo desde 3500 a 3600 msnm	44
Gráfico 7.	Componentes del suelo desde 3700 a 3800 msnm	45
Gráfico 8.	Amoníaco (NH <sub>4</sub> ) en el suelo	46
Gráfico 9.	Fósforo (P) en el suelo	47
Gráfico10.	Valores de potasio (K) en el suelo	48
Gráfico11.	Relación carbono/ nitrógeno en el suelo	49
Gráfico 12.	Capacidad de intercambio catiónico en el suelo	51
Gráfico 13.	Porcentaje de sodio intercambiable en suelos de la zona de cuchitingue	52
Gráfico 14.	Valores de porcentaje de saturación de bases en suelos de la zona de cuchitingue.	55
Gráfico 15.	Porcentaje de carbonatos de calcio en el suelo	60
Gráfico 16.	Disposición de los horizontes del suelo en la zona de cuchitingue	65

## INDICE DE ANEXOS

N°		PÁG
Anexo 1.	Propiedades físicas de los suelos en el sector cuchitingue, cantón Latacunga, provincia de Cotopaxi.	73
Anexo 2.	Propiedades físicas de los suelos en el sector cuchitingue, cantón Latacunga, provincia de Cotopaxi.	74
Anexo 3.	Propiedades físicas de los suelos en el sector cuchitingue, cantón Latacunga, provincia de Cotopaxi.	75
Anexo 4.	Propiedades físicas de los suelos en el sector cuchitingue, cantón Latacunga, provincia de Cotopaxi	76
Anexo 5.	Propiedades físicas de los suelos en el sector cuchitingue, cantón Latacunga, provincia de Cotopaxi	77
Anexo 6.	Macro elementos de los suelos en el sector cuchitingue, cantón Latacunga, provincia de Cotopaxi.	79
Anexo 7.	Micro elementos de los suelos en el sector cuchitingue, cantón Latacunga, provincia de Cotopaxi.	80
Anexo 8.	Relación de cationes de los suelos en el sector cuchitingue, cantón Latacunga, provincia de Cotopaxi	81
Anexo 9.	Selección de sitio para toma de muestra	82
Anexo 10.	Elaboración de calicata e identificación de perfil del suelo	82
Anexo 11.	Fase de campo, recolección de muestras	83
Anexo 12.	Recolección de muestra para establecer la densidad real	83
Anexo 13.	Recolección de muestras simples	84
Anexo 14.	Identificación y codificación	84
Anexo 15.	Codificación de las muestras en campo.	85
Anexo 16.	Determinación de porcentaje de humedad	85
Anexo 17.	Determinación de textura	85
Anexo 18.	Preparación de solución para determinar potasio (K)	86
Anexo 19.	Preparación de solución para determinar el sodio (Na)	86
Anexo 20.	Determinación de micronutrientes en el espectrofotómetro	87



Anexo 21.	Formulario de campo	88
Anexo 22.	Mapa de ubicación del área de estudio	89

# **I. "CARACTERIZACIÓN DEL SUELO DEDICADO A LA PRODUCCIÓN FORESTAL PERTENECIENTE A LA EMPRESA AGLOMERADOS COTOPAXI S.A, EN EL SECTOR CUCHITINGUE, CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI".**

## **II. INTRODUCCIÓN**

El suelo bajo ecosistemas forestales naturales ha sido reconocido hace ya varios años por unos pocos científicos, considerados pioneros en el siglo XIX en la práctica forestal en Europa, de esta forma se da la separación del estudio del suelo forestal entre un suelo dedicado a cultivos agrícolas.

En Latinoamérica se reconoce esta separación; países como Chile y Argentina han trabajado en producción forestal, articulada a varias actividades de plantación que van desde la selección de especies hasta el control de vegetación competidora, dentro de estas labores mencionan que el tipo de suelo incide en la selección de la especie de planta a producir, considerando en conjunto los métodos de preparación de suelo que incluyen nutrición forestal.

El suelo es uno de los factores principales en la definición de la calidad de un sitio, es decir, es la base para el establecimiento de cualquier proyecto ya sea agrícola, pecuario o forestal, considerar el estudio de sus características físico-químicas contribuye a valorar sus potencialidades y limitantes en el desarrollo forestal brindando el uso y manejo adecuado al suelo.

Dentro de plantaciones forestales el suelo es considerado un recurso en donde se ubica el material vegetal que a medida del tiempo extrae agua y nutrientes requeridos en su etapa de desarrollo, las variables como profundidad, drenaje, capacidad de agua aprovechable, contenido de materia orgánica, clima, temperatura, relieve, elevación y características del material mineral formador son también utilizadas para definir fertilidad del suelo.

La fertilidad de un suelo forestal está influenciada por varios aspectos o propiedades que están directamente relacionadas con la disponibilidad de los nutrientes en el suelo. Los nutrientes que requiera cada especie dependerá de la necesidad del mismo.

En nuestro país Ecuador en 1995 PRONAREG consideró que la mayor parte del suelo del país es apto para el uso forestal, correspondiendo aproximadamente a 12 millones de hectáreas que significaban el 44,7% del área total del país en la actualidad esos valores se han ido incrementando.

El establecimiento y manejo de plantaciones comerciales es una de las actividades que requieren información básica con el fin de identificar sitios aptos para lograr los objetivos de producción. El suelo no solo permite estimar producción forestal, a la vez nos permite innovar métodos de manejo adecuado que van de la mano con el crecimiento del bosque.

La provincia de Cotopaxi es una zona alta de producción forestal liderada por una de las mayores empresas nacionales como es Aglomerados Cotopaxi S.A., el estudio se dio frente a la importancia actual relacionada con la caracterización de los suelos, con el fin de efectuar un buen uso y manejo en base a las condiciones de la zona, dentro de la Empresa.

El estudio está enfocado en determinar las características físico-químicas del suelo, las mismas que se determinarán en lotes influenciados por factores como la elevación, estas propiedades físico – químicas, se ven modificadas principalmente al usar los suelos para el crecimiento de plantas o para otras actividades.

## **A. JUSTIFICACIÓN**

El presente estudio, se enmarca en la necesidad de generar información relevante para determinar los suelos con aptitud forestal y sus necesidades nutricionales, a la vez complementar los requerimientos de fertilización para sus plantaciones.

La investigación pretende generar datos base para el medio forestal a nivel de plantaciones relacionada con el suelo, ya que no existe información fundamentada en la zona de estudio.

Las caracterizaciones de los suelos estarán basadas en estudios de variables físico-químicas, importante para el establecimiento de cultivo de ciclo largo, como son las plantaciones forestales.

Al tratarse de una plantación de ciclo largo, requieren de mayor estudio para considerar aspectos técnicos para su correcto manejo y conservación del recurso suelo.

## **B. PROBLEMA**

El desconocimiento de las características del suelo como factor primordial dentro de la producción forestal durante años ha generado un cambio tanto en la estructura como en el pH del suelo, entre otros aspectos físico-químicos esto conlleva a la preocupación de todos quienes estamos involucrados con este recurso no renovable.

Es así que su conservación, uso y manejo adecuado debe realizarse de acuerdo a las actividades que se han realizado como cultivos agrícolas, ganaderos, plantaciones forestales, minería, el manejo inadecuado del agua y la expansión territorial de forma incorrecta.

Actividades innecesarias sin un estudio preliminar producen no solo contaminación del suelo, así como limitaciones, el no conocer características básicas del suelo en donde se va a plantar limitar la operación y efectividad de la preparación de suelo y el adecuado desarrollo del sistema radical de las plantas en plantaciones forestales, la quema controlada puede ser utilizada como estrategia de reducción de desechos. En la actualidad se requiere conocer complementariamente la cantidad de materia orgánica para poder realizar este tipo de actividades que normalmente lo han venido desarrollando.

### **III. OBJETIVOS**

#### **A. OBJETIVO GENERAL**

Caracterizar los suelos dedicados a la producción forestal perteneciente a la empresa Aglomerados Cotopaxi S.A, en el sector Cuchitingue, Cantón Latacunga, Provincia de Cotopaxi.

#### **B. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

1. Identificar y describir los horizontes en la formación del suelo.
2. Determinar las propiedades físico – químicas del suelo.
3. Proponer alternativas para el manejo apropiado de los suelos dedicados a la producción forestal.

### **IV. HIPÓTESIS**

#### **A. NULA**

No presenta diferencias significativas en las características físico-químicas del suelo dedicados a la producción forestal

#### **B. ALTERNANTE**

Presenta diferencias significativas en las características físico-químicas del suelo dedicados a la producción forestal.

## **V. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA**

### **A. GENERALIDADES DE SUELOS FORESTALES**

El uso potencial del suelo a medida del tiempo ha logrado conceptualizar de forma distinta un suelo forestal de un suelo agrícola para ciertas regiones, como es el caso de las tropicales donde la mayor parte de las superficies boscosas han sido taladas y dedicadas consecutivamente a cultivos que ofrecen subsistencia alimentaria, y en las zonas de ladera predestinadas a cultivos y/o permanentes, la generalización debe tomarse con reservas, puesto que el bosque está asociado a suelos, con ciertas propiedades físicas y químicas que lo diferencian ampliamente de los suelos agrícolas, la cubierta forestal y su estructura boscosa proveen al suelo de un microclima y de un espectro de microorganismos diferentes componentes del bosque y la formación de ácidos orgánicos, a partir de los desechos contribuidos por la hojarasca por lo que obviamente los suelos bajo cubierta forestal sostienen un carácter distintivo (Thompson, et al., 2002).

Es así que se reconoce el efecto marcado de las raíces profundas de los árboles y la asociación de organismos específicos de la vegetación forestal y la capa de hojarasca, junto con su lavado promovido por productos de su descomposición sobre la génesis del suelo (Thompson, et al., 2002).

Si aceptamos esta definición, los suelos forestales pueden considerarse con un cubrimiento que abarca aproximadamente la mitad de la superficie terrestre (Thompson, et al., 2002).

### **B. FORMACIÓN DEL SUELO**

El suelo es el producto de la acción de determinada combinación de factores ambientales sobre el material mineral y orgánico en la zona de contacto atmósfera-litósfera-biósfera, la acción de los diversos elementos originan procesos dinámicos en el suelo originando representaciones bien determinados, esto induce la formación de una morfología propia que es observable en el perfil, los caracteres pedogénicos son la totalidad de aquellos que resultan de la evolución y formación del suelo ellos pudieron

haberse formado como: litogénicos que son heredados del material de origen, climatogénicos los cuales son derivados de influencias climáticas principalmente de agua de percolación, fitogénicos que son caracteres derivados de la vegetación, hidrogénicos derivados de la influencia del agua de drenaje, y por último los antropogénicos que son caracteres derivados de la acción humana (Schlatter, 2003).

Los factores más representativos que se involucran en la formación del suelo son el clima, material parental, la vegetación, relieve y el tiempo y son los que controlan el accionar de los procesos pedogenéticos, tanto en su tipo como en su intensidad, (Jaramillo, 2000).

La composición del suelo esta subdividida en tres fases representativas las cuales son: Fase sólida, está fraccionada en orgánica e inorgánica; la primera está formada por materia orgánica procedente de restos de seres denominado humus, seguidamente la segunda fase son fragmentos de rocas y minerales producto de meteorización. Se menciona que esta fase en combinación con el humus es importante para la fertilidad del suelo por la función de retener minerales (Schlatter, 2003).

Fase líquida, es el agua en disolución con sales minerales y coloides de arcillas y humus finalmente, la fase gaseosa involucra el aire que ocupan los poros su composición es muy similar a la del aire atmosférico (Schlatter, 2003).

### **1. Horizontes del suelo**

Los horizontes del suelo representan una zona más o menos homogénea que se desarrolla en forma paralela a la superficie del suelo, originada o diferenciada por procesos ya mencionado, estos se distinguen por las particularidades que pueden observarse y medirse en terreno, como el color, estructura, textura, consistencia y la presencia de carbonatos. Existen muchos suelos que no se reconocen como horizontes puesto a que muestran una estratificación causada por una discontinuidad litológica sin embargo se aprecian los siguientes horizontes (Schlatter, 2003).

a. Horizontes orgánicos, en donde se encuentra el horizonte O formado por acumulación de desechos orgánicos sobre el suelo mineral. Este horizonte según la

designación internacional recibe la denominación de H cuando es saturado por agua por periodos prolongados, dentro de este horizonte encontramos subhorizontes los cuales son:

- Oi, su denominación procede de incipiente el cual está formado por material fibroso, desechos aun suficientemente intactos como para reconocer su origen vegetal, se encuentra a un espesor de 3 cm desde la superficie.
- Oe, su denominación procede de evolucionado presenta la presencia de desechos aun reconocibles a la vista, pero van disminuyendo en profundidad, se encuentra en un espesor de 5 cm desde la superficie.
- Oa, su denominación procede de avanzado presenta sustancias orgánicas finas sin o con pocos residuos vegetales reconocibles, se encuentra a un espesor de 1 cm desde la superficie.

b. Horizontes minerales: conformado por cinco horizontes diferenciados notablemente por sus características:

- Horizonte A, se forma bajo el horizonte O, que exhibe una transformación total de gran parte de su estructura rocosa original se encuentra de 0-10 cm de espesor desde la superficie.
- Horizonte E, el factor principal es la pérdida de arcilla silicatada, hierro, aluminio o alguna combinación de éstos, se presenta bajo horizontes H, O o A. La presencia de este horizonte indica la ausencia de la actividad mezcladora de la macrofauna se encuentra de 10-20 cm de espesor desde la superficie.
- Horizonte B, formado bajo horizontes A, E u O, por meteorización de gran parte o toda la roca original y que muestra concentración aluvial de arcillas silicatadas, evidencias de remoción de carbonatos, concentración residual de sesquióxidos y material cohesionado se encuentra de 20-70 cm de espesor desde la superficie.
- Horizonte C, formado por material fragmentado que ha sido poco afectado por procesos pedogenéticos se encuentra de 70-100 cm de espesor desde la superficie.
- Horizonte R, formado por granito, basalto, cuarcita, pizarras o areniscas se encuentra de 70-100 cm de espesor desde la superficie (Schlatter, 2003).

### **C. PROPIEDADES FÍSICAS DEL SUELO**



Las propiedades físicas de los suelos determinan en gran medida, el uso del suelo. La condición física de un suelo, determina, la rigidez y la fuerza de sostenimiento, la facilidad para la penetración de las raíces, la aireación, la capacidad de drenaje y de almacenamiento de agua, la plasticidad, y la retención de nutrientes, de tal manera se consideran propiedades físicas los siguientes factores (Rucks, et.al, 2004).

### **1. Humedad**

Es una de las propiedades físicas que se encuentra en el suelo, es la relación entre cantidad de agua determinada específicamente, por su textura, su contenido de materia orgánica la composición de sus fracciones mineral y orgánica y el arreglo que presente el medio físico edáfico, por el aporte que se le haga natural (lluvia) o artificial (Jaramillo, 2002).

La humedad se encuentra expresada en porcentaje, la cantidad máxima de humedad del suelo depende del tipo de suelo, su desarrollo de la vegetación presente y del uso del suelo (Carlos, Cardona, & Cristancho, 2008)

### **2. Textura**

Es aquella propiedad que establece las cantidades relativas en que se encuentran las partículas de diámetro menor a 2 mm, es decir, la tierra fina, en el suelo; estas partículas, llamadas separados, se agrupan en tres clases, por tamaños: Arena (A), Limo (L) y Arcilla (Ar). Un suelo tiene una buena textura cuando la proporción de los elementos que lo constituyen le dan la posibilidad de ser un soporte capaz de favorecer la fijación del sistema radicular de los árboles y su nutrición (Jaramillo, 2002).

**Cuadro 1.** Rango de textura

CLASE TEXTURAL	ARENA	LIMO	ARCILLA
----------------	-------	------	---------

Arenosa	100-85	15-0	10-0
Arenosa franca	90-70	30-0	20-0
Franco arenosa	85-43	50-0	27-27
Franca	52-23	50-32	27-0
Franco limosa	50-0	87-50	12-0
Limosa	20-0	100-80	35-20
Franco arcillo arenosa	80-45	28-0	35-20
Franco arcillosa	45-20	53-15	40-27
Franca arcillo limosa	20-0	73-40	40-27
Arcillo arenosa	67-45	20-0	55-35
Arcillo limosa	20-0	60-40	60-40
Arcillosa	45-0	40-0	100-40

Fuente: USDA,2003.

### 3. Estructura

Es el ordenamiento espacial de los componentes del suelo. De sus características dependen otras propiedades del suelo. 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 pedogenéticos. Generalmente se describen 3 aspectos de la estructura en cada horizonte: el tipo de estructura, el grado y la clase. Existen dos tipos de estructura y se refieren a la forma de las unidades estructurales en el suelo descritas como: unidades estructurales naturales de suelo y unidades sin estructura (Ramón, Blanquer, Manuel, & Asensio, 2001).

#### **Cuadro 2.** Rango de Estructura

Fracción del suelo	Sistema de Dpto	Sistema
--------------------	-----------------	---------

	USDA	Internacional
	Diámetro en mm	Diámetro en mm
Arena muy gruesa	1,0-2,0	
Arena gruesa	0.5-1,0	0,2-2,0
Arena media	0,25-0,5	
Arena fina	0,1-0,25	0,05-0,2
Arena muy fina	0,005-0,1	0,002-0,02
Limos	0,002-0,05	
Arcilla	menor a 0,002	menor a 0,002

Fuente: USDA,2003.

#### 4. Color

El color del suelo es una de las características morfológicas más notorias del suelo, tiene una relación con sus principales componentes sólidos que se han utilizado como criterio de clasificación: Montenegro y Malagón en el año 1990, también apuntan otras características del suelo, que pueden relacionarse con el color, como: Los colores oscuros, en suelos con bajo contenido de materia orgánica, pueden indicar la presencia de complejos de materia orgánica con óxidos de hierro, de carbón, de óxidos de manganeso y/o de magnetita. Los colores rojos indican buen drenaje y buena aireación, así como intensas meteorización y evolución, la mayoría de las veces. Los colores grises a blancos pueden mostrar contenidos importantes de cuarzo, caolinita u otras arcillas silicatadas, carbonatos de Ca y/o Mg, yeso, sales y/o óxido ferroso y pueden indicar condiciones de mal drenaje; también pueden indicar muy bajos contenidos de coloides en el suelo (materia orgánica, arcillas y/o sesquióxidos de Fe y Al) (Jaramillo, 2002).

La determinación de color del suelo, se realiza la comparación con los diferentes patrones de color establecidos en las tablas Munsell, que nos permiten obtener una gama de colores que varían en función del matiz, brillo y croma. Los colores más característicos y descriptivos del suelo son rojo, marrón, negro o gris (Ramón, et.al. 2001).

#### 5. Consistencia

Es usualmente definida como el término que designa las manifestaciones de las fuerzas físicas de cohesión y adhesión, actuando dentro del suelo a varios contenidos de humedad. Estas manifestaciones incluyen:

- El comportamiento con respecto a la gravedad, presión y tensión.
- La tendencia de la masa del suelo de adhesión a cuerpos extraños o sustancias.
- Las sensaciones que son evidenciadas y sentidas por los dedos del observador.

La consistencia determina dos estados en el suelo que reflejan la relación en que se encuentran las fuerzas de cohesión y adhesión de las partículas existentes en el suelo (Jaramillo, 2002).

Evaluar la consistencia de un suelo es establecer su resistencia a la penetración, su resistencia a la ruptura y determinar los contenidos de humedad que lo hacen cambiar de estado (Montenegro & Malagón, 1990).

### **Cuadro 3.** Calificación de consistencia del suelo en el campo

CONSISTENCIA DEL SUELO EN ESTADO			
Seco	Húmedo	Mojado	
Suelta	Suelta	Pegajosidad	Plasticidad
Blanda	Muy friable	No pegajoso	No plástico
Ligeramente dura	Friable	Ligeramente pegajoso	Ligeramente plástico
Dura	Muy Firme	Moderadamente pegajoso	Moderadamente plástico
Muy dura	Extremadamente firme	Muy pegajoso	Muy plástico
Extremadamente dura			

Fuente: SSDS,1995

### **6. Densidad aparente y real**

La densidad real es el peso de las partículas sólidas del suelo, relacionado con el volumen que ocupan, sin tener en cuenta su organización en el suelo, es decir, sin involucrar en el volumen el espacio ocupado por los poros depende de la composición mineral del suelo y del contenido de algunos sólidos especiales, como la materia orgánica y los óxidos de hierro (Jaramillo, 2002).

La densidad aparente es la que se ve afectada principalmente por razones aire-agua, por su textura, su estructura, su contenido en los poros, relacionada con la disminución del volumen total de los poros de compactación (Rucks, et.al, 2004)

En términos prácticos, es la densidad que tiene la tierra fina del suelo, con la organización que ella posee (Jaramillo, 2002).

## 7. Espacio Poroso

Representa el volumen que se encuentra disponible en el suelo para los líquidos y los gases, el espacio poroso del suelo y sus características (cantidad, tamaño y distribución) está relacionado con la intensidad de los procesos de formación y evolución del suelo, siendo por ello variable en el tiempo y en el espacio (Blanquer, Manuel, & Asensio, 2003).

La distribución del espacio poroso depende de la composición y arreglo de la fracción sólida, es decir, de la textura, del contenido de materia orgánica y de la estructura, definiéndose dos tipos de espacios porosos: Micro porosidad o Porosidad textural, está compuesta por el volumen de los poros más finos que tiene el suelo y que, en su mayor cantidad se encuentran en el interior de los peds. Macro porosidad o Porosidad estructural, es el volumen de poros grandes del suelo, los cuales se encuentran, en mayor proporción, ubicados entre los peds (Jaramillo, 2002).

**Cuadro 4.** Clasificación de los poros del suelo según su diámetro.

TIPO DE POROS	DIAMETRO (mm)
Muy gruesos	> 10
Gruesos	10 – 5
Medios	5 – 2
Finos	2 – 0.5
Muy finos	< 0.5

Fuente: SSDS, 1993.

## D. PROPIEDADES QUÍMICAS DEL SUELO

Resultan ser dentro de la génesis del suelo las más importantes, se define a las propiedades químicas como producto de la alteración mineral y la formación de nuevas especies, así como lo relativo a la destrucción de la materia orgánica fresca y la formación de las sustancias húmicas. Las propiedades químicas tienen una extraordinaria movilidad dentro del suelo como es el caso del nitrógeno (N) en el suelo a continuación encontramos las características de cada una dentro del suelo (Conti, 2005).

### 1. pH

El pH es un indicador que está relacionado con la disponibilidad de elementos nutritivos dentro del suelo, tiene una gran influencia en muchas de sus propiedades físicas, químicas y biológicas. Por esta razón, es una de sus propiedades más importantes. Su determinación en terreno se puede efectuar mediante papeles indicadores, soluciones indicadoras y pH-metros portátiles (Schlatter, 2003).

**Cuadro 5.** Clasificación de pH

Denominación	pH en Agua destilada	pH en Cloruro de Potasio(KCl <sub>2</sub> )
Extremadamente ácido	<4,5	<3,0
Muy fuertemente ácido	4,5 - 5,0	3,0 - 3,9
Fuertemente ácido	5,1 - 5,5	3,0 - 4,9
Moderadamente ácido	5,6 - 6,0	5,0 - 5,9
Ligeramente ácido	6,1 - 6,5	6,0 - 6,9
Neutro	6,6 - 7,3	7,0
Ligeramente alcalino	7,4 - 7,8	7,1 - 8,0
Moderadamente alcalino	7,9 - 8,4	8,1 - 9,0
Fuertemente alcalino	8,5 - 9,0	9,1 - 10,0
Muy fuertemente alcalino	>9,1	10,1 - 11,0
Extremadamente alcalino		>11,0

Fuente: Soil Science Society of America, 2001

## 2. Conductividad eléctrica (CE)

Es la medida de la capacidad de un material para conducir la corriente eléctrica, el valor será más alto cuanto más fácil se mueve la corriente a través del mismo. Esto significa que, a mayor CE mayor es la concentración de sales. Se recomienda que la CE de un sustrato sea baja, en lo posible menor a  $1\text{dS m}^{-1}$  (1+5 v/v). Una CE baja facilita el manejo de la fertilización y se evitan problemas por fitotoxicidad (CIRN, 2003).

**Cuadro 6.** Tipo de suelo en relación al porcentaje de sodio.

SUELO	CE(uS/m)	(%) de sodio Intercambiable (PSI)	pH
Salino	>4	<15	<8.5
Salino-sódico	>5	>15	8.5
Sódico	<4	>15	8.5 a 10

Fuente: Soil Science Society of America, 2001.

## 3. Materia orgánica

Es el principal componente sólido que posee el suelo, ya que de alguna manera se relaciona con casi todas las propiedades del mismo. Según el Soil Survey Laboratory (SSL, 1995, 1996), la materia orgánica del suelo, llamada también humus, se define como la fracción orgánica que posee el suelo, excluyendo los residuos vegetales y animales sin descomponer (Jaramillo, 2002).

Un suelo más rico en materia orgánica generalmente tiene mejor su estructura, mayor capacidad de retención de agua y de elementos nutritivos, Su estimación en horizontes minerales se efectúa según el color y considerando la textura, se determina en estado húmedo (Schlatter, 2003).

**Cuadro 7.** Tipos de suelo en relación al porcentaje de materia orgánica en el suelo.

Color	Suelo arenoso	Suelo franco	Materia orgánica
Pardo o gris claro	pobre en humus	muy pobre en humus	< 1
Pardo o gris	moderadamente húmico	pobre en humus	1_3
Pardo o gris oscuro	húmico	moderadamente húmico	3_5
Pardo o gris negro	rico en humus	húmico	5_10
Negro	muy rico en humus	rico en humus	10_15
Negro	anmoor (=preturba)	muy rico en humus	15_20
Negro	turba	anmoor	20_30
Negro	turba	turba	>30

Fuente: UDSA, (2004)

#### **4. Carbono orgánico**

Es el componente importante del ciclo global ocupando un 69,8 % del Carbono orgánico de la biósfera (FAO, 2001).

Según estudios los suelos de uso agrícola contienen carbono orgánico pero no todos los suelos contienen carbono inorgánico como tal, Se conoce que el almacenamiento de este elemento depende de dos variables importantes la primera, la concentración de carbono orgánico en el suelo y la segunda variable pertenece a la densidad aparente del mismo, una ventaja y desventaja a la vez de este elemento en el suelo es que se encuentra de forma representativa; sin embargo, los proyectos de carbono no le prestan la atención requerida, ya que las negociaciones de carbono actuales no incluyen este componente, debido a que no es tan visible como la biomasa por encima del suelo (Andrade & Ibrahim, 2003).



## 5. Capacidad de Intercambio catiónico

Es una propiedad química del suelo que está vinculada a la fertilidad del suelo depende de los coloides inorgánicos (arcillas cristalinas, geles amorfos, óxidos y sesquióxidos de hierro y aluminio y del contenido de materia orgánica en el suelo (MOS), la mayoría de los suelos tienen una carga permanente y otra carga que varía con el pH (Martínez, et al. 2003).

Se considera que la CIC permanente proviene de la fracción arcilla, mientras que la CIC variable depende de las sustancias húmicas, los coloides inorgánicos prácticamente no varían en un suelo en particular, con valores de CIC que fluctúan entre 2 y 150 cmol (+) kg<sup>-1</sup> suelo (Martínez, et al. 2003).

Esta propiedad es la que define la cantidad de sitios disponibles para almacenar los cationes en el suelo, los cationes que son sometidos a esta retención quedan protegidos contra los procesos que tratan de evacuarlos del suelo, como la lixiviación, evitando así que se pierdan nutrientes para las plantas (Jaramillo, 2002).

**Cuadro 8.** Rango de valores de coloides en el suelo

COLOIDE	CIC [ cmol (+) Kg <sup>-1</sup> de materia ]	
	RANGO DE VALORES	VALOR PROMEDIO
Vermiculita	100_150	125
Montmorillonita	80_120	100
Ilita	20_40	30
Clorita	10_50	30
Caolinita	3_15	9
Haloisita	5_10	7,5
Sesquióxidos de Fe y Al amorfos	3_10	6,5
Alofano	10_150	80
Coloide orgánico	100_300	200

Fuente: Sánchez, (1981).

## 6. Carbonatos de calcio

El carbonato cálcico es la principal fuente de calcio de los suelos, encontrándose en dimensiones variables, desde gujarros hasta en forma de polvo muy fino.

Cuando falta el carbonato cálcico en el suelo nos encontramos normalmente con suelos ácidos, aunque también puede darse su falta en tierras básicas. En este último caso tendremos que aportar sulfato cálcico (yeso), de manera que aumentemos los niveles de calcio sin elevar el pH, los carbonatos tienen una acción positiva sobre la estructura del suelo y sobre la actividad de los microorganismos, pero un exceso de éstos puede traer problemas de nutrición en las plantas por antagonismos con otros elementos. Los suelos ricos en carbonatos y con pH próximo a 8 suelen contener mucho carbonato cálcico, mientras que los suelos con altos contenidos en carbonatos y con pH superior a 8,5 el carbonato predominante suele ser el sódico (Andrades & Martínez, 2006).

**Cuadro 9.** Porcentaje de carbonatos en el suelo

% de carbonatos	Clasificación
< 5	Muy bajo
5- 10	Bajo
10- 20	Normal
20- 40	Alto
> 40	Muy Alto

Fuente: Soil Science Society of America, 2001.

**7. Nitrógeno (N)**

Es un elemento que se encuentra en el suelo en dos formas diferentes: orgánica y química. En forma química aparece en forma de nitratos, nitritos y amoniacó. Los análisis dan su porcentaje en peso de nitrógeno. La mayor parte de las veces el nitrógeno que se analiza en los laboratorios es el nitrógeno orgánico junto al amoniacal, ya que solamente existen análisis oficiales para éstos, considerándose que los nitratos y los nitritos representan una pequeña fracción, esto no siempre ocurre (Lezcano & Ortiz, 2017).

**8. Fósforo (P)**

Es un elemento que se encuentra en el suelo de poca movilidad, de cara a la mayor eficacia del abonado fosfórico, su asimilación en el suelo es óptima cuando hay un buen nivel de materia orgánica y de este elemento. En suelos básicos puede producirse una fijación lenta e irreversible de una parte del  $P_2O_5$  en forma de fosfatos tricálcicos no

recuperables; también en los suelos ácidos puede darse el bloqueo de una parte del  $P_2O_5$  en forma de fosfatos de hierro y aluminio que pueden recuperarse parcialmente mediante una enmienda caliza (Andrades & Martínez, 2006).

### **9. Potasio (K)**

Es uno de los elementos que se encuentra en la litósfera en un porcentaje de 1.58%, en los suelos, el contenido de K está estrechamente relacionado con el tipo de material parental y la pedogénesis (Mengel & Rahmatullah, 1994).

Varias investigaciones confirmaron que tanto los sistemas agrícolas como forestales no tienen otra vía de ingreso natural para el balance de este elemento (K) que la reposición primaria proveniente de la liberación de los minerales primarios y secundarios, siendo preponderante la participación de la fracción arcilla. Los minerales arcillosos son la fuente principal de K en el suelo, se conoce que el contenido de K total del suelo no es un índice de fertilidad y que los suelos contienen K en diferentes formas. Una parte extraíble por reactivos muy suaves, tales como el agua o soluciones salinas diluidas, la cantidad y calidad de arcillas presentes en el suelo son la reserva de K intercambiable y no-intercambiable en el suelo (Conti, 2005).

### **10. Calcio (Ca)**

Este elemento se encuentra dentro del suelo, su contenido presente en la corteza terrestre asciende a 3,64% (Mengel y Kirkby, 2000). Los suelos no calcáreos, de regiones húmedas poseen por lo general entre 0,15 y 1,5 % de calcio total y en promedio alrededor de 1%. Existe una diferencia muy marcada en suelos muy meteorizados que corresponden al trópico húmedo ya que los contenidos varían entre 0,1 y 0,03 % de Ca, esto es independientemente de la textura según (Kass 1998).

El calcio como elemento en el suelo está estrechamente relacionado con la riqueza del material parental y el grado de meteorización sufrido por los mismos (Calcio & Del, 2004).

## **11. Magnesio (Mg)**

Es el elemento que dentro del suelo depende de su dinámica química controlada por varios factores, tales como el clima, el pH del suelo, la temperatura, la humedad y su interacción con otros cationes. Las tres fracciones de Mg están en equilibrio dinámico, predominando la no intercambiable, el Mg está incorporado en la estructura cristalina de los minerales tanto primarios como secundarios. La fracción intercambiable, que constituye generalmente el 5% del total del magnesio en el suelo, es rápidamente absorbida por la superficie en el caso de las arcillas, se conoce que el magnesio intercambiable constituye el denominado magnesio disponible por la planta, la concentración de este elemento dentro del suelo es usualmente mayor en suelos arenosos que para suelos con alto contenido de arcilla, se debe a que en estos suelos con un gran contenido de arcilla tienden a tener una mayor capacidad amortiguadora que los suelos arenosos (Bayon & Ditschar, 2012).

## **12. Sodio (Na)**

Se encuentra en el suelo en estado combinado y principalmente en forma de sales, en regiones con clima húmedo y semihúmedo presentan bajo contenido de sodio, debido a su baja energía de adsorción puede ser fácilmente lixiviado a horizontes profundos del suelo por las lluvias, los iones de sodio son menos fijados por los minerales arcillosos que los iones de potasio (Romero, 2017).

Sin embargo, niveles elevados de sodio pueden desplazar al calcio y al potasio, afectando principalmente la estructura del suelo, dependiendo de las zonas en donde se encuentra el sodio en el suelo en regiones áridas y semiáridas se presenta a menudo como acumulación de  $\text{Na}^+$  en la superficie de los suelos, debido a que el incremento de la evaporación conduce el agua del nivel freático hacia la superficie, este proceso en el suelo conducen a que se modifique la estructura del suelo que finalmente repercuten de forma negativa en las reservas de agua y de aire en el suelo (Romero, 2017).

### **13. Hierro (Fe)**

Es uno de los micronutrientes que se encuentran en el suelo considerado como indicador de la pedogénesis del suelo, se presenta como óxidos de hierro dentro del suelo son muy pequeños los mismos que afectan las propiedades del suelo altamente meteorizados ya que pueden agregar o revestir otros minerales ( Polo, et al. 2014).

### **14. Zinc (Zn)**

Es un micronutriente que se encuentra en el suelo y que es esencial para el crecimiento y desarrollo de las plantas, desafortunadamente, algunos factores como la escasez, la poca disponibilidad y el agotamiento del zinc en el suelo hacen de este elemento uno de los principales micronutrientes minerales limitantes del crecimiento y desarrollo tanto en cultivos agrícolas como forestales (Amezcuca, 2017).

### **15. Manganeso (Mn)**

Es un micronutriente mineral esencial en baja concentración en el suelo. se considera tóxico para el cultivo agrícola o forestal si se encuentra en altas concentraciones. se conoce que este micronutriente presenta interacciones que van de la mano con el hierro dentro del suelo, al cual se le atribuyen síntomas de toxicidad que corresponden a los de deficiencia de hierro, y viceversa (Aguas & Poveda, 2005).

### **16. Porcentaje de saturación de bases**

Es el porcentaje de saturación de bases que es ocupado por cationes que no sean hidrogenado, los suelos con baja saturación de bases son generalmente ácidos. La saturación base y el pH están relacionados y aumentan juntos.

También se encuentra relacionada directamente con la fertilidad del suelo es el valor relativo que no expresa la reserva del elemento que hay en el suelo. En donde se tomarán en cuenta las bases del suelo, para determinar este valor se requiere conocer el

valor de la capacidad de intercambio catiónico del suelo en donde se aplicará la siguiente fórmula:  $\%SB = \frac{\Sigma \text{cationes de carbono}}{CIC} * 100$  en donde:

%SB: Porcentaje de saturación de bases

$\Sigma$ cationes de carbono: Sumatoria de cationes de carbono

CIC: Capacidad de intercambio catiónico

### **17. Relación de adsorción del sodio (RAS)**

Es la medida de concentración del sodio que se puede medir bien en la disolución del suelo o bien en el complejo de cambio, para determinar RAS se denota la proporción relativa en que se encuentra el sodio respecto al calcio y magnesio, cationes divalentes que compiten con el sodio por los lugares de intercambio del suelo (Can, Ayala, et al, 2005).

Su valor se mide en mili equivalentes /litro (meq/ l). Determinado por la siguiente fórmula:

$$SAR = \frac{Na}{\sqrt{\frac{Ca+Mg}{2}}}$$

### **18. Porcentaje de Sodio intercambiable**

Se utiliza para definir suelos denominados sódicos, el PSI es la saturación con este catión ( $Na^+$ ), como criterio diferencial, el valor de (PSI) se determina con el contenido de Sodio y el valor crítico para considerar un suelo como ya se mencionó anteriormente sódico, en donde el PSI deberá ser mayor al 15% según SSS (1998,1999) aunque existen otros autores que sostienen que algunos suelos con un PSI de 7% ya presentan problemas relacionados con exceso de sodio en el complejo intercambiable (Jaramillo, 2002).

## **19. Relación Carbono Nitrógeno (C/N)**

Es un índice de la calidad del sustrato orgánico del suelo que indica la tasa de nitrógeno disponible para las plantas, los valores altos implican que la materia orgánica se descompone lentamente, ya que los microorganismos inmovilizan el nitrógeno, por lo que no puede ser utilizado por los vegetales, si los valores se encuentran entre 10 y 14 corresponden a una mineralización en donde la actividad microbiana se estimula, hay nutrientes suficientes para el sistema forestal o agrícola ( Lezcano, et,al.2007).

## **E. FERTILIDAD DEL SUELO**

Grubb (1995) define la fertilidad del suelo como la capacidad del mismo para suministrarle nutrientes esenciales a la planta para su crecimiento y desarrollo menciona que la fertilidad del suelo está relacionada con la propiedad que tiene un efecto directo sobre el crecimiento de las especies maderables, por lo que, conocer y entender las propiedades químicas, físicas y biológicas que caracterizan a este recurso, es necesario para adelantar una buena y adecuada nutrición forestal ( Restrepo, 2014).

### **1. Fertilidad química del suelo**

Se determina normalmente a través de la disponibilidad de nutrientes en el suelo, más precisamente en la solución del suelo o en la fase intercambiable (Villarroel, 2000).

En general la fertilidad química hace referencia a la reserva de nutrientes en el suelo y su aporte hacia la masa boscosa, es importante mencionar que, en la solución del suelo, existen enlaces químicos como el iónico y covalente, que favorecen la disponibilidad de los nutrientes (Restrepo, 2014).

### **2. Fertilidad física del suelo**

Brinda las condiciones estructurales adecuadas para el anclaje, sostén y crecimiento de la plantación forestal, desafortunadamente frente al impacto que ejercen actividades en

la plantación, tales como la cosecha de los árboles, la preparación del sitio para la siembra, la fertilización inicial y el control de malezas tiende a modificar la estructura del suelo por la compactación que a la vez logran reducir el crecimiento de los árboles, ya que aumenta la resistencia del suelo a la penetración de raíces, reduciendo la aireación y cambiando los flujos de agua y disponibilidad de nutrimentos (Restrepo, 2014).

### **3. Fertilidad biológica del suelo**

Se encuentra relacionada frente a la acción que desarrollan los organismos vivos (macro y microorganismos) como el caso de los microorganismos benéficos que se encuentran en la rizósfera y que son determinantes en la salud de la planta y la fertilidad del suelo: Los microorganismos en el suelo cumplen funciones realmente importantes dentro de los procesos de transformación de nutrientes como es el caso de la fijación de nitrógeno, transformación de compuestos orgánicos que la planta no puede tomar a formas inorgánicas, aumento del desarrollo radicular de la planta para mejora la asimilación de nutrientes y mejoramiento de las propiedades físicas del suelo, incrementando la tasa de transformación de nutrientes, promueve, además, la agregación del suelo, la porosidad y aumenta la infiltración de agua y el transporte de solutos (Restrepo, 2014)



## VI. MATERIALES Y MÉTODOS

### A. CARACTERIZACIÓN DEL LUGAR

#### 1. Localización

La presente investigación se llevó a cabo dentro del Patrimonio forestal perteneciente a la empresa Aglomerados Cotopaxi S, A., ubicado en el sector Cuchitingue, Cantón Latacunga, Provincia de Cotopaxi.

#### 2. Ubicación Geográfica y Condiciones climatológicas

Datum: UTM WGS84 Zona 17 Sur

**Latitud:** 780471 m

**Longitud:** 9906955 m

**Precipitación media anual:** 6 y 8 °C

**Humedad Relativa:** 84 – 88%

a. Zonas de estudio

1) Zona 1 Cuchitingue desde 3500 hasta 3599

**Cuadro 10.** Ubicación geográfica y Condiciones climatológicas de 3500-3599 msnm

<b>Rango Altitudinal</b>	<b>Temperatura media °C</b>	<b>Precipitación media mm.</b>	<b>X (m)</b>	<b>Y (m)</b>
<b>3500</b>	6-8	500-750	778882	9908776
<b>3505</b>	6-8	500-750	779323	9907398
<b>3535</b>	6-8	500-750	779299	9907820
<b>3590</b>	6-8	500-750	779795	9907634

Ecosistema del suelo: Se encuentra entre herbazales de páramo y áreas intervenidas (plantaciones forestales)

Taxonomía del suelo: Inceptisol

Zonas de vida: Bosque Húmedo Montano (bh- M) y Muy Húmedo Montano (bmh- M) Holdridge, (1991).

2) Zona 2 Cuchitingue desde 3600 a 3699

**Cuadro 11.** Ubicación geográfica y Condiciones climatológicos de 3600- 3699 msnm.

<b>Rango altitudinal</b>	<b>Temperatura media °C</b>	<b>Precipitación media (mm)</b>	<b>X (m)</b>	<b>Y (m)</b>
<b>3600</b>	4-6	500-750	782723	9909715
<b>3605</b>	4-6	500-750	781114	9909057
<b>3660</b>	4-6	500-750	780280	9908494
<b>3680</b>	4-6	500-750	780338	9907743

Ecosistema del suelo: Se encuentra entre herbazales de páramo y áreas intervenidas (plantaciones forestales)

Taxonomía del suelo: Inceptisol

Zonas de vida: Bosque Muy Húmedo Montano (bmh- M), Bosque Pluvial Subalpino (bp-SA) Holdridge, (1991).

3) Zona 3 Cuchitingue desde 3700 hasta 3799

**Cuadro 12.** Ubicación geográfica y Condiciones climatológicos de 3700-3799 msnm

<b>Rango altitudinal</b>	<b>Temperatura media °C</b>	<b>Precipitación media mm.</b>	<b>X (m)</b>	<b>Y (m)</b>
<b>3700</b>	4-6	500 - 1000	781590	9909118
<b>3705</b>	4-6	500 - 1000	783510	9908961
<b>3740</b>	4-6	500 - 1000	782832	9908829
<b>3760</b>	4-6	500 - 1000	782392	9909342

Ecosistema del suelo: Se encuentra entre herbazales de páramo y áreas intervenidas (plantaciones forestales)

Taxonomía del suelo: Inceptisol

Zonas de vida: Bosque Muy Húmedo Montano (bmh- M) - Bosque Pluvial Subalpino (bp-SA) Holdridge, (1991).

4) Zona 4 Cuchitingue desde 3800 hasta 3899

**Cuadro 13.** Ubicación geográfica y Condiciones climatológicas de 3800- 3899 msnm

<b>Rango altitudinal</b>	<b>Temperatura media °C</b>	<b>Precipitación media mm.</b>	<b>X (m)</b>	<b>Y (m)</b>
<b>3800</b>	4-6	750 -1000	783568	9907509
<b>3805</b>	4-6	750 -1000	780421	9906762
<b>3860</b>	4-6	750 -1000	782327	9907241
<b>3880</b>	4-6	750 -1000	781388	9906913

Ecosistema del suelo: Se encuentra entre herbazales de páramo y áreas intervenidas (plantaciones forestales)

Taxonomía del suelo: Inceptisol-Histosol

Zonas de vida: Bosque Muy Húmedo Montano (bmh-M) - Bosque Pluvial Subalpino (bp-SA):Holdridge,(1991).

## **B. MATERIALES Y EQUIPOS**

### **1. Materiales e insumos de laboratorio**

- a) Textura: Cilindros de medición, varilla metálica, densímetro, suelo, hexametáfosfato de sodio, carbonato de sodio, agua.
- b) Humedad, densidad real y aparente: Papel aluminio, estufa y balanza de precisión
- c) pH: Agua destilada, vasos para pH, peachímetro, cloruro de potasio (KCl)
- d) Conductividad eléctrica: Agua destilada, vasos para conductividad eléctrica, conductímetro.
- e) Materia orgánica: Estufa, mufla, crisoles de porcelana, sustrato /muestras
- f) Macro y Micro elementos (P, K, Ca, Mg, Fe, Zn, Mn): Sustrato / muestra, envases de plástico, agitador eléctrico, bicarbonato de sodio, EDTA, superfloc, fenol, hidróxido de sodio, clorox, tartrato de potasio y antimonio, ácido sulfúrico concentrado, molibdato de amonio, goma arábiga, ácido ascórbico, óxido de lantano en polvo, ácido clorhídrico fumante, papel filtro wattman.
- g) Nitrógeno total: Ácido clorhídrico, fenolftaleína al 0.1%, alcohol etílico al 95-96, hidróxido de sodio 0.5N, espectrofotómetro a llama.

### **2. Material de campo**

Pala de desfonde, barreno de 1 metro, cilindros para humedad, cilindros para densidad aparente, balde plástico, tacos de madera, combo, cinta métrica, fundas ziplox, marcadores de color, un cuchillo de campo, peachímetro, clinómetro, GPS, cinta masqui.

### **3. Material de oficina**

Computador, impresora, calculadora, cámara fotográfica, lápiz, esfero, resaltador, cinta masqui, mapas de la zona, mapas de uso del suelo, libros, folletos, hojas A3, registro de campo.

## C. METODOLOGÍA

### 1. Fase de campo

#### a. Determinación de los estratos

Usando mapas de la zona de Cuchitingue se marcaron cuatro estratos dentro de los siguientes rangos altitudinales 3500, 3600, 3700 y 3800 msnm, en donde se construyó calicatas a nivel de piso altitudinal, se identificó horizontes del suelo y se evaluó la zona.

Se determinó cuatro replicas dentro de cada estrato marcado en diferente lote los mismos que se subdividieron en tres partes, zona a, zona b y zona c, de esta manera se estableció puntos centrales para tomar submuestras de acuerdo a la superficie de cada lote, con la ayuda de QGIS 3.4.

#### b. Muestreo de suelos

Para la construcción de calicatas en cada piso altitudinal se realizó 1m de largo por 1m de ancho y por 1 m de profundidad pudiendo obtener una observación preliminar de cada horizonte dentro de campo, además se colocaron cilindros a una distancia de 5 cm del primer horizonte, para la determinación de densidad aparente seguido a este proceso se limpió totalmente el área de materia orgánica en donde, se colocó otro cilindro de forma vertical. Finalmente, cada cilindro fue enrollado con cinta masqui cuidadosamente empacado e identificado en fundas herméticas ziplox, esto para asegurar el material que será analizado en laboratorio.

Por cada zona (a, b, c) se recolecto muestras simples de suelo en donde se realizó barrenaciones máximas de 27 y mínimas de 20, la profundidad del barreno fue de 0.30 m, se mezcló y se realizó el cuarteo por muestra en cada lote, se obtuvo 1kg de muestra compuesta de suelo.

Como resultado final se obtuvo 48 muestras de suelo compuestas en total, cubriendo alrededor de 4 pisos altitudinales en el sector de Cuchitingue.

## **2. Fase de laboratorio**

Se realizó el análisis de las características físicas y químicas en las muestras compuestas obtenidas en campo, es así que para medir parámetros físicos se identificaron y se tamizaron respectivamente para textura se utilizó el método del hidrómetro o de bouyducos, estructura, plasticidad, color y clase textural se determinó siguiendo métodos dirigidos por el laboratorio de suelos, de la misma forma se menciona que para el análisis de características químicas tales como carbonatos de calcio se utilizó el método volumétrico mientras que para determinar el porcentaje de material orgánico en el suelo se realizó mediante el método de Walkley & Black conocido también como el método de titulación, finalmente para la determinación de macro y micro elementos (NH<sub>4</sub>, P, Ca, Mg, Zn, Cu, Fe, Mn) se utilizó el método unificado OLSEN por la red de laboratorios de suelos. En donde se usó el espectrofotómetro HACH DR 2000 con una exactitud de longitud de onda que va entre  $\pm 2$  nm de 400 - 700 nm y  $\pm$  nm de 700 - 900 nm.

## **3. Fase de tabulación de datos**

Una vez culminado el trabajo en laboratorio se obtuvieron resultados mediante los cuales se tabularon datos y se procesaron resultados para la elaboración total y final de la investigación.

## **4. Diseño experimental**

### a. Tipo de diseño experimental

Para la presente investigación se utilizó el Diseño Completamente al azar con 4 tratamientos y cuatro repeticiones.

**Cuadro 14.** Análisis de varianza (ADEVA)

<b>Fuente de Variación</b>	<b>Fórmula</b>	<b>Grados de libertad</b>
Tratamientos	( a - 1 )	3
Error	( a - 1 )	12
Total	(rt -1)	15

## 1) Análisis funcional

1.1) Se determinó el coeficiente de variación

1.2) Se realizó la prueba de Tukey al 5% para las medias de los tratamientos que presentan significancia o altamente significativo

## b. Determinación del campo experimental

## 1) Número de tratamientos

Se tomaron en cuenta los pisos altitudinales a 3500, 3600, 3700 y 3800msnm respectivamente.

2) Número de repeticiones: Cuatro cotas por cada piso altitudinal.

3) Número de unidades experimentales: Dieciséis (16)

4) Factor en estudio: Piso altitudinal

**Cuadro 15.** Descripción de los tratamientos

<b>Tratamiento</b>	<b>Altitud msnm</b>	<b>Sitio</b>	<b>Altitud</b>			
			msnm	msnm	msnm	msnm
<b>T1</b>	3500	Sector Cuchitingue	3500	3505	3535	3590
<b>T2</b>	3600	Sector Cuchitingue	3600	3605	3660	3680
<b>T3</b>	3700	Sector Cuchitingue	3700	3705	3740	3760
<b>T4</b>	3800	Sector Cuchitingue	3800	3805	3860	3880

## 5) Forma de evaluación

Para la determinación de propiedades físico-químicas del suelo, las muestras se llevaron al laboratorio mientras que para la identificación y descripción de las calicatas se registró in situ.

## **VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **A. ANÁLISIS DE PROPIEDADES FÍSICAS DEL SUELO (Anexo 1)**

#### **1. Porcentaje de humedad**

El análisis de varianza para el porcentaje de humedad en el suelo (Cuadro 16), muestra que, al menos uno de los cuatro tratamientos presenta diferencias altamente significativas.

**Cuadro 16.** Análisis de varianza para el porcentaje de humedad en el suelo

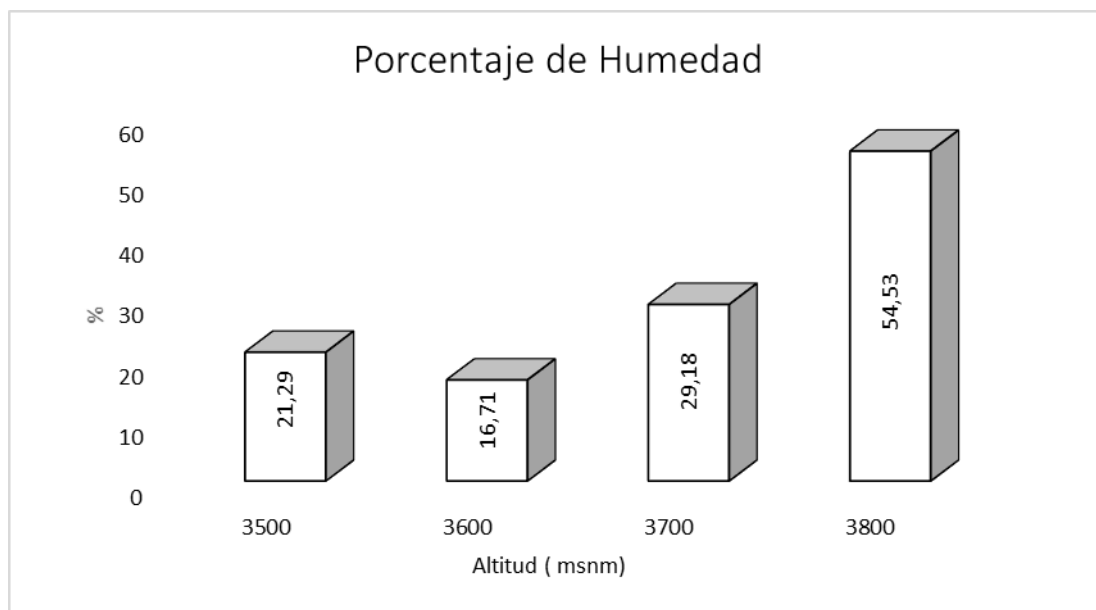
<b>Factor de V.</b>	<b>Gl</b>	<b>S cuad</b>	<b>C medio</b>	<b>F</b>	<b>P</b>	<b>Significancia</b>
<b>Tratamiento</b>	3	3416,5	1138,82	32,25	0,00	**
<b>Error</b>	12	387,7	32,31			
<b>Total</b>	15	3804,2				
<b>C.V%</b>	18,67					

La prueba de Tukey al 5 % indica que el porcentaje de humedad del suelo a 3500 y 3600 msnm son similares con valores promedio de 21,29 % y 16,71 % como se puede observar en el (Gráfico 1) respectivamente ubicándose en el rango C, mientras que a 3700 msnm se ubica en el rango B y los suelos que se encuentran dentro del piso altitudinal 3800 msnm se ubican en el rango A, valores que difieren significativamente (Cuadro 17).

**Cuadro 17.** Prueba de Tukey al 5% para porcentaje de humedad en el suelo

<b>Piso Altitudinal</b>	<b>Código</b>	<b>Media</b>	<b>Rango</b>
<b>4</b>	3800	54,53	A
<b>3</b>	3700	29,18	B
<b>1</b>	3500	21,29	C
<b>2</b>	3600	16,71	C





**Gráfico 1.** Porcentaje de humedad en el suelo, según los pisos altitudinales.

Los suelos que se encuentran en el piso altitudinal de 3800 msnm superan en 69,35% en el contenido de humedad al piso 3600msnm.

Esto se debe a que la elevación es considerada como uno de los factores que influyen en la formación del suelo y en las propiedades físicas que lo componen; concordando con Schlatter, J. et, al (2003), quienes manifiestan que una mayor elevación significa temperaturas menores y de mayor fluctuación, mayor caída pluviométrica y mayor erosividad.

## 2. Textura

Los suelos descritos en todas las áreas de Cuchitingue se encontraron en un porcentaje de arena en rangos de 86 al 90 % esto se observó en pruebas evaluadas en laboratorio y en horizontes superficiales evaluados en campo.

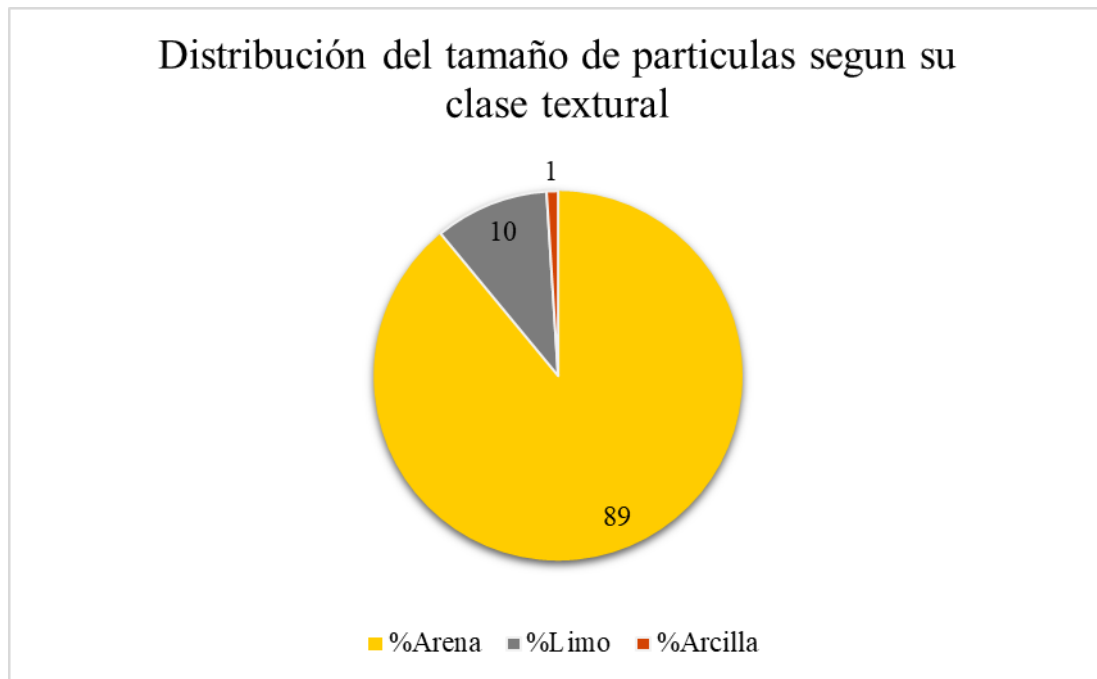
Es así que las clases texturales predominantes en este estudio fueron arena franca y arenosas de acuerdo a la clasificación de USDA Soil Survey Division Staff, SSDS, (1993) que menciona que para determinar la clase textual que le corresponde a un suelo se debe evaluar los porcentajes de arena, limo y arcilla contemplados en la (Tabla 1).

Shoji et al., (1993) menciona que la clase textural está relacionada con suelos derivados de materiales volcánicos que a la vez otorga excelentes propiedades físicas

al suelo lo que se corrobora con la zona de Cuchitingue, que se caracteriza por ser una zona de páramo y que posiblemente el material parental de estos suelos sea volcánico.

**Tabla 1.** Clase textural por piso altitudinal en la zona de Cuchitingue.

Piso altitudinal	Muestra	Clase textural	%Arena	%Limo	%Arcilla
<b>3500</b>	A	Areno franca	90	10	1
	B	Areno franca	90	9	1
	C	Areno franca	89	10	1
<b>3600</b>	A	arena franca	90	9	1
	B	arenosa	87	12	1
	C	arenosa	86	13	1
<b>3700</b>	A	arenosa	88	11	1
	B	arena franca	89	10	1
	C	arena franca	87	12	1
<b>3800</b>	A	arenosa	91	8	1
	B	arena franca	90	9	1
	C	arena franca	89	10	1



**Gráfico 2.** Distribución del tamaño de partículas según su clase textural

Los suelos de la zona de Cuchitingue a 3500, 3600, 3700 y 3800 msnm poseen una clase textural definida como arenosa en la mayoría de lotes evaluados, de acuerdo al (Gráfico 2) la proporción de arena en los suelos de la zona se encuentra en un valor de 89% mientras que la cantidad de limo y arcilla son de 10 y 1%, la cantidad de arena es mayor por lo que las partículas en estos suelos son predominantes de tamaño grande que consecuentemente permitirán que la aireación y movimiento del agua así como la retención de agua y disponibilidad de nutrientes difiera.

### **3. Estructura y porcentaje de porosidad**

En la zona de estudio la estructura, al igual que la textura se ve afectada sistemáticamente por varios procesos que se pudieron observar a través de la formación del suelo, en donde se encuentra incluido los movimientos de agua y aire.

Los suelos evaluados en la zona de Cuchitingue presentan su grado estructural corresponde a sin estructura (grano simple), por tratarse de texturas arenosas lo que favorece la aireación, pero significa menos retención de agua.

Buytaert et al. (2007) manifiesta que a menor altura las diferencias climáticas inciden en el suelo favoreciendo la descomposición de la materia orgánica que está vinculada a la estructura del suelo, modificando la capacidad de agua aprovechable.

Es así que en la zona de Cuchitingue en pisos altitudinales de 3500, 3600, 3700 y 3800 msnm, se evidencia baja capacidad de agua aprovechable, teóricamente los valores de porosidad se encuentran en 34,76 % y 49,89% calificándose como porosidad baja de acuerdo a la calificación de Kaurichev (1984) como se puede observar en la siguiente (Tabla2)..

**Tabla 2.** Clases de estructura, porcentaje de porosidad y estabilidad estructural por piso altitudinal en la zona de Cuchitingue.

<b>Piso altitudinal</b>	<b>Muestra</b>	<b>Estructura</b>	<b>% Porosidad</b>	<b>Estabilidad Estructural</b>
<b>3500</b>	A	Sin estructura	40,53 - Baja	Baja
	B	Sin estructura	45,07 - Baja	Baja
	C	Sin estructura	42,78 - Baja	Baja
<b>3600</b>	A	Sin estructura	49,89 - Baja	Baja
	B	Sin estructura	45,17 - Baja	Baja
	C	Sin estructura	47,52 -Baja	Baja
<b>3700</b>	A	Sin estructura	41,04 -Baja	Baja
	B	Sin estructura	34,76 – Muy baja	Baja
	C	Sin estructura	37,90 – Muy baja	Baja
<b>3800</b>	A	Sin estructura	43,10 - Baja	Baja
	B	Sin estructura	42,32 - Baja	Baja
	C	Grano simple	42,71 - Baja	Baja

#### **4. Color**

El color del suelo dentro de la zona de Cuchitingue a evaluación visual mostraban ser oscuros, encontrados en valores de 10YR 2/2 con calificación de pardo muy oscuro a 3500 msnm, la coloración del suelo a 3600 msnm fueron valores de 10YR 3/3 calificándose como suelos de coloración pardo oscuro.

La coloración de los pisos altitudinales que se encontraban en rangos de 3700 y 3800 msnm se encontraron dentro del código 10YR 3/1, calificándose como suelos de color gris muy oscuro esto se debe a la alta humedad y al clima frío de la zona, la

descomposición de materia orgánica en el suelo es mucho más lenta a diferencia de suelos con coloraciones más claras.

Esto concuerda con Kane et al., (2005) con otros estudios realizados en el Ecuador quien considera que el color del suelo esté relacionado con la temperatura ya que la tasa de descomposición se duplica por lo que la coloración tiende a modificarse en el suelo.

Mientras que Benavides, (2000) manifiesta que las coloraciones predominantemente oscuras (10YR 2/1) encontradas, indican que los comportamientos del suelo bajo condiciones de páramo dependerán de propiedades cuantitativas y cualitativas de la materia orgánica.

Los suelos de Cuchitingue se evaluaron a nivel seco y húmedo analizados en la siguiente (Tabla 3).

**Tabla 3.** Clases de color en pisos altitudinales en la zona de Cuchitingue.

Piso altitudinal	Muestra	SUELO SECO		SUELO HÚMEDO	
		Color	Descripción	Color	Descripción
3500	A	10YR 2/2	Pardo muy oscuro	10YR 3/1	Gris muy oscuro
	B	10YR 2/2	Pardo muy oscuro	10YR 2/2	Pardo muy oscuro
	C	10YR 2/2	Pardo muy oscuro	10YR 3/3	Gris muy oscuro
3600	A	10YR 4/3	Pardo oscuro	10YR 4/3	Pardo oscuro
	B	10YR 4/3	Pardo oscuro	10YR 4/3	Pardo oscuro
	C	10YR 4/3	Pardo oscuro	10YR 4/3	Pardo oscuro
3700	A	10YR 3/1	Gris muy oscuro	10YR 2/2	Pardo muy oscuro
	B	10YR 3/1	Gris muy oscuro	10YR 3/1	Gris muy oscuro
	C	10YR 3/1	Gris muy oscuro	10YR 3/1	Gris muy oscuro
3800	A	10YR 3/1	Gris muy oscuro	10YR 3/1	Gris muy oscuro
	B	10YR 3/3	Pardo muy oscuro	10YR 2/2	Pardo muy oscuro
	C	10YR 3/1	Gris muy oscuro	10YR 3/1	Gris muy oscuro

## 5. Consistencia

Los suelos de la zona de Cuchitingue presentaron características no adherentes y no plásticas en cuanto a adhesión y cohesión en evaluaciones que se realizaron en suelo húmedo y suelo seco, la relación que existe en estos suelos al estar expuestos a cierto porcentaje de humedad en altitudes de 3500, 3600, 3700 y 3800 msnm, la textura de estos suelos resulta ser también un factor el cual pudo marcar estas características como se logra observar en la siguiente (Tabla 4).

Porta et al., (2003) mencionan que los suelos evaluados a escalas diferentes en altitud presentan estructuras débiles que están relacionadas con la tendencia a quebrarse en masas más pequeñas en lugar de convertirse en polvo como es el caso de la mayoría de los suelos evaluados en la zona de Cuchitingue.

**Tabla 4.** Consistencia del suelo según los pisos altitudinales de la zona de Cuchitingue

Piso altitudinal	Muestra	Consistencia en	Consistencia en suelo	
		suelo seco	húmedo	
		Suelta	No plástico	No adherente
3500	A	Suelta	No plástico	No adherente
	B	Suelta	No plástico	No adherente
	C	Suelta	No plástico	No adherente
3600	A	Suelta	No plástico	No adherente
	B	Suelta	No plástico	No adherente
	C	Suelta	No plástico	No adherente
3700	A	Suelta	No plástico	No adherente
	B	Suelta	No plástico	No adherente
	C	Suelta	No plástico	No adherente
3800	A	Suelta	No plástico	No adherente
	B	Suelta	No plástico	No adherente
	C	Suelta	No plástico	No adherente

## 6. Densidad real y aparente

Los suelos evaluados en la zona de Cuchitingue presentan valores entre 1,12 gr/cm<sup>3</sup> y 1,52 gr/cm<sup>3</sup> en rangos altitudinales que van de 3500 a 3800 msnm como se observa en la (Tabla 5), se califican la mayoría de estos suelos con densidad aparente alta, concordando con Cortés y Malagón (1984) quienes consideran valores altos a suelos que se encuentren superiores a 1.3 gr/cm<sup>3</sup> en texturas finas como es el caso de los suelos evaluados, se asume que si la densidad aparente aumenta su valor en posteriores estudios los suelos de Cuchitingue están expuestos a una degradación de la estructura, ya sea por compactación o por pérdida de materia orgánica.

La Densidad real para los suelos evaluados de acuerdo Jaramillo, (2002) quien menciona que un valor promedio adecuado de densidad real para suelos minerales es de 2.65 gr/cm<sup>3</sup>, se ajustan a este valor en rangos que se encuentran entre 2,50 gr/cm<sup>3</sup> y 2,60 gr/cm<sup>3</sup> en 3500, 3600, 3700 y 3800 msnm, estos suelos están dominados por material inorgánico como illita, ortoclasa y gibsita.

Por otro lado, los valores por debajo del promedio de acuerdo a la (Tabla 5) pueden indicar la presencia de alto contenidos de materia orgánica y/o de aluminosilicatos no cristalinos en el suelo.

**Tabla 5.** Densidad aparente y real en suelos de la zona de Cuchitingue

<b>Piso altitudinal</b>	<b>Muestra</b>	<b>Densidad aparente gr/cm<sup>3</sup></b>	<b>Densidad real gr/cm<sup>3</sup></b>
<b>3500</b>	A	1,52	2,60
	B	1,40	2,57
	C	1,40	2,57
<b>3600</b>	A	1,50	2,52
	B	1,40	2,52
	C	1,50	2,51
<b>3700</b>	A	1,40	2,50
	B	1,40	2,51
	C	1,20	2,50
<b>3800</b>	A	1,12	2,50
	B	1,30	2,55
	C	1,40	2,51

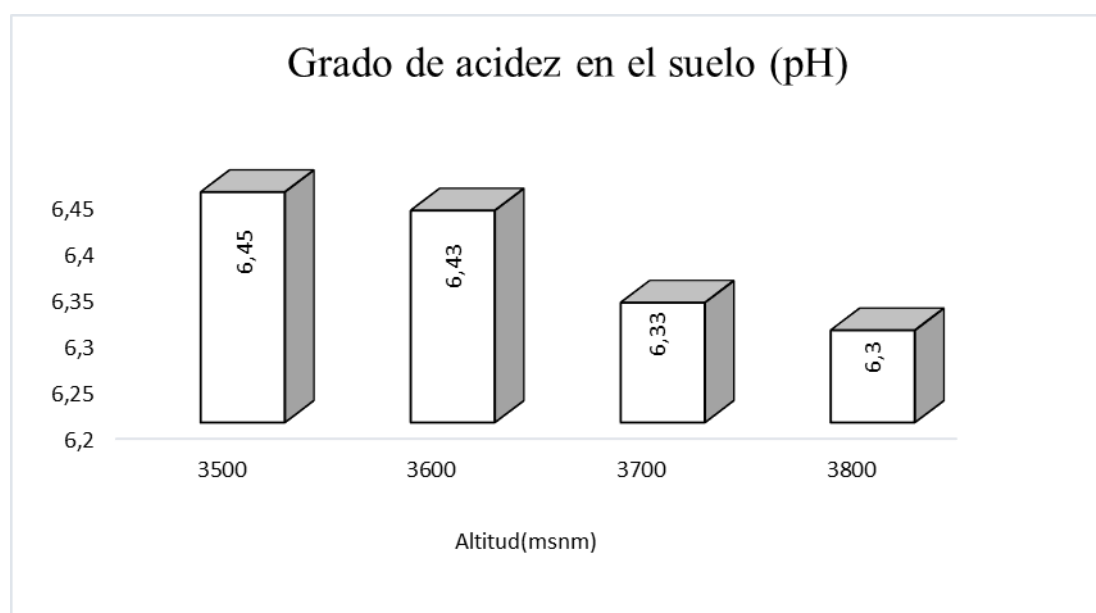
## B. ANÁLISIS DE PROPIEDADES QUÍMICAS DEL SUELO

### 1. pH en solución de Cloruro de Potasio (KCl)

El análisis de varianza para pH en el suelo (Cuadro 18), muestra que, ninguno de los cuatro tratamientos presenta diferencias altamente significativas.

**Cuadro 18.** Análisis de Varianza para el pH en el suelo

Factor de V.	gl	Scuad	C.medio	F	P	Significancia
<b>Tratamiento</b>	3	0,07	0,02	0,13	0,34	NS
<b>Error</b>	12	0,22	0,02			
<b>Total</b>	15	0,28				
<b>C.V%</b>	0,63					



**Gráfico 3.** Rango de pH por cada piso altitudinal.



**Tabla 6.** pH en Cloruro de Potasio (KCl)

Piso altitudinal	Muestra	pH	Interpretación
3500	A	6,10	Débilmente ácido
	B	6,30	Débilmente ácido
	C	6,20	Débilmente ácido
3600	A	6,20	Débilmente ácido
	B	6,40	Débilmente ácido
	C	6,12	Débilmente ácido
3700	A	6,20	Débilmente ácido
	B	6,10	Débilmente ácido
	C	5,92	Moderadamente ácido
3800	A	6,10	Débilmente ácido
	B	6,32	Débilmente ácido
	C	6,52	Débilmente ácido

Los suelos que se encuentran en altitudes de 3500, 3600, 3700 y 3800 msnm presentan un pH con valores de 6,45 y 6,37 que corresponde a ligeramente ácido, esto concuerda a la clasificación de USDA, (2004) la cual define la calidad del suelo como su capacidad para funcionar dentro de los límites de un ecosistema natural o manejado.

## **2. Materia Orgánica**

El análisis de varianza para el porcentaje de materia orgánica (Cuadro 19), muestra que, al menos uno de los cuatro tratamientos presenta diferencias altamente significativas.

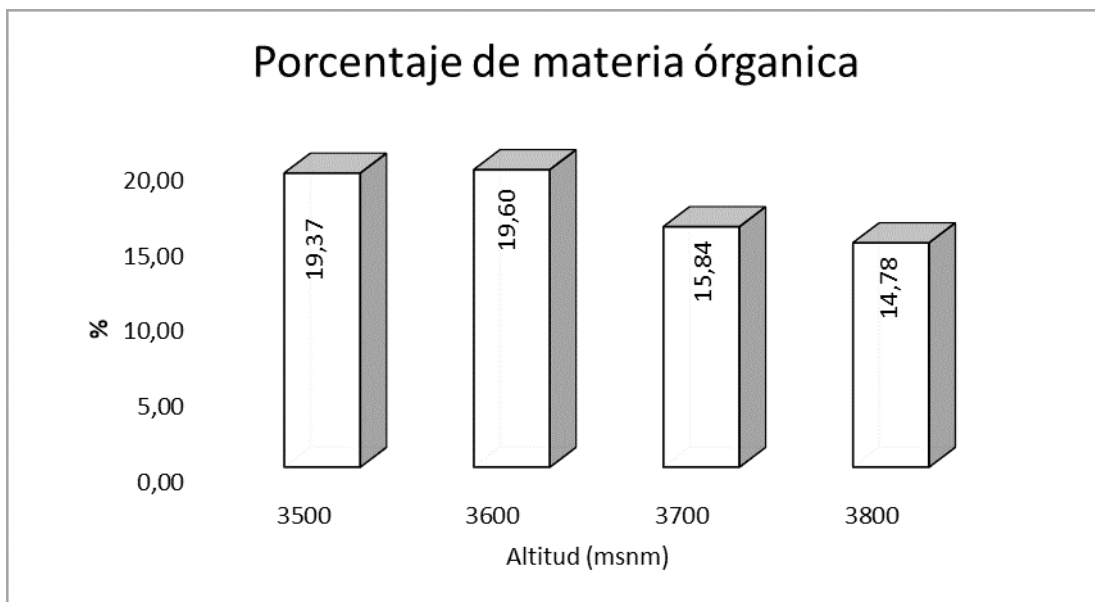
**Cuadro 19.** Análisis de Varianza para determinar porcentaje de materia orgánica en el suelo

Factor de V.	gl	Scuad	C.medio	F	P	Significancia
<b>Tratamiento</b>	3	0,07	0,02	0,13	0,34	NS
<b>Error</b>	12	0,22	0,02			
<b>Total</b>	15	0,28				
<b>C.V%</b>	0,63					

En la prueba de Tukey al 5 % el porcentaje de materia orgánica existente en el suelo a 3700 y 3800 msnm presentan valores promedio entre 15,84% y 14,78 % respectivamente, ubicándose en el rango B (Cuadro 20), mientras que a 3500 y 3600 msnm los valores difieren significativamente con valores promedio entre 19,37 % y 19,60% ubicándose en el rango A.

**Cuadro 20.** Prueba de Tukey al 5% para el porcentaje de materia orgánica

Piso Altitudinal	Código	Media (%)	Rango
2	3600	19,60	A
1	3500	19,37	A
3	3700	15,84	B
4	3800	14,78	B



**Gráfico 4.** Porcentaje de materia orgánica en el suelo

**Tabla 7.** Materia orgánica del suelo

<b>Piso altitudinal</b>	<b>Muestra</b>	<b>MOS</b>	<b>Interpretación</b>
<b>3500</b>	A	17,25	Alto
	B	18,86	Alto
	C	19,26	Alto
<b>3600</b>	A	19,49	Alto
	B	20,16	Alto
	C	19,71	Alto
<b>3700</b>	A	19,04	Alto
	B	17,92	Alto
	C	16,13	Alto
<b>3800</b>	A	14,56	Alto
	B	14,78	Alto
	C	15,23	Alto

Los suelos que se encuentran en los pisos altitudinales de 3500 y 3600 msnm presentan un porcentaje de materia orgánica mayor a la cantidad de pisos altitudinales que se encuentran en el rango de 3700 a 3800 msnm que va desde los 19,37 % hasta 19,60 %.

Esto se debe a que estos suelos se encontraban recién plantados, se asume que existió la respectiva preparación del sitio y fertilización a diferencia de los pisos 3700 y 3800 msnm que se encontraban con plantaciones de 18 a 20 años. Concordando con García y Maass (1998), quienes mencionan que el relieve del suelo influye directamente en el contenido de materia orgánica y de nutrimentos, modificando las características micro climáticas, el contenido de humedad y el movimiento del agua dentro y fuera del suelo. Por lo que de acuerdo a Schlatter, (2003) estos suelos presentan una mejor estructura y una mayor capacidad de elementos nutritivos.

### **3. Carbón orgánico**

El análisis de varianza para el porcentaje de carbono orgánico en el suelo (Cuadro 21), muestra que, al menos uno de los cuatro tratamientos presenta diferencias altamente significativas.

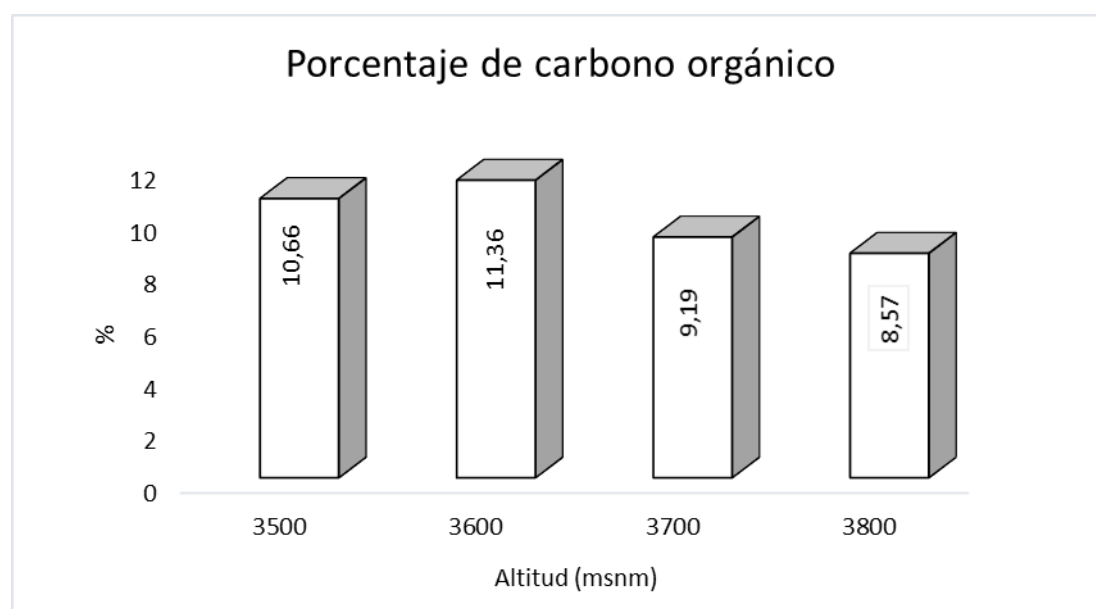
**Cuadro 21:** Análisis de varianza para carbón orgánico del suelo

Factor de V.	gl	Scuad	C.medio	F	P	Significancia
Tratamiento	3	0,07	0,02	0,13	0,34	*
Error	12	0,22	0,02			
Total	15	0,28				
C.V%	0,63					

La prueba de Tukey al 5 % (Cuadro 22) indica que el porcentaje de carbono orgánico a 3500 y 3600 msnm son similares con valores medios de 10,66 y 11,36% respectivamente ubicándose en el rango A, mientras que a 3700 y 3800 msnm presentan valores bajos de carbono orgánico, ubicándose en el rango B.

**Cuadro 22.** Prueba de Tukey al 5% para porcentaje de carbono orgánico.

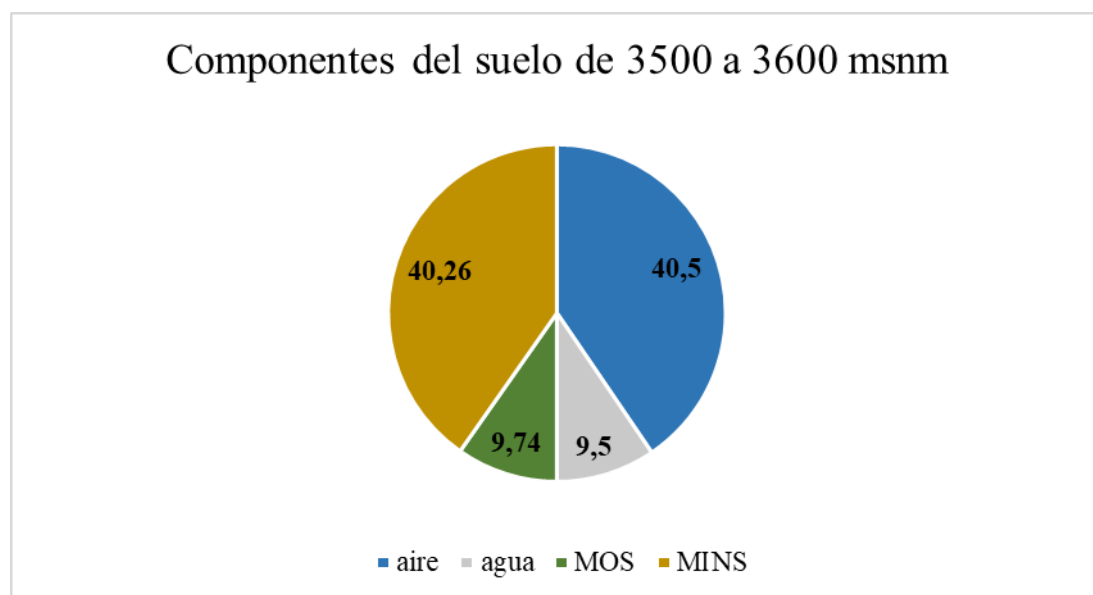
Piso Altitudinal	Código	Media (%)	Rango
2	3600	11,36	A
1	3500	10,66	A
3	3700	9,19	B
4	3800	8,57	B

**Gráfico 5.** Porcentaje de carbono orgánico en el suelo.

Existe una diferencia marcada entre pisos altitudinales que se encuentran en rangos de 3500 y 3600 msnm dentro de la acumulación de carbono orgánico, a diferencia de los pisos que van desde 3700 y 3800 msnm como se observa en el (Gráfico 5); esto se debe a que la altitud influye en las diferentes variaciones de carbono orgánico que pueden suceder en el suelo.

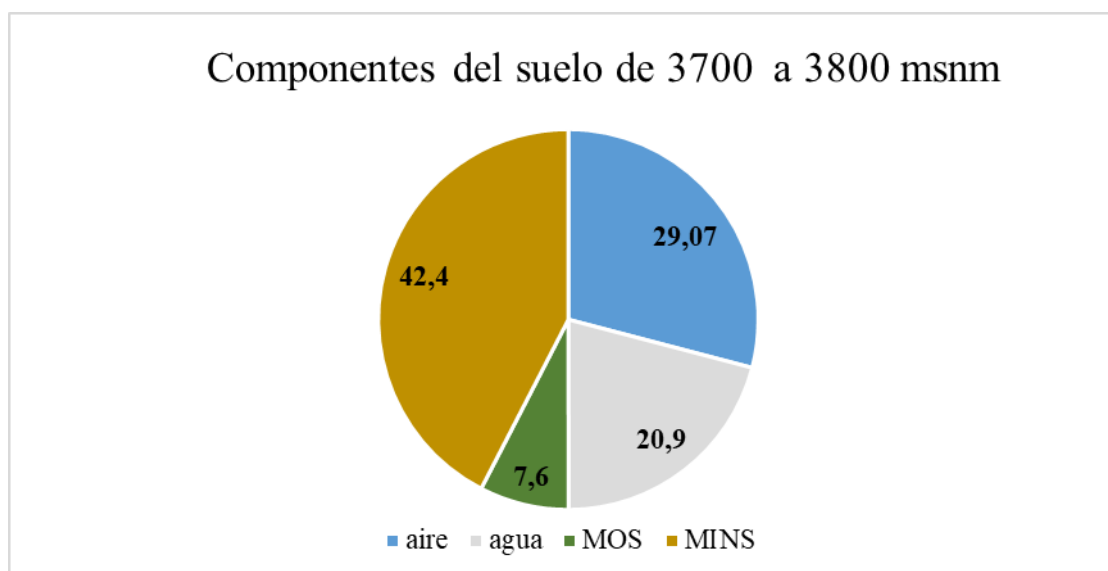
Griffiths et al. (2009) concluyeron que, la altitud es un factor importante dentro de incremento de síntesis de carbono orgánico lábil, precipitaciones anuales, presencia de materia orgánica, actividades microbianas y amonio extractable, a esto se suma Jackson, (1964) quien manifiesta que el carbono orgánico del suelo se encuentra en forma de residuos orgánicos poco alterados de vegetales, animales y microorganismos, en forma de humus y en formas muy condensadas de composición próxima al carbono elemental, se comprueba este hecho puesto a que a 3500 y 3600 msnm los suelos poseen existe mayor cantidad de materia orgánica.

#### 4. Componentes del suelo de Cuchitingue



**Gráfico 6.** Componentes del suelo desde 3500 a 3600 msnm

Los suelos de la zona de Cuchitingue por influencia de pisos altitudinales encontrados desde los 3500 a 3600 msnm presentan un porcentaje de 40,26 % de material mineral mientras que la cantidad de materia orgánica es de 9,74 % en cuanto a la cantidad de agua y aire es de 40,5 y 9,74 % dentro de los suelos evaluados.



**Gráfico 7.** Componentes del suelo desde 3700 a 3800 msnm

Los suelos evaluados de la zona de Cuchitingue por influencia de la altitud dentro de los 3700 y 3800 msnm presentan valores que difieren de los pisos más bajos, de esta forma el porcentaje de material mineral y materia orgánica es de 42,4 % y de 7,6 % sucesivamente, así también la proporción de agua y de aire es de 7,6 % y de 29,07 %.

##### **5. Nitrógeno en forma de amonio (NH<sub>4</sub>)**

El análisis de varianza para determinar cantidad de amoniaco en el suelo (Cuadro 23) muestra que, al menos uno de los cuatro tratamientos presenta diferencias altamente significativas.

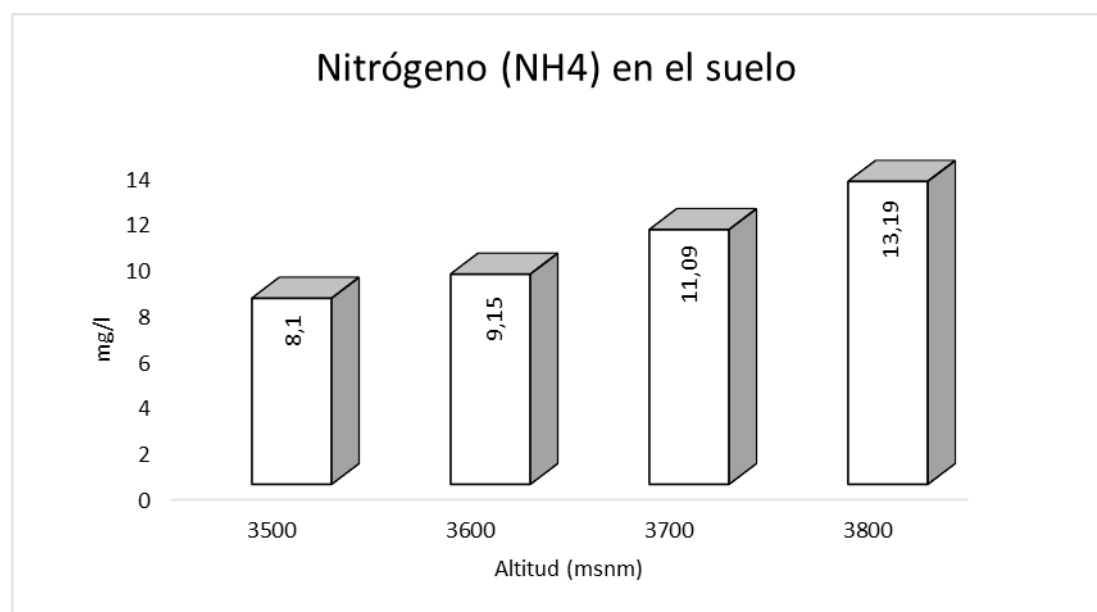
**Cuadro 23.** Análisis de Varianza para determinar la cantidad de amoniaco en el suelo

Factor de V.	gl	Scuad	C.medio	F	P	Significancia
<b>Tratamiento</b>	3	60,45	20,15	11,81	0,001	**
<b>Error</b>	12	20,47	1,7			
<b>Total</b>	15	80,93				
<b>C.V%</b>	12,52					

La prueba de Tukey al 5 % (Cuadro 24) indica que la cantidad de nitrógeno en forma de amoníaco ( $\text{NH}_4$ ) a 3500 y 3600 msnm son similares con valores promedios de 8,1 y 9,15 (mg/l) respectivamente compartiendo el rango C, mientras que en pisos altitudinales de 3700 y 3800 msnm los valores son mucho más altos que van desde los 11,09 y 13,09 (mg/l) ubicándose en el rango A. Los valores de amoníaco para los pisos altitudinales de 3600 y 3700 son similares compartiendo el rango B estadísticamente.

**Cuadro 24.** Prueba de Tukey al 5% para cantidad de nitrógeno en el suelo.

Piso Altitudinal	Código	Media (g/l)	Rango	
4	3800	13,19	A	
3	3700	11,09	A	B
2	3600	9,15	B C	
1	3500	8,1	C	



**Gráfico 8.** Amoníaco ( $\text{NH}_4$ ) en el suelo

La acumulación de N a 3500, 3600, 3700 y 3800 msnm es baja de acuerdo a los valores promedio que se obtuvieron que van desde 8,1 y 13,19 mg/l por Guy Sela (2010) quien manifiesta que valores mayores a 20 ppm dentro del suelo es considerado como un valor adecuado.

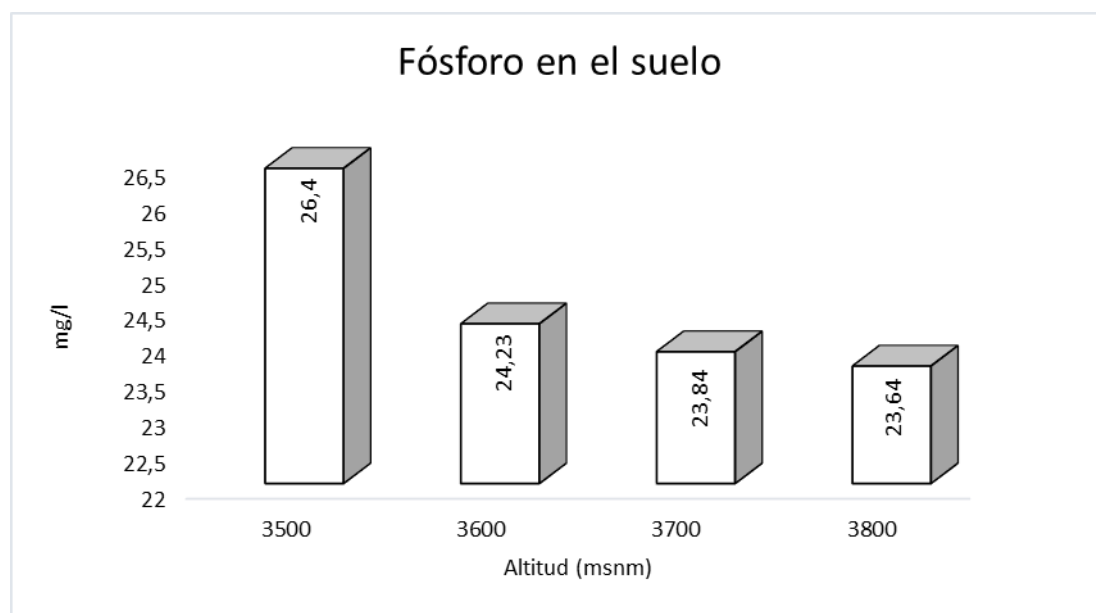
La escasa presencia de N en los suelos evaluados se debe a que el nitrógeno de acuerdo a Navarro (2000) es un elemento de los más dinámicos en los suelos que responde rápidamente a diferentes manejos, efectivamente en ninguno de los suelos se apreció la correcta presencia de este elemento.

## 6. Fósforo en el suelo

El análisis de varianza para determinar cantidad de fósforo en el suelo (Cuadro 25), muestra que, ninguno de los cuatro tratamientos presenta diferencias altamente significativas.

**Cuadro 25.** Análisis de Varianza para determinar cantidad de fósforo en el suelo.

Factor de V.	gl	Scuad	C.medio	F	P	Significancia
<b>Tratamiento</b>	3	0,08	0,028	2,47	0,11	NS
<b>Error</b>	12	0,13	0,011			
<b>Total</b>	15	0,22				
<b>C.V%</b>	8,60					



**Gráfico 9.** Fósforo (P) en el suelo

Los valores promedio de acumulación de fósforo en el suelo se encuentran en rangos similares entre 23,64: 23,84: 24,23y 26,4 (mg/l) calificándose como valores adecuados de acuerdo a Guy Sela (2010) algunos de los valores están representados por la nutrición forestal que se observó en sitios, correspondientes a zonas evaluadas dentro del piso altitudinal de 3500 msnm. Esta información es acertada ya que la



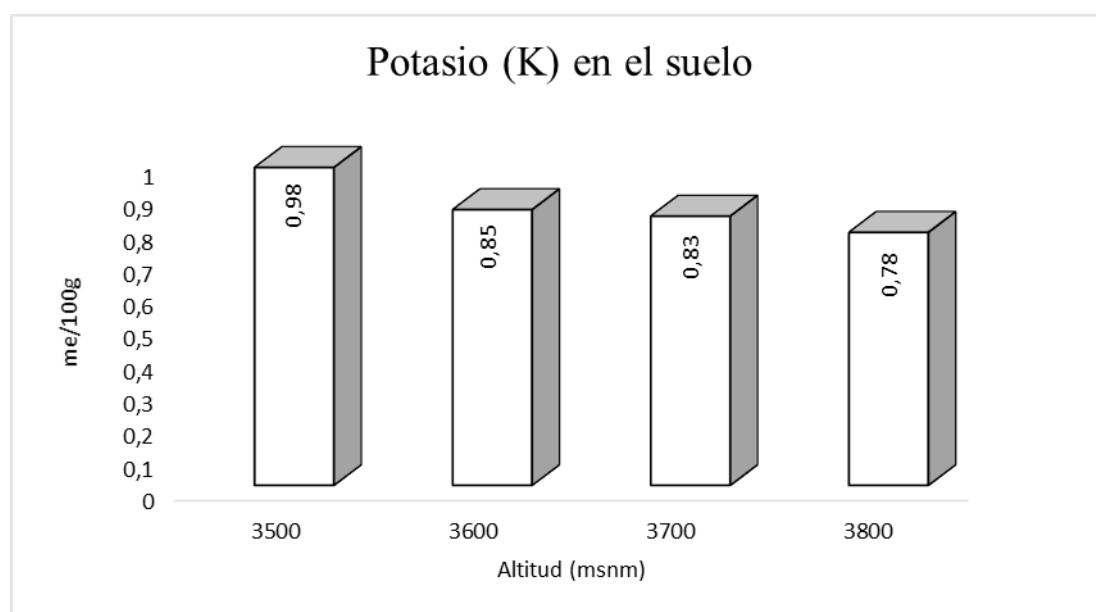
acumulación de fósforo es adecuada al ser un elemento inmóvil en el suelo y su presencia se da por el bloqueo de una parte del  $P_2O_5$ .

## 6. Potasio en el suelo

El análisis de varianza para determinar cantidad de potasio en el suelo (Cuadro 26) muestra que, ninguno de los cuatro tratamientos presenta diferencias altamente significativas.

**Cuadro 26.** Análisis de varianza para determinar potasio en el suelo

Factor de V.	gl	Scuad	C.medio	F	P	Significancia
Tratamiento	3	0,24	0,081	0,65	0,59	NS
Error	12	1,51	0,126			
Total	15	1,75				
C.V%	0,13					



**Gráfico 10.** Valores de potasio (k) en el suelo

Los valores promedio en pisos altitudinales a 3500, 3600, 3700 y 3800 msnm varían entre 0,78 y 0,98 meq/100g dentro del suelo de la zona evaluada como se observa en el (Gráfico 10) calificándose como valores altos concordando con CEO de Smart (2010) quienes manifiestan que valores de 0,7 a 2,0 meq/100g son considerados altos. Esto se debe a que este elemento posee escasa lixiviación, por lo que la disponibilidad de K es mayor en suelos con material inorgánico como la illita que es

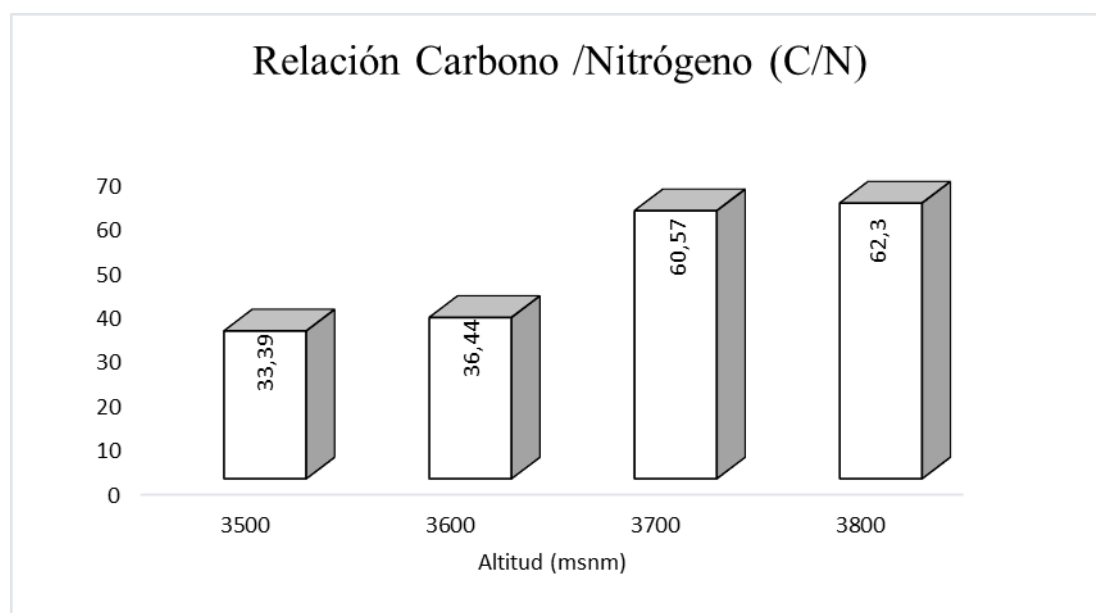
el principal portador de este elemento y que de acuerdo a la investigación se encontraron en suelos a 3500 msnm.

## 7. Relación Carbono Nitrógeno (C/N)

El análisis de varianza para la relación C/N en el suelo (Cuadro 27), muestra ninguno de los cuatro tratamientos presenta diferencias significativas.

**Cuadro 27.** Análisis de varianza para determinar la relación C/N en el suelo

Factor de V.	gl	Scuad	C.medio	F	P	Significancia
<b>Tratamiento</b>	3	2837	945,6	3,96	0,036	NS
<b>Error</b>	12	2866	238,8			
<b>Total</b>	15	5702				
<b>C.V%</b>	3,12					



**Gráfico 11.** Relación carbono/ nitrógeno en el suelo

La relación entre la cantidad de carbono y nitrógeno que existen en pisos altitudinales de 3500, 3600, 3700 y 3800 msnm se encuentra entre 33,39 y 62,30 por lo que dentro de este rango se considera de acuerdo a Villalbi (1988) que se da una baja liberación de nitrógeno, los suelos a diferente piso altitudinal evaluados

presentan una relación C/N lenta en donde será necesario aumentar las dosificaciones en cuanto a N.

### 8. Capacidad de intercambio catiónico (CIC)

El análisis de varianza para la capacidad de intercambio catiónico en el suelo (Cuadro 28), muestra que al menos uno de los cuatro tratamientos presenta diferencias altamente significativas.

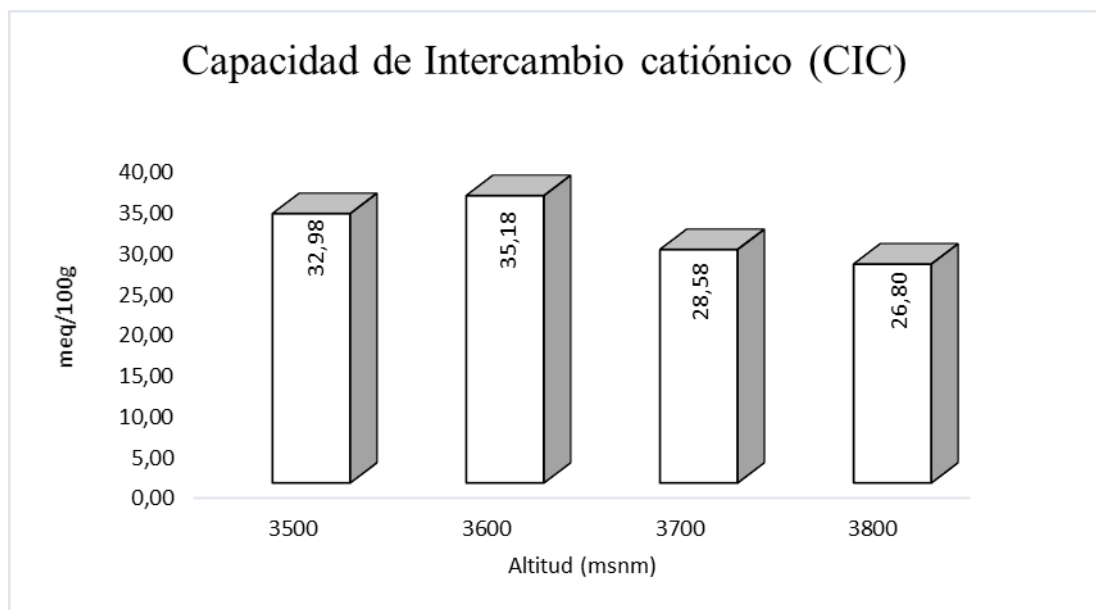
**Cuadro 28.** Análisis de varianza para determinar capacidad de intercambio catiónico.

Factor de V.	gl	Scuad	C.medio	F	P	Significancia
<b>Tratamiento</b>	3	179,43	59,81	19,6	0,00	**
<b>Error</b>	12	36,63	3,05			
<b>Total</b>	15	216,06				
<b>C.V%</b>	17,75					

La prueba de Tukey al 5 % (Cuadro 29) indica que la capacidad de intercambio catiónico en pisos altitudinales de 3500 y 3600 msnm son similares con valores de 32,98 y 35,18 ubicándose en el rango A. A diferencia de pisos altitudinales altos como de 3700 y 3800 msnm ya que representan valores medios de 28,58 y 26,80 ubicándose en el rango B.

**Cuadro 29.** Prueba de Tukey al 5% para para determinar capacidad de intercambio catiónico.

Piso Altitudinal	Código	Media (meq/100g)	Rango
<b>2</b>	3600	35,18	A
<b>1</b>	3500	32,98	A
<b>3</b>	3700	28,58	B
<b>4</b>	3800	26,80	B



**Gráfico 12.** Capacidad de intercambio catiónico en el suelo

Los suelos de la zona de Cuchitingue que se encuentran en pisos altitudinales de 3500 a 3800 msnm presentan valores de capacidad de intercambio catiónico altos con valores promedio de 32,98 y 35,18, 28,58 y 26,80 meq /100g respectivamente según Rioja, (2002) esto de acuerdo al alto contenido de materia orgánica con mayor adsorción y fuerza para la mayoría de los elementos metálicos sin tomar en cuenta algunos materiales inorgánicos no cristalinos.

Concordando con Krull et al., (2004), quienes dicen que la forma más común de interacción entre MOS, COS y cationes es mediante reacciones de intercambio catiónico, esto es, entre los grupos carboxílicos cargados negativamente en el caso.

Mientras que Benavides, (2000) manifiesta que el alto nivel de intercambio catiónico que presentan los suelos interandinos es producto de una mayor proporción de arena y limo por lo cual la superficie específica de intercambio de iones es baja.

## **9. Porcentaje de sodio intercambiable (PSI)**

El análisis de varianza para el porcentaje de sodio intercambiable (Cuadro 30), muestra que al menos uno de los cuatro tratamientos presenta diferencias altamente significativas.

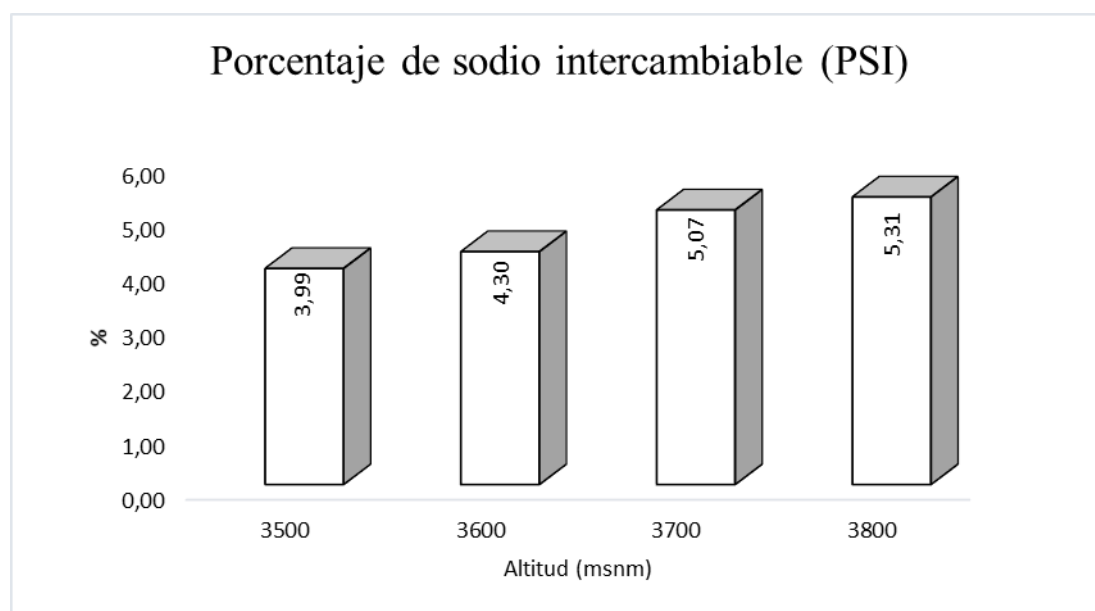
**Cuadro 30.** Análisis de varianza para determinar capacidad de intercambio catiónico

Factor de V.	gl	Scuad	C.medio	F	P	Significancia
Tratamiento	3	179,43	59,81	19,6	0,00	**
Error	12	36,63	3,05			
Total	15	216,06				
C.V%	17,75					

La prueba de Tukey al 5 % (Cuadro 31) indica el porcentaje de sodio intercambiable en pisos altitudinales de 3500 y 3600 msnm son similares con valores y 3,29 y 4,30 respectivamente ubicándose en el rango A, mientras que a 3700 y 3800 msnm valores medios son de 5,07 y 5,31 ubicándose en el rango B.

**Cuadro 31.** Prueba de Tukey al 5% para determinar porcentaje de sodio intercambiable

Piso Altitudinal	Código	Media (%)	Rango
4	3800	5,31	A
3	3700	5,07	A
2	3600	4,30	B
1	3500	3,99	B

**Gráfico 13.** Porcentaje de sodio intercambiable en suelos de la zona de Cuchitingue

**Tabla 8.** Porcentaje de sodio intercambiable

<b>Piso altitudinal</b>	<b>Muestra</b>	<b>PSI</b>	<b>Interpretación</b>
<b>3500</b>	A	4,65	Libre de sodio
	B	4,22	Libre de sodio
	C	4,04	Libre de sodio
<b>3600</b>	A	4,30	Libre de sodio
	B	4,03	Libre de sodio
	C	4,00	Libre de sodio
<b>3700</b>	A	3,90	Libre de sodio
	B	4,03	Libre de sodio
	C	5,19	Ligeramente sódico
<b>3800</b>	A	5,01	Ligeramente sódico
	B	5,56	Ligeramente sódico
	C	5,50	Ligeramente ácido

La zona de estudio presenta suelos con valores promedio diferentes entre altitud que van desde 3,99 y 4,30 (%) en pisos altitudinales de 3500 y 3600 msnm, así también para pisos de 3700 y 3800 msnm los valores son de 6,07 y 5,31 (%) mucho mayor considerándose suelos ligeramente sódicos, como se puede observar en el (Gráfico 13).

Esto concuerda con INTAGRI, (2003) quienes manifiestan que los suelos a menor altitud se consideran libres de sodio, y sin problemas de manejo mientras que los suelos que se encuentran en altitudes mayores deben manejarse con la aplicación de yeso para lograr características similares a los de rangos altitudinales menores.

### **10. Saturación de bases**

El análisis de varianza para el porcentaje de saturación de bases en el suelo (Cuadro 32), muestra que al menos uno de los cuatro tratamientos presenta diferencias altamente significativas.

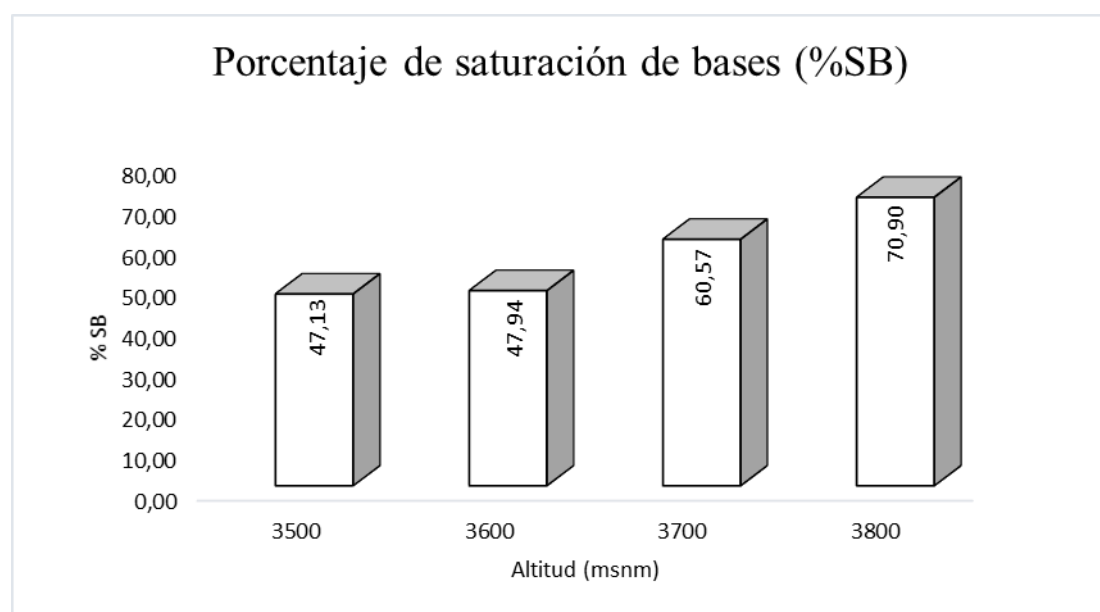
**Cuadro 32.** Análisis de varianza para determinar el porcentaje de saturación de bases en el suelo.

<b>Factor de V.</b>	<b>Gl</b>	<b>Scuad</b>	<b>C.medio</b>	<b>F</b>	<b>P</b>	<b>Significancia</b>
<b>Tratamiento</b>	3	1539	513,2	5	0,00	**
<b>Error</b>	12	1233	102,7			
<b>Total</b>	15	2772				
<b>C.V%</b>	5,59					

La prueba de Tukey al 5 % (Cuadro 33) indica el porcentaje de sodio intercambiable en pisos altitudinales de 3500 y 3600 msnm son similares con valores de 47,1 y 47,94 ubicándose en el rango B en relación a altitudes de 3700 y 3800 msnm que presentaron medias de 60,57 y 70,90, ubicándose en el rango A, resultando ser un valor mucho mayor en comparación a los pisos inferiores.

**Cuadro 33.** Prueba de Tukey al 5% para para determinar el porcentaje de saturación de bases en el suelo.

Piso Altitudinal	Código	Media (%)	Rango	
4	3800	70,90	A	
3	3700	60,57	A	B
2	3600	47,94	B	
1	3500	47,13	B	



**Gráfico 14.** Valores de porcentaje de saturación de bases en suelos de la zona de Cuchitingue.

**Tabla 9.** Porcentaje de saturación de bases en suelos de Cuchitingue

<b>Piso altitudinal</b>	<b>Muestra</b>	<b>%SB</b>	<b>Interpretación</b>
<b>3500</b>	A	49,45	Alta
	B	46,17	Alta
	C	55,99	Alta
<b>3600</b>	A	36,91	Alta
	B	50,05	Alta
	C	33,11	Alta
<b>3700</b>	A	48,01	Alta
	B	60,57	Muy alta
	C	68,93	Muy alta
<b>3800</b>	A	64,36	Muy alta
	B	74,88	Muy alta
	C	75,42	Muy alta

El valor del porcentaje de saturación de bases de los suelos evaluados en la zona de Cuchitingue, en pisos altitudinales bajos a 3500 y 3600 msnm se encuentran entre 47,13 % y 47,9 %, mientras que en pisos altitudinales de 3700 y 3800 msnm, se encontraron valores entre 60,5% y 70,90% respectivamente.

INTAGRI, (2003) definen a los valores de 30-60 niveles de saturación de bases alto si el valor como es el caso es mayor a 60 esta denominado como nivel muy alto, en donde posiblemente no se requiere aplicar elementos de nutrición por lo que toda la zona evaluada de Cuchitingue poseen suelos con niveles de saturación de bases alto y muy alto, esto asociado al porcentaje de materia orgánica que se encuentran en dichos pisos.

De acuerdo a Galantini, (2002) quien menciona que el porcentaje de saturación de bases en suelos con material orgánico alto, es un indicador de que el suelo dispone de fuente energética, que mantiene las características químicas de su material de origen y por lo contrario no requiere de aplicación de elementos, indicando que dentro de estos suelos la materia orgánica se encuentra en condiciones muy altas.

Los suelos forestales de Cuchitingue presentan alto material orgánico, como se mencionó es un indicador de fuente energética, sin embargo las deficiencias de elementos nutricionales a nivel nacional en sitios forestales están altamente relacionadas al uso anterior del terreno y su grado de erosión, efectivamente de la modificación como tal de las propiedades químicas y físicas del suelo ya que muchos



de los suelos erosionados, o abandonados son producto del intensivo y extractivo uso anterior agrícola, que no en todos los casos presentan buenas respuestas a la fertilización.

### **11. Relación de adsorción de sodio**

En suelos evaluados en pisos altitudinales de 3500, 3600, 3700 y 3800 msnm, la relación de adsorción de sodio resultó ser bajo, debido a la relación que existe con valores del PSI que a su vez se encontraban en niveles libres de sodio y ligeramente sódicos como se puede observar en la siguiente (Tabla 10).

Esto concuerda con Galantini, (2000), quien menciona que a pesar de que los suelos presenten un porcentaje de sodio intercambiable alto evitan que se den los efectos destructivos del sodio en su estructura, la salinidad excesiva es perjudicial para el crecimiento vegetativo (plantaciones) sobre todo en zonas donde la altitud es alta como es el caso de la zona evaluada y los procesos de meteorización son mucho más lentos.

**Tabla 10.** Relación de adsorción de sodio

Piso altitudinal	Muestra	RAS	Interpretación	PSI	Interpretación
<b>3500</b>	A	0,59	Muy bajo	4,65	Libre de sodio
	B	0,54	Muy bajo	4,22	Libre de sodio
	C	0,57	Muy bajo	4,04	Libre de sodio
<b>3600</b>	A	0,51	Muy bajo	4,30	Libre de sodio
	B	0,50	Muy bajo	4,03	Libre de sodio
	C	0,51	Muy bajo	4,00	Libre de sodio
<b>3700</b>	A	0,53	Muy bajo	3,90	Libre de sodio
	B	0,46	Muy bajo	4,03	Libre de sodio
	C	0,50	Muy bajo	5,19	Ligeramente sódico
<b>3800</b>	A	0,47	Muy bajo	5,01	Ligeramente sódico
	B	0,52	Muy bajo	5,56	Ligeramente sódico
	C	0,50	Muy bajo	5,50	Ligeramente ácido

## 12. Conductividad eléctrica

La conductividad eléctrica en los suelos de la zona evaluada en diferentes pisos altitudinales resultó encontrarse entre valores de 65,7 y 226 uS/cm, calificándose como suelos no salinos (muy bajo) de acuerdo a la interpretación Rioja Molina, (2002).

**Tabla 11.** Conductividad eléctrica del suelo

Piso altitudinal	Muestra	C.E uS/cm	Interpretación	pH	Interpretación
3500	A	226	Muy bajo	6,10	Débilmente ácido
	B	188,7	Muy bajo	6,30	Débilmente ácido
	C	207,35	Muy bajo	6,20	Débilmente ácido
3600	A	119,7	Muy bajo	6,20	Débilmente ácido
	B	11,7	Muy bajo	6,40	Débilmente ácido
	C	65,7	Muy bajo	6,12	Débilmente ácido
3700	A	140,4	Muy bajo	6,20	Débilmente ácido
	B	126,8	Muy bajo	6,10	Débilmente ácido
	C	133,6	Muy bajo	5,92	Moderadamente ácido
3800	A	123,2	Muy bajo	6,10	Débilmente ácido
	B	69,8	Muy bajo	6,32	Débilmente ácido
	C	96,5	Muy bajo	6,52	Débilmente ácido

## 13. Macroelementos (Ca, Mg y Na)

La disponibilidad de los macronutrientes (calcio, magnesio, sodio,) fue variable entre los suelos evaluados en la zona de Cuchitingue a 3500, 3600, 3700 y 3800 msnm como se observa en la siguiente (Tabla 12).

La cantidad de calcio en estos suelos es alta ya que se encuentran entre valores de 10,54 y 15,86 meq/100gr de acuerdo a CEO de Smart, (2010) quien manifiesta que valores mayores a 10 meq/100gr de calcio están calificados como altos.

La cantidad de Magnesio en los suelos evaluados a 3500, 3600, 3700 y 3800 msnm se encontraron mayores a 1,5 meq/100gr la cual se calificó de acuerdo a Guy Sela, (2010) quien menciona que valores de magnesio menores a 0,5 se encuentran en niveles bajo mientras que valores entre 0,5 y 1,5 (meq/100g) son valores de magnesio adecuados.

Finalmente la cantidad de sodio existente en suelos de 3500, 3600, 3700 y 3800 msnm es alto ya que estos valores deben ser menores a 1 (meq/100g) por lo que en comparación con datos evaluados en zonas con altitudes similares y más altas relacionan a la cantidad de sodio en los suelos con mayor contenido de limo y arcilla, concordando con Benavides (2000), quien menciona que el intercambio que presentan los suelos interandinos en diferentes alturas es producto de una mayor proporción de arena y limo por lo cual la superficie específica de intercambio de iones es baja.

**Tabla 12.** Cantidad de macroelementos en el suelo

<b>MACROELEMENTOS EN EL SUELO: meq/100g</b>							
<b>Piso altitudinal</b>	<b>Muestra</b>	<b>Ca</b>	<b>Interpretación</b>	<b>Mg</b>	<b>Interpretación</b>	<b>Na</b>	<b>Interpretación</b>
<b>3500</b>	A	10,5	Alto	1,4	Adecuado	1,45	Adecuado
	B	11,7	Alto	1,7	Alto	1,40	Adecuado
	C	11,1	Alto	1,5	Adecuado	1,43	Adecuado
<b>3600</b>	A	13,3	Alto	1,1	Alto	1,38	Bajo
	B	14,2	Alto	2,0	Alto	1,43	Adecuado
	C	13,7	Alto	1,5	Alto	1,41	Adecuado
<b>3700</b>	A	12,5	Alto	2,44	Alto	1,46	Adecuado
	B	15,8	Alto	2,80	Alto	1,42	Adecuado
	C	14,2	Alto	2,62	Alto	1,44	Adecuado
<b>3800</b>	A	13,7	Alto	3,53	Alto	1,39	Adecuado
	B	12,5	Alto	3,15	Alto	1,45	Adecuado
	C	13,1	Alto	3,34	Alto	1,42	Adecuado

En la mayoría de lotes evaluados, la cantidad de nutrientes como calcio magnesio y sodio dentro de la zona de Cuchitingue se encuentran en niveles altos y adecuados por lo disponibles en la solución del suelo o en la fase intercambiable.

#### **14. Microelementos (Fe, Zn, Mn)**

La disponibilidad de los elementos en el suelo a 3500, 3600, 3700 y 3800 msnm para el zinc resultó encontrarse en los valores de 0,5 y 1,5 8 (mg/l) calificándolos como suelos con bajo y adecuada cantidad de zinc, esto de acuerdo a CEO de Smart, (2010) quienes mencionan que los valores menores a 1 (mg/l) se encuentran en un nivel bajo y mayores a 1,5 ppm en el suelo como se observa en la (Tabla 13)

Los suelos de la zona presentan alto contenido de hierro con valores de 11,4 y 47 mg/l en los diferentes rangos altitudinales, de acuerdo a Guy Sela (2010) quien menciona que valores de Fe mayores a 5 mg/l se interpretan como niveles altos dentro del suelo. La cantidad de Manganeso (Mn) en los suelos evaluados a 3500, 3600, 3700, y 3800 msnm se encontraron en rangos de 0,3 y 6,7 (mg/l) calificándose en nivel bajo y adecuado, esto se debe a que actualmente se encuentran ocupados por masa boscosa que no ha sido intervenida en ninguno de los lotes a diferentes pisos altitudinales.

**Tabla 13.** Microelementos en el suelo

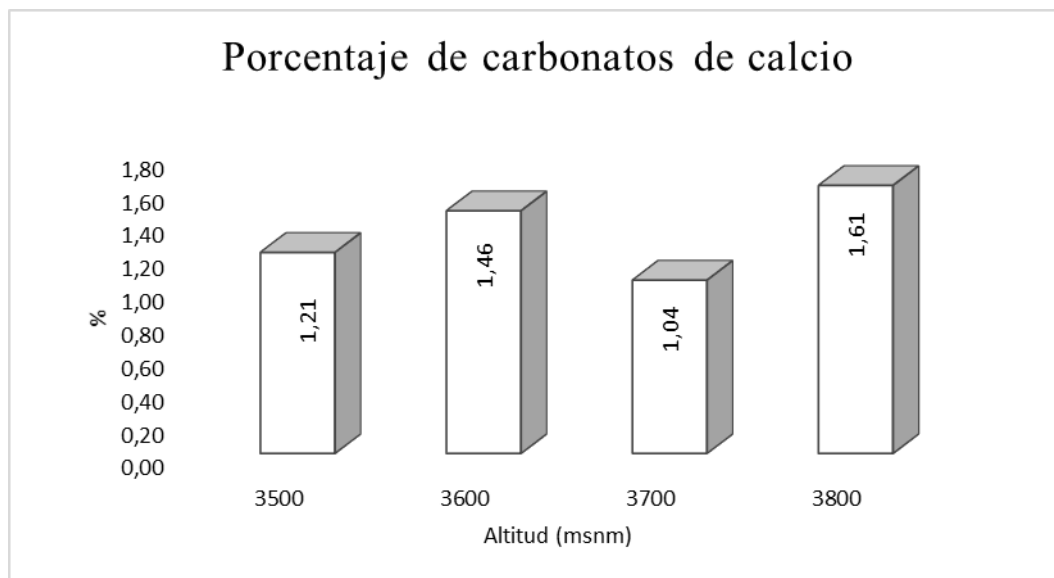
<b>MICROELEMENTOS EN EL SUELO: mg/l</b>							
<b>Piso altitudinal</b>	<b>Muestra</b>	<b>Zn</b>	<b>Interpretación</b>	<b>Fe</b>	<b>Interpretación</b>	<b>Mn</b>	<b>Interpretación</b>
<b>3500</b>	A	1,8	Adecuado	38,0	Alto	3,3	Adecuado
	B	1,0	Bajo	34,8	Alto	2,3	Adecuado
	C	1,4	Bajo	36,4	Alto	2,8	Adecuado
<b>3600</b>	A	0,8	Bajo	11,4	Alto	0,3	Bajo
	B	0,2	Bajo	33,9	Alto	3,0	Adecuado
	C	0,5	Bajo	22,7	Alto	1,7	Adecuado
<b>3700</b>	A	1,0	Bajo	26,4	Alto	0,8	Adecuado
	B	2,4	Adecuado	22,8	Alto	6,7	Adecuado
	C	1,7	Adecuado	24,6	Alto	3,7	Adecuado
<b>3800</b>	A	2,8	Adecuado	47,0	Alto	5,4	Adecuado
	B	1,5	Adecuado	19,4	Alto	4,3	Adecuado
	C	2,1	Adecuado	33,2	Alto	4,9	Adecuado

### **15. Carbonatos de calcio (CaCO<sub>3</sub>)**

Los suelos de la zona de Cuchitingue a los 3500, 3600, 3700 y 3800 msnm, (Gráfico 15) poseen valores que van de 1,04 % a 1,61% definiéndose como un suelo libre de carbonatos de calcio con la denominación de muy bajo, mientras que suelos que se encuentren con valores mayores a 2 % (Tabla 14), son denominados suelos con carbonatos de calcio bajo, existirá la necesidad de aplicar en medida sulfatos, esto de acuerdo a CEO de Smart (2010) quien califica a los suelos con los valores mencionados.

**Tabla 14.** Porcentaje de carbonatos de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ) en el suelo de Cuchitingue.

Piso altitudinal	Muestra	$\text{CaCO}_3$ (%)	Interpretación
3500	A	0,87	Muy bajo
	B	1,50	Muy bajo
	C	1,25	Muy bajo
3600	A	1,00	Muy bajo
	B	2,00	Bajo
	C	1,38	Muy bajo
3700	A	0,63	Muy bajo
	B	1,00	Muy bajo
	C	1,50	Muy bajo
3800	A	2,12	Bajo
	B	1,25	Muy bajo
	C	1,46	Muy bajo

**Gráfico 15.** Porcentaje de carbonatos de calcio en el suelo

## C. DESCRIPCIÓN DE PERFIL DEL SUELO

### 1. Descripción de perfil del suelo al piso altitudinal 3500 msnm

En el análisis físico a cada uno de los horizontes del perfil se obtuvo que:

Horizonte O se encontró desde la superficie a una profundidad de 0-8 cm con alto contenido de raíces, desechos orgánicos, el material encontrado no presentó cambios morfológicos con relación al aspecto original.

Horizonte A se encontró desde la superficie a una profundidad de 8 - 15cm con un fuerte contenido de raíces, de consistencia suelta, presenta un color oscuro con alto contenido de materia orgánica.

Horizonte B se encontró a una profundidad de 15 – 25 cm de consistencia muy densa, y de color café oscuro.

Horizonte C se encontró a una profundidad de 25 – 77cm con un contenido de raíces finas leve, de consistencia densa y de color oscuro

El horizonte R se encuentra a una profundidad 108 cm con poco contenido de raíces finas de consistencia densa y de color amarillo oscuro, aparentemente con un grado de pedregosidad de 50%.

El perfil se ubicó en el rodal 1757(A2) de *pinus radiata* en el sector Cuchitingue sus características fueron las siguientes:

**Tabla 15:** Características del rodal.

<b>Aspectos identificados</b>	<b>Especificaciones</b>
<b>Uso anterior</b>	Plantación
<b>Forma del terreno</b>	Irregular
<b>Tipo de vegetación</b>	Pajonal
<b>Abundancia de vegetación</b>	Media
<b>Altura media</b>	65 cm
<b>Altura dominante</b>	80 cm
<b>Edad</b>	6 meses
<b>Pendiente</b>	30 %
<b>pH preliminar del suelo</b>	6,9 metros

## **2. Descripción del perfil del suelo al piso altitudinal 3600 msnm**

En el análisis físico a cada uno de los horizontes del perfil se obtuvo que:

Horizonte O se encuentra desde la superficie a una profundidad de 0 a 10 cm con material orgánico, con micorrizas, con material sin desintegración mecánica.

Horizonte A se encuentra desde la superficie a una profundidad de 10– 35 cm con un fuerte contenido de raíces, de consistencia suelta, presenta un color oscuro con alto contenido de materia orgánica.

Horizonte B se encuentra a una profundidad de 35 – 70 cm de consistencia muy densa, y de color café oscuro.

Horizonte C se encuentra a una profundidad de 70 – 100 cm con un contenido de raíces finas leve, de consistencia densa y de color oscuro.

Horizonte R se encuentra a una profundidad 102 cm con un poco contenido de raíces finas de consistencia densa y de color amarillo oscuro, aparentemente con un grado de pedregosidad de 50%.

El perfil se ubicó en el rodal 1717(A1) de *pinus radiata* en el sector Cuchitingue sus características fueron las siguientes:

**Tabla 16.** Características del rodal.

<b>Aspectos identificados</b>	<b>Especificaciones</b>
<b>Uso anterior</b>	Plantación
<b>Forma del terreno</b>	Irregular
<b>Tipo de vegetación</b>	Pajonal
<b>Abundancia de vegetación</b>	Media
<b>Altura media</b>	65 cm
<b>Altura dominante</b>	80 cm
<b>Edad</b>	22 años
<b>Pendiente</b>	25 %
<b>pH preliminar del suelo</b>	6,9 metros

### **3. Descripción del perfil del suelo al piso altitudinal 3700 msnm**

En el análisis físico en campo a cada uno de los horizontes del perfil se obtuvo que:

Horizonte O se desde la superficie a una profundidad de 0 -12 cm con desechos vegetales, micorrizas, presenta desecho orgánico sin sustancia fina.

Horizonte A se encuentra a una profundidad de 12 -35 cm con un fuerte contenido de raíces, de consistencia densa, presenta un color oscuro con alto contenido de materia orgánica.

Horizonte B se encuentra a una profundidad de 35 – 72 cm de consistencia muy densa, y de color oscuro, con alto contenido de material orgánico.

Horizonte C se encuentra a una profundidad de 72 – 100 cm con un contenido de raíces finas leve de consistencia densa y de color oscuro.

Horizonte R se encuentra a una profundidad 101cm con un fuerte contenido de raíces finas de consistencia densa y de color amarillo oscuro, aparentemente con un grado de pedregosidad de 30%.

El perfil se ubicó en el rodal 1735(A2) de *pinus radiata* en el sector cuchitingue sus características fueron las siguientes:

**Tabla 17.** Características del rodal.

<b>Aspectos identificados</b>	<b>Especificaciones</b>
<b>Uso anterior</b>	Plantación
<b>Forma del terreno</b>	Irregular
<b>Tipo de vegetación</b>	Pajonal
<b>Abundancia de vegetación</b>	Abundante
<b>Altura media</b>	1,00 cm
<b>Altura dominante</b>	97 cm
<b>Edad</b>	16 años
<b>Pendiente</b>	45 %
<b>pH preliminar del suelo</b>	6,14 metros



#### **4. Descripción del perfil del suelo al piso altitudinal 3800 msnm**

En el análisis físico en campo a cada uno de los horizontes del perfil se obtuvo que:

Horizonte O se encontró desde la superficie a una profundidad de 0 – 10 cm, con material orgánico reconocible, micorrizas, desechos que no presentan cambios morfológicos sin desintegración mecánica.

Horizonte A se encontró a una profundidad de 10 – 52 cm con poco contenido de raíces, de consistencia densa, presenta un color oscuro.

Horizonte B se encontró a una profundidad de 52 – 70 cm de consistencia muy densa, y de color café oscuro.

Horizonte C se encuentra a una profundidad de 70 - 100 cm con poco contenido de raíces finas de consistencia suelta y de color oscuro.

Horizonte R se encuentra a una profundidad 101 cm con un fuerte contenido de raíces finas de consistencia densa y de color amarillo oscuro, aparentemente con un grado de pedregosidad de 25 %.

Este l perfil se ubicó en el rodal 1927A1 de *pinus radiata* en el sector Cuchitingue sus características fueron las siguientes:

**Tabla 18.** Características del rodal.

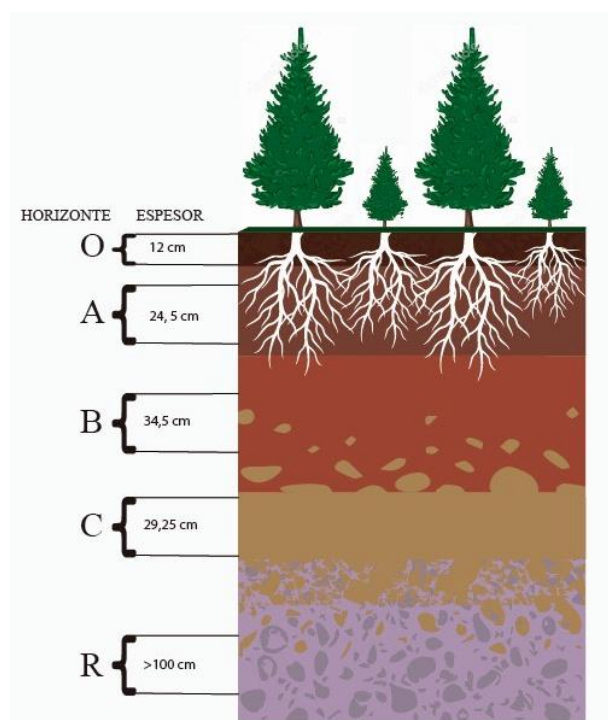
<b>Aspectos identificados</b>	<b>Especificaciones</b>
<b>Uso anterior</b>	Pajonal
<b>Forma del terreno</b>	Irregular
<b>Tipo de vegetación</b>	Pajonal
<b>Abundancia de vegetación</b>	Media
<b>Altura media</b>	1,30 cm
<b>Altura dominante</b>	1,00 cm
<b>Edad</b>	13 años
<b>Pendiente</b>	35 %
<b>pH preliminar del suelo</b>	6,7 metros

Los suelos ubicados en el sector de Cuchitingue, disponen de cinco horizontes:

Horizonte O que alcanza una profundidad promedio de 12 cm; horizonte A que alcanza un espesor promedio de 24,5 cm; horizonte B que alcanza un espesor promedio de 34,5 cm; horizonte C que alcanza un espesor promedio de 29,25 cm; horizonte R que alcanza un espesor mayor a 100 cm.

Por lo tanto, los suelos de la zona de Cuchitingue se definen como suelos minerales de textura modernamente gruesa, de topografía variable y predominante pendiente, poco desarrollados que se encuentran en un orden de sulf, en gran grupo y sulfic, humaqueptic, andic, al nivel de subgrupo.

Alguno de los suelos de Cuchitingue están definidos también como suelos sulf, hum, dystr, al nivel de gran grupo perteneciente a inceptisol, característica de estos suelos ya que poseen influencia de depósito fluviónico, están formados por materiales líticos de naturaleza volcánica como residuales.



**Gráfico 16.** Disposición de los horizontes del suelo en la zona de Cuchitingue

## **VIII. CONCLUSIONES**

1. Los suelos de la zona de Cuchitingue se encuentra caracterizada como suelos del orden entisol con la denominación de sulf en gran grupo y sulfic, humaqueptic y andic, al nivel de subgrupo, no poseen horizontes de diagnóstico, son suelos poco desarrollados en pisos altitudinales que van en un rango de 3500 y 3600 msnm; mientras que, para las zonas de pisos altitudinales de 3700 a 3800 msnm encontramos suelos del orden incépsitol a nivel de grupo se encuentran en la denominación de sulf, hum y dystr, estos suelos están formados por materiales líticos de naturaleza volcánica y sedimentaria.

2. La altitud de la zona no influye de forma directa en las características del suelo ya que, edafológicamente los suelos de la zona de Cuchitingue presentan propiedades físico-químicas favorables para el aprovechamiento forestal.

3. Los estudios realizados en el suelo de la zona de Cuchitingue indican que es necesario incorporar nitrógeno, fósforo y potasio, mediante formulaciones de lenta liberación.

Para el manejo de plantaciones de forma intensiva, la fertilización y el adecuado control de malezas, se considera como una alternativa importante para el aumento de la productividad forestal de especies, acompañadas del manejo del recurso suelo sin descartar labores conservacionistas.

## **IX. RECOMENDACIONES**

1. Realizar evaluaciones del perfil del suelo con características similares a la zona de Cuchitingue, para evaluar la fertilidad en relación a la altitud, pendiente, precipitación y uso del suelo.
2. Realizar estudios de suelo enmarcados a la parte microbiológica y su interacción con la fertilidad, en donde se pueda reconocer cantidad de población de hongos, bacterias, macro y micro vertebrados.
3. Realizar investigaciones sobre los efectos del N, P, K en plantaciones de producción forestal acompañadas de dosis y formulaciones según los requerimientos nutricionales de la especie.

## X. RESUMEN

La presente investigación propone: caracterizar las propiedades físico-químicas de los suelos en Aglomerados Cotopaxi, S, A, en el sector Cuchitingue, cantón Latacunga, provincia de Cotopaxi; se utilizó el diseño completamente al azar (DCA) con cuatro tratamientos y cuatro repeticiones. El coeficiente de variación se expresó en porcentaje y se realizó la prueba de Tukey al 5% obteniendo los siguientes resultados relacionados a la fertilidad del suelo de la zona, el porcentaje de humedad a 3500 y 3600 msnm presentan valores promedio de 21,29 % y 16,71 % respectivamente, mientras que a 3700 y 3800 msnm los valores tienden a diferir por la elevación y la temperatura menor en donde se da mayor fluctuación, mayor caída pluviométrica y mayor erosividad. En cuanto al porcentaje de materia orgánica se encontró que en pisos altitudinales de 3500 a 3600 msnm presentaron valores promedio entre 19,60 y 19,37 %, a diferencia de los suelos que se encuentran en 3700 y 3800 msnm en donde la materia orgánica se encuentra con valores más bajos entre 15,84 y 14,78 %, esto se debe a que algunos suelos en donde los valores de materia orgánica, actualmente se encuentran intervenidos (fertilizados). Se concluye que los suelos de la zona son de orden incépsitol y entisol con características físico-químicas similares en cada rango altitudinal, edafológicamente, aptos para el aprovechamiento forestal.

**Palabras clave:** SUELOS- PROPIEDADES FÍSICO-QUIMICAS- PISO ALTITUDINAL- FERTILIDAD DEL SUELO.

**Por:** Fernanda Galarza



## XI. SUMMARY

The present investigation proposes: to characterize the physicochemical properties of the soils in Aglomerados Cotopaxi, S, A, in the Cuchitingue sector, Latacunga canton, Cotopaxi province; the completely randomized design (DCA) was used with four treatments and four repetitions. The coefficient of variation was expressed as a percentage and the 5% Turkey test was performed, obtaining the following results related to soil fertility in the area, the percentage of humidity at 3500 and 3600 meters above sea level has average values of 21.29% and 16.71% respectively, while at 3,700 and 3,800msnm the values tend to differ due to the elevation and the lower temperature where there is greater fluctuation, greater rainfall and greater erosivity. Regarding the percentage of organic matter, it was found that on altitude floors of 3500 to 3600 meters above sea level, they presented average values between 19.60 and 19.37%, unlike the soils found at 3700 and 3800 meters above sea level where organic matter is found. found with lower values between 15.84 and 14.78%, this is because some soils where the values of organic matter are currently intervened (fertilized). It is concluded that the soils in the area are of the order inceptisol and entisol with similar physicochemical characteristics in each altitudinal range, edaphologically, suitable for forest use.

Keywords: SOILS - PHYSICAL-CHEMICAL PROPERTIES - ALTITUDINAL FLOOR - SOIL FERTILITY



## X. BIBLIOGRAFÍA

- Aguas, M. D. E., & Poveda, J. (2005). *La toxicidad por exceso de Mn y Zn disminuye la producción de materia seca, los pigmentos foliares y la calidad del fruto en fresa*. 23(2), 283–289.
- Amezcuca, J. (2017). *Zinc en suelos*. Universidad Nacional Autónoma de México. (4ª ed.). 68, 3-4.
- Andrade, H. J., & Ibrahim, M. (2003). *¿Cómo monitorear el secuestro de carbono en los sistemas silvopastoriles?* 10(Ecuación 1), 109–116.
- Andrades, M., & Martínez, E. (2006). *Fertilidad del suelo y parámetros que la definen*. (3ª ed.). 30(23), 3.
- Bayon, C., & Ditschar, B. (2012). *A redescubrir para su aplicación en cereales*. p.1. Recuperado el 21 de diciembre de 2019, de <https://www.kali-gmbh.com/es/pdf-articles/article-20120323-vida-rural-magnesio-macroelemento-aplicacion-cereales.pdf>.
- Benavides, G., & González, E. (1988). *Determinación de las propiedades ándicas y clasificación de algunos suelos de páramo*. Suelos Ecuatoriales 18(1), 58-64.
- Benavides, C. (2000). *Caracterización de sitios con Pinus radiata D. Don en un transecto altitudinal con suelos vitrans de los páramos del Cotopaxi, Ecuador*. (Tesis grado. Ingeniero Forestal). Universidad Austral de Chile. Valdivia. p. 83.
- Buytaert, Deckers, W., & Wyseure, G. (2007). *Regional variability of volcanic ash soils in south Ecuador: the relation with parent material, climate and land use*. Catena 70(2): 143-154.
- Blanquer, G., Manuel, J., & Asensio, I. (2003). *El espacio poroso del suelo*. 12(3), 629.

- Calcio, P., & Del, Y. M. (2004). *Potasio calcio y magnesio del suelo* 1, 1–12.
- Cardona, Z., & Cristancho, F. (2008). *La humedad en las propiedades físicas del suelo* La Succi. 1–20.
- Ceo de smart, (2010). *Manual de interpretación de suelos*. Recuperado el 12 de diciembre del 2019. <https://www.smart-fertilizer.com/es/articles/soil-test-interpretation>. México.
- Cirn, B. L. (2003). *Importancia del pH y la Conductividad Eléctrica (C E) en los sustratos para plantas*. (150), 4-8.
- Conti, M. E. (2005). *Dinámica de la liberación y fijación de potasio en el suelo*. (1017), 1–14.
- Conti, M. E., Horra, A. M., Effrom, D., & Jimenez, M. P. (1993). *Alteración producida en la relación cantidad-intensidad de potasio (Q/I) de algunos suelos argentinos afectados por el laboreo continuo*. *Agrochimica*. 37, 4-5.
- Galantini, J. (2002). *Contenido y calidad de las fracciones orgánicas del suelo bajo rotaciones con trigo en la región semiárida pampeana*. Inta, Argentina. *RIA*, 30, 125-146.
- García, F., & Maass, V. (1998). *Efecto de la transformación de la selva a pradera sobre la dinámica de los nutrientes en un ecosistema tropical estacional en México*, *Bol. Soc. Bot. de México*. (62), 39 – 48.
- Sela, G., (2010). *Guía de interpretación de análisis de suelos*. Recuperado el 10 de noviembre del 2019. <https://www.smart-fertilizer.com/es/articles/soil-test-interpretation> México.
- Griffiths, R., Madritch, M., & Swanson, A. (2009). *The effects of topography on forest soil characteristics in the Oregon Cascade Mountains (USA): Implications for the effects of climate change on soil properties*. *Forest Ecology and Management*, 257(1), 1-7.



- Grubb, P. J. (1995). *Mineral nutrition and soil fertility in tropical rain forest tropical forest: management and ecology*. Springer-Verlag, Ecological Studies. New York, USA. 112, pp. 308-330.
- Holdridge, L. (1967). *Life zone ecology*. San Jose, Costa Rica: Tropical Science Center.
- Institución dedicada a la Capacitación Agrícola y a la Transferencia de Tecnología. (2003). *Manual de interpretación de suelos y aguas*. (2ª. ed.). (12), 30-53.
- Jackson, M. (1964). *Análisis químico de suelos* (Traducido por J. Bertrán). Barcelona, España: Omega. p. 662.
- Kaurichev, I. (1984). *Prácticas de Edafología*. Moscú: MIR. p. 286.
- Kane, E., Schuur, E., & Dutta, K. (2005). *Soil carbon stabilization along climate and stand productivity gradients in black spruce forests of interior Alaska*. Canadian Journal of Forest Research. 35(9), 2118–2129.
- Kass, C. L. D. (1998). *Fertilidad de suelos*. Euned, San José Costa Rica. p.232
- Krull, E., & Skjemstad, S. (2004). *Functions of soil organic matter and the effect on soil properties*. Grains Research & Development Corporation report Project No CSO
- Lezcano, G., Isabel, M., Lezcano, D., & Ortíz, M. V. De. (n.d.). *Relación carbono-nitrógeno en suelos de sistemas silvopastoriles del Chaco paraguayo*. 9(46), 4–26. Recuperado el 2 de noviembre del 2019 <http://www.scielo.org.mx/pdf/remcf/v9n46/2007-1132-remcf-9-46-4.pdf>.
- Mengel, K., & Kirkby, E. A. (2000). *Principios de nutrición vegetal*. Suezia: instituto internacional de la potasa. (4ª. ed.) pp. 6-7.
- Mengel, K., & Rahmatullah, C. (1994). *Exploitation of K by various crops species from primary minerals in soils rich in micas*. Biol.Fertili. Soils 17, 75-79.

- Montenegro, H., & Malagón, D. (1990). *Propiedades físicas de los suelos*. Bogotá: Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). p. 813.
- Navarro, G., & Navarro, S. (2000). *Química agrícola: el suelo y los elementos químicos esenciales para la vida vegetal*. Madrid: Mundi-Prensa. p. 488.
- Polo, V., Vázquez, F. M., & Menjivar, C. (2014). *Formas de hierro y aluminio en suelos con diferentes usos en la zona norte del departamento del Magdalena*. Colombia.
- Porta, J., López, A., & Roquero, C. (2003). *Edafología para la agricultura y el medio ambiente*. (3ª. ed.). Madrid: Mundi Prensa. p. 960.
- Ramón, M., Blanquer, G., Manuel, J., & Asensio, I. (2001). *La estructura de un suelo*.3(12).
- Ramón, M., Gisbert, H., Manuel, J., & Asensio, I. (2001). *El color del suelo*. 222.
- Restrepo, J. (2001). *Fundamentos de química general*. (1ª. ed.). Medellín: Universidad Nacional de Colombia. p. 200.
- Rioja. (2002). *Manual de interpretación química de suelos*. (3ª. ed.). Ciudad real, España: 5 (12): 5-8.
- Romero, A., & Flores, L. (2017). *El zinc en las plantas*. 68: 28–35. Recuperado el 1 de Julio del 2019 [https://www.revistaciencia.amc.edu.mx/images/revista/68\\_3/PDF/zinc\\_plantas.pdf](https://www.revistaciencia.amc.edu.mx/images/revista/68_3/PDF/zinc_plantas.pdf).
- Rucks, L., Garcia, F., Kaplán, A., Ponce de León, J., & Hill, M. (2004). *Propiedades Físicas del Suelo* (Universidad de la República). Recuperado el 2 de agosto del 2019 <http://bibliofagro.pbworks.com/f/propiedades+fisicas+del+suelo.pdf>.

- Sánchez, P. (1981). *Suelos del trópico: características y manejo*. San José. Costa Rica: IICA. p. 534.
- Soil survey division staff. SSDS. (1993). *Soil survey manual*. Handbook .18(2):2-3.
- Scatter, J., Grez, R., & Gerding, V. (2003). *Manual para el reconocimiento de suelos*. (3<sup>a</sup>. ed.). Valdivia, Chile: Universidad Austral de Chile.
- Shoji, S., Dahlgren, R., & Nanzyo, M. (1993). *Genesis of volcanic ash soils*. pp. 37-71. In: Shoji S., M. Nanzyo and R. Dahlgren (eds.). *Volcanic ash soils: genesis, properties and utilization*. Developments in Soil Science 21. Elsevier Science Publishers. Amsterdam. p. 288.
- Thompson, L., & Troeh, F. (1988). *Los suelos y su fertilidad*. Barcelona, España: Revert. pp. 135-169.
- Thompson, L., & Frederick, R. (2002). *Los suelos y su fertilidad* (4<sup>a</sup>. ed.). Barcelona-España: Reverte. Recuperado el 28 de septiembre del 2019. [https://books.google.com.ec/books?hl=es&lr=&id=AegjDhEIVAQC&oi=fnd&pg=PR9&dq=+fertilidad+suelos+forestales+&ots=QKeNCAnoZK&sig=fe9CdrsN89SB8SnZUK3F\\_HHBPME&redir\\_esc=y#v=onepage&q=fertilidad%20suelos%20forestales&f=false](https://books.google.com.ec/books?hl=es&lr=&id=AegjDhEIVAQC&oi=fnd&pg=PR9&dq=+fertilidad+suelos+forestales+&ots=QKeNCAnoZK&sig=fe9CdrsN89SB8SnZUK3F_HHBPME&redir_esc=y#v=onepage&q=fertilidad%20suelos%20forestales&f=false).
- Tonneijck, F., Plicht, J., Jansen, B., & Verstraten, J. (2006). *Radiocarbon dating of soil organic matter fractions in Andosols in northern Ecuador*. *Radiocarbon*. 48(3), 337–353.
- United states department of agriculture, (2001). *Agricultural management effects on earthworm populations*. Soil Quality-agronomy technical notes on the effects of land management on soil quality. Soil Quality Institute. 12(1), pp. 5-8.
- Villalbí, I., & Vidal, P. (1988). *Análisis de suelo y foliares: interpretación y fertilización*. Barcelona: Fundación Caja de Pensiones.

- United states department of agriculture, (2004). *Soil survey laboratory methods manual*, Burt, R. (ed.), Soil Survey Investigations Report, no. 42, version 4.0, United States Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Services.
- Villarroel, R. (2000) *Diagnóstico de la fertilidad del suelo*. Chile: Instituto de Investigaciones Agropecuarias – Centro Regional de Investigación Remehue serie Actas N° 4 p. 71.

## XI. ANEXOS

**Anexo 1.** Propiedades Físicas de los suelos en el sector Cuchitingue, cantón Latacunga, provincia de Cotopaxi.

Piso altitudinal	Muestra	Código	PARÁMETROS FÍSICOS				
			Dr (gr/cm)	% Porosidad	Interpretación	Color	Descripción
3500	A	F1	2,59	40,53	Baja	10YR 2/2	Pardo muy oscuro
	B	F2	2,57	45,07	Baja	10YR 2/2	Pardo muy oscuro
	C	F3	2,57	42,78	Baja	10YR 2/2	Pardo muy oscuro
3505	A	F4	2,56	46,60	Baja	10YR 3/3	Pardo oscuro
	B	F5	2,56	46,69	Baja	10YR 3/1	Pardo grisáceo muy oscuro
	C	F6	2,56	46,59	Baja	10YR 3/3	Pardo oscuro
3535	A	F7	2,43	42,52	Baja	10YR 3/1	Pardo grisáceo muy oscuro
	B	F8	2,43	44,49	Baja	10YR 3/2	Pardo grisáceo
	C	F9	2,43	43,50	Baja	10YR 3/2	Pardo grisáceo
3590	A	F10	2,56	47,36	Baja	10YR 3/2	Pardo grisáceo
	B	F11	2,58	47,74	Baja	10YR 3/3	Pardo oscuro
	C	F12	2,57	47,53	Baja	10YR 3/3	Pardo oscuro
3600	A	F13	2,52	49,89	Baja	10YR 4/3	Pardo oscuro
	B	F14	2,52	45,17	Baja	10YR3/3	Pardo oscuro
	C	F15	2,51	47,52	Baja	10YR 4/3	Pardo oscuro
3605	A	F16	2,59	40,84	Baja	10YR 4/3	Pardo oscuro
	B	F17	2,49	38,64	Baja	10YR 3/3	Pardo oscuro
	C	F18	2,53	39,74	Baja	10YR 4/3	Pardo oscuro
3660	A	F19	2,52	42,60	Baja	10YR 4/3	Pardo oscuro
	B	F20	2,55	43,37	Baja	10YR 3/1	Gris muy oscuro
	C	F21	2,54	42,96	Baja	10YR 4/3	Pardo oscuro
3680	A	F22	2,56	50,47	Baja	10YR 3/1	Gris muy oscuro
	B	F23	2,56	50,39	Baja	10YR 2/2	Pardo muy oscuro
	C	F24	2,56	50,42	Baja	10YR3/3	Pardo oscuro
3700	A	F25	2,50	41,04	Baja	10YR 3/1	Gris muy oscuro
	B	F26	2,51	34,76	Baja	10YR 3/1	Gris muy oscuro
	C	F27	2,50	37,90	Baja	10YR 3/1	Gris muy oscuro
3705	A	F28	2,34	37,99	Baja	10YR 3/1	Pardo grisáceo muy oscuro
	B	F29	2,28	36,26	Baja	10YR 3/1	Pardo grisáceo muy oscuro
	C	F30	2,30	37,12	Baja	10YR 3/1	Pardo grisáceo muy oscuro
3740	A	F31	2,57	46,99	Baja	10YR 3/2	Pardo grisáceo
	B	F32	2,54	46,36	Baja	10YR 3/2	Pardo grisáceo
	C	F33	2,50	46,67	Baja	10YR 3/2	Pardo grisáceo
3760	A	F34	2,59	45,52	Baja	10YR 2/2	Pardo muy oscuro
	B	F35	2,54	44,31	Baja	10YR 2/2	Pardo muy oscuro
	C	F36	2,55	44,91	Baja	10YR 3/2	Pardo grisáceo
3800	A	F37	2,50	43,10	Baja	10YR 3/1	Gris muy oscuro
	B	F38	2,55	42,32	Baja	10YR 3/3	Pardo oscuro
	C	F39	2,51	42,71	Baja	10YR 3/1	Gris muy oscuro
3805	A	F40	2,55	41,19	Baja	10YR 3/1	Gris muy oscuro
	B	F41	2,59	42,09	Baja	10YR 3/1	Gris muy oscuro
	C	F42	2,56	41,60	Baja	10YR 3/1	Gris muy oscuro
3860	A	F43	2,49	40,24	Baja	10YR 3/1	Gris muy oscuro
	B	F44	2,47	39,66	Baja	10YR 3/1	Gris muy oscuro
	C	F45	2,46	39,93	Baja	10YR 3/1	Gris muy oscuro
3880	A	F46	2,50	44,08	Baja	10YR 3/1	Gris muy oscuro
	B	F47	2,50	44,10	Baja	10YR 3/1	Gris muy oscuro
	C	F48	2,49	44,05	Baja	10YR 3/10	Pardo muy oscuro

**Anexo 2.** Propiedades Físicas de los suelos en el sector Cuchitingue, cantón Latacunga, provincia de Cotopaxi.

Piso altitudinal	Muestra	PARÁMETROS FÍSICOS				
		Código	%Arena	%Limo	%Arcilla	Clase Textural
3500	A	F1	88	11	1	Arena franca
	B	F2	92	7	1	Arena franca
	C	F3	90	9	1	Arena franca
3505	A	F4	88	11	1	Arena franca
	B	F5	90	9	1	Arena
	C	F6	90	9	1	Arena franca
3535	A	F7	92	7	1	Arena
	B	F8	90	9	1	Arena
	C	F9	90	9	1	Arena
3590	A	F10	90	9	1	Arena
	B	F11	87	12	1	Arena franca
	C	F12	87	12	1	Arena franca
3600	A	F13	87	12	1	Arena franca
	B	F14	90	9	1	Arena
	C	F15	90	9	1	Arena franca
3605	A	F16	92	7	1	Arena
	B	F17	92	7	1	Arena
	C	F18	91	8	1	Arena
3660	A	F19	90	9	1	Arena
	B	F20	90	9	1	Arena
	C	F21	90	8	2	Arena
3680	A	F22	92	7	1	Arena
	B	F23	92	7	1	Arena
	C	F24	92	7	1	Arena
3700	A	F25	87	12	1	Arena franca
	B	F26	88	11	1	Arena franca
	C	F27	88	11	1	Arena franca
3705	A	F28	87	12	1	Arena franca
	B	F29	87	12	1	Arena franca
	C	F30	87	12	1	Arena franca
3740	A	F31	83	16	1	Arena franca
	B	F32	84	15	1	Arena franca
	C	F33	85	14	1	Arena franca
3760	A	F34	83	16	1	Arena franca
	B	F35	89	10	1	Arena
	C	F36	89	10	1	Arena franca
3800	A	F37	87	12	1	Arena franca
	B	F38	88	11	1	Arena franca
	C	F39	87	12	1	Arena franca
3805	A	F40	93	6	1	Arena
	B	F41	94	5	1	Arena
	C	F42	92	7	1	Arena
3860	A	F43	95	4	1	Arena
	B	F44	95	4	1	Arena
	C	F45	94	5	1	Arena
3880	A	F46	92	7	1	Arena
	B	F47	90	9	1	Arena
	C	F48	89	9	2	Arena franca

**Anexo 3.** Propiedades Físicas de los suelos en el sector Cuchitingue, cantón Latacunga, provincia de Cotopaxi.

Piso altitudinal	Muestra	PARÁMETROS FÍSICOS			
		Código	%Humedad	E. Estruct.	Estructura
3500	A	F1	22,74	Baja	Sin Estructura
	B	F2	23,93	Baja	Sin Estructura
	C	F3	23,33	Baja	Sin Estructura
3505	A	F4	15,30	Baja	Sin Estructura
	B	F5	15,87	Baja	Sin Estructura
	C	F6	15,59	Baja	Sin Estructura
3535	A	F7	28,19	Baja	Sin Estructura
	B	F8	28,19	Baja	Sin Estructura
	C	F9	28,19	Baja	Sin Estructura
3590	A	F10	19,51	Baja	Sin Estructura
	B	F11	16,60	Baja	Sin Estructura
	C	F12	18,05	Baja	Sin Estructura
3600	A	F13	11,26	Baja	Sin Estructura
	B	F14	10,73	Baja	Sin Estructura
	C	F15	10,99	Baja	Sin Estructura
3605	A	F16	14,01	Baja	Sin Estructura
	B	F17	15,29	Baja	Sin Estructura
	C	F18	14,65	Baja	Sin Estructura
3660	A	F19	11,01	Baja	Sin Estructura
	B	F20	34,07	Baja	Sin Estructura
	C	F21	22,54	Baja	Sin Estructura
3680	A	F22	13,90	Baja	Sin Estructura
	B	F23	23,44	Baja	Sin Estructura
	C	F24	18,67	Baja	Sin Estructura
3700	A	F25	32,45	Baja	Sin Estructura
	B	F26	28,38	Baja	Sin Estructura
	C	F27	30,41	Baja	Sin Estructura
3705	A	F28	30,76	Baja	Sin Estructura
	B	F29	45,95	Baja	Sin Estructura
	C	F30	38,35	Baja	Sin Estructura
3740	A	F31	26,07	Baja	Sin Estructura
	B	F32	22,90	Baja	Sin Estructura
	C	F33	24,49	Baja	Sin Estructura
3760	A	F34	24,62	Baja	Sin Estructura
	B	F35	22,33	Baja	Sin Estructura
	C	F36	23,47	Baja	Sin Estructura
3800	A	F37	50,31	Baja	Sin Estructura
	B	F38	49,37	Baja	Sin Estructura
	C	F39	49,84	Baja	Sin Estructura
3805	A	F40	50,56	Baja	Sin Estructura
	B	F41	50,31	Baja	Sin Estructura
	C	F42	50,44	Baja	Sin Estructura
3860	A	F43	65,54	Baja	Sin Estructura
	B	F44	53,34	Baja	Sin Estructura
	C	F45	59,44	Baja	Sin Estructura
3880	A	F46	58,38	Baja	Sin Estructura
	B	F47	58,43	Baja	Sin Estructura
	C	F48	58,40	Baja	Sin Estructura

**Anexo 4.** Propiedades Físicas de los suelos en el sector Cuchitingue, cantón Latacunga, provincia de Cotopaxi

Piso altitudinal	Muestra	Código	Consistencia		Plasticidad	
			Suelo seco	Suelo Húmedo	Suelo seco	Suelo Húmedo
3500	A	F1	NA	NA	NP	NP
	B	F2	NA	NA	NP	NP
	C	F3	NA	NA	NP	NP
3505	A	F4	NA	NA	NP	NP
	B	F5	NA	NA	NP	NP
	C	F6	NA	NA	NP	NP
3535	A	F7	NA	NA	NP	NP
	B	F8	NA	NA	NP	NP
	C	F9	NA	NA	NP	NP
3590	A	F10	NA	NA	NP	NP
	B	F11	NA	NA	NP	NP
	C	F12	NA	NA	NP	NP
3600	A	F13	NA	NA	NP	NP
	B	F14	NA	NA	NP	NP
	C	F15	NA	NA	NP	NP
3605	A	F16	NA	NA	NP	NP
	B	F17	NA	NA	NP	NP
	C	F18	NA	NA	NP	NP
3660	A	F19	NA	NA	NP	NP
	B	F20	NA	NA	NP	NP
	C	F21	NA	NA	NP	NP
3680	A	F22	NA	NA	NP	NP
	B	F23	NA	NA	NP	NP
	C	F24	NA	NA	NP	NP
3700	A	F25	NA	NA	NP	NP
	B	F26	NA	NA	NP	NP
	C	F27	NA	NA	NP	NP
3705	A	F28	NA	NA	NP	NP
	B	F29	NA	NA	NP	NP
	C	F30	NA	NA	NP	NP
3740	A	F31	NA	NA	NP	NP
	B	F32	NA	NA	NP	NP
	C	F33	NA	NA	NP	NP
3760	A	F34	NA	NA	NP	NP
	B	F35	NA	NA	NP	NP
	C	F36	NA	NA	NP	NP
3800	A	F37	NA	NA	NP	NP
	B	F38	NA	NA	NP	NP
	C	F39	NA	NA	NP	NP
3805	A	F40	NA	NA	NP	NP
	B	F41	NA	NA	NP	NP
	C	F42	NA	NA	NP	NP
3860	A	F43	NA	NA	NP	NP
	B	F44	NA	NA	NP	NP
	C	F45	NA	NA	NP	NP
3880	A	F46	NA	NA	NP	NP
	B	F47	NA	NA	NP	NP
	C	F48	NA	NA	NP	NP

<b>Interpretación</b>
NA: No Adherente
NP: No Plástico



**Anexo 5.** Propiedades Físicas de los suelos en el sector Cuchitingue, cantón Latacunga, provincia de Cotopaxi

Piso altitudinal	Muestra	Código	PARÁMETROS QUÍMICOS														
			pH		Descripción	%	Descripción	%	Descripción	%	Descripción	uS/cm	Descripción	%	Descripción	mec/100gr	Descripción
			CaCl <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O		M.O.S		C.O.S		R;C/N		C.E		CaCO <sub>3</sub>		CIC	
3500	A	F1	6,40	5,89	Moderadamente ácido	19,49	Muy Alto	11,30	Alto	66,12	Muy Alto	226,00	Muy Alto	1,00	Muy bajo	34,91	Alto
	B	F2	6,79	6,36	Ligeramente ácido	20,16	Muy Alto	11,69	Alto	30,45	Muy Alto	75,70	Muy Alto	1,75	Muy bajo	36,08	Alto
	C	F3	6,60	6,13	Ligeramente ácido	18,82	Muy Alto	10,91	Alto	39,15	Muy Alto	136,20	Muy Alto	1,25	Muy bajo	33,74	Alto
3505	A	F4	6,71	6,36	Ligeramente ácido	18,14	Muy Alto	10,52	Alto	14,91	Alto	99,20	Muy Alto	0,75	Muy bajo	32,57	Alto
	B	F5	6,35	6,19	Ligeramente ácido	14,78	Muy Alto	8,57	Alto	11,60	Medio	188,70	Muy Alto	0,75	Muy bajo	26,72	Alto
	C	F6	6,53	6,28	Ligeramente ácido	17,47	Muy Alto	10,13	Alto	24,36	Muy Alto	109,70	Muy Alto	1,25	Muy bajo	31,40	Alto
3535	A	F7	6,47	6,71	Ligeramente ácido	19,49	Muy Alto	11,30	Alto	47,85	Muy Alto	136,20	Muy Alto	1,25	Muy bajo	34,91	Alto
	B	F8	6,47	6,71	Ligeramente ácido	18,14	Muy Alto	10,52	Alto	34,80	Muy Alto	72,60	Muy Alto	1,25	Muy bajo	32,57	Alto
	C	F9	6,47	6,71	Ligeramente ácido	17,47	Muy Alto	10,13	Alto	38,05	Muy Alto	207,35	Muy Alto	0,87	Muy bajo	31,40	Alto
3590	A	F10	6,19	6,59	Ligeramente ácido	18,95	Muy Alto	10,99	Alto	26,17	Muy Alto	92,70	Muy Alto	1,50	Muy bajo	33,97	Alto
	B	F11	6,00	6,12	Ligeramente ácido	19,49	Muy Alto	11,30	Alto	43,50	Muy Alto	136,20	Muy Alto	1,25	Muy bajo	34,91	Alto
	C	F12	6,21	6,36	Ligeramente ácido	18,14	Muy Alto	10,52	Alto	23,65	Muy Alto	85,90	Muy Alto	1,00	Muy bajo	32,57	Alto
3600	A	F13	6,38	6,01	Ligeramente ácido	18,82	Muy Alto	10,91	Alto	27,34	Muy Alto	119,70	Muy Alto	2,00	Muy bajo	33,74	Alto
	B	F14	6,47	6,20	Ligeramente ácido	19,49	Muy Alto	11,30	Alto	27,84	Muy Alto	109,00	Muy Alto	1,25	Muy bajo	34,91	Alto
	C	F15	6,43	6,11	Ligeramente ácido	19,49	Muy Alto	11,30	Alto	31,32	Muy Alto	94,50	Muy Alto	0,50	Muy bajo	34,91	Alto
3605	A	F16	6,50	6,10	Ligeramente ácido	18,14	Muy Alto	10,52	Alto	24,36	Muy Alto	70,00	Muy Alto	1,25	Muy bajo	32,57	Alto
	B	F17	6,14	6,05	Ligeramente ácido	20,16	Muy Alto	11,69	Alto	26,10	Muy Alto	11,70	Muy Alto	2,00	Muy bajo	36,08	Alto
	C	F18	6,32	6,08	Ligeramente ácido	20,83	Muy Alto	12,08	Alto	56,55	Muy Alto	86,90	Muy Alto	1,50	Muy bajo	37,25	Alto
3660	A	F19	6,36	6,11	Ligeramente ácido	20,16	Muy Alto	11,69	Alto	41,76	Muy Alto	147,20	Muy Alto	0,75	Muy bajo	36,08	Alto
	B	F20	6,69	5,93	Ligeramente ácido	19,49	Muy Alto	11,30	Alto	29,00	Muy Alto	64,50	Muy Alto	0,75	Muy bajo	34,91	Alto
	C	F21	6,53	6,02	Ligeramente ácido	19,49	Muy Alto	11,30	Alto	26,69	Muy Alto	65,70	Muy Alto	2,00	Muy bajo	34,91	Alto
3680	A	F22	6,60	6,13	Ligeramente ácido	20,16	Muy Alto	11,69	Alto	80,08	Muy Alto	97,95	Muy Alto	1,38	Muy bajo	36,08	Alto
	B	F23	6,36	6,48	Ligeramente ácido	19,49	Muy Alto	11,30	Alto	34,80	Muy Alto	120,85	Muy Alto	0,63	Muy bajo	35,91	Alto
	C	F24	6,48	6,31	Ligeramente ácido	19,49	Muy Alto	11,30	Alto	31,48	Muy Alto	67,25	Muy Alto	1,00	Muy bajo	34,91	Alto

Piso altitudinal	Muestra	Código	PARÁMETROS QUÍMICOS														
			pH		Descripción	%	Descripción	%	Descripción	%	Descripción	uS/cm	Descripción	%	Descripción	mec/100gr	Descripción
			CaCl <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O		M.O.S		C.O.S		R;C/N		C.E		CaCO <sub>3</sub>		CIC	
3700	A	F25	6,29	5,95	Ligeramente ácido	16,80	Muy Alto	9,74	Alto	52,20	Muy Alto	140,40	Muy Alto	1,75	Muy bajo	30,23	Alto
	B	F26	6,08	6,26	Ligeramente ácido	17,47	Muy Alto	10,13	Alto	75,40	Muy Alto	166,30	Muy Alto	1,25	Muy bajo	31,40	Alto
	C	F27	6,19	6,11	Ligeramente ácido	14,11	Muy Alto	8,18	Alto	62,64	Muy Alto	127,10	Muy Alto	2,25	Bajo	25,55	Alto
3705	A	F28	6,35	6,11	Ligeramente ácido	13,44	Muy Alto	7,80	Alto	41,76	Muy Alto	147,80	Muy Alto	1,50	Muy bajo	24,39	Normal
	B	F29	6,57	6,02	Ligeramente ácido	18,14	Muy Alto	10,52	Alto	52,20	Muy Alto	126,80	Muy Alto	1,25	Muy bajo	32,57	Alto
	C	F30	6,46	6,07	Ligeramente ácido	12,77	Muy Alto	7,41	Alto	82,65	Muy Alto	104,10	Muy Alto	1,50	Muy bajo	23,22	Normal
3740	A	F31	6,34	6,07	Ligeramente ácido	14,78	Muy Alto	8,57	Alto	54,69	Muy Alto	125,50	Muy Alto	2,00	Muy bajo	26,72	Alto
	B	F32	6,39	6,15	Ligeramente ácido	13,44	Muy Alto	7,80	Alto	58,00	Muy Alto	117,60	Muy Alto	1,00	Muy bajo	24,39	Normal
	C	F33	6,37	6,11	Ligeramente ácido	18,82	Muy Alto	10,91	Alto	52,20	Muy Alto	133,60	Muy Alto	1,50	Muy bajo	33,74	Alto
3760	A	F34	6,28	6,09	Ligeramente ácido	18,14	Muy Alto	10,52	Alto	83,67	Muy Alto	135,20	Muy Alto	1,38	Muy bajo	32,57	Alto
	B	F35	6,40	6,30	Ligeramente ácido	14,78	Muy Alto	8,57	Alto	60,19	Muy Alto	126,30	Muy Alto	2,12	Bajo	26,72	Alto
	C	F36	6,34	6,20	Ligeramente ácido	17,47	Muy Alto	10,13	Alto	51,27	Muy Alto	132,70	Muy Alto	1,25	Muy bajo	31,40	Alto
3800	A	F37	6,30	6,28	Ligeramente ácido	16,13	Muy Alto	9,35	Alto	104,40	Muy Alto	123,20	Muy Alto	1,50	Muy bajo	29,06	Alto
	B	F38	5,92	6,14	Ligeramente ácido	15,46	Muy Alto	8,96	Alto	57,17	Muy Alto	175,70	Muy Alto	2,25	Bajo	27,89	Alto
	C	F39	6,11	6,21	Ligeramente ácido	12,77	Muy Alto	7,41	Alto	55,10	Muy Alto	104,10	Muy Alto	1,00	Muy bajo	23,22	Normal
3805	A	F40	6,21	6,96	Ligeramente ácido	13,44	Muy Alto	7,80	Alto	49,71	Muy Alto	86,80	Muy Alto	1,25	Muy bajo	24,39	Normal
	B	F41	6,50	6,22	Ligeramente ácido	14,11	Muy Alto	8,18	Alto	73,08	Muy Alto	69,80	Muy Alto	2,00	Muy bajo	25,55	Alto
	C	F42	6,36	6,59	Ligeramente ácido	15,46	Muy Alto	8,96	Alto	66,70	Muy Alto	138,70	Muy Alto	2,75	Bajo	27,89	Alto
3860	A	F43	6,23	6,21	Ligeramente ácido	14,11	Muy Alto	8,18	Alto	73,08	Muy Alto	90,10	Muy Alto	1,50	Muy bajo	25,55	Alto
	B	F44	6,32	6,37	Ligeramente ácido	12,77	Muy Alto	7,41	Alto	17,40	Muy Alto	85,80	Muy Alto	1,75	Muy bajo	23,22	Normal
	C	F45	6,28	6,29	Ligeramente ácido	15,46	Muy Alto	8,96	Alto	91,00	Muy Alto	96,50	Muy Alto	1,75	Muy bajo	27,89	Alto
3880	A	F46	6,32	6,20	Ligeramente ácido	16,13	Muy Alto	9,35	Alto	61,71	Muy Alto	157,20	Muy Alto	2,50	Bajo	29,06	Alto
	B	F47	6,60	6,40	Ligeramente ácido	14,78	Muy Alto	8,57	Alto	63,02	Muy Alto	97,10	Muy Alto	1,25	Muy bajo	26,72	Alto
	C	F48	6,46	6,30	Ligeramente ácido	16,80	Muy Alto	9,74	Alto	35,06	Muy Alto	86,30	Muy Alto	1,50	Muy bajo	31,23	Alto

**Anexo 6.** Macro elementos de los suelos en el sector Cuchitingue, cantón Latacunga, provincia de Cotopaxi.

Piso altitudinal	Muestra	Código	MACROELEMENTOS											
			mg/L			meq/100gr								
			NH <sub>4</sub>	Descripción	P	Descripción	K	Descripción	Ca	Descripción	Mg	Descripción	Na	Descripción
3500	A	F1	7,68	Bajo	25,28	Adecuado	0,91	Bajo	10,54	Alto	1,40	Bajo	1,45	Bajo
	B	F2	7,04	Bajo	28,29	Adecuado	0,84	Bajo	9,09	Adecuado	1,80	Medio	1,42	Bajo
	C	F3	8,53	Bajo	22,38	Adecuado	0,72	Bajo	16,07	Alto	1,14	Bajo	1,39	Bajo
3505	A	F4	7,82	Bajo	32,35	Adecuado	0,82	Bajo	9,55	Adecuado	1,06	Bajo	1,40	Bajo
	B	F5	8,26	Bajo	26,90	Adecuado	0,94	Bajo	11,75	Alto	1,77	Medio	1,40	Bajo
	C	F6	8,44	Bajo	28,52	Adecuado	0,84	Bajo	12,65	Alto	2,85	Alto	1,42	Bajo
3535	A	F7	8,53	Bajo	22,38	Adecuado	0,72	Bajo	16,07	Alto	1,14	Bajo	1,39	Bajo
	B	F8	8,53	Bajo	25,16	Adecuado	1,08	Bajo	7,74	Adecuado	0,99	Bajo	1,40	Bajo
	C	F9	7,97	Bajo	26,09	Adecuado	0,92	Bajo	11,15	Alto	1,59	Medio	1,43	Bajo
3590	A	F10	7,74	Bajo	28,40	Adecuado	0,84	Bajo	10,87	Alto	2,33	Medio	1,42	Bajo
	B	F11	8,53	Bajo	22,38	Adecuado	0,72	Bajo	16,07	Alto	1,14	Bajo	1,39	Bajo
	C	F12	8,18	Bajo	28,75	Adecuado	0,95	Bajo	8,65	Adecuado	1,02	Bajo	1,40	Bajo
3600	A	F13	8,53	Bajo	21,91	Adecuado	0,77	Bajo	13,31	Alto	1,15	Bajo	1,38	Bajo
	B	F14	8,28	Bajo	20,98	Adecuado	0,81	Bajo	7,58	Adecuado	1,22	Bajo	1,45	Bajo
	C	F15	9,24	Bajo	29,56	Adecuado	0,70	Bajo	11,99	Alto	2,19	Medio	1,39	Bajo
3605	A	F16	9,13	Bajo	23,77	Adecuado	0,89	Bajo	13,43	Alto	2,63	Alto	1,38	Bajo
	B	F17	12,36	Bajo	23,54	Adecuado	0,73	Bajo	14,20	Alto	2,01	Medio	1,43	Bajo
	C	F18	8,04	Bajo	23,30	Adecuado	0,63	Bajo	8,91	Adecuado	1,87	Medio	1,44	Bajo
3660	A	F19	9,26	Bajo	28,75	Adecuado	0,78	Bajo	12,60	Alto	3,18	Alto	1,39	Bajo
	B	F20	8,40	Bajo	22,03	Adecuado	0,99	Bajo	16,70	Alto	4,03	Alto	1,37	Bajo
	C	F21	10,45	Bajo	22,72	Adecuado	0,75	Bajo	13,75	Alto	1,58	Medio	1,41	Bajo
3680	A	F22	8,16	Bajo	22,14	Adecuado	0,72	Bajo	8,25	Adecuado	1,55	Medio	1,44	Bajo
	B	F23	9,25	Bajo	29,16	Adecuado	0,74	Bajo	12,30	Alto	2,69	Alto	1,39	Bajo
	C	F24	8,77	Bajo	22,90	Adecuado	0,94	Bajo	15,06	Alto	3,33	Alto	1,37	Bajo
3700	A	F25	13,25	Bajo	24,70	Adecuado	0,88	Bajo	12,54	Alto	2,44	Medio	1,46	Bajo
	B	F26	12,51	Bajo	25,97	Adecuado	0,99	Bajo	13,17	Alto	2,26	Medio	1,43	Bajo
	C	F27	9,84	Bajo	23,77	Adecuado	1,20	Bajo	15,18	Alto	4,72	Alto	1,42	Bajo
3705	A	F28	10,06	Bajo	20,17	Adecuado	0,98	Bajo	15,24	Alto	2,89	Alto	1,42	Bajo
	B	F29	11,69	Bajo	22,96	Adecuado	0,92	Bajo	15,86	Alto	2,80	Alto	1,42	Bajo
	C	F30	12,89	Bajo	22,49	Adecuado	1,13	Bajo	9,24	Adecuado	2,78	Alto	1,36	Bajo
3740	A	F31	9,77	Bajo	29,33	Adecuado	0,87	Bajo	9,86	Adecuado	3,97	Alto	1,52	Bajo
	B	F32	8,73	Bajo	19,71	Bajo	0,93	Bajo	11,35	Alto	3,32	Alto	1,41	Bajo
	C	F33	12,47	Bajo	23,83	Adecuado	0,90	Bajo	14,20	Alto	2,62	Alto	1,44	Bajo
3760	A	F34	12,70	Bajo	24,23	Adecuado	1,06	Bajo	11,20	Alto	2,52	Alto	1,39	Bajo
	B	F35	9,80	Bajo	26,55	Adecuado	1,03	Bajo	12,52	Alto	4,35	Alto	1,47	Bajo
	C	F36	9,39	Bajo	19,94	Bajo	0,96	Bajo	13,29	Alto	3,11	Alto	1,41	Bajo
3800	A	F37	15,97	Bajo	22,72	Adecuado	0,87	Bajo	13,76	Alto	3,53	Alto	1,39	Bajo
	B	F38	10,69	Bajo	24,00	Adecuado	0,76	Bajo	15,48	Alto	2,73	Alto	1,44	Bajo
	C	F39	14,88	Bajo	25,28	Adecuado	0,68	Bajo	12,86	Alto	3,27	Alto	1,38	Bajo
3805	A	F40	11,96	Bajo	24,12	Adecuado	0,70	Bajo	13,31	Alto	3,51	Alto	1,42	Bajo
	B	F41	13,54	Bajo	21,45	Adecuado	1,17	Bajo	12,53	Alto	3,15	Alto	1,45	Bajo
	C	F42	11,49	Bajo	23,88	Adecuado	0,79	Bajo	10,77	Alto	3,04	Alto	1,39	Bajo
3860	A	F43	13,64	Bajo	25,39	Adecuado	0,71	Bajo	14,08	Alto	3,20	Alto	1,40	Bajo
	B	F44	13,38	Bajo	23,88	Adecuado	1,03	Bajo	14,00	Alto	3,57	Alto	1,43	Bajo
	C	F45	14,76	Bajo	22,09	Adecuado	1,02	Bajo	13,15	Alto	3,34	Alto	1,42	Bajo
3880	A	F46	11,09	Bajo	23,94	Adecuado	0,77	Bajo	13,12	Alto	2,88	Alto	1,42	Bajo
	B	F47	14,26	Bajo	25,33	Adecuado	0,70	Bajo	13,47	Alto	3,24	Alto	1,39	Bajo
	C	F48	12,67	Bajo	24,00	Adecuado	0,86	Bajo	13,65	Alto	3,54	Alto	1,42	Bajo

**Anexo 7.** Micro elementos de los suelos en el sector Cuchitingue, cantón Latacunga, provincia de Cotopaxi.

Piso altitudinal	Muestra	Código	MICROELEMENTOS					
			mg/l	Descripción	mg/l	Descripción	mg/l	Descripción
			Zn		Fe		Mn	
3500	A	F1	37,95	Alto	1,8	Bajo	3,32	Adecuado
	B	F2	41,26	Alto	2,12	Bajo	2,8	Adecuado
	C	F3	35,08	Alto	1,15	Bajo	2,45	Adecuado
3505	A	F4	29,14	Alto	0,27	Bajo	2,93	Adecuado
	B	F5	34,77	Alto	1,04	Bajo	2,29	Adecuado
	C	F6	40,70	Alto	3,38	Adecuado	1,82	Bajo
3535	A	F7	35,08	Alto	1,15	Bajo	2,45	Adecuado
	B	F8	10,40	Alto	0,31	Bajo	3,95	Adecuado
	C	F9	36,36	Alto	1,42	Bajo	2,805	Adecuado
3590	A	F10	40,98	Alto	2,75	Adecuado	2,31	Adecuado
	B	F11	35,08	Alto	1,15	Bajo	2,45	Adecuado
	C	F12	19,77	Alto	0,29	Bajo	3,44	Adecuado
3600	A	F13	11,41	Alto	0,84	Bajo	0,31	Bajo
	B	F14	46,61	Alto	1,53	Bajo	2,28	Adecuado
	C	F15	57,44	Alto	0,07	Bajo	1,02	Bajo
3605	A	F16	33,77	Alto	1,14	Bajo	0,36	Bajo
	B	F17	33,92	Alto	0,15	Bajo	2,99	Adecuado
	C	F18	38,90	Alto	0,75	Bajo	0,73	Bajo
3660	A	F19	49,76	Alto	0,89	Bajo	0,89	Bajo
	B	F20	45,08	Alto	0,16	Bajo	0,25	Bajo
	C	F21	22,67	Alto	0,495	Bajo	1,65	Bajo
3680	A	F22	42,76	Alto	1,14	Bajo	1,505	Bajo
	B	F23	53,60	Alto	0,48	Bajo	0,955	Bajo
	C	F24	39,43	Alto	0,65	Bajo	0,305	Bajo
3700	A	F25	26,44	Alto	1,02	Bajo	0,77	Bajo
	B	F26	25,55	Alto	1,42	Bajo	2,36	Adecuado
	C	F27	15,09	Alto	2,95	Adecuado	1,94	Bajo
3705	A	F28	26,35	Alto	0,51	Bajo	0,56	Bajo
	B	F29	22,84	Alto	2,4	Bajo	6,68	Adecuado
	C	F30	19,44	Alto	2,37	Bajo	1,94	Bajo
3740	A	F31	33,36	Alto	3,26	Adecuado	2,99	Adecuado
	B	F32	43,36	Alto	0,63	Bajo	0,98	Bajo
	C	F33	24,64	Alto	1,71	Bajo	3,725	Adecuado
3760	A	F34	22,50	Alto	1,895	Bajo	2,15	Adecuado
	B	F35	24,23	Alto	3,105	Adecuado	2,465	Adecuado
	C	F36	34,86	Alto	0,57	Bajo	0,77	Bajo
3800	A	F37	47,04	Alto	2,76	Adecuado	5,44	Adecuado
	B	F38	20,53	Alto	0,54	Bajo	1,64	Bajo
	C	F39	31,51	Alto	0,47	Bajo	0,63	Bajo
3805	A	F40	15,71	Alto	0,92	Bajo	1,73	Bajo
	B	F41	19,39	Alto	1,51	Bajo	4,3	Adecuado
	C	F42	16,37	Alto	0,69	Bajo	1,4	Bajo
3860	A	F43	58,52	Alto	0,36	Bajo	0,28	Bajo
	B	F44	28,05	Alto	0,75	Bajo	1,62	Bajo
	C	F45	33,22	Alto	2,135	Bajo	4,87	Adecuado
3880	A	F46	18,45	Alto	0,615	Bajo	1,52	Bajo
	B	F47	45,02	Alto	0,415	Bajo	0,455	Bajo
	C	F48	21,88	Alto	0,835	Bajo	1,675	Bajo

**Anexo 8.**Relación de Cationes de los suelos en el sector Cuchitingue, cantón Latacunga, provincia de Cotopaxi

Piso altitudinal	Muestra	Código	RELACIÓN DE CATIONES					
			%	Descripción	%	Descripción	%	Descripción
			RAS		PSI		SB	
3500	A	F1	0,59	Muy bajo	4,16	Libre de sodio	40,96	Alto
	B	F2	0,61	Muy bajo	3,94	Libre de sodio	36,44	Alto
	C	F3	0,48	Muy bajo	4,13	Libre de sodio	57,27	Alto
3505	A	F4	0,61	Muy bajo	4,30	Libre de sodio	39,40	Alto
	B	F5	0,54	Muy bajo	5,26	Ligeramente sódico	59,37	Alto
	C	F6	0,51	Muy bajo	4,52	Libre de sodio	56,58	Alto
3535	A	F7	0,48	Muy bajo	4,00	Libre de sodio	55,35	Alto
	B	F8	0,67	Muy bajo	4,30	Libre de sodio	34,43	Alto
	C	F9	0,57	Muy bajo	4,55	Libre de sodio	48,03	Alto
3590	A	F10	0,55	Muy bajo	4,18	Libre de sodio	45,50	Alto
	B	F11	0,48	Muy bajo	4,00	Libre de sodio	55,35	Alto
	C	F12	0,64	Muy bajo	4,30	Libre de sodio	36,91	Alto
3600	A	F13	0,51	Muy bajo	4,09	Libre de sodio	49,19	Alto
	B	F14	0,69	Muy bajo	4,15	Libre de sodio	31,69	Alto
	C	F15	0,52	Muy bajo	3,98	Libre de sodio	46,61	Alto
3605	A	F16	0,49	Muy bajo	4,23	Libre de sodio	56,28	Alto
	B	F17	0,50	Muy bajo	3,97	Libre de sodio	50,90	Alto
	C	F18	0,62	Muy bajo	3,86	Libre de sodio	34,51	Alto
3660	A	F19	0,50	Muy bajo	3,86	Libre de sodio	49,76	Alto
	B	F20	0,42	Muy bajo	3,91	Libre de sodio	66,12	Muy alto
	C	F21	0,51	Muy bajo	4,03	Libre de sodio	50,07	Alto
3680	A	F22	0,65	Muy bajo	4,00	Libre de sodio	33,14	Alto
	B	F23	0,51	Muy bajo	3,87	Libre de sodio	47,65	Alto
	C	F24	0,45	Muy bajo	3,93	Libre de sodio	59,31	Alto
3700	A	F25	0,53	Muy bajo	4,84	Libre de sodio	57,31	Alto
	B	F26	0,52	Muy bajo	4,56	Libre de sodio	56,82	Alto
	C	F27	0,45	Muy bajo	5,55	Ligeramente sódico	88,16	Muy alto
3705	A	F28	0,47	Muy bajo	5,81	Ligeramente sódico	84,14	Muy alto
	B	F29	0,46	Muy bajo	4,36	Libre de sodio	64,48	Muy alto
	C	F30	0,55	Muy bajo	5,84	Ligeramente sódico	62,48	Muy alto
3740	A	F31	0,58	Muy bajo	5,68	Ligeramente sódico	60,68	Muy alto
	B	F32	0,52	Muy bajo	5,78	Ligeramente sódico	69,79	Muy alto
	C	F33	0,50	Muy bajo	4,27	Libre de sodio	56,80	Alto
3760	A	F34	0,53	Muy bajo	4,28	Libre de sodio	49,66	Alto
	B	F35	0,51	Muy bajo	5,49	Ligeramente sódico	72,49	Muy alto
	C	F36	0,49	Muy bajo	4,50	Libre de sodio	59,77	Alto
3800	A	F37	0,47	Muy bajo	4,80	Libre de sodio	67,30	Muy alto
	B	F38	0,48	Muy bajo	5,15	Ligeramente sódico	73,16	Muy alto
	C	F39	0,49	Muy bajo	5,96	Ligeramente sódico	78,37	Muy alto
3805	A	F40	0,49	Muy bajo	5,81	Ligeramente sódico	77,66	Muy alto
	B	F41	0,52	Muy bajo	5,66	Ligeramente sódico	71,61	Muy alto
	C	F42	0,53	Muy bajo	4,99	Libre de sodio	57,32	Alto
3860	A	F43	0,48	Muy bajo	5,49	Ligeramente sódico	75,92	Muy alto
	B	F44	0,48	Muy bajo	6,15	Ligeramente sódico	86,23	Muy alto
	C	F45	0,49	Muy bajo	5,09	Ligeramente sódico	67,87	Muy alto
3880	A	F46	0,50	Muy bajo	4,87	Libre de sodio	62,61	Muy alto
	B	F47	0,48	Muy bajo	5,22	Ligeramente sódico	70,34	Muy alto
	C	F48	0,49	Muy bajo	4,55	Libre de sodio	62,37	Muy alto

**Anexo 9. Selección de sitio para toma de muestra****Anexo 10. Elaboración de calicata e identificación de perfil del suelo**

**Anexo 11.** Fase de campo, recolección de muestras



**Anexo 12.** Recolección de muestra para establecer densidad real



### Anexo 13. Recolección de muestras simples



### Anexo 14. Identificación y codificación





### Anexo 15. Codificación de muestras en laboratorio



### Anexo 16. Determinación de porcentaje de humedad



**Anexo 17. Determinación de textura****Anexo 18. Preparación de solución para determinar Potasio (K)**

**Anexo 19.** Preparación de solución para determinar el sodio (Na)**Anexo 20.** Determinación de micronutrientes y macronutrientes en el espectrofotómetro

## Anexo 21. Formulario de campo



## FORMULARIO DE CAMPO PARA REGISTRO DE ESTUDIO DE SUELOS

## 1.- Datos Generales:

Parcela:				1	2	3	4	5	6
Rodal:		Tipo de Vegetación:							
Especie:		Abundancia de Vegetación:							
Año de Plantación:		Drenaje Externo:							
Uso Anterior:		Altura Media (m):							
Forma del Terreno:		Altura Dominante (m):							
Profundidad:		Equipo de Medición:							
Coordenadas:	X:	Y:		Fecha:					
Altitud:		pH:							
Pendiente:									

## 2.- Descripción de Perfil:

HORIZONTE	DESCRIPCIÓN	ESPESOR	PROFUNDIDAD	CONTENIDO RAÍCES FINAS (On2)	ESTRUCTURA	CONSISTENCIA	TEXTURA	COLOR	PEDREGOSIDAD %

## 3.- Anexo:

Elaborado por:	Fecha:	Firma:
Responsable:	Fecha:	Firma:

Anexo 22. Mapa de ubicación del área

