

**ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO**

**CARRERA DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS  
IASA I**

**ESTUDIO EDAFOLÓGICO Y AGROLÓGICO CON FINES  
DE PLANIFICACIÓN AGROPECUARIA EN LA  
HACIENDA “LA VALENCIA” UBICADA EN LA  
PARROQUIA PINTAG, CANTÓN QUITO, PROVINCIA DE  
PICHINCHA.**

**Previa a la obtención de Grado Académico o Título de:**

**INGENIERO AGROPECUARIO**

**ELABORADO POR:**

**VALENCIA RUANO CÉSAR ROBERTO**

**SANGOLQUÍ, 17 de octubre del 2011**

## RESUMEN

El presente trabajo se enfoca en el Estudio Edafológico de los Suelos y su respectiva Evaluación Agrológica de la hacienda “La Valencia” ubicada en la parroquia de Pintag, cantón Quito, provincia de Pichincha y busca proporcionar las bases que permitan su explotación agropecuaria técnica y sustentable y a la vez, proveer a los agricultores de Pintag y sus poblaciones aledañas de un referente de cómo se debe realizar el uso racional de los recursos naturales en una finca o hacienda.

Dichos estudios abarcan temáticas como la descripción de los Perfiles de Suelos, las Clases de Tierras en base a su capacidad de uso, recomendaciones sobre el uso potencial de las mismas, los conflictos de uso existentes y las diferentes prácticas de manejo y conservación de suelos a ser implementadas.

La hacienda “La Valencia” cuenta con una extensión total de 83.630 ha., está constituida geomorfológicamente por valles, vertientes de ladera y colinas que forman parte de la Vertiente Interna Oriental de la Cordillera de los Andes.

Posee suelos de origen volcánico, producto fundamentalmente de sedimentos fluvio-glaciares y coluviales, pertenecientes en su mayoría al orden de los Andisoles y en una menor proporción al orden de los Entisoles. De manera general son suelos profundos, de texturas finas, con un alto contenido de materia orgánica.

El Estudio Agrológico de las Tierras demostró que son aptas para: cultivos permanentes con limitaciones en el 10.78 % de la superficie total de la hacienda (9.01 ha.), para cultivos ocasionales y con limitaciones severas en un 36.65 % (30.65 ha.), para pastos y bosques de explotación con limitaciones en un 27.17 % (22.72 ha.) y para pastos y bosques de explotación con limitaciones severas en un 25.41 % (21.25 ha.).

En base a las Clases de Tierras determinadas se elaboró un Plan de Prácticas de Manejo y Conservación a fin de garantizar la explotación responsable del recurso Suelo, maximizando la producción y evitando su erosión tanto hídrica como eólica.

El Estudio de Impacto Ambiental demostró que la extracción de recursos y el uso de agroquímicos son las principales acciones causantes de un efecto negativo sobre el medioambiente, en especial sobre el recurso Suelo. Se recomendó varias medidas preventivas y correctivas para mitigar estos efectos.

Como producto final del estudio se obtuvieron 12 mapas temáticos donde se puede evidenciar de forma objetiva y técnica los temas analizados.

## **ABSTRACT**

The present work focuses in the Edaphological and Agrologic studies of the “La Valencia” Farm located in parish of Pintag, Quito canton, Pichincha province

and seeks to provide the funds for a technical and sustainable soil exploitation and also give to the people of Pintag and their surrounding locations the enough knowledge about how to use properly the natural resources.

These studies include subjects as the Soil's profiles description, the kinds of the lands based on their features of use, suggestions about their potencial use, the use conflicts that exist in the farm and the different practices of soils's management and conservation should be applied.

The "La Valencia" farm owns a total area of 83.630 ha. and it's geomorphological constituted for valleys, hillside slopes and hills that are part of the Eastern Internal Slope of "Los Andes" Cordillera.

The farm has soils of volcanic origin, they are mainly product from fluvio-glaciers and colluvial sediments, the most are part of the Andisoles Order but furthermore we can found soil's formations of the Entisoles Order in a less percent. Generally they are deep soils with fine textures, high amounts of organic matter.

The Agrological Study of the lands determined that they are suitable for permanent cultivation with limitations in the 10.78 % of the total area (9.01 ha), for occasional cultivation with grievous limitations in the 36.65 % (30.65 ha), for pastures and exploitation forests with limitations in the 27.17 % (22.72 ha.) and for pastures and exploitation forests with grievous limitations in the 25.41 % (21.25 ha.).

Based in the land's kinds obtained, was developed a Management and Conservation Plan to ensure the sustainable exploitation of soil resources, to maximize the production and to prevent the erosion caused for the water and the wind.

The Environmental Impact's Study demonstrated that resource extraction and use of agrochemicals are the more important actions that caused negative effects on the environment and especially on the soil resource. It recommended several preventive and corrective measures to mitigate these effects.

The final products of the study were 12 thematic maps which we can visualized in objective and technique forms all the topics studied.

## CERTIFICACIÓN

Ing. Msc. Guillermo Del Posso

Ing. Msc. Marco Luna

Certifican:

Que el trabajo titulado ESTUDIO EDAFOLÓGICO Y AGROLÓGICO CON FINES DE PLANIFICACIÓN AGROPECUARIA EN LA HACIENDA “LA VALENCIA” UBICADA EN LA PARROQUIA PINTAG, CANTÓN QUITO, PROVINCIA DE PICHINCHA, realizado por César Roberto Valencia Ruano, ha sido guiado y revisado periódicamente y cumple normas estatutarias establecidas por la ESPE, en el Reglamento de Estudiantes de la Escuela Politécnica del Ejército.

Debido a que el presente estudio ha sido realizado en forma técnica y bien elaborada SI recomiendan su publicación.

El mencionado trabajo consta de un documento empastado, mapas temáticos y un disco compacto el cual contiene los archivos en formato portátil de Acrobat (pdf). Autorizan a César Roberto Valencia que lo entregue a la Ing. Patricia Falconí, en su calidad de Directora de la Carrera.

Sangolquí, 17 de octubre de 2011

---

**Ing. Msc. Guillermo Del Posso**  
DIRECTOR

---

**Ing. Msc. Marco Luna**  
CODIRECTOR

## **DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD**

César Roberto Valencia Ruano

Declaro que:

El proyecto de grado denominado ESTUDIO EDAFOLÓGICO Y AGROLÓGICO CON FINES DE PLANIFICACIÓN AGROPECUARIA EN LA HACIENDA “LA VALENCIA” UBICADA EN LA PARROQUIA PINTAG, CANTÓN QUITO, PROVINCIA DE PICHINCHA, ha sido desarrollado con base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros, conforme las citas que constan al pie de las páginas correspondientes, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía. Consecuentemente este trabajo es de mi autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance científico del proyecto de grado en mención.

Sangolquí, 17 de octubre del 2011

---

César Roberto Valencia Ruano

## **AUTORIZACIÓN**

Yo César Roberto Valencia Ruano

Autorizo a la Escuela Politécnica del Ejército la publicación, en la biblioteca virtual de la Institución, del trabajo ESTUDIO EDAFOLÓGICO Y AGROLÓGICO CON FINES DE PLANIFICACIÓN AGROPECUARIA EN LA HACIENDA “LA VALENCIA” UBICADA EN LA PARROQUIA PINTAG, CANTÓN QUITO, PROVINCIA DE PICHINCHA, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y autoría.

Sangolquí, 17 de octubre del 2011

---

César Roberto Valencia Ruano

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo a Dios, a mis padres Roberto y Amparito, y a mi esposa Carol e hijos Alejandro y Martin, pues ellos, son esa luz que me guía y motiva a seguir siempre adelante buscando siempre ser una mejor persona en todo ámbito de la vida.

Lo dedico también a la memoria de mi abuelita Elvirita quien fue un ser muy querido y que siempre estuvo a mi lado cuando la necesité.

Finalmente quiero dedicarlo a todos las personas que trabajan en el campo, pues son ellos quienes con su trabajo arduo y tesonero, pero poco reconocido, contribuyen día a día al desarrollo del Ecuador.

**César**

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco primeramente a Dios por darme la salud y la fortaleza necesaria para poder alcanzar los objetivos y metas que me he trazado. A mis padres quienes con amor y abnegación han sabido guiarme en forma desinteresada a lo largo de toda mi vida. A mi esposa y mis hijos quienes son mi compañía y mi motivación. A mis hermanos quienes han estado junto a mí apoyándome.

A los ingenieros Guillermo Del Posso y Marco Luna quienes con sus conocimientos y enseñanzas me han sabido orientar y asesorar a lo largo de la realización de este proyecto, constituyéndose en parte fundamental para la culminación del mismo.

A las autoridades de la Escuela Politécnica del Ejército y de la Carrera de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias por brindarme las facilidades necesarias para realizar los diferentes estudios y trabajos en la hacienda “La Valencia”.

En fin, muchas gracias a todos los amigos y personas que contribuyeron de una u otra manera a que este proyecto se culmine con éxito.

**César**

# ÍNDICE DE CONTENIDOS

<b>I. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>1.1 Antecedentes.....</b>	<b>1</b>
<b>1.2 Justificación.....</b>	<b>4</b>
<b>1.3 Objetivo General.....</b>	<b>7</b>
<b>1.4 Objetivos Específicos.....</b>	<b>7</b>
<b>II. REVISIÓN DE LITERATURA.....</b>	<b>9</b>
<b>2.1 El Suelo .....</b>	<b>9</b>
2.1.1 Definición.....	9
2.1.2 Suelos enterrados .....	11
2.1.3 Suelos minerales y suelos orgánicos.....	11
2.1.4 Suelos de origen volcánico .....	13
<b>2.2 Perfil del Suelo .....</b>	<b>14</b>
2.2.1 Horizontes del suelo.....	15
<b>2.3 Horizontes y Características de Diagnóstico de los Suelos.....</b>	<b>24</b>
2.3.1 Horizontes y características de diagnóstico para suelos minerales.....	24
2.3.2 Características de diagnóstico para suelos orgánicos.....	36
2.3.3 Características de diagnóstico para suelos minerales y orgánicos .....	37
2.3.4 Regímenes de humedad del suelo .....	40

2.3.5	Regímenes de temperatura del suelo .....	42
<b>2.4</b>	<b>Clasificación Taxonómica de los Suelos.....</b>	<b>43</b>
2.4.1	Órdenes.....	44
2.4.2	Subórdenes.....	46
2.4.3	Grandes Grupos.....	46
2.4.4	Subgrupos.....	46
2.4.5	Familias.....	47
2.4.6	Series.....	48
<b>2.5</b>	<b>Estudios de Importancia para la Planificación Agropecuaria....</b>	<b>48</b>
2.5.1	Estudio Topográfico.....	48
2.5.2	Estudio de Suelos.....	54
2.5.3	Estudio Agrológico.....	70
<b>2.6</b>	<b>Prácticas de Manejo y Conservación de Suelos.....</b>	<b>77</b>
2.6.1	Prácticas Culturales.....	77
2.6.2	Prácticas Agronómicas.....	82
2.6.3	Prácticas Mecánicas.....	82
<b>2.7</b>	<b>Evaluación del Impacto Ambiental.....</b>	<b>84</b>
2.7.1	Impacto Ambiental.....	84
2.7.2	Estudio de Impacto Ambiental.....	86
2.7.3	Métodos de Evaluación de Impacto.....	86

<b>III.</b>	<b>DESCRIPCIÓN DEL ÁREA EN ESTUDIO.....</b>	<b>89</b>
	<b>3.1 Caracterización Biofísica.....</b>	<b>89</b>
	3.1.1 Definición del área de estudio.....	89
	3.1.2 Breve historia del uso de la tierra en la H. “La Valencia” .....	89
	3.1.3 Ubicación geográfica.....	90
	3.1.4 Límites.....	92
	3.1.5 Superficie.....	93
	3.1.6 Altitud.....	93
	3.1.7 Clima.....	93
	3.1.8 Ecología.....	95
	3.1.9 Vegetación natural.....	96
	3.1.10 Geología.....	96
	3.1.11 Geomorfología.....	97
	3.1.12 Hidrología.....	97
	3.1.13 Suelos.....	98
	3.1.14 Uso actual.....	98
	3.1.15 Aptitud de las tierras.....	98
	3.1.16 Erosión del suelo.....	99
	3.1.17 Vías de comunicación.....	99
<b>IV.</b>	<b>MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>100</b>
	<b>4.1 Materiales y Equipos.....</b>	<b>100</b>
	4.1.1 Para el estudio de campo.....	100
	4.1.2 Para la elaboración de informes a nivel de gabinete.....	103

<b>4.2 Metodología</b> .....	106
4.2.1 Estudio Topográfico.....	106
4.2.2 Estudio de Suelos.....	107
4.2.3 Estudio de Uso Actual del Suelo.....	116
4.2.4 Estudio Agrológico de la Tierra.....	117
4.2.5 Plan de prácticas de Manejo y Conservación de Suelos.....	118
4.2.6 Estudio de Impacto Ambiental.....	120
4.2.7 Digitalización y automatización de mapas temáticos.....	121
<b>V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	123
<b>5.1 Caracterización Técnica Detallada del Relieve de la hacienda “La Valencia”</b> .....	123
5.1.1 Identificación y Caracterización Técnico-Sistemática de la Topografía del área de estudio.....	123
<b>5.2 Caracterización Técnica Detallada de la Geología de la hacienda “La Valencia”</b> .....	124
5.2.1 Identificación y Caracterización Técnico-Sistemática de la Geología del área de estudio.....	124
5.2.2 Identificación y Caracterización Técnico-Sistemática de la Geomorfología del área de estudio.....	125
<b>5.3 Caracterización Técnica Detallada de las Unidades Fisiográficas de la hacienda “La Valencia”</b> .....	128

5.3.1	Identificación y Caracterización Técnico-Sistemática de las Unidades Fisiográficas del área de estudio.....	128
<b>5.4</b>	<b>Caracterización Técnica Detallada de las Unidades de Mapeo de la hacienda “La Valencia”.....</b>	<b>129</b>
5.4.1	Identificación y Caracterización Técnico-Sistemática de las Unidades de Mapeo del área de estudio.....	129
<b>5.5</b>	<b>Caracterización Técnica Detallada de las Unidades Taxonómicas de la hacienda “La Valencia”.....</b>	<b>130</b>
5.5.1	Identificación y Caracterización Técnico-Sistemática de las Unidades Taxonómicas del área de estudio.....	130
<b>5.6</b>	<b>Caracterización Técnica Detallada de las Unidades de Suelos Mapeadas a nivel de la hacienda “La Valencia”.....</b>	<b>132</b>
5.6.1	Identificación y Caracterización Técnico-Sistemática de las Series de Suelos del área de estudio.....	132
5.6.1.1	Serie Antisana.....	134
5.6.1.2	Serie Sincholagua.....	142
5.6.1.3	Serie San Alejandro.....	150
5.6.1.4	Serie San Martín.....	159
<b>5.7</b>	<b>Clasificación Taxonómica de los Suelos definidos a nivel de la hacienda “La Valencia”.....</b>	<b>166</b>
5.7.1	Orden del Suelo: Andisols.....	168

5.7.2	Orden del Suelo: Entisols.....	170
<b>5.8</b>	<b>Evaluación Técnico - Agrológica de las Tierras de la hacienda “La Valencia”</b> .....	<b>174</b>
5.8.1	Levantamiento de la Capacidad Agrológica de las Tierras de la hacienda “La Valencia” con fines Agropecuarios.....	174
5.8.1.1	Tierras aptas para la agricultura.....	175
5.8.1.1.1	Clases de Tierra de Capacidad Agrológica 2/ c1; e1, e2 y 3/ c1; t1; e1, e2.....	175
5.8.1.1.2	Clases de Tierra de Capacidad Agrológica 3/ c1; t1; e1, e2 y 4/ c1; t1; e1, e2; s1.....	177
5.8.1.2	Tierras aptas para pastos y bosques.....	179
5.8.1.2.1	Clases de Tierra de Capacidad Agrológica 5/ c1; s1; e1, e2 y 6/ c1; t1, t2; s1; e1, e2.....	179
5.8.1.2.2	Clases de Tierra de Capacidad Agrológica 6/ c1; t1, t2; s1; e1, e2 y 7/ c1; t1, t2; s1; e1, e2.....	181
<b>5.9</b>	<b>Prácticas de Manejo y Conservación recomendadas para el área de estudio</b> .....	<b>184</b>
5.9.1	Prácticas recomendadas para las Clases de Tierra 2/ c1; e1, e2 y 3/ c1; t1; e1, e2.....	184
5.9.2	Prácticas recomendadas para las Clases de Tierra 3/ c1; t1; e1, e2 y 4/ c1; t1; e1, e2; s1.....	185
5.9.3	Prácticas recomendadas para las Clases de Tierra 5/ c1; s1; e1, e2 y 6/ c1; t1, t2; s1; e1, e2.....	187

5.9.4	Prácticas recomendadas para las Clases de Tierra 6/ c1; t1, t2; s1; e1, e2 y 7/ c1; t1, t2; s1; e1, e2.....	188
<b>5.10</b>	<b>Estudio del Impacto Ambiental a nivel de la hacienda “La Valencia”.....</b>	<b>190</b>
5.10.1	Identificación Ambiental.....	190
5.10.2	Preparación y Análisis.....	190
5.10.3	Análisis de los Impactos Ambientales.....	191
5.10.4	Manejo del Impacto Ambiental.....	193
<b>5.11</b>	<b>Cartas temáticas del área de estudio.....</b>	<b>194</b>
5.11.1	Contenido de los Mapas Temáticos del área de estudio....	194
5.11.1.1	Mapa Topográfico de la hacienda “La Valencia”....	194
5.11.1.2	Mapa Pendientes de la hacienda “La Valencia”.....	195
5.11.1.3	Mapa Uso Actual del Suelo de la hacienda “La Valencia”.....	195
5.11.1.4	Mapa Fisiográfico de la hacienda “La Valencia”.....	195
5.11.1.5	Mapa Erosión de la hacienda “La Valencia”.....	196
5.11.1.6	Mapa Observaciones de Campo de la hacienda “La Valencia”.....	196
5.11.1.7	Mapa Fertilidad de la hacienda “La Valencia”.....	197
5.11.1.8	Mapa Suelos de la hacienda “La Valencia”.....	198
5.11.1.9	Mapa Agrológico de la hacienda “La Valencia”.....	198
5.11.1.10	Mapa de Manejo y Conservación de la hacienda “La Valencia”.....	199

5.11.1.11 Mapa de Conflictos de Uso de la hacienda “La Valencia”.....	199
<b>VI. CONCLUSIONES.....</b>	<b>200</b>
<b>VII. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>205</b>
<b>VIII. BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>208</b>
<b>IX. ANEXOS .....</b>	<b>217</b>
<b>Anexo A.</b> Datos obtenidos de barrenaciones del estudio de suelos en el campo.....	217
<b>Anexo B.</b> Datos meteorológicos de la hacienda “La Valencia”.....	218
<b>Anexo C.</b> Descripción y análisis físico-químicos adicionales de perfiles de suelos del área de estudio.....	219
<b>Anexo D.</b> Fichas técnicas de Cultivos de Escarda recomendados para la zona de la hacienda “La Valencia”.....	220
<b>Anexo E.</b> Fichas técnicas de Cultivos Tupidos recomendados para la zona de la hacienda “La Valencia”.....	221
<b>Anexo F.</b> Ficha técnica de Pastos recomendados para la zona de la hacienda “La Valencia”.....	222
<b>Anexo G.</b> Ficha técnica de Plantas Forestales recomendadas para la zona de la hacienda “La Valencia”.....	223
<b>Anexo H.</b> Fotografías.....	224
<b>Anexo I.</b> Mapas temáticos de la hacienda “La Valencia”.....	225

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 3.1</b> Información meteorológica de la zona de Pintag.....	94
<b>Tabla 3.2</b> Datos de Temperatura y Precipitación Media obtenidos como el promedio entre datos históricos de la zona de Pintag y datos de la Estación Meteorológica del IASA.....	94
<b>Tabla 5.1</b> Determinaciones físicas del Perfil 1.....	141
<b>Tabla 5.2</b> Determinaciones químicas del Perfil 1.....	142
<b>Tabla 5.3</b> Determinaciones químicas del Perfil 1.....	142
<b>Tabla 5.4</b> Determinaciones físicas del Perfil 8.....	149
<b>Tabla 5.5</b> Determinaciones químicas del Perfil 8.....	150
<b>Tabla 5.6</b> Determinaciones químicas del Perfil 8.....	150
<b>Tabla 5.7</b> Determinaciones físicas del Perfil 5.....	158
<b>Tabla 5.8</b> Determinaciones químicas del Perfil 5.....	158
<b>Tabla 5.9</b> Determinaciones químicas del Perfil 5.....	158
<b>Tabla 5.10</b> Determinaciones físicas del Perfil 3.....	165
<b>Tabla 5.11</b> Determinaciones químicas del Perfil 3.....	166
<b>Tabla 5.12</b> Determinaciones químicas del Perfil 3.....	166
<b>Tabla 5.13</b> Resultados de la Matriz de Evaluación del Impacto Ambiental (Matriz de Leopold).....	192

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>Cuadro 2.1</b> Clasificación taxonómica del orden Andisoles.....	47
<b>Cuadro 2.2</b> Matriz de Leopold.....	88
<b>Cuadro 3.1</b> Coordenadas rectangulares de ubicación de la hacienda “La Valencia”.....	92
<b>Cuadro 3.2</b> Linderos de la hacienda “La Valencia”.....	93
<b>Cuadro 5.1</b> Unidades Fisiográficas, de Mapeo y Taxonómicas determinadas a nivel de la hacienda “La Valencia”.....	131
<b>Cuadro 5.2</b> Clasificación Taxonómica de los Suelos de la hacienda “La Valencia”.....	173
<b>Cuadro 5.3</b> Clases de Capacidad Agrológica de las Tierras a nivel de la hacienda “La Valencia” con fines agropecuarios.....	183
<b>Cuadro 5.4</b> Posibles Soluciones para los Impactos Ambientales existentes en la hacienda “La Valencia”.....	193
<b>Cuadro 5.5</b> Niveles de fertilidad de la hacienda “La Valencia”.....	198

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 3.1</b> Promedio mensual de temperatura.....	95
<b>Figura 3.2</b> Promedio mensual de precipitación.....	95

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 3.1</b> Mapa de ubicación de la hacienda “La Valencia” en el Ecuador continental.....	90
<b>Gráfico 3.2</b> Mapa de ubicación de la hacienda “La Valencia” en la provincia de Pichincha.....	91
<b>Gráfico 3.3</b> Mapa de ubicación de la hacienda “La Valencia” en la parroquia de Pintag.....	91
<b>Gráfico 3.4</b> Vista aérea de la zona de estudio captada con el programa Google Earth, 2008.....	92

# 1. INTRODUCCIÓN

## 1.1 ANTECEDENTES

El Ecuador se caracteriza por la gran variedad y la riqueza de sus recursos naturales, dentro de los cuales se destaca la presencia particular de los suelos de origen volcánico los cuales poseen un potencial agropecuario variado, localizándose dentro de una diversa gama de microclimas existente a lo largo de sus regiones naturales y a distancias relativamente cortas.

Es así que, desde hace varias décadas el campesino ha venido aprovechando estas condiciones favorables y desarrollando una agricultura caracterizada por una gran variedad de cultivos que van desde cultivos tropicales hasta los de clima frío pasando por los subtropicales y los de clima templado (De Noni, 2005).

Sin embargo, poco a poco la degradación de los suelos debida especialmente a la erosión ha venido afectando a las tierras agrícolas; en forma general, este aspecto ha sido descuidado por el campesino principalmente a partir de la conquista hispánica, ya sea por su despreocupación frente a la abundancia de los recursos naturales, o ya sea por su falta de experiencia en materia del manejo y conservación de las tierras (Suquilanda, 2008).

El equilibrio morfodinámico frágil de las tierras en condiciones naturales, particularmente en la región interandina en donde se presenta una topografía

accidentada, ha sido y sigue siendo cada vez más frecuentemente afectado tanto por la agresividad climática como por el impacto antrópico rural.

En la actualidad, la degradación de los suelos se caracteriza por tener un papel de primer orden en la degradación de los recursos naturales renovables. Por ejemplo, en el Callejón Interandino, la erosión se ha convertido en uno de los componentes principales del paisaje y es común observar la yuxtaposición de paisajes distintos cuyo factor común está compuesto por las huellas de la erosión: paisajes abandonados por desaparición de la capa arable, paisajes cultivados en procesos de erosión por aclaramiento de los colores del suelo y formación de surcos y quebradillas, paisajes verdes de los pastos que a pesar de una buena protección vegetal se encuentran ya bien marcados por la compactación debido al sobrepastoreo que ocasionan los animales (Suquilanda, 2008).

El Ecuador al igual que la mayoría de los países en desarrollo no ha escapado al problema de la degradación de los suelos, estimándose que este constituye el mayor problema ambiental que el país soporta, pues se ha calculado que alrededor del 48% de la superficie nacional posee serios problemas de erosión (Suquilanda, 2008).

Es en este contexto, que durante el último decenio en el Ecuador al igual que en muchas partes del mundo, la visión proteccionista de los recursos naturales ha cobrado vital importancia, ya que no es adecuado, ni responsable una explotación sin pensar en las futuras generaciones, más bien es imprescindible

dar un mejor uso a los recursos limitados mediante una planificación adecuada de los mismos. Dentro de ésta perspectiva se hace imperiosa la necesidad de generar primeramente el conocimiento de los recursos naturales existentes para posteriormente realizar una planificación agropecuaria técnica, seria, eficiente y orientada a la sustentabilidad.

El suelo hay que considerarlo, en forma particular, como un recurso natural no renovable a corto plazo, y muy importante para el hombre tanto desde el punto de vista agropecuario y forestal como del medio ambiental. Es una formación superficial de escala decimétrica o a lo sumo métrica, que necesita muchos milenios, para formarse. Tanto su escaso espesor, como el elevado tiempo que se requiere para su formación, hacen que su degradación sea muy rápida y su recuperación a un ritmo tan lento que es inapreciable a escala humana. Se podría decir que el mal uso del suelo lleva a su pérdida irreversible, siendo ésta de un valor incalculable (De Noni, 2005).

Sólo en base a una planificación técnica y sustentable de las tierras del agro se podrá mejorar o por lo menos mantener la producción agropecuaria, con la menor degradación de sus recursos naturales y además se podría evitar problemas como la migración campesina, la inseguridad alimentaria, la pérdida de biodiversidad y el impacto al medioambiente natural.

La hacienda “La Valencia” con una extensión total de 83.630 ha. perteneciente al Ministerio de Defensa Nacional, y administrada por la Escuela Politécnica del Ejército por intermedio de la Carrera de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias –

IASA I, hasta el momento ha sido utilizada en ciertas actividades agrícolas particularmente con cultivos de cebada y maíz, sin estar exenta de sufrir el deterioro y degradación de sus suelos, debido fundamentalmente al monocultivo y a que los trabajos que se han venido realizando desde años atrás se los ha hecho sin una previa planificación técnica, especialmente en lo referente al manejo y conservación de suelos.

## **1.2 JUSTIFICACIÓN**

En el Ecuador, la falta de planificación técnica y sustentable del uso de las tierras agropecuarias y forestales ha traído consigo el grave problema de su degradación parcial y total, constituyéndose en uno de los mayores problemas ambientales que el país soporta, pues se ha estimado que alrededor del 50 % de la superficie nacional presenta erosión de diferentes tipos y grados (Del Posso, 2006).

De esta manera según estudios realizados por el Ministerio de Agricultura y Ganadería (1997) la erosión es uno de los problemas más importantes que afecta al sector agropecuario, tanto desde el ámbito ecológico ambiental como desde el agro económico y social.

En muchos casos esta degradación de los suelos se incrementa por la actividad humana especialmente por aquella relacionada con la agroproducción, y los efectos de este proceso generalmente provocan la pérdida irreversible de los ecosistemas naturales y de la producción

agropecuaria. Al proceso de erosión física de la tierra, se debe añadir la pérdida de su fertilidad natural, además de problemas de acidificación, todo lo cual trae como resultado su acelerado deterioro lo cual afecta directamente a la producción agropecuaria.

Es por ello que frente a la problemática nacional de la acelerada degradación de las tierras principalmente en la Sierra Ecuatoriana se hace indispensable y urgente la implementación de una planificación técnica y sustentable de las mismas, a fin de darles un uso, manejo y preservación racional.

Toda planificación propuesta deberá sustentarse por un lado en un Estudio Edafológico sistematizado, el mismo que deberá incluir aspectos como la topografía, fisiografía, geología, geomorfología, caracterización, distribución, planificación e inventario de los suelos y el uso actual de los mismos. Por otro lado la planificación se basará también en el Estudio Agrológico de las tierras y este estará relacionado con la determinación de la capacidad de uso de las tierras tomando en cuenta su aptitud natural y potencial y en función de los recursos naturales que ellas posean, todo esto permitirá definir los conflictos de uso de las tierras, las áreas con diferentes clases y niveles de erosión, así como las prácticas de manejo y conservación apropiadas para las clases de tierras que se determinen. Adicionalmente y con el fin de conocer las características de cada uno de los recursos naturales evaluados y su distribución geoespacial se deberá cartografiarlos en forma computarizada.

Específicamente en lo referente a la hacienda “La Valencia”, se puede señalar que el recurso suelo no está siendo explotado en forma eficiente considerando su aptitud natural y potencial, por lo que se hace imperioso la ejecución de un Estudio Edafológico y su respectiva Evaluación Agrológica, con el propósito de planificar su uso técnico y sustentable.

Dicho estudio incluirá aspectos como la descripción de los diferentes tipos de suelos que la hacienda posee, la clasificación de su tierras en base a su capacidad de uso, recomendaciones sobre el uso potencial de las mismas, los conflictos de uso existentes, las diferentes prácticas de manejo y conservación requeridas para cada clase de tierra definida y la determinación del impacto ambiental en base a las actividades que se realizan.

Adicionalmente todos estos estudios servirán de base para que los agricultores y campesinos de la zona de Pintag y sus poblaciones aledañas tengan un referente técnico de cómo se debe planificar el uso racional de los recursos naturales disponibles en sus fincas agropecuarias incentivándolos a la ejecución de los mismos, pues estos hacen posible no solamente una selección racional del tipo de explotación a realizar, sino también de prácticas de manejo y conservación de acuerdo con las condiciones que poseen las tierras, contribuyendo a lograr una mejor planificación del desarrollo agroeconómico general siendo de forma paralela compatibles con el medioambiente natural.

### **1.3 OBJETIVO GENERAL**

Desarrollar la planificación racional de los recursos naturales con fines agropecuarios y forestales existentes en la hacienda “La Valencia”, mediante la ejecución del Estudio Edafológico y de la Evaluación Agrológica de sus Tierras con el propósito de proporcionarles un uso, manejo, conservación y recuperación técnica y sustentable.

### **1.4 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Elaborar en base a un Levantamiento Topográfico, información cartográfica básica y confiable para la ejecución y evaluación posterior de los diferentes recursos naturales que la hacienda “La Valencia” posee.
- Realizar el Estudio Edafológico a fin de determinar los diferentes tipos de Suelos existentes en la hacienda “La Valencia”, mediante el estudio, la descripción, caracterización e inventario detallado de este recurso natural.
- Ejecutar el Estudio Agrológico a fin de establecer las diferentes Clases de Tierras existentes en la hacienda “La Valencia”, en base a la evaluación de parámetros que permitan definir su aptitud natural y potencial, con fines de uso agropecuario y forestal técnico y sustentable.
- Realizar el Estudio del Uso Actual de las Tierras de la hacienda “La Valencia” y mediante la correlación técnica con el uso potencial de las

mismas definir los conflictos de uso existentes para establecer su respectivo reordenamiento.

- Establecer un Plan de Manejo y Conservación para cada una de las Clases de Tierras que la hacienda “La Valencia” posee, en base a la selección técnica de prácticas apropiadas para cada clase existente.
- Diseñar el Plan de Manejo de Impacto Ambiental para las diferentes actividades que se realizan en la hacienda “La Valencia” con el objeto de determinar medidas técnicas de prevención y mitigación requeridas.
- Implementar talleres de campo en las comunidades campesinas del sector a fin de dar a conocer la importancia de la implementación de planes técnicos adecuados de uso, manejo y conservación de las Tierras, como medida para reducir el deterioro de este importante recurso natural.

## 2. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1 EL SUELO

#### 2.1.1 Definición

Es un cuerpo natural que comprende a sólidos (minerales y materia orgánica), líquidos y gases presentes en la superficie de la corteza terrestre, que ocupa un espacio, y que se caracteriza por poseer horizontes o capas que se distinguen del material inicial como resultado de las adiciones, pérdidas, transferencias y transformaciones de energía y materia o por la habilidad de soportar plantas enraizadas en un ambiente natural (USDA 2006).

Es un cuerpo natural de material no-consolidado que se forma en la superficie terrestre por procesos pedogenéticos, excluyéndose los sedimentos frescos y materiales geológicos intemperizados que no sufrieron pedogénesis. La diferencia fundamental y posiblemente la única diferencia entre suelo y otros materiales geológicos no-consolidados, es que en el caso del suelo los materiales han sido organizados por procesos naturales no deposicionales en horizontes (Rossiter, 2000).

El suelo es la colección de cuerpos naturales formado por la alteración de los cuerpos (rocas) ígneos, metamórficos o sedimentarios, debida a su exposición en la superficie de la tierra, y que poseen una distribución anisotrópica de

propiedades a lo largo de un eje normal a la superficie del terreno (Brewer, 1964).

El límite superior del suelo es el límite entre el suelo y el aire, aguas poco profundas, plantas vivas o materiales de plantas que no han empezado a descomponerse. Se considera que las áreas no tienen suelo si la superficie está cubierta en forma permanente por agua muy profunda (profundidades mayores a 2.5 m) para no permitir el desarrollo de plantas enraizadas.

Los límites horizontales del suelo son cuando el suelo cambia a aguas profundas, áreas estériles, rocas o hielo. En algunos lugares la separación entre suelo y no suelo es tan gradual que no se pueden hacer claras distinciones.

El límite inferior que separa al suelo del no suelo subyacente es el más difícil de definir. El suelo consiste de horizontes cercanos a la superficie terrestre, que, en contraste con el material parental subyacente, han sido alterados por las interacciones del clima, relieve, y organismos vivos a través del tiempo.

Comúnmente, el suelo en su límite inferior cambia a roca dura o materiales terrestres virtualmente desprovistos de animales, raíces, u otras marcas de actividad biológica. Sin embargo, la profundidad inferior de la actividad biológica es difícil de establecer y con frecuencia es gradual. Para propósitos de clasificación, el límite inferior del suelo se fija arbitrariamente a 200 cm.

considerando que generalmente la actividad biológica se realiza a esta profundidad.

### **2.1.2 Suelos enterrados**

Es aquel que está cubierto por un manto superficial de material de suelo nuevo de un espesor de 50 cm o más y que tiene un espesor de 30 a 50 cm y es igual o al menos la mitad del espesor total de los horizontes de diagnóstico preservados en el suelo enterrado. Cualquier horizonte o capa que subyace a un epipedón plaggen se considera como enterrado, este puede tener un horizonte de diagnóstico superficial (epipedón) y/o un horizonte cámbico pero no tiene otros horizontes de diagnóstico subsuperficiales. Cuando existe suelo enterrado el manto superficial de nuevos materiales mencionado permanece inalterado en gran medida o al menos en su parte inferior (USDA 2006).

### **2.1.3 Suelos minerales y Suelos orgánicos**

Los materiales minerales del suelo son aquellos que están constituidos por partículas menores a 2.0 mm de diámetro y que alguna vez fueron parte de rocas mayores y contienen menos del 20 % en peso de carbono orgánico, por su parte los materiales orgánicos son los provenientes de partículas vegetales y animales producto de la descomposición de seres vivos y que contienen más del 20 % en peso de carbono orgánico.

Entonces los suelos minerales son aquellos constituídos mayoritariamente por materiales minerales provenientes de una roca madre denominada material de partida. Contienen hasta una profundidad de 30 cm menos de 17,4 % de carbono orgánico (30 % de materia orgánica) si la fracción mineral tiene más del 50 % de arcilla; o menos del 11,6 % de carbono orgánico (20 % de materia orgánica) si la fracción mineral no tiene arcilla (Del Posso 2009).

Se forman con el tiempo al quebrarse el material de partida por diversos procesos físicos, químicos, edafogénicos y biológicos ocasionados por el clima, el drenaje, la lixiviación, la erosión, la vegetación y los organismos vivos. Esto se denomina meteorización.

Así por ejemplo, las altas temperaturas del suelo rompen las piedras en fragmentos menores mediante el calentamiento y enfriamiento. El material de partida se reduce gradualmente a partículas; las superficies mayores entran en contacto con el agua y cambia la composición química de los minerales presentes. Las sustancias químicas solubles son arrastradas o se lixivian, hacia las capas más profundas del suelo, mientras los elementos menos solubles permanecen en las capas superiores del suelo, de esta manera continúa el proceso de meteorización formándose los suelos minerales.

Por su parte los suelos orgánicos son aquellos que provienen mayoritariamente de materiales orgánicos, se forman mediante la acumulación y la descomposición graduales de materias vegetales y animales. Son suelos que a una profundidad de al menos 30 cm tienen más del 17,4 % de carbono

orgánico (30 % de materia orgánica) si la fracción mineral tiene más del 30 % de arcilla; o más del 11,6 % de carbono orgánico (20 % de materia orgánica) si la fracción mineral no tiene arcilla (Del Posso, 2009)

Por regla general, un suelo es considerado orgánico si más de la mitad de los 80 cm superiores del suelo son orgánicos o si el material de suelo orgánico descansa sobre una roca o material fragmental que tiene intersticios rellenos con materiales orgánicos (USDA, 2006).

#### **2.1.4 Suelos de origen volcánico**

Los suelos de origen volcánico se han desarrollado en gran variedad de condiciones de tipo geográfico, geomorfológico, fisiográfico, climático y ecológico, ya que se caracterizan por estar presentes en áreas con diferentes geoformas que van desde zonas húmedas hasta zonas secas desérticas con temperaturas de frías a templadas, subtropicales y tropicales (Dudal, 1964).

En cuanto a sus características físicas y químicas, los suelos desarrollados en materiales volcánicos son suelos que van de moderadamente profundos a profundos (60 a 100 cm), tienen un complejo de cambio dominado por compuestos amorfos de Al, Si, y humus, una alta retención humedad, alto porcentaje de carbono, inusual toxicidad del aluminio, muy alta retención de humedad, alta porosidad (60-80%), baja densidad aparente, formación de micro agregados estables, alto pH (NaF), alta retención de fosfatos, pH moderadamente ácido, y son muy ricos en materia orgánica.

El Ecuador se halla atravesado de norte a sur por la Cordillera de los Andes con la presencia de volcanes activos, los cuales han desempeñado un papel decisivo e importante en la formación y desarrollo de estos suelos que cubren grandes áreas del territorio nacional (Del Posso, 1998).

Es así que, los suelos volcánicos en el Ecuador ocupan más del 30 % de la superficie agrícola, debiéndose esto en gran parte a que los materiales volcánicos a lo largo de los años han sido arrastrados por el viento y el agua, llegando a localizarse en zonas lejanas a los sitios donde se han producido las erupciones volcánicas, pudiéndose encontrarlos tanto en zonas de clima frío, como páramos andinos; como en zonas tropicales, como lo es la cuenca alta del río Guayas.

## **2.2 PERFIL DEL SUELO**

El perfil del suelo es la sucesión vertical de los horizontes genéticos desde la superficie hasta el material generador inalterado o hasta la roca madre. (Brewer, 1964).

De lo que antecede surge claramente que para determinar la naturaleza de un suelo deben estudiarse los horizontes que conforman su perfil. Este estudio requiere abrir calicatas o utilizar algún medio de extracción de muestras del material de cada horizonte desde la superficie hasta la base del suelo. Las propiedades visibles o táctiles de las muestras pueden estudiarse en el campo y así se determinan la profundidad total del suelo y espesor de cada horizonte,

su espesor, color, estructura y presencia de nódulos u otras neoformaciones, así como la naturaleza de la transición de un horizonte a otro. La textura de cada horizonte puede también estimarse con bastante aproximación en el campo.

### **2.2.1 Horizontes del suelo**

Un horizonte se define como una capa de suelo aproximadamente paralela a la superficie del mismo y que posee propiedades producidas por los procesos formadores del suelo, pero diferentes de las de las capas adyacentes.

Generalmente un horizonte se distingue de sus adyacentes, al menos en parte, por características que pueden ser observadas o medidas en el campo, tales como el color, la estructura, la textura, la consistencia y la presencia o ausencia de compuestos químicos individualizados en cuerpos identificables visualmente en forma de nódulos de calcáreo, óxidos de hierro y manganeso u otras formaciones. En algunos casos se requiere el complemento de análisis de laboratorio para lograr la identificación y designación correctas de horizontes, así como para su caracterización detallada.

La designación que se da a cada horizonte indica que el material original ha sido modificado de cierta manera y mediante determinados procesos o bien que ha habido pocos cambios en ese material original. En la primera situación se debe interpretar que se ha generado un perfil más desarrollado que en la segunda, asumiendo que el grado de diferenciación del perfil en horizontes

genéticos aumenta al incrementarse el desarrollo del perfil bajo la influencia de los procesos de formación del suelo.

Esto significa que a medida que avanza la formación del suelo, los horizontes genéticos comienzan a individualizarse y se hacen más notorios al aumentar la edad del suelo. No obstante, algunos suelos muy antiguos, profundos y meteorizados de los trópicos lluviosos no muestran más de unos pocos horizontes discernibles con facilidad por apreciación visual.

La designación de los horizontes del suelo se realiza mediante el uso de tres tipos de símbolos bajo varias combinaciones. Tales símbolos son: letras mayúsculas, letras minúsculas y números arábigos. Las letras mayúsculas se emplean para designar a los horizontes mayores o principales; las letras minúsculas se usan como subíndices de las mayúsculas para indicar características específicas de los horizontes mayores; los números se usan o bien como sufijos para indicar subdivisiones verticales de un horizonte, o bien como prefijos para indicar discontinuidades del material original del suelo.

#### **2.2.1.1 Horizontes y capas mayores (principales)**

Estos horizontes se identifican con las letras mayúsculas O, A, E, B, C y R, utilizándose casi siempre una sola letra, aunque ocasionalmente se pueden requerir dos.

**Horizonte O:** es un horizonte formado por materia orgánica. Algunos horizontes O están saturados durante largos períodos o lo estuvieron antes pero fueron artificialmente drenados; otros no han estado nunca saturados. Un horizonte O puede estar sobre la superficie de un suelo mineral (es lo más frecuente) o puede estar enterrado por debajo de su superficie, pero un horizonte formado por lavado de material orgánico de la superficie hacia un subsuelo mineral donde se deposita (iluvación) no es un horizonte O aunque su composición sea esencialmente orgánica.

**Horizontes A:** son horizontes minerales formados en la superficie (o por debajo de un horizonte O), que carecen total o casi totalmente de la estructura original de la roca parental y que poseen uno o más de los siguientes atributos: (1) una acumulación de materia orgánica humificada, íntimamente mezclada con la fracción mineral y que no posee características dominantes de los horizontes E y B, o (2) propiedades que resultan del laboreo, el pastoreo u otras perturbaciones similares.

**Horizontes E:** horizontes minerales en los que el rasgo principal es la pérdida de arcilla, hierro, aluminio o alguna combinación de esos componentes, con la consiguiente concentración de partículas de arena y limo. Este horizonte carece casi o totalmente de la estructura original de la roca, se diferencia por lo común de un horizonte A suprayacente por su color más claro y generalmente un menor contenido de materia orgánica. A su vez, un horizonte E difiere de un horizonte B subyacente por su color de pureza mayor, su intensidad menor, su textura más gruesa o por una combinación de estas propiedades. Un horizonte

E se encuentra habitualmente cerca de la superficie del suelo, por debajo de un horizonte O ó A y por encima de un horizonte B.

**Horizontes B:** horizontes formados por debajo de un horizonte O, A o E, total o casi totalmente desprovisto de estructura de roca y que posee uno o más de los siguientes atributos: (1) concentración iluvial de arcilla, hierro, aluminio, humus, carbonatos, yeso, o sílice, solos o en combinación; (2) evidencia de eliminación o adición de carbonatos; (3) revestimientos de sesquióxidos que hacen que el horizonte posea visiblemente pureza menor, intensidad mayor o matiz más rojo que los horizontes subyacentes y suprayacentes, sin iluviación aparente de hierro; (4) alteración que forma arcillas silicatadas, libera óxidos o ambos y que forma estructura de suelo (prismas, bloques, gránulos); (5) fragilidad.

Todos los tipos de horizonte B son subsuperficiales o lo fueron originalmente, aunque luego hayan quedado expuestos en la superficie por erosión de los horizontes superiores.

**Horizontes C:** horizontes o capas, excluyendo roca consolidada, que han sido poco afectados por los procesos edafogénicos y que carecen de las propiedades de los horizontes O, A, E o B. Se incluyen como horizontes C a los sedimentos, saprolita, roca no consolidada y otros materiales geológicos que generalmente no están cementados y exhiben dificultades escasas o moderadas a ser excavadas. Algunos suelos se forman en un material ya

fuertemente meteorizado (alterado). Si tal material no satisface los requerimientos de los horizontes A, E o B, se designa como horizonte C.

**Capas R:** substrato rocoso duro, el granito, el basalto, la cuarcita y la caliza o la arenisca endurecidas son ejemplos de substratos rocosos duros que se designan como R. Estas capas están cementadas y su excavación excede en dificultad el grado moderado. La capa R es lo suficientemente coherente cuando húmeda como para hacer impráctica la excavación manual, aunque puedan desprenderse lascas o fragmentos menores. Un lecho rocoso duro puede contener grietas pero muy escasas y distanciadas entre sí como para permitir la penetración de las raíces a intervalos menores a 10 cm, aunque las grietas pueden estar rellenas con arcilla u otro material edáfico.

**Capas M:** Capas del subsuelo limitantes para el crecimiento de raíces, que consisten de materiales casi continuos, con orientación horizontal y de manufacturación humana. Ejemplos de materiales designados con la letra M son los geotextiles, asfalto, concreto, hule y plástico.

**Capas W:** indica capas de agua dentro o abajo del suelo. A la capa de agua se le designa como Wf, si está permanentemente congelada y como W si no lo está. La designación W (o Wf) no se utiliza en aguas someras, hielo o nieve que están encima de la superficie del suelo.

### **2.2.1.2 Horizontes transicionales y combinados**

El primer caso es el de horizontes transicionales entre dos horizontes mayores, por ejemplo entre el A y el B, entre el B y el C, etc. Tales horizontes transicionales se identifican con las dos letras mayúsculas con que designan los dos horizontes involucrados, como AB, EB, BE o BC. La letra utilizada en primer lugar es la que designa al horizonte cuyas propiedades dominan en el transicional. Un horizonte AB posee tanto propiedades del A suprayacente a él como del B subyacente, pero se asemeja más al A que al B.

El segundo caso, menos frecuente, es el de horizontes que poseen en alguna parte atributos de un horizonte mayor (por ejemplo E) y en otras las de otro horizonte (por ejemplo B). Tal horizonte se designa E/B, colocándose en primer lugar la letra que designa al horizonte que ocupa mayor proporción. Otros ejemplos posibles serían B/E, B/C, etc.

### **2.2.1.3 Distinciones subordinadas dentro de los horizontes mayores**

Se lo hace con letras minúsculas que se utilizan como sufijos para designar clases específicas de los horizontes principales. Estas son:

- a. Material orgánico fuertemente descompuesto: usado con el horizonte O.
- b. Horizonte genético enterrado.
- c. Concreciones o nódulos: indicar una acumulación significativa de concreciones o nódulos cementados.

- d. Restricción física para las raíces.
- e. Material orgánico de descomposición intermedia: usado con el horizonte O
- f. Suelo helado: indica que el horizonte o capa contiene hielo permanente.
- g. Gleización fuerte: indica que el hierro ha sido reducido y eliminado durante la formación del suelo o que la saturación permanente lo ha preservado en forma reducida. Las capas con gleización poseen un color de intensidad igual o menor a 2 y pueden tener abundantes concentraciones redox (nódulos y concreciones de hierro y manganeso).
- h. Acumulación iluvial de materia orgánica: los complejos iluviales y amorfos de sesquióxidos y materia orgánica dispersables recubren las partículas de arena y limo y en algunos casos llega a ocluir los poros del horizonte o a cementarlo. El símbolo se usa también en combinación con h, como en Bhs, si los componentes orgánicos y sesquioxídicos son significativos y la pureza y la intensidad del color son de 3 o menos.
- i. Material orgánico ligeramente descompuesto: el símbolo se usa con el O para indicar una mínima descomposición de los materiales orgánicos.
- k. Acumulación de carbonatos.
- m. Cementación o endurecimiento: horizontes cementados más del 90 %, la capa es restrictiva para las raíces. Si el cemento es calcáreo se usa km, si es sílice se usa qm, si coexisten cal y sílice como cementantes se utiliza kqm, el yeso se indica como ym y las sales más solubles que el yeso como zm.
- n. Acumulación de sodio: como ion intercambiable.
- o. Acumulación residual de sesquióxidos.
- p. Perturbación por arada u otras alteraciones mecánicas.

- q. Acumulación de sílice.
- r. Substrato rocoso blando o meteorizado: se usa con el horizonte C e indica capas restrictivas para las raíces de material rocoso blando o saprolita, tal como rocas ígneas meteorizadas; arenisca blanda parcialmente consolidada. El grado de dificultad de excavación es de bajo a moderado.
- s. Acumulación iluvial de sesquióxidos y materia orgánica: se usa con B para indicar la acumulación de complejos iluviales y amorfos de sesquióxidos y materia orgánica dispersables, ambos materiales deben ser significativos y la pureza y la intensidad del color mayores de 3. El símbolo se usa también en combinación con h, como en Bhs, si los componentes orgánicos y sesquioxídicos son significativos y la pureza y la intensidad del color son de 3 o menos.
- ss. Presencia de caras de deslizamiento: indica la presencia de caras de deslizamiento, que resultan directamente de la expansión de los minerales arcillosos y el deslizamiento de un agregado del suelo contra otro, en ángulos de 20° a 60° respecto a la horizontal. Son indicativas de que otros fenómenos vérticos, tales como agregados cuneiformes y grietas superficiales, pueden estar presentes.
- t. Acumulación de arcilla silicatada: indica acumulación de arcilla silicatada que, una vez formada fue translocada dentro del horizonte o movida hacia él por iluviación, o ambas a la vez. Al menos una parte debe mostrar evidencia de acumulación de arcilla en forma de revestimientos sobre la superficie de agregados o sobre las paredes de los poros o como puentes entre granos minerales de mayor tamaño.

- v. Plintita: indica la presencia de material rojizo rico en hierro y pobre en humus que es firme o muy firme en húmedo y que se endurece irreversiblemente cuando se expone al aire y a ciclos repetidos de humedecimiento y secado.
- w. Desarrollo de color o estructura: símbolo utilizado con el horizonte B para indicar el desarrollo de color o estructura, o ambos, con acumulación iluvial de materiales no aparente. No debe usarse para identificar un horizonte transicional.
- x. Carácter de fragipan: indica capas desarrolladas genéticamente que poseen una combinación de firmeza, fragilidad, prismas muy gruesos con escasas o abundantes caras verticales blanqueadas (lavadas) y generalmente una densidad aparente mayor que la de las capas adyacentes. Una parte al menos del fragipan es físicamente restrictiva para las raíces.
- x. Acumulación de yeso
- y. z. Acumulación de sales más solubles que el yeso: como pueden ser cloruros y sulfatos de sodio o magnesio, por ejemplo.

#### **2.2.1.4 Subdivisiones verticales**

Generalmente un horizonte o capa designada con una única letra o una combinación de letras necesita ser subdividido. Los números arábigos utilizados para ello siempre siguen a la letra o conjunto de letras. Dentro de un horizonte C, por ejemplo, pueden establecerse subdivisiones identificadas como C1, C2, C3 y así sucesivamente.

Estas subdivisiones se numeran de manera consecutiva, comenzando la numeración siempre en 1, en cualquier nivel del perfil en que cambie cualquiera de las letras símbolos. Así, se debe usar Bt1-Bt2-Btk1-Btk2 y **no** Bt1-Bt2-Btk3-Btk4.

Asimismo, un horizonte homogéneo en su morfología puede subdividirse con fines de muestreo para detectar posibles diferencias que no se reflejan en rasgos visibles. Por ejemplo un horizonte Bt2 espeso, puede subdividirse en Bt21-Bt22-Bt23-Bt24.

#### **2.2.1.5 Discontinuidades**

Una discontinuidad es un cambio significativo en la distribución por tamaño de partículas o en la mineralogía que indican una diferencia en el material a partir del cual se formaron los horizontes y/o una diferencia significativa en la edad del material, excepto si tal diferencia en edad está identificada por el sufijo b.

### **2.3 HORIZONTES Y CARACTERÍSTICAS DE DIAGNÓSTICO DE LOS SUELOS**

#### **2.3.1 Horizontes y características de diagnóstico para suelos minerales**

La clasificación de los suelos comienza reconociendo un número limitado de horizontes de diagnóstico basados en la morfología y las propiedades químicas. Se han definido dos tipos de horizontes de diagnóstico dependiendo

de que sean superficiales o sub-superficiales: epipedones y endopedones, respectivamente.

### **2.3.1.1 Horizontes superficiales de diagnóstico: El epipedón**

El epipedón (epi, sobre y pedón, suelo) es un horizonte que se forma en o cerca de la superficie del suelo y en el cual, la mayor parte de la estructura de la roca ha sido destruida. Es un horizonte oscurecido por la materia orgánica o muestra evidencias de eluviación o ambas.

Un epipedón no es lo mismo que un horizonte A; puede incluir parte o todo el horizonte B iluvial, si el oscurecimiento por materia orgánica se extiende desde la superficie del suelo hasta dentro o a través de todo el horizonte B (USDA 2006).

#### **2.3.1.1.1 Tipos de epipedones**

**Epipedón antrópico** (*anthropos*, ser humano): consiste en material de suelo mineral que muestra algunas evidencias de alteración por actividad humana. Entre sus características más importantes se pueden citar: colores dominantes con un value de 3 o menos, en húmedo, y de 5 o menos en seco; colores dominantes con un chroma de 3 o menos, en húmedo; un espesor mínimo de 25 cm, textura es franco arenosa fina o más gruesa en todo su espesor; no existen horizontes de diagnóstico subyacentes y el contenido de carbono

orgánico de los materiales subyacentes disminuye irregularmente con el incremento de la profundidad, tienen un contenido de fósforo de 250 ppm.

**Epipedón folístico:** se define como una capa que está saturada por menos de 30 días acumulativos en años normales y que no está drenado artificialmente. Se caracteriza por contener material orgánico en un espesor de 20 cm o más con un porcentaje menor al 75% de fibras de Sphagnum; es un horizonte Ap que tiene un contenido de carbono orgánico (por peso) de 16 % o más; presenta una densidad aparente, en húmedo, de menos de 0.1.

**Epipedón Hístico:** es una capa que se caracteriza por estar saturada por 30 días o más, acumulativos con drenaje artificial. Es un horizonte Ap que puede ser parte de un epipedón úmbrico o de un mólico. Sus demás características son similares la epipedón folístico. Presentando también una densidad aparente, en húmedo, de menos de 0.1

**Epipedón Melánico:** es una capa gruesa, relacionado con suelos desarrollados sobre cenizas volcánicas. Presenta un color del value de 2 en húmedo, y un chroma de 2 o menos en todo su espesor; un 6 % o más de carbono-orgánico como promedio ponderado y normalmente tiene una densidad aparente baja.

**Epipedón Mólico** (*mollis*; blando, mullido): es horizonte superficial grueso con una clase de resistencia a la ruptura de suave a moderadamente dura; de colores dominantes con un value de 3 o menos, en húmedo y de 5 o menos, en

seco; tiene agua disponible para riego por 2 meses o más (acumulativos) cuando la temperatura del suelos a 50 cm de profundidad es de 5° C o más; típico de praderas y estepas, la textura del epipedón es franco arenosa en todo su espesor; no presenta horizontes de diagnóstico subyacentes y el contenido de carbono orgánico de los materiales subyacentes decrece irregularmente con el incremento de la profundidad, tiene más del 50% de saturación de bases (Ca, Mg, K) en todo su espesor y presenta un contenido de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> menor a 250 ppm soluble en ácido cítrico.

**Epipedón Ócrico:** es un horizonte que no cumple con las definiciones de cualquiera de los otros siete epipedones, debido a que es muy delgado o muy seco, tiene colores del value o del chroma muy altos (claros), contiene muy poco carbono-orgánico es decir es muy bajo en materia orgánica.

**Epipedón Plaggen** (*Plaggen*; hierba cortada, césped): es una capa superficial hecha por el hombre de 50 cm o más de espesor que se ha originado por estercolamientos prolongados y continuos de diferentes materiales. Un epipedón plaggen, es común que contenga artefactos, tales como pedazos de ladrillo o vasijas en todo su espesor. También puede tener trozos de diversos materiales como arena negra o arena gris clara, muestra normalmente marcas de pala en toda su profundidad y también conserva capas de arena estratificada, que probablemente se produjeron en la superficie del suelo por el golpeteo de las lluvias.

**Epipedón Úmbrico** (*umbra* = sombra): es similar al epipedón mólico pero tiene menos del 50% de saturación de bases (Ca, Mg, K) en todo su espesor. Presenta una clase de resistencia a la ruptura de suave o moderadamente dura, un contenido de carbono orgánico de 0.6 %, un espesor mínimo de 25 cm, su textura es franco arenosa en todo su espesor, no existen horizontes de diagnóstico subyacentes y el contenido de carbono orgánico de los materiales subyacentes decrece irregularmente con el incremento de la profundidad, posee un contenido de fosfatos menor de 1500 miligramos por kilogramo.

#### **2.3.1.2 Horizontes subsuperficiales de diagnóstico: El Endopedón**

Son horizontes que se forman debajo de la superficie del suelo, aunque en algunas áreas se forman directamente abajo de una capa de hojarasca. También pueden estar expuestos en la superficie por truncación del suelo. Algunos de esos horizontes son considerados como horizontes B; otros, se pueden o no considerar como horizontes B y otros sólo como parte del horizonte A.

##### **2.3.1.2.1 Tipos de endopedones**

**Horizonte Agrícola** (Ager, campo): es un horizonte iluvial que se ha formado bajo cultivo y contiene cantidades significativas de limo, arcilla y humus iluvial.

El horizonte ágrico está directamente abajo del horizonte Ap, tiene un espesor de 10 cm o más, un 5 % o más (por volumen) de canales de lombrices, un value, en húmedo, de 4 o menos y un chroma de 2 o menos.

**Horizonte Álbico** (Albus, blanco): es un horizonte eluvial de 1.0 cm o más de espesor, que contiene 85 % o más (por volumen) de materiales álbicos. Es un horizonte de remoción de óxido de hierro y arcilla, se encuentra debajo de un horizonte A, pero puede estar en la superficie de un suelo mineral. Por lo general, abajo del horizonte álbico existe un horizonte argílico, cámbico, kándico, nátrico o espódico o un fragipán.

**Horizonte Argílico:** normalmente es un horizonte subsuperficial con un porcentaje mayor de arcillas filosilicatadas que el material de suelo subyacente. Muestra evidencias de iluviación de arcilla. El horizonte argílico se forma debajo de la superficie del suelo, pero puede estar expuesto en la superficie por erosión.

**Horizonte Cálcico:** es un horizonte iluvial en el cual el carbonato de calcio secundario u otros carbonatos se han acumulado en cantidades significativas. Tiene 15 cm o más de espesor, un 15 % o más (por peso) de  $\text{CaCO}_3$ . No está cementado o endurecido en ninguna parte y si lo está debe presentar discontinuidades o un espesor menor a 10 cm para que puedan penetrar las raíces.

**Horizonte Cámbico:** es el resultado de alteraciones físicas, transformaciones químicas, remociones o combinaciones. Es un horizonte alterado de 15 cm o más de espesor. Si está compuesto por lamelas, su espesor combinado deberá ser de 15 cm o más.

**Duripán** (Durus; duro, pan endurecido): es un horizonte subsuperficial cementado con sílice con o sin agentes cementantes auxiliares. Puede ocurrir en conjunción con un horizonte petrocálcico. Debido a su continuidad lateral, las raíces solo penetran al pan a lo largo de fracturas verticales que tienen un espaciamiento horizontal de 10 cm o más.

**Fragipan** (fragilis, quebradizo): este tipo de horizonte debe tener más de 15 cm de espesor, una estructura prismática gruesa, columnar o blocosa de cualquier grado, una estructura débil de cualquier tamaño, con separaciones entre unidades estructurales que permiten a las raíces su entrada, tiene un espaciamiento horizontal promedio de 10 cm o más.

**Horizonte Gypsico:** es un horizonte iluvial en el cual el yeso secundario se ha acumulado de manera significativa. Su espesor es de 15 cm o más, no está cementado o endurecido por yeso, sí está cementado con otros agentes las partes cementadas tienen un espesor menor de 10 cm, debido a su discontinuidad lateral las raíces pueden penetrar a lo largo de fracturas verticales con espaciamientos horizontales de menos de 10 cm.

**Horizonte Kándico:** es un horizonte subsuperficial verticalmente continuo que subyace a un horizonte superficial de textura gruesa, su espesor mínimo es de 18 cm, tiene una textura arenosa franca muy fina.

**Horizonte Nátrico** (Nátrico, sodio): posee propiedades similares al horizonte argílico, columnas o prismas usualmente en la parte superior, las cuales se pueden romper en bloques, un mayor contenido de magnesio y sodio intercambiables que de calcio y acidez intercambiables

**Orstein:** está formado por materiales espódicos, tiene una capa cementada de 50 % o más y un espesor de 25 mm o más.

**Horizonte Óxico:** horizonte subsuperficial que no tiene propiedades ándicas de suelo, se caracteriza por la acumulación de minerales resistentes, posee un espesor de 30 cm o más y una textura franco arenosa.

**Horizonte Petrocálcico:** es un horizonte iluvial en el cual el carbonato de calcio secundario u otros carbonatos se han acumulado a tal grado que el horizonte está cementado o endurecido.

**Horizonte Petrogypsico:** horizonte iluvial de 10 cm o más de espesor, en el cual el yeso secundario se ha acumulado en una cantidad tal, que el horizonte está cementado o endurecido.

**Horizonte Plácico** (plax, piedra plana): su nombre significa capa delgada cementada, es un pan (capa) delgado, negro o rojizo oscuro que está cementado por hierro o hierro y manganeso y materia orgánica.

**Horizonte Sómbrico** (sombre, oscuro): es un horizonte subsuperficial en suelos minerales que se ha formado bajo condiciones de drenaje libre. Contiene humus iluvial que ni está asociado con el aluminio, como sucede en el horizonte espódico, ni está disperso por el sodio, como en el horizonte nátrico. En consecuencia, el horizonte sómbrico no tiene una capacidad de intercambio catiónico alta en su arcilla como ocurre en el horizonte espódico y tampoco tiene una saturación de bases alta como sucede en el horizonte nátrico.

**Horizonte Espódico:** es una capa iluvial con 85 % o más de materiales espódicos, subyace generalmente a un horizonte O, A, Ap o E. Sin embargo, puede satisfacer la definición de un epipedón úmbrico.

**Horizonte Sállico:** es un horizonte de acumulación de sales más solubles que el yeso en agua fría.

### **2.3.1.3 Otras características de diagnóstico de suelos minerales**

**Cambio Textural Abrupto:** es un tipo específico de cambio que puede ocurrir entre un epipedón ócrico o un horizonte álbico y un horizonte argílico. Se caracteriza por un incremento considerable en el contenido de arcilla dentro de una distancia vertical muy corta.

**Materiales Álbicos** (*Albus*, blanco): son materiales de suelo cuyo color está determinado por el color de las partículas primarias de arena y limo, más que por el color de sus revestimientos. La definición implica que la arcilla y/o los óxidos de hierro libres han sido removidos de los materiales o que los óxidos han sido segregados a tal grado que el color de los materiales está determinado en gran medida por el color de las partículas primarias. Se caracterizan por tener valores de chroma de 3 o menos y de value de 3 o más en húmedo y de 5 o más en seco.

**Propiedades Ándicas de Suelo:** se forman comúnmente durante el intemperismo de materiales parentales que contienen cantidades significativas de vidrio volcánico. Suelos que están en climas fríos húmedos y que contienen abundante carbono orgánico, pueden desarrollar propiedades ándicas sin la influencia del vidrio volcánico. En esta taxonomía, al grupo de minerales vítreos y vítreos recubiertos ricos en sílice se le denomina vidrio volcánico, estos materiales son relativamente solubles y sufren una transformación rápida cuando los suelos están húmedos.

**Vidrio Volcánico:** se define aquí como un vidrio translucido ópticamente isotrópico o pómez de cualquier color. Incluye vidrio, pómez, minerales cristalinos revestidos de vidrio, agregados vítreos y materiales vidriosos.

El vidrio volcánico es típicamente un componente dominante en material parental relativamente no intemperizado. El intemperismo y la transformación mineral del vidrio volcánico pueden producir minerales de orden de rango corto, tales como alofano, imogolita y ferrihídrita.

**Condiciones Anhídridas** (Anhydros, sin agua): se refieren a las condiciones de humedad de los suelos en desiertos muy fríos y en otras áreas con permafrost (más común, permafrost seco). Los suelos con condiciones anhídridas tienen una temperatura media anual del suelo de 0° C o más fría.

**Coefficiente de Extensibilidad Lineal (COEL):** es la relación de la diferencia entre la longitud en húmedo y la longitud en seco de un terrón respecto a su longitud en seco. Esto es  $(L_h - L_s)/L_s$ , donde  $L_h$  es la longitud a una tensión de 33 kPa (1/3 bares) y  $L_s$  es la longitud en seco. Se puede calcular el COEL a partir de las diferencias entre la densidad aparente de un terrón cuando húmedo y cuando seco.

**Extensibilidad Lineal (EL):** permite predecir el potencial de expansión y contracción de un suelo. La EL de una capa de suelo es el producto del espesor de un horizonte (en centímetros), multiplicado por el COEL de la capa en cuestión. La EL de un suelo es la suma de esos productos en todos los horizontes.

**Durinoideos** (durus, duro y nodus, nudo): son nódulos de ligeramente cementados a endurecidos, con 1 cm o más de diámetro. El material cementante es el SiO<sub>2</sub>. Los durinoideos secos no se desmoronan en agua, pero una agitación prolongada puede originar un astillamiento en plaquetas muy finas. Los durinoideos son firmes o muy firmes y quebradizos en húmedo.

**Propiedades Frágicas de Suelo:** son esencialmente las propiedades de un fragipán, pero no tienen los requisitos de espesor de la capa, ni el volumen para ser un fragipán. Las propiedades frágicas de suelo están en horizontes subsuperficiales, aunque pueden estar en o cerca de la superficie en suelos truncados. Los agregados con propiedades frágicas de suelo tienen una clase de resistencia a la ruptura de firme a muy firme y son quebradizos cuando el suelo está en o cerca de la capacidad de campo.

**Lamelas:** es un horizonte iluvial menor de 7.5 cm de espesor. Cada lamela contienen una acumulación de arcilla silicatada orientada sobre o uniendo granos de arena y limo y/o fragmentos de roca si están presentes. Una lamela tiene más arcilla silicatada que el horizonte eluvial suprayacente.

**Discontinuidades Litológicas:** son cambios significativos en la distribución del tamaño de partículas o en la mineralogía que representan diferencias en la litología dentro de un suelo.

**Materiales Espódicos:** son materiales minerales de suelo que no tienen todas las propiedades de un horizonte argílico o de un kándico; están dominados por materiales amorfos activos que son iluviales y que están compuestos por materia orgánica y aluminio, con o sin hierro.

**Valor n:** caracteriza la relación entre el porcentaje de agua en el suelo bajo condiciones de campo y sus porcentajes de arcilla inorgánica y materia orgánica. El valor de n es útil para predecir si un suelo puede ser pastoreado

por el ganado o puede soportar otras cargas. El valor de n se puede calcular con la siguiente fórmula:  $n = (A - 0.2 R) / (L+3H)$ .

Donde, A es el porcentaje de agua en el suelo, calculado en base al peso del suelo seco; R es el porcentaje de limo más arena; L es el porcentaje de arcilla; y H es el porcentaje de materia orgánica (Pons y Zonneveld, 1965).

### **2.3.2 Características de diagnóstico para suelos orgánicos**

#### **2.3.2.1 Clases de materiales orgánicos del suelo**

Se distinguen tres diferentes clases de materiales orgánicos que se basan en el grado de descomposición de los materiales vegetales que se derivan. Las tres clases son: Fíbrico, Hémico y Sáprico.

**Materiales Fíbricos de Suelo:** las fibras son partes de los tejidos vegetales en los materiales orgánicos de suelo (excluyendo a las raíces vivas) que son suficientemente grandes para ser retenidas sobre un tamiz de malla 100 (apertura de 0.15 mm de diámetro) y son de 2 cm o menos en su dimensión más pequeña, o están lo suficientemente descompuestas para ser molidas o desmenuzadas con los dedos.

Entonces: los materiales fíbricos de suelo son materiales orgánicos que: contienen dos quintas partes o más (por volumen) de fibras después de

molidos, excluyendo los fragmentos gruesos, con colores de valores y chromas de 7/1, 7/2, 8/1, 8/2 o 8/3.

**Materiales Hémicos de Suelo** (*hemi*, medio, que implican una descomposición intermedia): son intermedios en su grado de descomposición entre los materiales fíbricos menos descompuestos y los materiales sápricos más descompuestos. Sus rasgos morfológicos dan valores intermedios para el contenido de fibras, densidad aparente y contenido de agua. Los materiales hémicos de suelo están parcialmente alterados, tanto física como bioquímicamente.

**Materiales Sápricos de Suelo** (*sapros*, podrido): son los de mayor grado de descomposición de las tres clases de materiales orgánicos de suelo. Tienen la cantidad más pequeña de fibras vegetales, la densidad aparente más alta y el menor contenido de agua a saturación en base a peso seco. Los materiales sápricos de suelos comúnmente son grises

### **2.3.3 Características de diagnóstico para suelos minerales y orgánicos.**

**Condiciones Ácuicas** (*aqua*, agua): son suelos que actualmente presentan una saturación y reducción continua o periódica.

**Permafrost:** está definido como una condición térmica en la cual un material (incluyendo material del suelo) se mantiene por debajo de 0°C por 2 o más

años en sucesión. El permafrost puede estar cementado por hielo o seco (permafrost seco) cuando el agua intersticial es insuficiente.

**Crioturbación:** es el mezclado de la matriz del suelo dentro del pedón que da por resultado horizontes irregulares o interrumpidos, involuciones, acumulaciones de materia orgánica sobre el permafrost, fragmentos de roca orientados y limos cubiertos sobre fragmentos de roca.

**Materiales Gélicos:** son materiales minerales u orgánicos del suelo que muestran evidencias de crioturbación y/o segregación de hielo en la capa activa (capa de deshielo estacional) y/o la parte superior del permafrost. La crioturbación se manifiesta por horizontes irregulares e interrumpidos, involuciones, acumulación de materia orgánica sobre la superficie y dentro del permafrost, fragmentos de roca orientados y capas de limo-enriquecido.

**Contacto Dénstico** (*densus*, grueso): es un contacto entre el suelo y materiales dénsticos. No tiene grietas o el espaciamiento entre las grietas en las que las raíces pueden penetrar es de 10 cm o más.

**Materiales Dénsticos:** son materiales relativamente no alterados que no reúnen los requisitos de ningún horizonte de diagnóstico nominado o cualquier otra característica de diagnóstico del suelo, tiene una clase de resistencia a la ruptura no cementada. La densidad aparente o su organización es tal que las raíces no pueden penetrar, excepto por las grietas.

**Capa Glácica:** es hielo masivo o hielo basal en forma de lentes o cuñas de hielo. La capa tiene un espesor de 30 cm o más y contiene 75 por ciento o más de hielo visible.

**Contacto Lítico:** es un límite entre el suelo y un material subyacente coherente. Las grietas que pueden ser penetradas por las raíces son pocas y su espaciamiento horizontal deberá ser de 10 cm o más. El material subyacente debe ser lo suficientemente coherente, en húmedo, para que sea impracticable excavarlo manualmente con una pala, aunque el material puede ser astillado o raspado con la pala. El material que está abajo del contacto lítico deberá tener una clase de resistencia a la ruptura de fuertemente cementado o extremadamente cementado. Es común que, el material este endurecido. El material subyacente considerado aquí, no incluye a horizontes de diagnóstico de suelos, tales como un duripán o un horizonte petrocálcico.

**Contacto Paralítico:** es un contacto entre el suelo y materiales paralíticos donde los materiales paralíticos no tienen grietas o el espaciamiento entre grietas donde pueden penetrar raíces es de 10 cm o más.

**Materiales Paralíticos:** son materiales relativamente inalterados que no reúnen los requisitos para cualquier otro horizonte de diagnóstico nombrado o alguna de las otras características de diagnóstico del suelo, tienen una clase de resistencia a la ruptura de débil a moderadamente cementados. La cementación, densidad aparente y organización, son tales que las raíces no pueden penetrar excepto por las grietas.

#### **2.3.4 Regímenes de humedad del suelo**

El término “régimen de humedad del suelo”, se refiere a la presencia o ausencia de un manto freático o de agua retenida a una tensión menor de 1500 kPa en el suelo o en horizontes específicos por distintos períodos del año. La disponibilidad del agua está también afectada por las sales disueltas.

**Régimen de humedad acuico** (*aqua*, agua): es un régimen de reducción en un suelo que está virtualmente libre de oxígeno disuelto porque está saturado con agua. Es muy común que el nivel del manto freático fluctúe con las estaciones. El nivel está más alto en la estación lluviosa. Existen suelos en los cuales el nivel freático está siempre en o muy cerca de la superficie como lo son los pantanos y depresiones cerradas alimentadas por corrientes perennes.

**Regímenes de humedad arídico y tórrido** (L. *aridus*, seco y L. *torridus* caliente y seco): es un suelo que está seco en todas partes por más de la mitad de los días acumulativos por año cuando la temperatura del suelo a una profundidad de 50 cm de la superficie del suelo es superior de 5 °C; y húmeda en alguna o en todas sus partes por menos de 90 días consecutivos cuando la temperatura del suelo a una profundidad de 50 cm es mayor de 8 °C.

Los suelos que tienen un régimen de humedad arídico (tórrido) están normalmente en climas áridos. Unos pocos están en climas semiáridos ya sea porque tengan propiedades físicas que los mantienen secos, tales como los que presentan una costra superficial que virtualmente impide la infiltración del

agua o porque están sobre pendientes muy pronunciadas donde la escorrentía es muy alta. Existe poca o ninguna lixiviación en este régimen de humedad y las sales solubles se acumulan en estos suelos, si existe una fuente de ellas.

Los límites de la temperatura del suelo excluyen a estos regímenes de las regiones muy frías y polares secas, así como de las grandes elevaciones pues ahí se considera que tales suelos presentan condiciones anhídridas.

**Régimen de humedad údico** (*udus*, húmedo): es uno en el cual la sección de control de humedad no está seca en alguna parte por un período tan largo como 90 días acumulativos en años normales. Si la temperatura media anual del suelo es menor que 22° C. El régimen de humedad údico es común en los suelos de climas húmedos que tienen una precipitación bien distribuida; tienen suficiente lluvia en verano, para que la cantidad de agua almacenada más la lluvia sea aproximadamente igual o exceda a la cantidad de evapotranspiración o tenga suficiente agua en invierno para recargar a los suelos y enfriarlos, y veranos nublados, como en las áreas costeras.

**Régimen de humedad ústico** (*ustus*, quemado, implicando sequedad): es intermedio entre el régimen arídico y el údico.

**Régimen de humedad xérico** (*xeros*, seco): es el régimen de humedad que tipifica a las áreas con climas mediterráneos, donde los inviernos son húmedos y frescos y los veranos son cálidos y secos. En un régimen de humedad xérico la sección de control de humedad en años normales está seca en todas partes

por 45 días o más consecutivos en los 4 meses. La temperatura media anual del suelo es menor de 22 °C.

### **2.3.5 Regímenes de temperatura del suelo**

La temperatura del suelo es una de sus propiedades más importante, pues de esta depende la posibilidad de formación del suelo y de crecimiento de las plantas. A temperaturas entre 0° C y 5° C el crecimiento de raíces y germinación de semillas es prácticamente imposible (Del Posso, 2009).

La temperatura varía de horizonte a horizonte, fluctúa en la hora del día, época del año; debido a esta variabilidad de la temperatura algunos consideran que no es una propiedad el suelo. Sin embargo, está claro que cada pedón tiene un régimen característico de temperatura que puede ser medido y descrito.

**Cryico (*Kryos*, frío, suelos muy fríos):** los suelos en este régimen tienen una temperatura media anual menor de 8 °C, pero no tienen permafrost. Los suelos cryicos que tienen un régimen de humedad ácuico comúnmente están mezclados por congelamiento.

**Frígido:** suelo con régimen frígido es más cálido en verano que un suelo con régimen cryico, pero su temperatura media anual es menor de 8 °C.

**Mésico:** la temperatura media anual del suelo es igual o mayor de 8 °C, pero menor de 15 °C, y la diferencia entre la temperatura media del suelo en verano

y en invierno es mayor de 6 °C, a 50 cm de profundidad o a un contacto dénsico, lítico o paralítico, lo que esté más superficial.

**Térmico:** la temperatura media anual del suelo es igual o mayor a 15 °C pero menor de 22 ° C.

**Hipertérmico:** la temperatura media anual del suelo es igual o mayor de 22 °C

**Isofrígido:** la temperatura media anual del suelo es menor de 8 °C.

**Isomésico:** la temperatura media anual del suelo es igual o mayor de 8 °C, pero menor de 15 °C.

**Isotérmico:** la temperatura media anual del suelo es igual o mayor de 15 °C, pero menor de 22 °C.

**Isohipertérmico:** la temperatura media anual del suelo es 22 °C o mayor.

## **2.4 CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA DE LOS SUELOS**

El Soil Taxonomy USDA es un sistema multicategorico que posee tres categorías superiores (Orden, Suborden, Gran Grupo) y tres categorías inferiores (Subgrupo, Familia y Serie) cuya categorización depende del nivel del estudio de suelos que se desee realizar (Del Posso, 2005).

El esquema de clasificación de la *Soil Taxonomy* consta de 12 órdenes, 64 subórdenes, 300 grandes grupos, 1.400 subgrupos, aproximadamente 8.000 familias, y más de 19.000 series.

### **2.4.1 Órdenes**

Los criterios o claves más relevantes para la clasificación de suelos, según la décima edición de la *Soil Taxonomy* (2006), en lo referente a los 12 órdenes de suelo, se basan fundamentalmente en el principio formador del suelo, y son los siguientes:

**Gelisols (A):** tienen permafrost dentro de los 100 cm de la superficie del suelo o materiales gélidos dentro de los 100 cm de la superficie del suelo y permafrost dentro de los 200 cm de la superficie del suelo.

**Histosols (B):** son suelos orgánicos (materiales orgánicos) que no tienen propiedades ándicas de suelos en 60 % o más del espesor entre la superficie del suelo.

**Espodosols (C):** suelos que no tienen un epipedón plaggen o un horizonte argílico o kándico sobre un horizonte espódico, tienen un horizonte espódico o un horizonte Ap que contiene 85 % o más de materiales espódicos

**Andisols (D):** suelos que tienen propiedades ándicas de suelo en 60 % o más del espesor, son suelos desarrollados sobre materiales volcánicos.

**Oxisols (E):** son suelos con un horizonte óxico.

**Vertisols (F):** suelos con arcillas expansibles con grietas que se abren y se cierran periódicamente.

**Aridisols (G):** son suelos de áreas desérticas y semidesérticas, con un régimen de humedad del suelo árido, poseen epipedón ócrico o antrópico y endopedon argílico o nátrico;

**Ultisols (H):** son suelos con un endopedón argílico o kándico, bajo porcentaje en saturación de bases (por suma de cationes) de menos de 35 %.

**Molisols (I):** son suelos con un epipedón mólico con una alta saturación de bases de 50 % o más (por NH<sub>4</sub>OAc).

**Alfisols (J):** son suelos que no tienen un epipedón plaggen y que tienen un horizonte argílico, kándico o nátrico y un porcentaje de moderado a alto en saturación de bases.

**Inceptisols (K):** son suelos poco desarrollados con un régimen de temperatura cryico y un epipedón cámbico.

**Entisols (L):** suelos recientes, muy poco desarrollados.

#### **2.4.2 Subórdenes**

Las claves para determinarlos se basan principalmente en propiedades que afectan a la edafogénesis o que son importantes para el crecimiento de las plantas como lo son los regímenes de humedad y temperatura.

#### **2.4.3 Grandes Grupos**

Dentro del mismo gran grupo se incluyen suelos con perfiles edáficos similares y distinguidos por el grado de saturación en bases y de igual manera por los regímenes de humedad y de temperatura.

#### **2.4.4 Subgrupos**

Esta clasificación define el concepto central de cada suelo, tal como “típico” (el suelo que tipifica el gran grupo), “lítico” (relativo al material parental), “vitric” (referente a materiales vítreos), etc.

A continuación se enumeran los subórdenes, grandes grupos y subgrupos con sus respectivas claves pertenecientes al orden de los Andisols por ser éste el que describe al los suelos de origen volcánico, que son los predominantes en la zona de estudio, objeto de este trabajo.

**Cuadro 2.1** Clasificación taxonómica del Orden Andisols (D), suborden Ustands

SUBORDEN	GRAN GRUPO	SUBGRUPO
DG = Ustands	DGA = Durustands	DGAA = Aquic Durustands
		DGAB = Thaptic Durustands
		DGAC = Humic Durustands
		DGAD = Typic Durustands
	DGB = Haplustands	DGBA = Lithic Haplustands
		DGBB = Aquic Haplustands
		DGBC = Dystric Vitric Haplustands
		DGBD = Vitric Haplustands
		DGBE = Pachic Haplustands
		DGBF = Thaptic Haplustands
		DGBG = Calcic Haplustands
		DGBH = Dystric Haplustands
		DGBI = Oxic Haplustands
		DGBJ = Ultic Haplustands
		DGBK = Alfic Haplustands
		DGBL = Humic Haplustands
		DGBM = Duric Haplustands

**Fuente:** USDA, 2006

### 2.4.5 Familias

Basadas en propiedades físicas y químicas que afectan al manejo de los suelos. Consiste en una serie de adjetivos (mínimo dos). Los nombres de distintas clases que se usan para formar el nombre de la familia y diferenciarlas entre sí son los siguientes:

- Clases de Tamaño de Partícula
- Clases Mineralógicas

- Clases de Actividad de Intercambio Catiónico
- Clases de Reacción y Calcáreas
- Clases de Temperatura del Suelo
- Clases de Profundidad del Suelo
- Clases de Resistencia a la Ruptura
- Clases de Recubrimientos o Revestimientos
- Clases de Grietas

#### **2.4.6 Series**

Los criterios más comúnmente empleados en la clasificación de series del suelo incluyen: profundidad, espesor y expresión de horizontes y propiedades de diagnóstico para las categorías más altas y diferencias en textura, mineralogía, composición química, pH, humedad del suelo, temperatura del suelo y cantidades de materia orgánica.

### **2.5 ESTUDIOS DE IMPORTANCIA PARA LA PLANIFICACIÓN AGROPECUARIA.**

#### **2.5.1 Estudio Topográfico**

Los levantamientos topográficos, son trabajos tridimensionales que tienen una representación de la configuración que tiene un terreno, tanto en planimetría como en altimetría, representándose la planimetría como todo tipo de edificación, vías de comunicación, mobiliario urbano, pie y cabezas de taludes,

alcantarillado, etc.; la altimetría mediante curvas de nivel y cotas características, además de la hidrografía, toponimia, etc. en función del nivel de detalle deseado por el investigador.

Los levantamientos topográficos se realizan con el fin de determinar la configuración del terreno y la posición sobre la superficie de la tierra, de elementos naturales o instalaciones construidas por el hombre. En un levantamiento topográfico se toman los datos necesarios para la representación gráfica o elaboración del mapa del área en estudio (Casanova, 2002).

También se lo define como el conjunto de operaciones lineales y angulares. que se necesita realizar para poder confeccionar una correcta representación gráfica, planimétrica, o plana, de una extensión cualquiera de terreno, sin dejar de considerar las diferencias de cotas o desniveles que presente dicha extensión, definiéndose así los linderos, la superficie y la ubicación de un terreno determinado.

El mapa resultado de un levantamiento o estudio topográfico es esencial para realizar correctamente cualquier trabajo que se desee llevar a cabo, así como lo es, para elaborar cualquier proyecto. Es primordial contar con una buena representación gráfica, que contemple tanto los aspectos altimétricos como planimétricos, para ubicar de buena forma un proyecto.

### **2.5.1.1 G.P.S. de precisión**

GPS son las siglas en ingles de Global Positioning System (Sistema de Posicionamiento Global). Se trata de un sistema global de navegación por satélite (GNSS) que permite localizar con precisión un dispositivo GPS en cualquier lugar del mundo.

El sistema está compuesto por veinticuatro satélites (21 operativos y 3 de respaldo) que están en órbita a unos 20.200 km de la Tierra con trayectorias sincronizadas para cubrir toda la superficie terrestre. Para ubicar un punto se utilizan como mínimo cuatro satélites. El dispositivo GPS recibe las señales y las horas de cada uno de ellos. Con estos datos y por triangulación calcula la posición en el mundo donde se encuentra.

Este aparato permite ubicarnos en cualquier parte del planeta indicándonos las coordenadas de la posición geográfica del operador, a tiempo real, a través de la interpretación de señales satelitales captadas por el equipo (Pozo, 2007).

Además con el GPS se puede realizar las mediciones de un terreno y valiéndose de en un Sistema de Información Geográfica se puede ubicar el predio, y darle a éste características como: superficie, distancia de cada uno de sus linderos, uso actual, pendientes, zonas de conflicto, uso potencial del suelo, fertilidad, riego y otros más.

### **2.5.1.2 Coordenadas UTM**

El Sistema de Coordenadas Universal Transversal de Mercator (en inglés Universal Transverse Mercator, UTM) es un sistema de coordenadas basado en la proyección cartográfica transversa de Mercator, que se construye como la proyección de Mercator normal, pero en vez de hacerla tangente al Ecuador, se la hace tangente a un meridiano. A diferencia del sistema de coordenadas geográficas, expresadas en longitud y latitud, las magnitudes en el sistema UTM se expresan en metros al nivel del mar que es la base de la proyección del elipsoide de referencia.

Estas coordenadas se expresan como un par de valores numéricos en sentido Norte y Este que permiten representar la posición horizontal de un punto en un sistema cartesiano de una zona de la proyección (Wikipedia, 2011).

### **2.5.1.3 Programas informáticos**

#### **2.5.1.3.1 Software Surfer**

Es un software que permite hacer mapas y trazar líneas de contorno en 3D está diseñado únicamente para el sistema operativo Windows. Permite con facilidad y rapidez, convertir datos en mapas con contornos, superficie, wireframe, vector, imagen, mallas, variogramas y sombras.

Este programa se basa en el trazado de isolíneas y visualización de superficies en tres dimensiones, transforma los datos de X, Y y Z en superficies, relieves sombreados, imágenes y en mapas vectoriales.

#### **2.5.1.3.2 Software AutoCad**

Autodesk AutoCad es un software del tipo CAD (Computer Aided Design) que se lo emplea como programa para diseño asistido por computadora para dibujo en dos y tres dimensiones.

AutoCad gestiona una base de datos de entidades geométricas (puntos, líneas, arcos, etc.) con la que se puede operar a través de una pantalla gráfica llamada editor de dibujo. Procesa imágenes de tipo vectorial, aunque también admite incorporar archivos de tipo fotográfico o mapa de bits, donde se dibujan figuras básicas o primitivas (líneas, arcos, rectángulos, textos, etc.), y mediante herramientas de edición se crean gráficos más complejos. El programa permite organizar los objetos por medio de capas o estratos, ordenando el dibujo en partes independientes con diferente color y grafismo. El dibujo de objetos seriados se gestiona mediante el uso de bloques, posibilitando la definición y modificación única de múltiples objetos repetidos.

Parte del programa AutoCAD está orientado a la producción de planos, empleando para ello los recursos tradicionales de grafismo en el dibujo, como color, grosor de líneas y texturas tramadas. AutoCAD, a partir de la versión 11, utiliza el concepto de espacio modelo y espacio papel para separar las fases de

diseño y dibujo en 2D y 3D, de las específicas para obtener planos trazados en papel a su correspondiente escala. (Wikipedia, 2011).

### **2.5.1.3.3 Software Arc Gis**

Es un software utilizado como una herramienta de un sistema de información geográfica que permite consultar y realizar análisis espaciales, opera mediante la integración de los datos espaciales desde diferentes orígenes. Esta funcionalidad le permite analizar, manipular, modelar y visualizar datos.

Un SIG (Sistema de Información Geográfica) ha sido diseñado para la recolección, almacenamiento y análisis de objetos y fenómenos donde la localización geográfica es una característica importante o crítica en el análisis

La utilización de la base de datos en un sistema de información geográfica, mejora considerablemente las posibilidades de satisfacer las necesidades de los usuarios a través del procesamiento de datos, interpretación automatizada de datos, superposición de mapas y construcción de alternativas de decisión en diferentes escenarios (Aronoff, 1993).

Este programa comprende una serie de aplicaciones, que utilizadas en conjunto, permiten realizar funciones que alimentan y administran un sistema de información geográfica (SIG), desde creación de mapas, manejo y análisis de geoinformación hasta edición de datos, metadatos y publicación de mapas en la Internet. Está formado por los siguientes componentes:

- ArcIMS: componente dedicado a la presentación masiva de mapas utilizando el Internet.
- ArcSDE: componente utilizado para manejar la información gráfica y tabular utilizando un sistema manejador de bases de datos profesional como: Oracle, DB2, o Informix, entre las más populares.
- ArcGIS Desktop: componente encargado del manejo y procesamiento de geoinformación, así como de la publicación de mapas.

Su funcionalidad está dividida en tres módulos: ArcView Básica, ArcEditor Media y ArcInfo Avanzada. Las aplicaciones que conforman el ArcGIS Desktop son: ArcCatalog, ArcToolbox y ArcMap.

### **2.5.2 Estudio de Suelos**

Un estudio de suelos es una investigación técnica-científica que permite determinar sistemáticamente los diferentes tipos de suelos en el campo y complementarlos con datos de laboratorio, para clasificarlos de acuerdo a un sistema taxonómico definido; cartografiar las diferentes clases de suelos, e interpretar el uso y manejo de los mismos de acuerdo con su comportamiento (Del Posso, 2001).

Según la USDA (1973), un levantamiento de suelos es un estudio que describe las características de los suelos en un área específica, clasifica los suelos de acuerdo a un sistema de clasificación estándar, establece los límites de los suelos en un mapa y hace predicciones acerca del comportamiento de los suelos.

Los estudios de suelos permiten realizar el inventario y distribución del suelo, conocer las características de los suelos, limitaciones, sus potencialidades y otras características de otros recursos naturales.

Los diferentes usos de la tierra y cómo es la respuesta del suelo al manejo son consideradas en el diseño y ejecución del levantamiento. La información colectada en el levantamiento de suelos ayuda en el desarrollo de planes de uso de la tierra y evalúa y predice el efecto del uso de la tierra en el medio ambiente.

Adicionalmente, en el estudio de suelos se toma en cuenta las características que no son observables desde la superficie, tales como capas que interfieran con el movimiento del agua, porosidad y las raíces de las plantas; lo mismo que permitirá estimar la rapidez con que se mueve el agua a través del suelo y cuánto tiempo podría permanecer allí. Para determinar el grado de erosión, se mide el grado de pendiente y se estima la cantidad de suelo que se pierde. También se debe tomar en consideración la cantidad de materia orgánica y la acidez o alcalinidad del suelo. (Zavaleta, 1992)

Por lo indicado, un estudio de suelos genera interpretaciones que junto con los diferentes mapas temáticos, son la prueba fehaciente de todo conocimiento teórico transformado y plasmado en usos prácticos y aplicados.

Existen varias clasificaciones de los suelos siendo las más importantes las siguientes: la clasificación de suelos según la FAO (1973), la basada en el Sistema de Clasificación de Suelos francés y la que se fundamenta en la taxonomía del “Soils Conservation Service”, del Departamento de Agricultura de Estados Unidos, USDA (1961). Esta última clasificación es la que se ha utilizado y descrito bibliográficamente para realizar el presente estudio.

### **2.5.2.1 Fases del estudio de suelos**

#### **2.5.2.1.1 Fase inicial**

Para la ejecución de esta fase se debe recopilar, analizar y seleccionar toda la información existente, y relacionada con el área de estudio antes de dar comienzo a los trabajos de campo. Esta información se encuentra disponible en los distintos ministerios y dependencias técnicas del estado, aunque podría encontrarse también en ciertas instituciones privadas.

#### **2.5.2.1.2 Trabajo de campo**

Se debe realizar un reconocimiento del área en estudio, mediante el uso de un mapa topográfico. Luego se debe hacer observaciones por medio de barrenaciones de suelos simples y/o semidetalladas, para establecer las variaciones significativas; la frecuencia es determinada por la complejidad del patrón de suelos y por la intensidad del levantamiento.

#### **2.5.2.1.3 Verificación y muestreo final**

Luego de la fase de estudio de campo es necesario verificar los límites del suelo con el fin de determinar los perfiles (barrenaciones detalladas) de cada unidad para su descripción y muestreo. El número de perfiles de suelos y el muestreo varía de acuerdo a la intensidad del levantamiento.

#### **2.5.2.1.4 Análisis de laboratorio**

Esta fase consiste en llevar las muestras de suelo recolectadas en el campo, al laboratorio, para luego evaluar sus propiedades físicas y químicas, lo que nos permitirá definir los tipos de suelos y elaborar posteriormente los mapas de suelos correspondientes y además establecer los criterios de clasificación taxonómica de los mismos, así como otros aspectos como el nivel de fertilidad.

#### **2.5.2.1.5 Elaboración de mapas**

Siendo esta la fase cartográfica del estudio de suelos, consta de la parte de unidades de mapeo con sus respectivas siglas alfa numéricas. La otra parte es la leyenda explicativa la cual debe ser clara y concreta puntualizando las siglas y símbolos del mapa, la clasificación de suelos, las características de cada suelo, las limitaciones y posibilidades de uso.

#### **2.5.2.1.6 Elaboración del informe del estudio**

Es el texto donde se explica detalladamente los aspectos más importantes del estudio edafológico y agrologico, resaltándose los temas de interés prácticos y aplicativos. En las partes técnicas del informe debe usarse terminología clara, concreta y sencilla, para que pueda ser entendido por profesionales y técnicos no especialistas.

El informe debe incluir datos como son: el grado de pendiente, grado de erosión, la descripción de los suelos mostrada en los mapas y el potencial de los mismos para varios propósitos. De igual manera información sobre clima, fisiografía, geología; prácticas agrícolas y forestales; así como sugerencias sobre sistemas de cultivos, prácticas de fertilización y control de erosión, etc. (Zavaleta, 1992)

#### **2.5.2.2 Variables edáficas para la correcta clasificación de los suelos**

##### **2.5.2.2.1 Color**

El color del suelo es una de las características más fáciles de determinar que está relacionado con características físicas, químicas y biológicas de este recurso (Del Posso, 2009).

Para establecer el color del suelo se utiliza como patrón estándar la carta de colores Munsell, fabricada por “Munsell Color Company”, donde el color se describe a través de tres parámetros:

- **Tono o Matiz (hue):** Expresa la longitud de onda dominante de la radiación reflejada. Los colores que aparecen en los suelos suelen presentar una graduación entre rojo el (R) y el amarillo (Y), apareciendo también el gris (G) con tonalidades verdes en los suelos con fuerte encharcamiento. Cada matiz ocupa una página del código de colores Munsell.
- **Intensidad (Value):** Valora la claridad-oscuridad del color, según se acerque más al blanco (valores altos) o al negro (valores bajos). Los valores van del 2 al 8.
- **Saturación (chroma):** Valora la pureza del color; mientras más alto es el valor, el color se encuentra más cercano al color puro, y por el contrario, valores bajos de intensidad dan tonos más grisáceos. Los valores van del 0 al 8.

#### **2.5.2.2.2 Estructura**

La estructura de un suelo es el grado de ordenamiento y orientación geométrico y natural de sus partículas básicas: arena, limo y arcilla con otros denominados agregados o falsos agregados y cuando el agrupamiento de

estas partículas es artificial se denominan simplemente terrones (Del Posso, 2001).

La estructura comprende el agrupamiento de sus partículas elementales para formar grandes agregados estables con poros de diverso tamaño, que facilitan la retención de agua y el intercambio de gases. La estructura se caracteriza según tres propiedades:

- **Grado:** Se refiere al grado de desarrollo de los agregados o pedregalidad y se evalúa viendo la cohesión interna de estos agregados.
- **Tipo o forma:** Describe la geometría de los agregados.
- **Clase o tamaño:** Dimensiones de los agregados.

La compactación puede llevar a una rápida pérdida de estructura y porosidad, incremento de la densidad aparente y disminución de la permeabilidad y la tasa de infiltración, debilitando los procesos debido a la circulación de agua en el interior del perfil e incrementando los arrastres superficiales (Domingo, 2002).

#### **2.5.2.2.3 Textura**

La textura del suelo es la combinación porcentual de los tres tipos de partículas del suelo (arena, limo y arcilla), hasta un diámetro de 2 mm (Del Posso, 2009).

La textura es una de las propiedades de mayor utilidad en la determinación de otros parámetros de gran importancia como la permeabilidad, la capacidad de retención de agua o la erosión.

#### **2.5.2.2.4 Materia orgánica**

El contenido en materia orgánica en los suelos ejerce un notable efecto sobre las propiedades biológicas, físicas y químicas de los suelos como son estabilidad estructural, fertilidad, retención de humedad, color, etc.

Los contenidos en materia orgánica no se han tipificado pero cuando se habla de suelos muy débilmente orgánicos, se considera que su horizonte superficial contiene < 1% de materia orgánica, débilmente orgánicos entre el 1 y el 2%, medianamente orgánico del 2 al 4% (Domingo, 2002).

Es muy importante distinguir entre materia orgánica y humus, ya que a partir de este último producto las plantas pueden utilizar sus elementos nutritivos (Del Posso, 2001).

#### **2.5.2.2.5 Manchas de color (moteados)**

Las manchas se relacionan principalmente con la humedad y situaciones alternantes de encharcamiento-aireación. La caracterización de las manchas de un horizonte se hace a través de los siguientes atributos:

- Presencia en porcentaje de superficie
- Color según el código de colores Munsell
- Tamaño, diámetro más frecuente en milímetros (Domingo, 2002).

Se debe evaluar en el campo esta característica para definir la clase de nivel freático ya sea permanente o temporal y para la ejecución técnica de drenajes, aspecto importante a nivel de manejo de suelos (Del Posso, 2009).

#### **2.5.2.2.6 Capacidad de intercambio catiónico**

Capacidad de intercambio catiónico (CIC) es la capacidad que tiene un suelo para retener y liberar iones positivos, merced a su contenido en arcillas y materia orgánica. Las arcillas están cargadas negativamente, por lo que suelos con mayores concentraciones de arcillas exhiben capacidades de intercambio catiónico mayores. A mayor contenido de materia orgánica en un suelo aumenta su CIC.

#### **2.5.2.2.7 Saturación de bases**

Es una propiedad importante de los suelos y se define como el porcentaje de la capacidad de cambio catiónico total ocupada por cationes alcalinos como el calcio, magnesio, sodio y potasio. La saturación de bases está relacionada con el pH y la fertilidad del suelo, a mayor pH y mayor fertilidad de un suelo mayor es el grado de saturación de bases. A mayor grado de saturación de bases es mayor la facilidad con que los cationes son absorbidos por las plantas.

#### **2.5.2.2.8 El pH del suelo**

El pH es una medida de la concentración de hidrógeno expresado en términos logarítmicos. Los valores del pH se reducen a medida que la concentración de los iones de hidrógeno incrementan, variando entre un rango de 0 a 14. Los valores por debajo 7.0 son ácidos, valores superiores a 7.0 son alcalinos y/o básicos, mientras que los que rondan 7.0 son denominados neutrales.

La medición de pH significa en realidad medir la actividad del ión [H+] en la solución del suelo. Comúnmente, valores de pH entre 6.0 y 7.5 son óptimos para el crecimiento de la mayoría de los cultivos (USDA, 1999).

#### **2.5.2.3 Variables edáficas indicadoras de la calidad del suelo**

##### **2.5.2.3.1 El contenido de agua en el suelo**

Es la capacidad que tiene el suelo para absorber, retener y suministrar agua al medio. El conocimiento técnico práctico del ciclo hidrológico permite conocer la realidad de la economía hídrica de un suelo y su manejo.

##### **2.5.2.3.2 La erosión**

La erosión es el arrastre de las partículas constituyentes del suelo por la acción del agua en movimiento o por la acción del viento. La erosión se presenta en función de la erosividad que es la capacidad potencial del agua o del viento

para erosionar y la erodabilidad, que es la vulnerabilidad del suelo ante la erosión.

La degradación del suelo, a consecuencia de la erosión, afecta la fertilidad del suelo y significa el cambio de una o más de sus propiedades o condiciones inferiores a las originales, por medio de procesos físicos, químicos y/o biológicos. La degradación del suelo puede ser parcial y total dependiendo del grado de erodabilidad y erosividad (Del Posso, 2001).

### **Clases de erosión**

#### **Por origen:**

- **Natural:** ocurre por acción de las fuerzas de la naturaleza: gravedad, precipitación, corriente fluvial, corriente marina, temperatura, sin la intervención del hombre. (Del Posso, 2006).
- **Antrópica:** causada por el hombre y sus malas prácticas agrícolas, desestabilizando el equilibrio suelo-vegetación-agua. (Del Posso, 2006)

#### **Por agentes causales:**

- **Eólica:** ocasionada por acción del viento.

- **Hídrica:** ocasionada por acción del agua, ya sea por el impacto de la gota de lluvia, percolación o deslizamiento. A su vez, existen diversos tipos de erosión hídrica:
  - **Laminar:** Es una erosión superficial, se caracteriza por la pérdida de una capa fina y uniforme de toda la superficie del suelo como si fuera una lámina. Representa una pérdida imperceptible que sólo se nota cuando el tiempo ha aumentado su intensidad. Este proceso da origen a la erosión en surcos y posteriormente en cárcavas.
  - **Surcos:** es fácilmente perceptible debido a la formación de surcos irregulares favoreciendo la remoción de la parte superficial del suelo. Si el proceso de erosión avanza puede convertirse en cárcavas.
  - **Zanjas o cárcavas:** consiste en pérdidas de grandes masas de suelo formando zanjas de grandes dimensiones y profundidad, que traen como consecuencia la pérdida de suelo, el cambio en el régimen térmico, la pérdida en la calidad del relieve y pérdidas en la capacidad de reserva de agua. El proceso se ve favorecido por presión de pastoreo y malas prácticas de manejo.

### **2.5.2.3.3 La densidad aparente**

La densidad aparente es la relación entre la masa del suelo secado al horno y el volumen global, que incluye el volumen de las partículas y el espacio poroso entre partículas.

La densidad aparente de un suelo se suele utilizar como medida de la estructura del suelo. Una densidad baja, generalmente, equivale a más porosidad y mayores agregados del suelo. Un suelo de bosque saludable tendrá una densidad baja, lo que corresponde a mayor estabilidad, menos compactación y, probablemente, mayor contenido de humedad que un suelo con una densidad mayor.

Las densidades de las partículas minerales usualmente se encuentran en el rango de entre 2,5 a 2,8 g/cm<sup>3</sup>, mientras que las partículas orgánicas presentan usualmente menos que 1,0 g/cm<sup>3</sup>.

Suelos compactos tienen altas densidades aparentes, restringen el crecimiento de las raíces e inhiben el movimiento del aire y el agua a través del suelo (USDA, 2006).

### **2.5.2.3.4 Fertilidad de suelos**

La fertilidad del suelo es una cualidad resultante de la interacción entre las características físicas, químicas y biológicas del mismo y que consiste en la

capacidad de poder suministrar las condiciones necesarias para el mantenimiento de una cubierta vegetal (Sánchez, 2007).

#### **2.5.2.3.5 La profundidad**

La profundidad de un suelo es el espacio en el que las raíces de las plantas comunes pueden penetrar sin mayores obstáculos, para conseguir agua y nutrientes indispensables. Para planificar el uso del suelo, estos se clasifican en cuatro grupos, de acuerdo con su profundidad efectiva:

- Suelos profundos tienen un metro o más hasta llegar a una capa limitante.
- Moderadamente profundos con menos de un metro pero más de 0,60 m.
- Suelos poco profundos tienen hasta 0,60 m.
- Suelos someros tienen menos de 0,25 m.

La USDA Soil Taxonomy fija como límite inferior del suelo la profundidad de 200 cm.

#### **2.5.2.4 Variables ambientales relacionadas con el suelo**

En el suelo de una zona está contenida la historia de los esfuerzos a la que ha sido sometida, el relieve topográfico expresa la acción del tiempo mediante los agentes como: el agua, el viento y el tectonismo.

Los factores geológicos e hidrológicos pueden ser las causas principales para la conformación de la morfología de una zona, ya que de acuerdo a los procesos de desfragmentación y degradación de un lugar se producirán diferentes tipos de suelos (Álvarez, *et al.* 2002).

#### **2.5.2.4.1 La geomorfología**

Estudia las formas de la superficie terrestre. Los procesos morfogenéticos o geomorfológicos son los hechos por los cuales la superficie terrestre va cambiando su forma de manera lenta, pero permanente por efecto de diferentes procesos.

#### **2.5.2.4.2 La fisiografía**

La fisiografía está definida como la descripción de la naturaleza a partir del estudio del relieve, en conjunto con el estudio de la hidrosfera, la atmósfera y la biosfera. (Villota, 1992). La fisiografía integra los aspectos de relieve, formaciones geológicas, formaciones superficiales y el clima.

#### **2.5.2.4.3 La vegetación**

Las condiciones ecológicas y la vegetación sobre el suelo mejoran o mantienen la calidad del suelo, para establecer una adecuada correlación que ayude a predecir las propiedades de los suelos.

#### **2.5.2.4.4 La precipitación atmosférica**

Término con el cual se denominan las formas de agua en estado líquido o sólido que caen directamente sobre la superficie terrestre. La precipitación pluvial se mide en mm, que equivale al espesor de la lámina de agua que se formaría, a causa de la precipitación sobre una superficie de 1 m<sup>2</sup> plana e impermeable.

Valores de menos de 200 mm indican poca precipitación, entre 200 y 500 escasa precipitación, entre 500 y 1.000 son valores normales, entre 1.000 y 2.000 indican abundantes precipitaciones y más de 2.000 son valores muy altos.

#### **2.5.2.4.5 Humedad relativa**

Es la cantidad de vapor de agua presente en el aire. La humedad relativa es la relación porcentual entre la cantidad de vapor de agua real que contiene el aire y la que necesitaría contener para saturarse a idéntica temperatura

#### **2.5.2.4.6 Heliofanía**

La heliofanía representa la duración del brillo solar u horas de sol, y está dada por el registro del tiempo en que el heliofanógrafo recibe la radiación solar directa. La ocurrencia de nubosidad determina que la radiación recibida por el instrumento sea radiación solar difusa, interrumpiéndose el registro. Se mide en horas y minutos de brillo solar.

### **2.5.3 Estudio Agrológico**

#### **2.5.3.1 Definición de Tierra**

Es un área de la superficie terrestre, donde las características que abarca son razonablemente estables o predeciblemente cíclicas. Comprende el ámbito biofísico de la corteza terrestre que incluye al clima, relieve, suelo, hidrología, vegetación, etc. y la forma en que los recursos naturales influyen en el potencial de empleo de la misma, incluyéndose las actividades humanas pasadas y presentes.

#### **2.5.3.2 Estudio y clasificación agrológica**

La planificación de la tierra es una necesidad de sobrevivencia en cualquier país del mundo; para este fin el estudio agrológico de la tierra es un requisito obligatorio y necesario para planificar el uso técnico y sustentable de la misma (Del Posso, 2001).

De manera general se considera que la información de los estudios de caracterización de suelos es útil para las personas entendidas en la materia, pero pierden valor para quienes no son expertos y conocedores del valor de las características del suelo. Es por ello que el estudio y clasificación agrológica tratan de explicar dicha información y se presentan como una guía para lograr un buen rendimiento en la explotación del suelo con un impacto negativo nulo o

muy bajo, es decir, buscan propiciar el uso de la información lograda en los estudios de suelos para que tenga alguna funcionalidad.

Debe tenerse en cuenta que la clasificación agrológica se hace con base en las características permanentes del suelo predominante en la unidad cartográfica, es decir, del suelo que en ella tiene el mayor porcentaje.

### **2.5.3.3 Clasificación de las Tierras por capacidad de uso**

Uno de los métodos de evaluación y clasificación de tierras más difundidos en el mundo es la Clasificación de Tierras por su Capacidad de Uso del “Soils Conservation Service”, del Departamento de Agricultura de Estados Unidos (1973). Mediante la clasificación agrológica del USDA (1973) se puede determinar la calidad agrológica de los suelos, basándose en criterios edafológicos fácilmente diagnosticables en el campo y en el laboratorio.

El propósito fundamental es interpretar la relación entre el medio físico natural y las prácticas de manejo y conservación, para agrupar las unidades de tierra de acuerdo a su capacidad para producir plantas cultivadas comunes, pastos y árboles, por un largo período de tiempo, sin riesgo de deteriorar las tierras.

Este sistema agrupa las clases de tierras en orden de prioridad para agricultura, ganadería y bosques, no queriendo establecer con esto que las clases agrícolas no puedan ser usadas para ganadería y/o bosques, además,

se basa fundamentalmente en el rango de cultivos, agricultura mecanizada y en una evaluación de las condiciones naturales.

La Clasificación por Capacidad de Uso agrupa las clases de tierras en tres niveles categóricos diferentes:

- Clases de Capacidad
- Subclases de Capacidad
- Unidades de Capacidad

Para definir las clases de tierra en cada una de las categorías, el sistema toma en cuenta los factores o propiedades de la tierra que se consideran relevantes para evaluar sus limitaciones para uso agrícola, pecuario o forestal. Entre estos factores se encuentran: la pendiente (p), el microrelieve (m), la erosión (e), la textura (g), la pedregosidad (r), la salinidad (s), la fertilidad (f), la permeabilidad (c), el drenaje interno (n), el drenaje externo(a), y la inundación (i). Las características de cada una de las ocho clases de tierras que contempla este sistema son:

#### **2.5.3.3.1 Tierras adecuadas para todo tipo de usos, incluyendo cultivos**

**Clase I:** son tierras con muy pocas limitaciones para su uso para un amplio margen de cultivos, pastos, bosques. Los suelos son planos con muy pequeños problemas de erosión, profundos, bien drenados, fáciles de labrar, con buena

capacidad de retención de humedad, provistos de nutrientes, no sujetos a inundaciones y con un clima favorable para muchos cultivos. Estos terrenos, pueden necesitar de un acondicionamiento inicial pequeño, tal como nivelación, cierto lavado de sales y prácticas conducentes a un mejor drenaje.

Para que un suelo se considere dentro de esta clase es necesario que pueda producir dos o más cosechas por año, de cultivos de ciclo corto y/o cosechas de cultivos permanentes, ya sean en condiciones naturales o bajo la aplicación de riego y/o drenaje. Se supone que se realizarán las prácticas de manejo necesarias para el mantenimiento de la productividad del suelo y el equilibrio del ambiente.

**Clase II:** las tierras de la clase II tienen algunas limitaciones que reducen la elección de plantas o requieren moderadas prácticas de conservación. Las limitaciones son pocas y las prácticas son fáciles de aplicar. Entre las principales limitaciones se encuentran: pendientes suaves, moderado grado de erosión, humedad inadecuada del suelo; y entre las prácticas de conservación se requiere la implementación de curvas de nivel y la rotación de cultivos.

**Clase III:** las tierras en la clase III, tienen severas limitaciones que reducen la selección de cultivos o requieren prácticas especiales de conservación, o ambas a la vez. Tienen más restricciones de uso que aquellas en la clase II, y cuando son usados para cultivos agronómicos, las prácticas de conservación son generalmente más difíciles de aplicar y mantener.

Entre las principales limitaciones están: pendientes moderadamente fuertes, grandes peligros de erosión, poca permeabilidad del agua, zona radical limitada, baja capacidad de retención de humedad, baja fertilidad, algunos problemas de salinidad, estructura inestable. Las prácticas de conservación incluyen las de las clases anteriores en combinación con la restricción en la selección de los cultivos.

**Clase IV:** las tierras de clase IV tienen limitaciones muy severas que restringen la elección del cultivo y requieren un manejo muy cuidadoso. Cuando estas tierras son cultivadas se requieren cuidadosas prácticas de manejo y también de conservación, que son más difíciles de aplicar y mantener que las aplicadas a las tierras en la clase III.

Las tierras en la clase IV pueden ser adecuadas solamente para laboreo ocasional con dos o tres de los cultivos agronómicos comunes. Entre las limitaciones se encuentran: pendientes muy fuertes, elevada susceptibilidad a la erosión, suelos con muy poca profundidad, pobre drenaje, severos problemas de salinidad.

#### **2.5.3.3.2 Tierras de uso limitado, no aptas para cultivos, generalmente aptas para pastos y bosques**

**Clase V:** las tierras de la clase V no tienen problemas de erosión o, si lo tienen, es muy pequeño. Sin embargo, tienen otras limitaciones que no son prácticas de remover y que limitan su uso solamente para pastos, lotes de árboles o vida

silvestre o cobertura. Son tierras casi planas pero algunas son húmedas inundadas fuertemente por cursos de agua, tienen piedras, tienen limitaciones climáticas o tienen alguna combinación de estas limitaciones.

**Clase VI:** las tierras de la clase VI tienen limitaciones severas que las hacen generalmente inadecuadas para cultivos y limitan su uso, principalmente para pastos, lotes de árboles o vida silvestre y cobertura. Las condiciones físicas de las tierras en la clase VI son tales, que es práctico aplicar ciertas medidas de mejoramiento a los pastos y en los bosques si son necesarias, tales como sembrarlos, abonarlos, proceder a algunas medidas de control de agua mediante surcos en contornos, drenaje, etc.

Las limitaciones de estos suelos básicamente son: pendientes muy fuertes, alta susceptibilidad a la erosión o se encuentran muy erosionados, alta pedregosidad, excesiva humedad, suelos muy superficiales. Las condiciones climáticas son adversas.

**Clase VII:** las tierras de la clase VII tienen limitaciones muy severas que las hacen inadecuadas para cultivos y restringen su uso fundamentalmente al pastoreo, a lotes de árboles o a la vida silvestre. Las condiciones físicas de las tierras en la clase VII son tales que no es práctico aplicar aquellas medidas que fueron mencionadas para las tierras de la clase VI.

**Clase VIII:** las tierras de esta clase poseen tantas y tan graves limitaciones, que solo se recomienda su uso para propósitos conservacionistas, vida

silvestre, recreación y preservación de cuencas. Se considera, que en general, estos terrenos no producirán retornos económicos a los invertidos, aunque se pueden justificar ciertas prácticas de manejo con fines de conservación, y así proteger terrenos más valiosos. Las limitaciones pueden incluir las de otras clases, en grado más severo. Se incluyen generalmente, áreas de afloramientos rocosos, playas de arena, pantanos, áreas muy inclinadas o escarpadas, etc.

#### **2.5.3.3 Subclase agrológica o capacidad de Uso**

Son subdivisiones de las clases de capacidad de uso que poseen limitaciones y riesgos similares, se agrupan en base a factores definidos:

- Erosión (subclase e)
- Topografía (subclase t)
- Suelo (Limitaciones físicas o químicas del suelo en zona de raíces)  
(subclase s)
- Limitaciones por clima (subclase c).

#### **2.5.3.4 Unidad agrológica o capacidad de Uso**

Es un agrupamiento de tierras que son similares en aptitud para el crecimiento de plantas y en respuesta al mismo uso de manejo y conservación.

## **2.6 PRÁCTICAS DE MANEJO Y CONSERVACIÓN DE SUELOS**

Según Del Posso (2001) las prácticas de manejo y conservación de suelos son métodos u obras de campo que buscan disminuir el efecto de la erosión sobre el suelo como es el de amortiguar el efecto directo de las gotas de lluvia sobre el suelo con vegetación; disminuir la velocidad de la escorrentía por terrazas; encausar las aguas sobrantes, etc.

A continuación se detalla cada uno de los tipos de prácticas en obras de campo agrupadas en tres grandes grupos: prácticas culturales, prácticas agronómicas y las prácticas mecánicas:

### **2.6.1 Prácticas Culturales**

Son métodos de campo que buscan la protección del suelo y el agua mediante sistemas de cultivo. La primera etapa es determinar la aptitud de la tierra y ubicar en cada lote el cultivo que el uso potencial determine.

La selección de estas prácticas está en función de tres aspectos:

- La aptitud de la tierra
- El uso del suelo
- Tipo de agente erosivo

### **2.6.1.1 Rotación de cultivos**

Es la sucesión de cultivos diferentes en ciclos continuos sobre un área determinada de terreno. Esta deberá programarse de en base a las condiciones agroecológicas y socio económicas; la duración del ciclo de rotación deberá ser mayor a medida que se incremente el problema erosivo o a medida que baje la fertilidad.

### **2.6.1.2 Cultivo en fajas**

Consiste en cultivar en terrenos con pendiente de 2 a 15% en fajas alternas de ancho variable con cultivos de escarda y tupidos según un programa de rotación de cultivos.

### **2.6.1.3 Abonos verdes.**

Es la práctica de sembrar una determinada planta en un terreno con la finalidad específica de incorporar al suelo durante la época más propicia de su desarrollo vegetativo, esto es antes de la floración.

### **2.6.1.4 Cultivos en cobertera.**

Constituye una práctica vegetativa que tiene como finalidad formar y establecer una cubierta vegetal en un terreno para mejorarlo y protegerlo.

Se debe aplicar este tipo de cultivos en áreas donde la vegetación ha desaparecido por acción del agua y el viento, debido a que luego de la cosecha de un cultivo el suelo queda desnudo y expuesto a los agentes erosivos o a que en las explotaciones de frutales o árboles forestales no poseen una cobertura entre planta y planta.

#### **2.6.1.5 Cortinas rompevientos**

Es la plantación alineada de una o más hileras de árboles, arbustos o matorrales para formar una barrera suficientemente alta y densa para obstaculizar el paso del viento.

##### **2.6.1.5.1 Requisitos para establecer una cortina rompevientos**

Se debe seleccionar las especies que reúnan las siguientes características:

- Especies adaptadas al suelo y clima de la zona.
- Especies de crecimiento rápido y morfología uniforme.
- Especies con buen sistema radicular capaz de aprovechar al máximo nutrientes y humedad.
- Especies de gran densidad en sus copas.
- Especies resistentes a la sequía.

#### **2.6.1.5.2 Distribución de las especies forestales en una cortina rompevientos**

- **Especies principales:** arbóreas que determinan la altura efectiva de la cortina.
- **Especies secundarias:** arbóreas de menor tamaño que se colocan a los lados de las especies principales.
- **Especies accesorias:** arbustivas y matorrales que se colocan en las partes más bajas de la cortina.

#### **2.6.1.6 Reforestación**

Es la reposición de plantas forestales en terrenos donde antes existió cubierta vegetal arbórea. Esta práctica se la realiza en tierras que presentan pendientes elevadas mayores al 40 %.

##### **2.6.1.6.1 Criterios para la selección de especies**

- Especies con buena sobrevivencia y rápido crecimiento en lugares empobrecidos.
- Especies con capacidad de producir bastante hojarasca.
- Especies que posean un sistema radicular robusto.
- Especies que procuren el mejoramiento y protección del suelo.

### **2.6.1.7 Manejo de pastizales**

Consiste en aplicar los principios fundamentales que rige para el aprovechamiento racional del pasto y para mantener una producción de pasto eficiente.

### **2.6.1.8 Manejo forestal**

Consiste en realizar el aprovechamiento de las especies forestales existentes aplicando todos los cuidados que estos requieren durante todo su desarrollo, dentro de límites técnicos y económicos.

Las labores recomendadas para un buen manejo forestal son:

- Replante, que consiste en reponer las plantas muertas.
- Deshierba, para el control de malezas, especialmente en los primeros meses.
- Podas técnicas de ramas bajas, para obtener troncos rectos y sin nudos.
- Raleos, para eliminar técnicamente los árboles en malas condiciones.
- Riego en épocas secas y en los primeros meses de desarrollo del árbol
- Protección de los árboles contra el hombre, animales, plagas, enfermedades, etc.

### **2.6.2 Prácticas Agronómicas**

Es el conjunto de técnicas de campo que tienen como fin incrementar la producción para obtener beneficios económicos y cubrir los costos de manejo y conservación.

Las principales técnicas de campo son:

- Formas de preparación del suelo
- Uso de variedades recomendadas
- Sistemas y densidades de siembra apropiadas
- Tipos y cantidades de fertilizantes, abonos, enmiendas en función del análisis previo del suelo y requerimientos del cultivo a sembrarse.
- Control técnico y oportuno de malezas
- Control técnico y oportuno de plagas y enfermedades
- Calendario agrícola de siembras y cosechas
- Piso altitudinal

### **2.6.3 Prácticas Mecánicas**

Son obras de ingeniería que se utilizan para manejar y encauzar las aguas de escorrentía, además de controlar las remociones en masas de suelos.

Este tipo de prácticas en general debe ejecutarse en forma combinada con otro tipo de prácticas que estén en función de la aptitud de la tierra y del uso del suelo. Del Posso (2005) menciona los siguientes tipos de prácticas mecánicas:

- **Terrazas de banco de base ancha:** se construyen sobre terrenos que poseen pendientes ligeras.
- **Terrazas de banco de base angosta:** se construyen sobre terrenos con pendientes fuertes.
- **Terrazas de bancos alternos:** se construyen sobre pendientes ligeras o fuertes, pero dejando un espacio empastado entre ellas, el cual corresponde a áreas erosionadas.
- **Terraza de formación lenta:** se construyen sobre terrenos que poseen pendientes no muy fuertes pero bastante largas en longitud. Las terrazas se van formando solas y con el tiempo en base a la construcción de un muro de 1 a 1,5m de alto, perpendicular a la pendiente del terreno y siguiendo las curvas de nivel.
- **Terrazas individuales:** se construyen sobre terrenos que poseen pendientes más fuertes, donde se plantarán árboles forestales o frutales; para lo cual se construyen terrazas individuales para cada planta. La base de la terraza es circular, y el talud es en forma de media luna.
- **Surcado al contorno:** consiste en trazar surcos en forma perpendicular a la pendiente del terreno siguiendo las curvas de nivel, eliminando el agua de escorrentía y disminuyendo la erosión del suelo.

- **Surcado doble o surcado lister:** son una serie de surcos dobles separados por un tope empastado, diseñado para retener el agua de lluvia y reducir la erosión del suelo al disminuir el escurrimiento.
- **Sistemas de zanja y bordo:** se practica en zonas de alta y baja precipitación y consiste en construir en forma alternada zanjas y bordes de tierra perpendiculares a la pendiente siguiendo las curvas de nivel. Este sistema está recomendado para terrenos con pendientes del 5 al 40%.

## **2.7 EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL**

La Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) es la identificación y valoración de los impactos o efectos potenciales de proyectos, relativos a los componentes físico-químicos, biológicos, culturales y socioeconómicos del entorno (Canter, 1998).

La Evaluación de Impacto Ambiental, se enmarca en un proceso amplio ligado enteramente a la toma de decisiones sobre la conveniencia o no de un proyecto concreto.

### **2.7.1 Impacto Ambiental**

Es la alteración que se produce en el ambiente cuando se lleva a cabo un proyecto o una actividad. La alteración no siempre es negativa. Puede ser favorable o desfavorable para el medio.

Es el cambio neto positivo o negativo en el bienestar del hombre y factores ambientales debido a las acciones de un proyecto (Vásquez, 2000).

En los impactos ambientales hay que tener en cuenta:

- Signo: si es positivo y sirve para mejorar el medio ambiente o si es negativo y degrada la zona
- Intensidad: según la destrucción del ambiente sea total, alta, media o baja;
- Extensión: según afecte a un lugar muy concreto, se llama puntual; o a una zona algo mayor, parcial; o a una gran parte del medio, impacto extremo; o a todo, impacto total. Hay impactos de ubicación crítica: como puede ser un vertido en un río poco antes de una toma de agua para consumo humano: será un impacto puntual, pero en un lugar crítico;
- Momento: momento en que se manifiesta, permite distinguir el impacto latente, que se manifiesta al cabo del tiempo, como puede ser el caso de la contaminación de un suelo como consecuencia de que se vayan acumulando pesticidas u otros productos químicos, poco a poco, en ese lugar; de otros impactos que son inmediatos o a corto plazo.
- Persistencia: se dice que es fugaz si dura menos de 1 año; si dura de 1 a 3 años es temporal y pertinaz si dura de 4 a diez años. Si es para siempre sería permanente;

- Recuperación: según sea más o menos fácil de reparar distinguimos irrecuperables, reversibles, mitigables, recuperables, etc.
- Suma de efectos: a veces la alteración final causada por un conjunto de impactos es mayor que la suma de todos los individuales y se habla de efecto sinérgico
- Periodicidad: distinguimos si el impacto es continuo o discontinuo.

### **2.7.2 Estudio de Impacto Ambiental**

Es el documento que hacen los técnicos identificando los impactos, la posibilidad de corregirlos, los efectos que producirán, etc. Debe ser lo más objetivo posible, sin interpretaciones ni valoraciones, sino recogiendo datos. Es un estudio multidisciplinar por lo que tiene que fijarse en cómo afectará al clima, suelo, agua; conocer la naturaleza que se va a ver afectada: plantas, animales, ecosistemas; ver cómo afectará a las actividades humanas: agricultura, empleo, calidad de vida, etc.

### **2.7.3 Métodos de Evaluación de Impacto**

- **Listas de chequeo:** son métodos muy simples, se utilizan normalmente para una evaluación preliminar y para llamar la atención sobre impactos importantes.

- **Los grafos y diagramas de flujo:** tratan de determinar las cadenas de impactos primarios y secundarios con todas las interacciones existentes y sirven para definir tipos de impactos esperados.
- **Matrices causa-efecto:** son métodos cualitativos, preliminares y muy valiosos para valorar las diversas alternativas de un mismo proyecto. Un ejemplo muy usado de estas matrices es la desarrollada por Leopold et al (1971).

Este método, consiste en un cuadro de doble entrada, en el que se disponen como filas los factores ambientales y como columnas las acciones que vayan a tener lugar y que serán causa de posibles impactos.

Cada cuadrícula de interacción se dividirá en diagonal, haciendo constar en la parte superior la extensión del impacto precedido de un signo + o un signo -, según sea el impacto positivo o negativo en una escala del 1 al 10 (asignando el valor de una a la alteración mínima y 10 a la alteración máxima). En la cuadrícula inferior constará la importancia, también en escala de 1 a 10.

Ambas estimaciones se realiza desde un punto de vista subjetivo al no existir criterios de valoración, pero, si el equipo evaluador es multidisciplinar el resultado resulta bastante objetivo. El sumatorio por filas nos indicará las incidencias del conjunto sobre cada factor

ambiental y por lo tanto su fragilidad. Este método permite obtener una visión global del Estudio.

**Cuadro 2.2** Matriz de Leopold

		Las aguas servidas a un pozo séptico.	Quema de material vegetal	Arado en sentido de pendiente	Manejo inadecuado de cultivos	Manejo inadecuado de cultivos forestales	Uso inadecuado de insumos agrícolas	Mal manejo de materia orgánica	Semilla no certificada	Pérdida de flora nativa	Consanguinidad animal	Parcelación de tierras	Migración	Desempleo	
<b>RECURSOS NATURALES ABIOTICOS</b>	<b>AIRE</b>														<b>0</b>
	<b>AGUA</b>	Calidad													<b>0</b>
	<b>TIERRA</b>	Suelos													<b>0</b>
<b>RECURSOS NATURALES BIOTICOS</b>	<b>FLORA</b>	Árboles													<b>0</b>
		Plantas nativas													<b>0</b>
		Cultivos													<b>0</b>
	<b>FAUNA</b>	Animales silvestres													<b>0</b>
		Animales domésticos													<b>0</b>
<b>FACTORES CULTURALES</b>	<b>USOS DEL TERRITORIO</b>	Agricultura													
		Espacios abiertos													<b>0</b>
		Zona residencial													<b>0</b>
		Salud													<b>0</b>
		Educación													<b>0</b>
		Economía													<b>0</b>
		<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>

### **3. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO**

#### **3.1 CARACTERIZACIÓN BIOFÍSICA**

##### **3.1.1 Definición del área de estudio**

El presente proyecto de investigación comprende el área total perteneciente a la hacienda “La Valencia”.

##### **3.1.2 Breve historia del uso de la Tierra en la hacienda “La Valencia”**

La hacienda “La Valencia” es una propiedad rural dedicada a actividades agropecuarias, que, durante su historia contemporánea, ha pertenecido a instituciones del estado como el Ministerio de Salud, el IERAG y al Ministerio de Defensa Nacional, siendo esta última institución la que hasta la actualidad la administra por intermedio de la Escuela Politécnica del Ejército, ESPE, con fines académicos y productivos.

Las tierras de la hacienda en los últimos años han sido utilizadas con cultivos como cebada, maíz, papa, en algunos sectores se los ha empleado para el pastoreo de ganado bovino y equino perteneciente a habitantes de la zona y en los sectores aledaños a su perímetro se conserva la vegetación natural propia de la zona.

En la actualidad se utiliza maquinaria para las diferentes labores agrícolas, realizándose siembras periódicas de los cultivos mencionados, actividad que se la realiza sin un previo estudio técnico específicamente en lo referente a estudio de suelos y de aptitud de las tierras.

### 3.1.3 Ubicación geográfica

La hacienda “La Valencia” se encuentra localizada en la Provincia de Pichincha, en el cantón Quito, parroquia Pintag a 20 Km de la ciudad de Sangolquí y a 50 Km de la ciudad de Quito. Específicamente en el sector Valencia, donde colinda con los barrios Santa Rosa, San Vicente, Santa Teresa y Loreto.



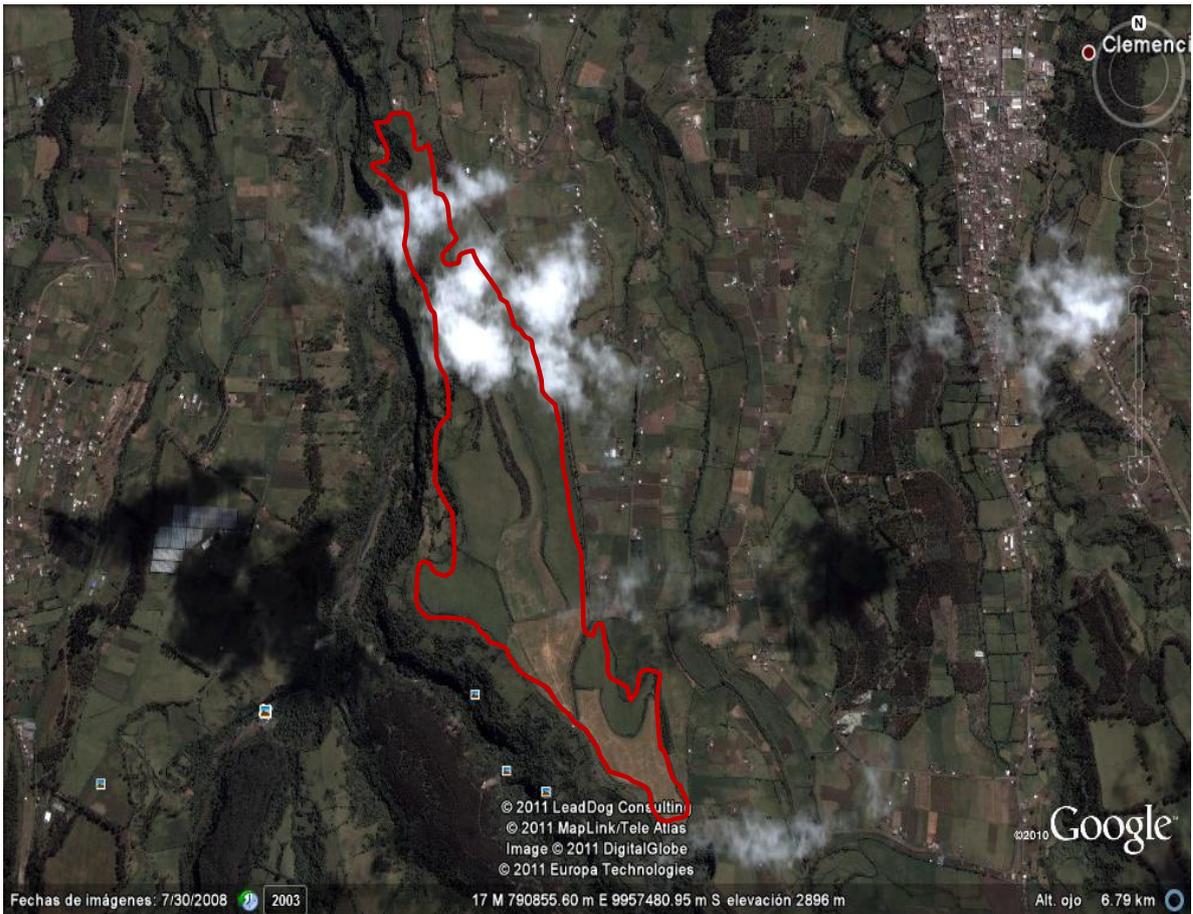
**Gráfico 3.1** Mapa de ubicación de la hacienda “La Valencia” en el Ecuador continental



**Gráfico 3.2** Mapa de ubicación de la hacienda “La Valencia”, en la provincia de Pichincha



**Gráfico 3.3** Mapa de ubicación en el cantón Quito, parroquia Pintag



**Gráfico 3.4** Vista aérea de la zona de estudio captada con el programa Google Earth.

### 3.1.4 Límites

#### 3.1.4.1 Coordenadas

**Cuadro 3.1** Coordenadas rectangulares de ubicación de la hacienda “La Valencia”

1	790,011.45	ESTE	9,958,777.98	NORTE
2	790,144.60	ESTE	9,958,828.21	NORTE
3	791,184.67	ESTE	9,956,282.49	NORTE
4	790,214.65	ESTE	9,956,999.35	NORTE

**Fuente:** Mapa topográfico - Esc. 1:3500, 2010

### 3.1.4.2 Linderos

**Cuadro 3.2** Linderos de la hacienda “La Valencia”

NORTE	En una longitud de 144,68 metros con la propiedad del Sr. Luis Chasipanta
SUR	En una longitud aproximada de 680 metros con propiedad del Sr. Eugenio Simbaña, y en 610 metros con camino público.
ESTE	En una longitud aproximada de 1060 metros con camino público y en aproximadamente 1090 metros con los Sres. César Mejía y Juan Legnia.
OESTE	En una longitud de 2150 metros con la Sra. Margoth Muñoz, Sres. Andrés Alquina, Alejandro Iza, José Pilaquina, Santiago Bautista y Federico Males.

**Fuente:** Mapa topográfico - Esc. 1:3500, 2010

### 3.1.5 Superficie

La superficie total de la hacienda “La Valencia” es de 83.630 hectáreas.

### 3.1.6 Altitud

La altitud mínima es de 2,748 metros y la altitud máxima de 2,986 metros y una altitud promedio de 2,867 metros.

### 3.1.7 Clima

La hacienda “La Valencia” se caracteriza por poseer un clima templado frío semihúmedo de Valle Interandino, propio de la zona donde se encuentra. Este tipo de clima se caracteriza por la presencia de una época seca entre los meses de junio y agosto y las mayores precipitaciones en los meses de febrero y marzo.

Además la zona se caracteriza por estar en una zona de transición templado-frío y por la presencia de heladas, vientos, granizadas durante el año.

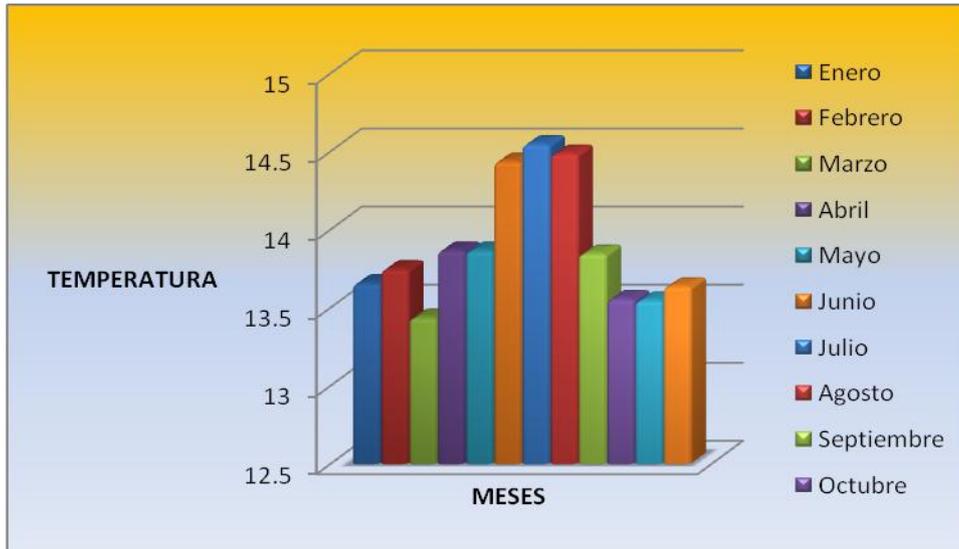
La estación meteorológica existente en el IASA 1, hacienda “El Prado”, ubicada a pocos kilómetros, es la más cercana al área de estudio. Dicha estación conjuntamente con los datos históricos de la zona obtenidos de la bibliografía disponible, permiten disponer de los siguientes promedios:

**Tabla 3.1** Información meteorológica de la zona de Pintag

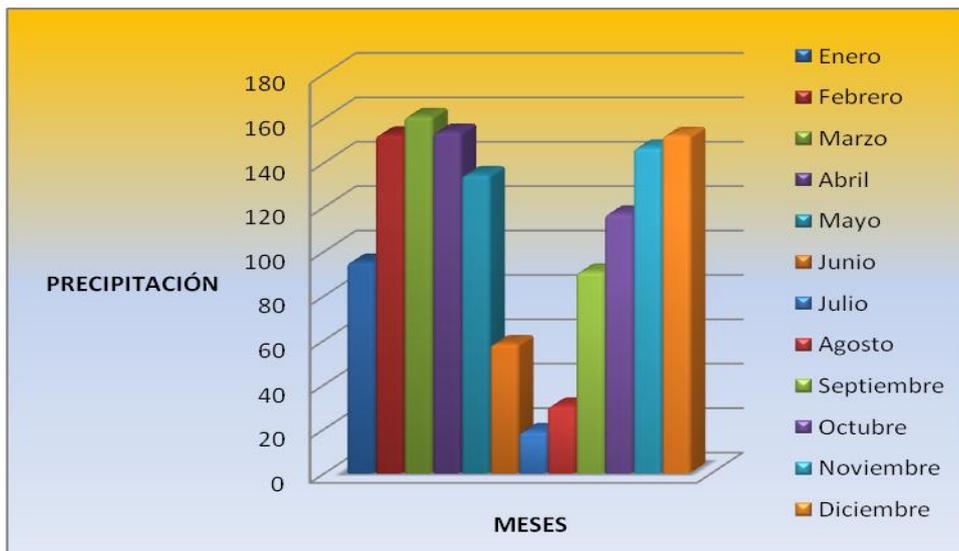
Temperatura media anual: 13.87° C	Temperatura máxima anual: 20.40° C
Temperatura mínima anual: 8.10° C	Precipitación media anual: 1307.91 mm
Humedad Relativa: 70.3 %	Heliofanía: 3.96 horas
Presión: 560.00 mm Hg	Vientos: 2.65 m/s

**Tabla 3.2** Datos de Temperatura y Precipitación Media obtenidas como el promedio entre datos de periodo histórico de la zona de Pintag, según Ferdón, 1961 y datos de los últimos 10 años tomados en la Estación Meteorológica IASA. Temperatura en grados centígrados y Precipitación en milímetros.

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Promedio
<b>T</b>	13.65	13.74	13.43	13.86	13.86	14.43	14.54	14.48	13.84	13.55	13.54	13.63	13.87
<b>P.</b>	60.5	174.2	175.7	157.7	161.8	59.7	11.6	35.7	132.6	89.6	116.6	122.6	1,307.91



**Figura 3.1** Promedio mensual de Temperatura  
**Fuente:** Autor, 2011



**Figura 3.2** Promedio mensual de Precipitación  
**Fuente:** Autor, 2011

### 3.1.8 Ecología

Según el Mapa Bioclimático y Ecológico del Ecuador elaborado en el MAGAP/PRONAREG por Cañadas (1983), el área de estudio pertenece a la Región Bioclimática "Húmedo Templado", la cual corresponde a la formación

ecológica "bosque húmedo Montano Bajo" (b.h.M.B.) de la clasificación Holdridge cuyas características son las siguientes:

- Se localiza entre altitudes de 2500 a 3000 msnm;
- La precipitación pluvial promedio anual oscila entre 1000 y 2000 mm;
- La temperatura media anual está comprendida entre 12° y 18° C;
- El patrón de distribución de las lluvias es cenital, pues la duración de la estación seca es un tanto variable, pero esta puede corresponder mayormente a los meses de julio y agosto.

### **3.1.9 Vegetación natural**

Las especies vegetales más comunes son las siguientes: Chilca (*Baccharis latifolia*), Pumamaqui (*Oreopanax morototoni*), Aliso (*Alnus acuminata*), hierba mora (*Solanum nigrescens*), nabo silvestre (*Brassica napus*), yuyito o cenesio (*Cenesio vulgaris*), malva blanca (*Althea officinalis*), hierba de cuy (*Galinsoga parviflora*), llantén (*Plantago lanceolata*), tréboles (*Trifolium sp.*), holco (*Holcus lanatus*), poa (*Poa annua*), kikuyo (*Pennisetum clandestinum*).

### **3.1.10 Geología**

De la interpretación de la cartografía geológica existente (Hojas geológicas de Pintag y Sangolquí escala 1:50000), el área de estudio se halla principalmente dentro de las formaciones geológicas cuaternarias (pleistoceno antiguo), con depósitos glaciales y fluvio glaciales. En el área de estudio predominan lavas

indiferenciadas y piroclastos, en algunos sectores afloran tobas, conglomerados, aglomerados y lavas andesíticas producto de la cercanía a los volcanes Cotopaxi y Sincholagua

### **3.1.11 Geomorfología**

El área en estudio es irregular, está ubicada entre los edificios volcánicos del Antisana y del Sincholagua, en la vertiente interna de la cordillera oriental. Se encuentra dentro de los valles interandinos, presenta vertientes cóncavas y convexas. Mapa Geomorfológico de Quito, escala 1:250.000 (SIGAGRO/MAGAP, 2009).

### **3.1.12 Hidrología**

La zona de estudio, presenta regímenes hidrológicos de tipo pluvial interandino con dos máximos situados en marzo-abril (masas de aire oceánico) y en noviembre (masas de aire amazónico), cuya importancia relativa depende de las posibilidades de penetración de masas de aire húmedo ligadas sobre todo al relieve (Winckell, 1997). Se encuentra ubicada en la subcuenca del río Guayllabamba, rodeada por las microcuencas de los ríos Pita, Cariyacu y Guapal, además existen varias quebradas que se abastecen de los ríos mencionados como lo son: Calixto Huaycu, Cruz Huaycu, De Tipán. Carta Topográfica, escala 1:25000 (IGM, 1979).

### **3.1.13 Suelos**

Basándose en los estudios edafológicos realizados a nivel de la Sierra Ecuatoriana por MAG/PRONAREG-ORSTOM (1983) a escala 1:50000, el área de estudio posee suelos que se caracterizan principalmente por ser derivados de ceniza volcánica, de color oscuro, de textura franco a franco limosa, profundos, poco ácidos, con una saturación de cationes de menos del 50%, no poseen ninguna capa dura dentro del primer metro y pertenecen principalmente al conjunto de Suelos "D" Andisoles. Mapa de Suelos escala 1:50000 (MAG/PRONAREG-ORSTOM, 1983).

### **3.1.14 Uso actual del suelo**

Posee como cultivos dominantes los de ciclo corto como: papa (*Solanum tuberosum*), cebada (*Hordeum vulgare*) y maíz (*Zea maiz*). Existen varios lotes empleados en pastoreo donde predomina el kikuyo (*Pennisetum clandestinum*).

### **3.1.15 Aptitud de las tierras**

Las tierras del área en estudio en general, según el Mapa de Aptitudes Agrícolas de la provincia de Pichincha, escala 1:250000, son aptas para cultivos con limitaciones climáticas y para pastos, en una menor extensión para forestación, reforestación y mantenimiento de la cobertura vegetal natural todo lo cual dependerá de la topografía y altitud existente (SIGAGRO/MAGAP, 2011).

### **3.1.16 Erosión del suelo**

La erosión en la zona de estudio en rasgos generales es de grado leve y se debe principalmente a agentes como el viento y el agua en las zonas de mayor pendiente o sin cobertura vegetal.

### **3.1.17 Vías de comunicación**

Las vías de acceso a la hacienda son de segundo y tercer orden, algunos caminos de ingreso al interior de la hacienda son caminos de verano difícilmente transitables en época lluviosa. El camino de acceso principal se conecta con la carretera asfaltada que corre de norte a sur y que une las poblaciones de Sangolquí con Pifo.

## **4. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **4.1 MATERIALES Y EQUIPOS**

#### **4.1.1 Para el estudio de campo**

##### **4.1.1.1 Estudio Topográfico**

- Carta Topográfica de Selva Alegre, escala 1: 25.000
- Estación total y trípode
- Prismas y portaprismas
- Estacas y clavos
- Flexómetro
- GPS (Garmin-Magellan-Legend)
- Altimetro de precisión

##### **4.1.1.2 Estudio de Suelos**

- Mapa del cantón Quito a la mayor escala posible (1: 50.000)
- Carta Topográfica de Selva Alegre, escala 1:50000
- Mapa Topográfico de la hacienda “La Valencia”, escala 1:3500
- Clinómetro
- Altimetro
- Termómetro de Suelo

- Potenciómetro de campo
- Martillo geológico
- Penetrómetro
- Lupa geológica 10X y 20X
- GPS (Garmin-Magellan-Legend)
- Fluoruro de sodio (NaF)
- Cloruro de Hidrógeno (HCL)
- Agua oxigenada ( $H_2O_2$ )
- Brújula
- pH metro
- Medidor de humedad de campo
- Barra
- Pala pequeña
- Pala de desfonde
- Barrenos tipo Edelman
- Tabla de colores Munsell
- Papel filtro
- Cilindros para densidad aparente
- Fundas para muestras de suelo
- Ligas para amarrar fundas de muestras
- Tarjetas de identificación para las muestras
- Cuchillo de campo
- Formularios para descripción detallada de barrenaciones, simples y detalladas.

- Formularios para descripciones detalladas de perfiles de suelos.
- Soil Taxonomy USDA (texto de campo)
- Cámara fotográfica

#### **4.1.1.3 Estudio de Uso Actual del Suelo**

- Mapas del Uso Actual del Suelo y Vegetación Natural del Cantón Quito y la parroquia Pintag, escala 1:50.000.
- Mapa Topográfico de la hacienda “ La Valencia”, escala 1:3500
- Clinómetro
- Altimetro
- GPS (Garmin-Magellan-Legend)
- Brújula
- Formularios para descripción del uso actual del suelo
- Cámara fotográfica

#### **4.1.1.4 Estudio Agrológico**

- Carta Topográfica de Selva Alegre, escala 1:25000
- Mapas del Uso Actual del Suelo y Vegetación Natural del Cantón Quito y la parroquia Pintag, escala 1:50000
- Mapa Topográfico de la hacienda “La Valencia”, escala 1:3500
- Mapa de Suelos elaborado previamente de la hacienda “La Valencia”
- Clinómetro

- Altimetro
- GPS (Garmin-Magellan-Legend)
- Brújula
- Tabla de clasificación de las tierras de USDA
- Directrices técnicas para la clasificación de la tierra por su capacidad de uso
- Cámara de fotos

#### **4.1.1.5 Plan de prácticas de Manejo y Conservación de Suelos**

- Carta Topográfica de Selva Alegre, escala 1:50000
- Mapa Topográfico de la hacienda “La Valencia”, escala 1:3500
- Mapa de Erosión de la hacienda “La Valencia” elaborado previamente
- Mapa Agrológico de la hacienda “La Valencia” elaborado previamente
- GPS (Garmin-Magellan-Legend)
- Directrices técnicas para el diseño del plan de manejo y conservación.

#### **4.1.2 Para la elaboración de informes a nivel de gabinete**

##### **4.1.2.1 Estudio Topográfico**

- Computador y Memory Flash

- Cámara fotográfica
- Software de transferencia de datos GPS
- Software de AutoCad, Surfer 8.0 y Arc Gis 9.3
- Impresora, papel bond A4, A3, A1

#### **4.1.2.2 Estudio de Suelos**

- Computador y Flash memory
- Impresora
- Software AutoCad, Surfer 8.0 y Arc Gis 9.3
- Cámara Fotográfica
- Mapa Topográfico de la hacienda “La Valencia”, escala 1:3500
- Mapas de Geología, Climatología, Hidrología, Ecología, Vegetación, etc.
- Información de campo sobre el Suelo y su Clasificación
- Información de laboratorio sobre el Suelo
- Papel bond A4, A3, A1

#### **4.1.2.3 Estudio del Uso Actual del Suelo**

- Mapa Topográfico de la hacienda “La Valencia”, escala 1:3500
- Computador y Flash Memory
- Software AutoCad y Arc Gis 9.3
- Cámara de fotos

#### **4.1.2.4 Estudio Agrológico**

- Mapa Topográfico de la hacienda, escala 1:3500
- Mapas de Geología, Climatología, Hidrología, Ecología, etc., de la zona
- Información de campo y de laboratorio sobre el suelo
- Información de laboratorio sobre el suelo
- Mapa de erosión de la hacienda
- Mapa de uso actual de la hacienda
- Directrices de sistema de Clasificación de Tierras para uso agropecuario y/o forestal
- Cámara de fotos
- Software AutoCad y Arc Gis 9.3
- Computador y Flash Memory
- Cámara de fotos
- Impresora, papel bond, A4, A3, A1

#### **4.1.2.5 Plan de prácticas de Manejo y Conservación de Suelos**

- Mapa Topográfico de la hacienda “La Valencia”, Esc. 1:5000
- Mapa de Pendientes
- Mapa de Suelos
- Mapa de Erosión
- Mapa Agrológico
- Mapa de Fertilidad

- Mapa de Uso Actual de la hacienda “La Valencia”
- Información de prácticas de Manejo y Conservación de Suelos
- Cámara de fotos
- Computador y Flash Memory
- Software Arc Gis 9.3
- Impresora, papel bond A4, A3, A2.

## **4.2 METODOLOGÍA**

### **4.2.1 Estudio Topográfico**

#### **4.2.1.1 Fase inicial**

Para la fase se realizó visitas a la hacienda “La Valencia”, para obtener información de la zona como es vegetación, topografía, hidrografía, vías de acceso, poblaciones y comunidades aledañas.

#### **4.2.1.2 Fase de campo**

Para esta fase debido al nivel de detalle del estudio, se realizó con la ayuda de una estación total, con su respectivo soporte y dos prismas colocados a alturas iguales.

Cada estación era calibrada colocándola en puntos fácilmente identificables desde los cuales se podía observar la mayor cantidad de terreno posible. Con

la ayuda de los prismas se siguió la forma del terreno, tomando en cuenta todos los accidentes topográficos que se presentaron, así como construcciones, vías, cercas, etc.

En lugares de difícil acceso, se tomaron puntos clave con GPS con una precisión de +/- 4 metros. Finalmente para la georeferenciación del mapa, se tomaron puntos GPS de los límites de la propiedad y de cada una de las estaciones, complementando de esta manera toda la información obtenida.

#### **4.2.1.3 Fase de gabinete**

En la fase los datos obtenidos en el campo fueron procesados en el Software Surfer 8.0, obteniéndose un levantamiento planimétrico y altimétrico de la zona para luego sobreponerlos y obtener el levantamiento topográfico, el mismo que fue exportado al Software AutoCad y Arc Gis para realizar la edición de detalles y la presentación final del Mapa Topográfico.

### **4.2.2 Estudio de Suelos**

#### **4.2.2.1 Fase Inicial**

Se realizó el análisis detenido de toda la información recolectada sobre el área de estudio, disponible en los mapas de suelos realizados por el MAG/PRONAREG escala 1:50.000, así como también en estudios similares.

Para complementar este análisis, se realizó un reconocimiento in situ de toda la hacienda, a fin de conocer su topografía, fisiografía, hidrografía, vegetación natural, cultivos, pendientes, etc.

Como paso previo al estudio de suelos, se elaboró el mapa de pendientes utilizando como base el mapa topográfico de la hacienda. Para esto se tomó las distancias gráficas correspondientes para cada tipo de pendiente, determinando en el mapa el intervalo y distancia entre curvas de nivel y considerando la escala gráfica del mapa topográfico, para posteriormente aplicar la siguiente fórmula:

$$\%P = \frac{IV (100000)}{DG (E)}$$

%P = Porcentaje de pendiente

IV = Intervalo entre curvas (5m)

DG = Distancia gráfica en el mapa (mm.)

E = Escala gráfica (1:5000)

100.000 = Constante

Conociendo el porcentaje de pendiente, se establece rangos para cada porcentaje, determinándose la clase a la que pertenece. Con esta información y con la ayuda del software Arc Gis, en el mapa topográfico, se procede a

establecer los diferentes tipos de pendientes y a elaborar el mapa temático respectivo.

En lo referente al estudio de suelos propiamente dicho, se estableció con la ayuda del mapa topográfico el detalle y densidad de las observaciones a realizarse en el campo. El método de la red rígida fue el empleado para determinar la localización y el número de barrenaciones necesarias. Este método consiste en trazar líneas paralelas cada 50 metros en sentido horizontal y vertical formando cuadrículas en el mapa topográfico, en donde los vértices señalan el lugar exacto donde se debe realizar cada barrenación.

Se elaboró el mapa base de la hacienda en base al mapa topográfico de la misma y se seleccionó los parámetros del suelo a estudiarse como son: profundidad efectiva, textura del suelo y subsuelo, drenaje, presencia de gravas, piedras y rocas.

#### **4.2.2.2 Fase de campo**

Por medio de las barrenaciones realizadas cada 50 metros con el sistema de red rígida, se recopilaron datos de profundidad efectiva, clase textural, drenaje, uso actual, presencia de gravas, piedras y rocas para cada una de ellas.

Para la recopilación de estos datos, además de la observación visual, se realizó un procedimiento de campo, que consistía en colocar en frascos transparentes muestras de suelo tomadas de los primeros 50 cm de

profundidad de cada barrenación, se añadió agua y NaCl (sal) para facilitar la floculación de las partículas del suelo, dejándolas posteriormente en reposo por 48 horas y poder observar en el frasco las diferentes capas formadas por la partículas y de esta manera establecer porcentajes y determinar la respectiva clase textural.

Adicionalmente se recolectó muestras de suelos de 1 Kg tomadas de las barrenaciones más representativas en cada una de las 12 zonas o lotes en que se dividió a la hacienda, considerando su uso actual y su pendiente, con el propósito de determinar la fertilidad de los suelos y corroborar algunos resultados obtenidos en el campo.

Para la identificación de las unidades fisiográficas, se agruparon las barrenaciones con información similar y se realizó un análisis minucioso del mapa topográfico, para luego ubicar las unidades obtenidas en un mapa.

Para cada una de las unidades fisiográficas se realizó una o dos calicatas de 1,50 m x 1m x 1,80m que permitieron ejecutar el estudio detallado del perfil del suelo.

En las unidades fisiográficas en donde existían dos perfiles (calicatas) se escogió el más representativo, posteriormente se realizó el estudio detallado y sistemático del perfil del suelo, permitiendo su descripción y caracterización completa en base a la Guía Técnica de Descripción de Perfiles de Suelo.

De cada perfil, empleando el equipo de campo, se tomaron datos como el pH, luminosidad, compactación, humedad, identificación de horizontes, límites de los horizontes, espesor de las capas, color en seco y en húmedo de cada uno de los horizontes, presencia de manchas de color, textura, estructura, consistencia, presencia de poros, presencia de raíces, etc.

También de la zona en donde estaba ubicado el perfil, se tomó en cuenta la altitud, el drenaje, la distancia de la capa freática, la ubicación y se documentó fotográficamente el área y el paisaje en estudio.

Con la finalidad de obtener información físico-química de cada horizonte se tomaron muestras de suelos de aproximadamente 2 kg debidamente identificadas para ser enviadas al laboratorio de suelos. Para el cálculo de densidad aparente, se utilizaron cilindros de 100 cm cúbicos cuyo contenido fue etiquetado y enviado a laboratorio conjuntamente con el resto de muestras.

Todo lo indicado anteriormente se encuentra en fotografías que permiten sustentar de mejor manera el trabajo señalado (Anexo H)

#### **4.2.2.3 Fase de laboratorio**

Se enviaron las muestras de suelos, debidamente etiquetadas al laboratorio de AGROCALIDAD localizado en Tumbaco, las mismas que una vez ordenadas e ingresadas, fueron preparadas para ser analizadas según lo requerido.

Todas las muestras se secaron a la temperatura y humedad del ambiente; luego fueron molidas y finalmente tamizadas con la ayuda de un tamiz de 2 mm de diámetro, separando cualquier partícula ajena al suelo que pudiera encontrarse y dejando así, listo el suelo para ser sometido tanto a los análisis de fertilidad como a los análisis físico - químicos requeridos.

#### **4.2.2.3.1 Análisis de fertilidad**

A estos análisis se sometieron muestras de suelos de aproximadamente 1 Kg tomadas de las barrenaciones más representativas de 12 zonas o lotes en que se dividió a la hacienda, y se realizó los siguientes análisis: pH, materia orgánica, porcentajes de las partículas del suelo y su respectiva clase textural, concentraciones de macro y micro elementos (nitrógeno total, fósforo, potasio, calcio, magnesio, hierro, manganeso, cobre y zinc).

#### **4.2.2.3.2 Análisis físicos de laboratorio**

Las muestras, de aproximadamente 2 Kg, obtenidas en cada horizonte de cada uno de los perfiles o unidades fisiográficas fueron sometidas a los siguientes análisis físicos:

- **Textura:** para la determinación de la textura del suelo se utilizó el método del hidrómetro, el cual mide la densidad del medio, que varía directamente con la cantidad de partícula que tiene en suspensión. Tiene una dispersión química y una dispersión física violenta por medio de batidor. Una vez

realizada la dispersión, y obtenida la individualización de partículas, se procedió a disponer la suspensión en un recipiente estandarizado colocando el hidrómetro en tiempos preestablecidos

- **Densidad aparente:** se utilizó el método del cilindro de Coile, el cual consiste en tomar una muestra de suelo en un cilindro de volumen conocido (100 cm<sup>3</sup>). Una vez la muestra se ingresa al laboratorio se la coloca en una cápsula de humedad, se la pesa y luego se la lleva a la estufa a 105°C durante 24 horas y se pesa.
- **pH:** se utilizó una dispersión del suelo en agua o solución salina acuosa que fue agitada constantemente por una hora. La medida de pH se tomó de la solución con un pHmetro.
- **Retención de humedad:** se utilizó el método de las ollas de presión. Se sometió el suelo a diferentes presiones para calcular a 1/3 atm la capacidad de campo, a 15 atm el punto de marchitez y luego el agua aprovechable.

#### 4.2.2.3.3 Análisis químicos de laboratorio

Las muestras, de aproximadamente 2 Kg, obtenidas en cada horizonte de cada uno de los perfiles o unidades fisiográficas fueron sometidas a los siguientes análisis químicos:

- **Materia orgánica:** para la determinación de la materia orgánica se empleó la técnica de Tyurin, de oxidación de la materia orgánica en dicromato de

potasio en medio ácido y posterior valoración del exceso con sal de Mohr (0,1N). Se utilizó 1 g para horizontes superficiales y 2 g para el resto de horizontes.

- **Nitrógeno total:** se determina por el método de Kjeldahl de Bremmer, este método se basa en la conversión del nitrógeno en sulfato de amonio  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ , por digestión del suelo en ácido sulfúrico  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , en presencia de un catalizador. El amonio destilado se titula con ácido sulfúrico (0,025 N).
- **Capacidad de intercambio catiónico (C.I.C.):** se utilizó el método descrito por Bower, donde al suelo se lo mezcla con acetato de amonio (1N) y pH para saturar el catión amonio las cargas negativas del suelo, luego se lava con etanol, para eliminar los excesos. Al suelo luego se lo mezcla con cloruro de potasio 10% con un pH de 2,0 para recoger al amonio absorbido, que luego se destilarlo en el Kjeldahl y luego titularlo con  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (0,025 N).
- **Cationes intercambiables:** se determinó por el método de Díaz Romeo y Balerdi, a través de la mezcla del suelo con acetato de amonio (1N). Luego de tres extracciones el volumen superficial se afora a 100 ml. con acetato de amonio, en esta solución se define los cationes: Potasio (K), Sodio (Na), Magnesio (Mg), y Calcio (Ca), mediante un espectro fotómetro
- **Elementos asimilables:** se utilizó el método de Olsen, que utiliza una solución de bicarbonato de sodio al 42% con un pH de 8,5, y mediante el

fotocolorímetro universal Colenman, se determinan los elementos asimilables mediante curvas patrones.

#### **4.2.2.4 Fase de gabinete**

##### **4.2.2.4.1 Elaboración de mapas temáticos**

Los resultados obtenidos en la investigación tanto de los análisis de fertilidad como de los análisis físicos y químicos fueron presentados por medio de mapas temáticos, que muestran la información que se debe tomar en cuenta para la planificación técnica agropecuaria de la hacienda. Para esto, se utilizó el software Arc Gis 9.3.

Los mapas resultantes de este estudio a más del mapa de pendientes obtenido anteriormente son: el mapa de suelos y el mapa de fertilidad, estos se elaboraron a una escala representativa, poseen una simbología práctica y de fácil comprensión y van acompañados de su leyenda explicativa.

##### **4.2.2.4.2 Elaboración del informe técnico**

Se redactó un informe que contiene todos los datos técnicos obtenidos en la investigación, su redacción es clara, práctica, comprensible y de fácil interpretación. Este informe sirvió posteriormente como base para el Estudio Agrológico de las tierras de la hacienda.

## **4.2.3 Estudio del Uso Actual del Suelo**

### **4.2.3.1 Fase inicial**

#### **4.2.3.1.1 Vegetación natural existente**

Se realizó un recorrido de campo para evaluar y determinar las especies vegetales predominantes en el área de estudio. Se complementó la información obtenida en el campo con bibliografía botánica del Ecuador y finalmente se realizó la caracterización de las especies encontradas.

### **4.2.3.2 Fase de campo**

#### **4.2.3.2.1 Determinación del Uso Actual del Suelo**

Durante los recorridos de campo realizados previamente se estableció de manera paralela los tipos de explotación agrícolas y forestales existentes, así como también los usos del suelo sin fines agrícolas como los son viviendas, caminos; se obtuvo información de usos anteriores y se realizó la delimitación de cada una de las zonas determinadas.

### **4.2.3.3 Fase de gabinete**

#### **4.2.3.3.1 Elaboración de mapa temático**

Se procedió a elaborar el Mapa de Uso Actual del Suelo conjuntamente con su leyenda explicativa. Este mapa permite observar de manera didáctica las

actividades productivas, vegetación natural, tramos sin uso y su respectiva distribución geográfica.

#### **4.2.4 Estudio Agrológico de la Tierra**

##### **4.2.4.1 Fase inicial**

Se recopiló toda la información obtenida en el estudio de suelos, más los datos de clima, geología, fisiografía, hidrología, topografía, ecología, de uso actual de las tierras y aspectos socioeconómicos de la zona donde se encuentra ubicada la hacienda.

##### **4.2.4.2 Fase de campo**

Para esta fase se utilizó el Sistema Americano de las Ocho Clases de Tierras por su Capacidad de Uso descrito en el capítulo de Revisión de Literatura y se realizó un reconocimiento y evaluación de las clases de agrológicas existentes.

Posteriormente se determinó las unidades a nivel de clase y subclase agrológica en base a sus limitaciones y aptitudes naturales, en base a esta información se estableció el uso potencial que estas tierras poseen y se lo correlacionó con el uso actual determinado anteriormente; de esta manera se determina los posibles conflictos de uso de las tierras que podrían presentarse en la hacienda.

#### **4.2.4.3 Fase de gabinete**

##### **4.2.4.3.1 Elaboración de mapa temático**

En base a toda la información recolectada y analizada en el campo se procedió a elaborar el Mapa Agrológico de la Tierra y el Mapa de Conflictos de Uso de la Tierra, con su respectiva simbología leyendas explicativas. En el mapa de conflictos de uso de la tierra se presentan las áreas subexplotadas, sobreexplotadas y aquellas que son correctamente utilizadas en la hacienda.

##### **4.2.4.3.2 Elaboración del informe técnico**

Se redactó un informe técnico donde se recopila toda la información obtenida en la investigación agrológica como las diferentes unidades agrológicas definidas, sus aptitudes y limitaciones, especificando las áreas que son bien utilizadas y las que presentan conflictos de uso.

Se incluye también recomendaciones para el manejo y conservación de cada una de las unidades agrológicas definidas y para su uso potencial sustentable.

#### **4.2.5 Plan de prácticas de Manejo y Conservación de Suelos**

##### **4.2.5.1 Fase inicial**

Esta fase consiste realizar un diagnóstico de las prácticas de manejo y conservación de suelos más aptas y aplicables para la hacienda, a través de

los resultados obtenidos en los diferentes estudios precedentes y considerando las prácticas que se han venido realizando en la misma durante los últimos años por parte de la Carrera de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias IASA I, con la finalidad de fomentar un uso técnico y sustentable de las tierras.

#### **4.2.5.2 Fase de diseño del Plan**

En base a los estudios de suelo, agrológico y uso actual realizados, se elaboró el plan de manejo y conservación de suelos, en el cual se describen las prácticas que se deben llevar a cabo en la hacienda dependiendo de la pendiente del sector, el cultivo, la fertilidad y profundidad del suelo, la pedregosidad, etc. Una vez definidas estas prácticas, se establecieron las condiciones técnicas en que en éstas deben ejecutar para obtener los resultados esperados. Este plan contiene una descripción de las diferentes prácticas agronómicas, culturales y mecánicas para cada unidad agrológica definida, respetando la aptitud natural y el potencial real de las tierras.

#### **4.2.5.3 Elaboración del Plan**

Contiene la planificación del uso sustentable y técnico de los recursos naturales con fines de planificación agropecuaria de la hacienda “La Valencia” conjuntamente con toda la cartografía correspondiente, así como también, el cronograma para su ejecución.

La publicación y difusión de este informe se la realizó tanto con la entrega de este documento a las autoridades de la Escuela Politécnica del Ejército, como también con la entrega de ejemplares a las distintas comunidades aledañas a la hacienda la cual estuvo acompañada de un taller de campo en donde se realizó la respectiva explicación de las diferentes prácticas de manejo buscando a la vez crear conciencia en estas personas de la importancia de un adecuado manejo y uso de las tierras incentivándolas a que las apliquen en cada una de sus propiedades.

#### **4.2.6 Estudio de Impacto Ambiental**

##### **4.2.6.1 Fase inicial**

Primeramente se definieron las actividades agropecuarias y humanas que se realizan en la hacienda y en las zonas más aledañas, tomando en cuenta todas las condiciones físico-químicas, biológicas, culturales y socioeconómicas existentes, con la finalidad de determinar las actividades agrícolas y/o pecuarias que impliquen riesgos o que generen impactos ambientales.

##### **4.2.6.2 Fase de análisis**

En esta etapa, en algunos casos valiéndose de encuestas o entrevistas, se describe los impactos negativos o positivos, reversibles o irreversibles que son los causados por una u otra actividad/es que se realizan en la hacienda y en

las zonas aledañas, de igual manera se establece el tiempo en que estos impactos afectan al medio ambiente (corto, mediano y largo plazo).

Posteriormente con el empleo de la matriz de Leopold se identifica cada acción y su potencial efecto sobre cada elemento ambiental, mismo que posteriormente es descrito en términos de magnitud e importancia. Finalmente se establece las diferentes medidas a aplicar para reducir o mitigar dichos impactos.

#### **4.2.6.3 Elaboración del plan de Manejo Ambiental**

En el plan se detalla de manera clara y concreta los objetivos del manejo ambiental, las diferentes prácticas o actividades a realizarse para disminuir los impactos, los tiempos de ejecución para asegurar un equilibrio armónico entre los recursos naturales y las actividades agropecuarias que se realizan en la hacienda. Este documento servirá de ayuda en la toma de decisiones para la realización y manejo de las actividades productivas que se ejecuten.

#### **4.2.7 Digitalización y automatización de mapas temáticos**

##### **4.2.7.1 Fase inicial**

Consiste en la obtención de datos técnicos los cuales teniendo como base en mapa topográfico permiten la realización de los diferentes mapas temáticos mencionados en este trabajo.

#### **4.2.7.2 Fase de digitalización e impresión**

La digitalización de cada uno de los mapas se la realizó con la ayuda de los programas Surfer, AutoCad y Arc Gis. Este último software permite realizar el análisis de cada uno de los mapas, medir áreas específicas, localizarlas geográficamente, crear tarjetas y leyendas de manera ágil y precisa.

Se realizó un formato común de membretes, etiquetas y escala (1:5000) para todos los mapas, distinguiéndose la leyenda para cada uno de los mapas temáticos. Finalmente la impresión se la realizó con la ayuda de un plotter empleando papel formato A3.

## **5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **5.1 CARACTERIZACIÓN TÉCNICA DETALLADA DEL RELIEVE DE LA HACIENDA “LA VALENCIA”**

#### **5.1.1 Identificación y Caracterización Técnico-Sistemática de la Topografía del área de estudio**

Con el objeto de elaborar el Mapa Base que permita la realización del presente estudio técnico se ejecutó el respectivo Levantamiento Topográfico de la hacienda “La Valencia” cuyo Mapa Topográfico resultante constituyó la base real y técnica para la ejecución de los diferentes mapas temáticos de los recursos naturales que posee la hacienda con fines agropecuarios y forestales.

El Mapa Topográfico fue elaborado a escala 1:5000 y permitió definir los principales tipos de unidades o accidentes topográficos existentes en el área de estudio; su distribución geográfica y geoespacial; además de vías internas y externas de acceso, construcciones civiles y otros elementos cartográficos representados a través de las curvas de nivel con un intervalo de cinco metros entre ellas y los correspondientes signos convencionales empleados.

## **5.2 CARACTERIZACIÓN TÉCNICA DETALLADA DE LA GEOLOGÍA Y GEOMORFOLOGÍA DE LA HACIENDA “LA VALENCIA”**

### **5.2.1 Identificación y Caracterización Técnico-Sistemática de la Geología del área de estudio**

Según el estudio de los Paisajes Naturales del Ecuador (Winckell, 1997) en la Sierra Ecuatoriana regionalmente se conforma el Arco Volcánico Continental, dentro del cual se encuentra el área de estudio a nivel de Valle Interandino.

El área de estudio está caracterizada por materiales volcánicos oligocénicos de composición andesítica, los cuales en el período mioceno evolucionaron a rocas más ácidas representadas por la Formación Pisayambo. La secuencia culmina en el periodo cuaternario con el paso de los materiales volcánicos procedentes de los volcanes antiguos y erosionados a estratos volcánicos más jóvenes y a las facies volcano-detríticas.

El zócalo del Valle Interandino constituye la Formación Chiche, ésta se encuentra cubierta por la Formación Cangahua que es la que domina la superficie y forma los suelos actuales existentes en esta parte de la Región Andina a la cual pertenece el área de estudio.

### **5.2.2 Identificación y Caracterización Técnico-Sistemática de la Geomorfología del área de estudio.**

La Geomorfología de la zona de Pintag es el fiel reflejo de las condiciones geológicas de una gran zona que se ha originado principalmente por procesos volcánicos y sedimentarios tanto en el borde este de la llanura estructural de Valle Interandino con aportes de los volcanes Cotopaxi y Chalupas según lo especifica el Mapa de Paisajes Naturales del Ecuador (Unidad 220), como en su límite morfológico oriental por parte de los terrenos volcánicos altos del zócalo miopliocénico de la Cordillera Real con aportes de los volcanes Antisana y Sincholagua según lo especifica el mismo mapa mencionado anteriormente.

Seguidamente se destacan las principales características de las formaciones Pisayambo, Chiche y Cangahua que son de interés en esta gran zona a la cual pertenece el área de estudio.

**Formación Pisayambo:** esta formación del mioplioceno se denominó así por los afloramientos encontrados cerca de la llanura de Pisayambo a aproximadamente 30 Km de SE de Latacunga. Esta formación consiste de una potente secuencia volcánica que cubre a manera de manto una gran extensión en la Cordillera Real, la cual está dividida en dos partes, la inferior, donde predominan piroclásticos, brechas gruesas y conglomerados, y la superior con predominio de flujos de lava andesíticas y basálticas masivas. La secuencia en esta formación es la siguiente:

Formación Pisayambo (+/- 1500 m.): Lava indiferenciada  
Piroclásticos

En la zona de estudio, según el Mapa Geológico de Pintag, esta formación aflora principalmente en la parte sur oeste de la microcuenca del río Guapal.

**Formación Chiche:** según la interpretación del Mapa Geológico de San Antonio de Pichincha se distinguen dentro de esta formación varias unidades geológicas debido principalmente al aporte de materiales que provienen de diferentes fuentes. Para fines de estudio se la ha subdividido en cuatro unidades bien definidas que son: Chiche Basal, Chiche Medio, Chiche Inferior y Chiche Superior. En el área de estudio los afloramientos encontrados permiten considerar que la formación predominante es la Chiche Basal.

Los afloramientos encontrados se hallan constituidos principalmente por granos medios, aglomerados volcánicos, arenas cenizas, tobas y piroclastos.

**Formación Cangahua:** según la interpretación del Mapa Geológico de Pintag esta formación es la predominante en la zona de estudio, se encuentra distribuída lateralmente hacia el este y suprayace a las formaciones Chiche y Pisayambo.

La Cangahua aquí, es un depósito reciente de tobas y cenizas bastante extenso, con una litología constante sobre todo el terreno; forma un manto de

aproximadamente 30 metros que descansa sobre superficies antiguas, siendo en la parte sur su espesor mayor a 100 metros.

La siguiente es la secuencia determinada en el terreno desde la parte superior a la inferior:

<u>Formación Cangahua:</u>	Ceniza
	Tobas y Lapilli
<u>Formación Chiche:</u>	Aglomerado volcánico
	Arenas, cenizas
	Toba aglomerada
<u>Formación Pisayambo:</u>	Lava indiferenciada
	Piroclásticos

La Geomorfología a nivel del área de estudio, expone la descripción técnica de las geformas identificadas en base al Mapa Topográfico de la hacienda y del Estudio de Suelos realizado in situ, las mismas que se describen individualmente en el siguiente orden jerárquico:

- **Gran Paisaje:** Sierra Volcánica Alta: Arco Volcánico Continental
- **Paisaje:** Cuenca Estructural Interandina

- **Subpaisaje:** Vertiente Interna Oriental con cobertura piroclástica reciente, ignimbritas y/o cangahua muy disectada. Dentro de este se distinguen los siguientes subpaisajes:
  - **Subpaisaje:** Fondos de Valle
    - **Elementos del Paisaje:** Fondos de valle glaciar y fluvio glaciar planos y suavemente inclinados
  - **Subpaisaje:** Vertientes
    - **Elementos del Paisaje:** Vertientes de ladera media y fuerte
  - **Subpaisaje:** Colinas
    - **Elementos del Paisaje:** Colinas redondeadas de altura media y baja.

### 5.3 CARACTERIZACIÓN TÉCNICA DETALLADA DE LAS UNIDADES FISIAGRÁFICAS DE LA HACIENDA “LA VALENCIA”

#### 5.3.1 Identificación y Caracterización Técnico-Sistemática de las Unidades Fisiográficas del área de estudio

En base a la interpretación técnico-sistemática de la topografía de la hacienda a través de los accidentes que posee sus relieve y a la caracterización efectuada in situ durante el estudio de campo se determinaron las respectivas Unidades Fisiográficas, las mismas que sirvieron de base para la definición de los otros tipos de unidades requeridas en el estudio.

Las Unidades Fisiográficas para su debida comprensión y sobre todo para su uso técnico-práctico fueron categorizadas en cuatro niveles concretos y específicos según su grado de generalización y detalle:

- Gran Paisaje
- Paisaje
- Sub Paisaje
- Elementos del Paisaje

#### **5.4 CARACTERIZACIÓN TÉCNICA DETALLADA DE LAS UNIDADES DE MAPEO DE LA HACIENDA “LA VALENCIA”**

##### **5.4.1 Identificación y Caracterización Técnico-Sistemática de las Unidades de Mapeo del área de estudio**

Las Unidades de Mapeo del área de estudio, se determinaron a partir de la interpretación técnica del relieve, de la fisiografía y del estudio edafológico detallado realizado a nivel de campo y de gabinete, considerando además la predominancia de uno o más tipos de suelos en cada unidad definida.

A nivel del presente estudio técnico cabe resaltar que sólo se determinó un solo tipo de suelo predominante (+/- 95 %) por esta razón las unidades fueron consideradas como Consociaciones de Suelos.

## **5.5 CARACTERIZACIÓN TÉCNICA DETALLADA DE LAS UNIDADES TAXONÓMICAS DE LA HACIENDA “LA VALENCIA”**

### **5.5.1 Identificación y Caracterización Técnico-Sistemática de las Unidades Taxonómicas definidas a nivel del área de estudio**

En base a la información técnico-sistemática obtenida a nivel del área de estudio, producto del Levantamiento de Suelos Detallado, realizado en cada uno de los perfiles de suelos representativos de cada unidad previamente definida y complementado con los respectivos análisis físicos - químicos de laboratorio de cada muestra tomada en cada horizonte estudiado, se procedió a definir la Clasificación Taxonómica de los suelos que fueron estudiados.

Para clasificar taxonómicamente cada uno de los suelos, se procedió a utilizar el sistema internacional (adoptado como oficial en el Ecuador a partir de 1973 por MAG/PRONAREG), denominado Soil Taxonomy, USDA (Departamento de Agricultura de los Estados Unidos), al mismo que se le han realizado ciertas adaptaciones técnicas apropiadas a las condiciones de los suelos ecuatorianos.

En el presente estudio de Suelos el nivel categórico y jerárquico taxonómico de la clasificación fue definido desde el nivel superior de Orden hasta los niveles inferiores de Familia y Serie, en base a los requerimientos técnicos que se especifican para un estudio detallado a nivel de finca o hacienda como éste.

**Cuadro 5.1** Unidades Fisiográficas, de Mapeo y Taxonómicas determinadas a nivel de la hacienda “La Valencia”

UNIDADES FISIOGRÁFICAS				UNIDADES DE MAPEO (SERIES)	UNIDADES TAXONÓMICAS	SÍMBOLO	
Gran Paisaje	Paisaje	Sub paisaje	Elementos del Paisaje				
<b>Sierra Volcánica Alta (Arco Volcánico)</b>	<b>Cuenca Estructural Interandina</b>	<b>Vertiente Interna Oriental</b>	Fondos de Valle (F) (Relieves regulares)	Fondo de Valle Plano (Fvp) Relieves planos o casi planos fluvio glaciares con pendientes de 0 a 5 %	Consociación Antisana	Dystric Haplustand, loamy over loamy clay mixed, ashy, non acid, isomesic	FvpA
			Fondo de Valle Inclinado (Fvi) Relieves suavemente inclinados glaciares con pendientes de 5 a 15%	Consociación Sincholagua	Umbric Haplustand, loamy over loamy clay, ashy, non acid, isomesic	FviS	
			Vertientes de Ladera (V) (Relieves inclinados)	Vertientes de ladera media a fuerte (VI) Relieves moderada a fuertemente inclinados con pendientes entre 15 y 40 %	Consociación San Alejandro	Dystric Haplustand, loamy clay over loamy mixed, ashy, non acid, isomesic	VIA
			Colinas Redondeadas (C) (Relieves altitudinales)	Colinas redondeadas (Cr) Relieves altitudinales redondeados con alturas de 20 a 40 metros y con pendientes de 5 a 25 %	Consociación San Martín	Duric Andic Ustorthent, loamy clay over clayed, mixed, ashy, non acid, isomesic	CrM

## **5.6 CARACTERIZACIÓN TÉCNICA DETALLADA DE LAS UNIDADES DE SUELOS MAPEADAS A NIVEL DE LA HACIENDA “LA VALENCIA”**

### **5.6.1 Identificación y Caracterización Técnico-Sistemática de las Series de Suelos definidas a nivel del área de estudio.**

A continuación se procede a presentar la caracterización técnico-sistemática detallada de cada uno de los suelos representativos de las unidades estudiadas en el campo a nivel de Series de Suelos en el área de estudio.

Para cada una de las Series de Suelos definidas en el estudio, se determinó los siguientes aspectos técnicos:

- Nombre y denominación de la Serie de Suelos
- Superficie de la Serie de Suelos
- Ubicación de la Serie de Suelos
- Topografía de la Serie de Suelos
- Drenaje de la Serie de Suelos
- Vegetación natural de la Serie de Suelos
- Uso Actual del Suelo de la Serie de Suelos
- Características más relevantes de la Serie de Suelos
- Descripción detallada del perfil de suelo representativo de la Serie de Suelos
- Caracterización físico-química de la Serie de Suelos
- Otros aspectos relevantes de la Serie de Suelos

En forma adicional y complementaria se presentan para cada de las Series de Suelos estudiadas, los resultados analíticos de laboratorio de las muestras obtenidas en el campo para cada uno de los perfiles representativos, y por medio de cuadros se especifican sus características físico-químicas, las cuales han servido para complementar y correlacionar tanto la parte de Clasificación Taxonómica como la parte cartográfica con la información de campo respectiva.

El Mapa de Suelos y su Leyenda Explicativa disponen de una simbología cartográfica propia, la cual deberá ser tomada muy en cuenta para establecer una correcta correlación e interpretación tanto a nivel del informe final del estudio como del Mapa de Suelos respectivo:

- El Paisaje Fisiográfico está simbolizada por la primera letra mayúscula signada como índice.
- Los Elementos del Paisaje Fisiográfico están representados por la segunda y tercera letras minúsculas signadas como subíndices.
- La Unidad de Mapeo respectiva o Series de Suelos corresponde a la cuarta letra mayúscula.

A continuación se procede a caracterizar y describir cada una de las Series de Suelos establecidas mediante la simbología antes descrita, la cual va especificada entre paréntesis al final de la denominación de cada una de ellas.

### **5.6.1.1 Serie “Antisana” (FvpA)**

#### **5.6.1.1.1 Superficie**

Esta Serie tiene un área de 9.29 ha que corresponde al 11.11 % de la superficie total en estudio.

#### **5.6.1.1.2 Clasificación del Suelo**

Dystric Haplustand, loamy over loamy clay mixed, ashy, no alkaline, isomesic

#### **5.6.1.1.3 Ubicación**

La Serie “Antisana” está conformada por tres áreas, la de mayor superficie con 7.07 ha, se encuentra en la parte noroeste de la hacienda limitando con propiedades particulares, la segunda de 1.74 ha. en la parte central y la de menor superficie de 0.48 ha. está ubicada en el borde central oeste de la hacienda limitando principalmente con la propiedad del Sr. Santiago Bautista.

#### **5.6.1.1.4 Topografía**

Los suelos pertenecientes a esta Serie se encuentran distribuidos sobre la Unidad Fisiográfica denominada Fondo de Valle Plano (Fvp), aquí la topografía se caracteriza por presentar relieves planos a casi planos con pendientes que van de 0 a 5%.

#### **5.6.1.1.5 Drenaje**

Esta Serie presenta un suelo que posee un drenaje clase 3, ya que es moderadamente bien drenado, siendo la eliminación del agua algo lenta, pudiendo presentar manchas de gley en el perfil del suelo.

#### **5.6.1.1.6 Vegetación natural**

Las especies vegetales más frecuentes son: Chilca (*Baccharis latifolia*), Aliso (*Alnus acuminata*), nabo silvestre (*Brassica napus*), hierba mora (*Solanum nigrescens*), Poa (*Poa annua*), llantén (*Plantago lanceolata*), tréboles (*Trifolium* sp.), kikuyo (*Pennisetum clandestinum*).

#### **5.6.1.1.7 Uso actual**

Al realizarse el estudio de suelos de esta Serie, la parte de mayor superficie se encontraba cultivada con papa (*Solanum tuberosum*), y también existían algunos terrenos de menor extensión en descanso (potreros). La parte significativa de menor superficie se encontraba cultivada con cebada (*Hordeum vulgare*).

#### **5.6.1.1.8 Características más importantes de la Serie**

- Suelo de origen volcánico fluvio-glaciar.

- La textura de los suelos en superficie es franca (primero y segundo horizonte) y franco arcillosa en profundidad (tercero y cuarto horizonte)
- Los suelos presentan generalmente estructuras granulares, moderadas, medias y finas en los horizontes superficiales y profundos. Existiendo también estructuras en bloques angulares y subangulares en los horizontes intermedios (A12 y A13).
- Son suelos de consistencia ligeramente adherente y plástica en los dos primeros horizontes, y de consistencia adherente y plástica en los últimos horizontes.
- Presentan manchas de color en los primeros horizontes.
- La presencia de raíces es frecuente en superficie, pero, va decreciendo conforme va aumentando la profundidad del perfil.
- Presencia de gravas en un 5 % a partir de 1.50 m de profundidad.
- El contenido de materia orgánica en el suelo es relativamente alto.
- La saturación de bases de esta Serie es baja, inferior al 50 %.
- La reacción del NaF en esta Serie de suelos fue irregular.
- La temperatura del suelo a 50 cm de profundidad fue de 19.4°C a las 12:30 horas.
- La penetrabilidad es de 2.5 Kg/cm<sup>2</sup>.
- El pH de los suelos de la Serie es prácticamente neutro.
- La densidad aparente es de 0.90 g/cc sólo para la primera capa, el resto de horizontes es menor a 0.85 g/cc del perfil.
- La fórmula de identificación de la Serie es: FvpA - F - 1 - T1 - G0.1 – G0.2 - P0.1 - P0.2 - C5 - F4 – D2.1 – D1.2 - H3.1 - H3.2

### **5.6.1.1.9 Estudio detallado y sistemático del Perfil de Suelo representativo de la Serie**

#### **5.6.1.1.9.1 Información técnica obtenida del Estudio de Suelo en el campo**

- **Número del Perfil:** P1
- **Nombre del suelo:** Serie “Antisana”
- **Fecha de la observación:** 13 de julio del 2011.
- **Autor:** César Valencia
- **Ubicación:** aproximadamente a 100 metros al sur de la casa de hacienda y a 80 metros al oeste del camino público. Entre las coordenadas 790,142.1049 Este y 9,958,530.3457 Norte.
- **Altitud:** 2810 msnm.
- **Forma del terreno:**

**Posición fisiográfica:** Fondo de valle plano (Fvp).

**Forma del terreno circundante:** vertientes de ladera media y fuerte.

**Microtopografía:** Ninguna.

**Pendiente donde el Perfil está situado:** 2% (plana o casi plana).

**Uso de la tierra:** al realizarse el estudio de suelos se encontraba con cultivo de papa.

**Clima:** según la información meteorológica de la Estación IASA I, el área de estudio posee un clima templado-frío semihúmedo, típico de ciertas zonas del Valle Interandino, caracterizado por una precipitación media anual de 1235.68 mm y una temperatura media anual de 13.95° C. Según información proporcionada por los agricultores, es una zona de frecuentes heladas, fuertes vientos y ocasionalmente granizadas.

#### 5.6.1.1.9.2 Información acerca del Suelo en estudio

- **Material originario:** volcánico fluvio-glaciario.
- **Drenaje:** moderadamente bien drenado, Clase 3.
- **Condiciones de humedad en el Perfil:** en la parte superior seco y en la parte inferior ligeramente húmedo.
- **Profundidad a la capa freática:** no definida, aproximadamente a más de 20 metros, lo cual significa que no ejerce ninguna influencia en el perfil del suelo.
- **Presencia de piedras en la superficie o afloramientos rocosos:** sin o muy pocas piedras, Clase 0; sin afloramientos rocosos, Clase 0.
- **Evidencia de erosión:** eólica (clase 1) moderada (grado 2) e hídrica laminar (clase 2) leve (grado 1).
- **Presencia de sales o álcalis:** Ninguna.

- **Influencia humana:** cultivo de la tierra en los últimos años con predominio del monocultivo principalmente de papa. Anteriormente era predominante el pastoreo de ganado bovino y equino.

#### **5.6.1.1.9.3 Breve caracterización del Perfil del Suelo en estudio**

Suelo profundo, de texturas medias los primeros dos horizontes y de texturas finas en el resto de horizontes. Estos suelos poseen como característica sobresaliente la presencia de suelo enterrado a partir de los 1.66 m. de profundidad. Denota presencia de gravas entre finas y medias en un 5 % del horizonte en su tercer horizonte.

#### **5.6.1.1.9.4 Descripción del Perfil**

**Ap (0 - 18 cm.):** Pardo amarillento oscuro (10YR 3/4) en seco y pardo muy oscuro (10YR 2/2) en húmedo; franco; estructura granular moderada, media y fina; ligeramente adherente y ligeramente plástica en mojado, friable en húmedo y ligeramente dura en seco; poros frecuentes, finos y muy finos, continuos, inped, tubulares, verticales y oblicuos, y abiertos; frecuentes raíces muy finas, finas y medianas; límite uniforme, abrupto.

**A12 (18 - 59 cm.):** Pardo oscuro (10YR 3/3,5) en seco y gris muy oscuro (10YR 3/1) en húmedo.

Manchas de color rojo en seco (2,5YR 4/7) y de color rojo oscuro en húmedo (2,5 YR 3/6), frecuentes, pequeñas y medianas, sobresalientes y nítidas; franco; estructura granular, fuerte, media y fina y en bloques angulares y en bloques subangulares fuerte, medios; adherente y plástica en mojado, firme en húmedo y muy dura en seco; poros pocos, finos y muy finos, continuos, inped, vesiculares y tubulares, verticales y abiertos; pocas raíces muy finas y finas; límite uniforme, abrupto.

**A13 (59 – 166 cm.):** Pardo amarillento oscuro (10YR 3/4) en seco y gris muy oscuro (5YR 3/1) en húmedo, manchas de color rojo amarillento en seco (5YR 5/6) y de color rojo en húmedo (10R 4/8), frecuentes, pequeñas y medianas, sobresalientes y nítidas; franco arcilloso; estructura granular, débil a moderada, media y en bloques angulares y en bloques subangulares moderada, medios; adherente y plástica en mojado, firme en húmedo y dura en seco; poros pocos, finos y muy finos, continuos, inped, tubulares, verticales y abiertos; muy pocas raíces muy finas; límite uniforme, abrupto.

**2Apb (166 – 192 cm.):** Pardo muy oscuro (10YR 2/2) en seco y negro (10YR 2/1) en húmedo; franco arcilloso; estructura granular débil, media y fina; consistencia adherente y plástica en mojado, friable en húmedo y ligeramente dura en seco; poros pocos, finos, muy finos y medianos, continuos, inped, tubulares, verticales y abiertos; raíces ausentes.

### 5.6.1.1.9.5 Características físico-químicas del Suelo en estudio

Las principales características físico-químicas de los horizontes más representativos del Perfil del Suelo de esta unidad, fueron determinadas en el laboratorio de suelos, y sus resultados se presentan a continuación con la finalidad de contar con una caracterización completa del suelo; tipo de morfológica, física y química, y de establecer su clasificación final y determinar su nivel de fertilidad.

**Tabla 5.1** Determinaciones Físicas del Perfil 1

HORIZONTE (SIMBOLO)	PROFUNDIDAD (cm)	TEXTURA			CLASE TEXTURAL	RETENCIÓN DE HÚMEDAD (%)	
		ARENA (%)	LIMO (%)	ARCILLA (%)		C.C. (1/3Atm)	P.M.P. (15Atm)
Ap	0 – 18 cm.	45	31	24	F	23.70	13.25
A12	18 – 59 cm.	41	33	26	F	21.40	11.80
A13	59 – 166 cm.	31	35	34	FAC	26.78	15.17
Apb	166 – 192 cm.	37	29	34	FAC		

C.C: Capacidad de campo, P.M.P: Punto de Marchitez Permanente, F: Franco, FAC: Franco Arcilloso

**Fuente:** AGROCALIDAD, 2011

**Tabla 5.2** Determinaciones Químicas del Perfil 1

HORIZONTE (SIMBOLO)	pH	M.O. (%)	N.T. (%)	ASIMILABLES			
				P	K	Ca	Mg
				ppm	cmol/Kg	cmol/Kg	cmol/Kg
Ap	6.16	2.69	0.13	9.00	0.61	5.55	2.88
A12	6.38	1.56	0.07	8.00	0.46	4.60	2.55
A13						6.45	3.70
Apb		1.63	0.08				

pH: Potencial Hidrógeno, M.O: Materia Orgánica, N.T: Nitrógeno Total, Cationes Asimilables: P, K, Ca, Mg

**Fuente:** AGROCALIDAD, 2011

**Tabla 5.3** Continuación Determinaciones Químicas del Perfil 1

HORIZONTE (SIMBOLO)	C.I.C. cmol/Kg	BASES DE CAMBIO				ACIDEZ INTERCAMBIABLE Meq/100	Sat. Bases (%)
		Ca	Mg	Na	K		
		cmol/Kg					
Ap	17.38	5.25	2.88	0.86	1.86	0.20	12.85
A12	16.15	5.80	3.54	0.82	1.84	0.20	17.48

C.I.C: Capacidad de Intercambio Catiónico, Sat. Bases: Saturación de Bases

Fuente: AGROCALIDAD, 2011

### 5.6.1.2 Serie “Sincholagua” (FviS)

#### 5.6.1.2.1 Superficie

Esta Serie tiene un área de 38.90 ha que corresponde al 46.51 % de la superficie total en estudio.

#### 5.6.1.2.2 Clasificación del Suelo

Umbric Haplustand, loamy over loamy clay, ashy, no alkaline, isomesic

#### 5.6.1.2.3 Ubicación

La Serie “Sincholagua” está conformada por dos áreas, la primera de menor superficie con 9.20 ha, se encuentra en la parte noreste de la hacienda limitando con el camino público, la segunda, de mayor superficie con 29.70 ha. está ubicada en la parte central sur limitando al este con el camino público y al suroeste con propiedades particulares.

#### **5.6.1.2.4 Topografía**

Los suelos pertenecientes a esta Serie se encuentran distribuidos sobre la Unidad Fisiográfica denominada Fondo de Valle Inclinado (Fvi), aquí la topografía se caracteriza por presentar relieves suavemente inclinados con pendientes que van de 5 a 15%.

#### **5.6.1.2.5 Drenaje**

Esta Serie presenta un suelo que posee un drenaje clase 4, ya que son bien drenados, pues el agua se infiltra con facilidad pero no rápidamente y podrían presentarse manchas de gley en las capas intermedias y/o profundas del perfil del suelo en forma muy eventual.

#### **5.6.1.2.6 Vegetación natural**

Las especies vegetales más frecuentes son: Chilca (*Baccharis latifolia*), Aliso (*Alnus acuminata*), nabo silvestre (*Brassica napus*), hierba mora (*Solanum nigrescens*), poa (*Poa annua*), bolsa de pastor (*Capsella bursa - pastoris*), llantén (*Plantago lanceolata*), tréboles (*Trifolium sp.*), kikuyo (*Pennisetum clandestinum*).

#### **5.6.1.2.7 Uso actual**

Al realizarse el estudio de suelos de esta Serie la parte de menor superficie se encontraba cultivada mayormente con trigo (*Triticum vulgare*). La parte de mayor superficie se encontraba cultivada con cebada (*Hordeum vulgare*).

#### **5.6.1.2.8 Características más importantes de la Serie**

- Suelo de origen volcánico fluvio-glaciar.
- La textura de los suelos es franca en la capa superior y franco arcillosa en las tres capas inferiores restantes del perfil.
- Los suelos en general presentan estructura granular, moderada, media y fina en el primero y cuarto horizonte. Y en sus horizontes intermedios presenta una estructura en bloques angulares y subangulares y en su horizonte más profundo que es el del suelo enterado presentan nuevamente estructuras granulares.
- Son suelos que generalmente en su capa superior, tienen una consistencia ligeramente adherente y ligeramente plástica. En el resto de sus horizontes de manera general son adherentes y plásticos.
- A nivel del segundo horizonte se presentan manchas de color en el suelo.
- La presencia de raíces es frecuente en el primer horizonte con raíces muy finas, finas y medianas, esto va decreciendo conforme va aumentando la profundidad, del perfil, llegando a no existir raíces en el horizonte enterrado.

- Presencia de cascajo (gravas, 20 % y piedras un 6 %) a partir de los 25 cm de profundidad.
- El contenido de materia orgánica en el suelo de la Serie es alto con un valor promedio de 5.08 %.
- La saturación de bases de esta Serie es menor al 50 %.
- La reacción del NaF en esta Serie de suelos fue irregular.
- La temperatura del suelo a 50 cm de profundidad fue de 17.3°C a las 12:30 horas.
- La penetrabilidad es de 2.5 Kg/cm<sup>2</sup>.
- El pH de los suelos de la Serie es prácticamente neutro.
- La densidad aparente es de 0.93 g/cc sólo en el primer horizonte y menor a 0.85 g/cc en el resto del perfil.
- La fórmula de identificación de la Serie es: FviS - F - 1 – T2 - G0.1 – G2.2 - P0.1 – P1.2 - C5 - F4 – D2.1 - D2.2 – H2.1 – H3.2

#### **5.6.1.2.9 Estudio detallado y sistemático del Perfil de Suelo representativo de la Serie**

##### **5.6.1.2.9.1 Información técnica obtenida del Estudio de Suelo en el campo**

- **Número del Perfil:** P8
- **Nombre del suelo:** Serie “Sincholagua”
- **Fecha de la observación:** 13 de julio del 2011.
- **Autor:** César Valencia

- **Ubicación:** aproximadamente a 50 metros al oeste del camino público y a 40 metros al sur de camino de tercer orden que ingresa a la hacienda. Entre las coordenadas 790,342.0674 Este y 9,958,235.5618 Norte.
- **Altitud:** 2860 msnm.
- **Forma del terreno:**

**Posición fisiográfica:** Fondo de valle inclinado (Fvi).

**Forma del terreno circundante:** colinas y vertientes de ladera media.

**Microtopografía:** ninguna.

**Pendiente donde el Perfil está situado:** 6 % (suavemente inclinado)

**Uso de la tierra:** al realizarse el estudio de suelos se encuentra con cultivo de trigo.

**Clima:** según la información meteorológica de la Estación IASA I, el área de estudio posee un clima templado-frío semihúmedo, típico de ciertas zonas del Valle Interandino, caracterizado por una precipitación media anual de 1235.68 mm y una temperatura media anual de 13.95° C. Según información proporcionada por los agricultores, es una zona de frecuentes heladas, fuertes vientos y esporádicamente granizadas.

#### 5.6.1.2.9.2 Información acerca del Suelo en estudio

- **Material originario:** volcánico fluvio-glaciar.

- **Drenaje:** bien drenado, Clase 4.
- **Condiciones de humedad en el Perfil:** en la parte superior seco y en la parte inferior ligeramente húmedo.
- **Profundidad a la capa freática:** no definida, aproximadamente a más de 30 metros, lo cual significa que no ejerce ninguna influencia en el perfil del suelo.
- **Presencia de piedras en la superficie o afloramientos rocosos:** moderadamente pedregoso, Clase 1; sin afloramientos rocosos, Clase 0.
- **Evidencia de erosión:** eólica (clase 1) leve (grado 1) e hídrica laminar (clase 2) leve (grado 1).
- **Presencia de sales o álcalis:** ninguna.
- **Influencia humana:** cultivo de la tierra por varios años especialmente con cultivo de cebada. Anteriormente hubo pastoreo de ganado bovino y equino.

#### 5.6.1.2.9.3 Breve caracterización del Perfil del Suelo en estudio

Suelo profundo, con presencia de suelo enterrado a partir del cuarto horizonte, son suelos que van desde texturas medias en superficie hasta texturas medianamente finas en el resto de capas. Denota presencia de gravas entre finas y medias en un 15 a 20 % en el segundo y tercer horizonte (entre los 25 y 80 cm de profundidad).

#### 5.6.1.2.9.4 Descripción del Perfil

**Ap (0 - 26 cm.):** Pardo grisáceo muy oscuro (10YR 3/2) en seco y pardo muy oscuro (10YR 2/2) en húmedo; franco; estructura granular moderada, media y fina; ligeramente adherente y ligeramente plástica en mojado, muy friable en húmedo y dura en seco; poros frecuentes, medianos, finos y muy finos, continuos, inped, tubulares, verticales y abiertos; frecuentes raíces muy finas, finas y medianas; límite uniforme, abrupto.

**A12 (26 - 71 cm.):** Pardo grisáceo oscuro (10YR 4/2) en seco y gris muy oscuro (10YR 3/1) en húmedo, manchas de color gris tenue en seco y en húmedo (10YR 7/1), frecuentes, pequeñas y medianas, sobresalientes y nítidas; franco arcilloso; estructura granular débil, fina y en bloques angulares y en bloques subangulares moderada, medios; adherente y plástica en mojado, friable en húmedo y ligeramente dura en seco; poros frecuentes, finos y muy finos, continuos, inped, vesiculares y tubulares, verticales y oblicuos, y abiertos; pocas raíces muy finas y finas; límite uniforme; abrupto.

**A13 (71 – 162 cm.):** Gris muy oscuro (10YR 3/1) en seco y negro (10YR 2/1) en húmedo; franco arcilloso; estructura en bloques angulares y en bloques subangulares moderada, medios y gruesos; adherente y plástica en mojado, friable en húmedo y ligeramente dura en seco; poros frecuentes, finos y muy finos, discontinuos, inped, tubulares, verticales y oblicuos, y abiertos; pocas raíces muy finas y finas; límite uniforme, abrupto.

**2Apb (162 – 185 cm.):** Pardo muy oscuro (10YR 2/2) en seco y negro (10YR 2/1) en húmedo; franco arcilloso; estructura granular débil, media y fina; consistencia adherente y plástica en mojado, friable en húmedo y ligeramente dura en seco; poros pocos, finos y muy finos, continuos, inped, tubulares, verticales y abiertos; raíces ausentes.

#### 5.6.1.2.9.5 Características físico-químicas del Suelo en estudio

Las principales características físico-químicas de los horizontes más representativos del Perfil del Suelo de esta unidad, fueron determinadas en el laboratorio de suelos, y sus resultados se presentan a continuación con la finalidad de contar con una caracterización completa del suelo; morfológica, física y química, establecer la clasificación final del suelo y determinar su nivel de fertilidad.

**Tabla 5.4** Determinaciones Físicas del Perfil 8

HORIZONTE (SIMBOLO)	PROFUNDIDAD (cm)	TEXTURA			CLASE TEXTURAL	RETENCIÓN DE HÚMEDAD (%)	
		ARENA (%)	LIMO (%)	ARCILLA (%)		C.C. (1/3Atm)	P.M.P. (15Atm)
Ap	0 – 26 cm.	34	46	20	F	27.45	15.60
A12	26 – 71 cm.	36	36	28	FAc	25.86	14.61
A13	71 – 162 cm.	30	34	36	FAc	32.90	19.03
Apb	162 – 185 cm.	35	33	32	FAc		

C.C: Capacidad de campo, P.M.P: Punto de Marchitez Permanente, F: Franco, FAc: Franco Arcilloso

**Fuente:** AGROCALIDAD, 2011

**Tabla 5.5** Determinaciones Químicas del Perfil 8

HORIZONTE (SIMBOLO)	pH	M.O. (%)	N.T. (%)	ASIMILABLES			
				P	K	Ca	Mg
				ppm	cmol/Kg	cmol/Kg	cmol/Kg
Ap	6.04	5.26	0.26	4.00	0.86	7.70	3.54
A12	6.43	4.10	0.20	2.00	0.86	6.70	3.12
A13	6.95						
Apb	6.96	4.41	0.22				

pH: Potencial Hidrógeno, M.O: Materia Orgánica, N.T: Nitrógeno Total, Cationes Asimilables: P, K, Ca, Mg

**Fuente:** AGROCALIDAD, 2011

**Tabla 5.6** Continuación Determinaciones Químicas del Perfil 8

HORIZONTE (SIMBOLO)	C.I.C. cmol/Kg	BASES DE CAMBIO				ACIDEZ INTERCAMBIABLE Meq/100	Sat. Bases (%)
		Ca	Mg	Na	K		
		cmol/Kg					
Ap	20.52	6.20	3.78	0.73	1.17	0.20	20.81
A12	22.20	8.35	5.02	0.78	1.51	0.20	15.62

C.I.C: Capacidad de Intercambio Catiónico, Sat. Bases: Saturación de Bases

**Fuente:** AGROCALIDAD, 2011

### 5.6.1.3 Serie “San Alejandro” (VIA)

#### 5.6.1.3.1 Superficie

Esta Serie tiene un área de 23.90 ha que corresponde al 28.58 % de la superficie total en estudio.

#### **5.6.1.3.2 Clasificación del Suelo**

Dystric Haplustand, loamy clay over loamy mixed, ashy, no alkaline, isomesic

#### **5.6.1.3.3 Ubicación**

La Serie “San Alejandro” está constituida por 4 áreas, la primera de 11.87 ha. se encuentra en la parte central oeste limitando mayormente con la propiedad del Sr. Santiago Bautista. La segunda de 5.75 ha. se localiza en la parte centro norte. La tercera de 5.51 ha. se encuentra en la parte central este. Finalmente la cuarta de apenas 0.77 ha. se encuentra en la parte sur este limitando con la propiedad del Sr. César Mejía.

#### **5.6.1.3.4 Topografía**

Los suelos pertenecientes a esta Serie se encuentran distribuidos sobre la Unidad Fisiográfica denominada Vertiente de Ladera media a fuerte (VI), aquí la topografía se caracteriza por presentar relieves moderados a fuertemente inclinados con pendientes que van de 15 a 40%.

#### **5.6.1.3.5 Drenaje**

Esta Serie presenta un suelo que posee un drenaje clase 3, ya que son moderadamente bien drenados, siendo la eliminación del agua algo lenta, los

perfiles permanecen mojados por periodos cortos pero apreciables y podrían presentarse manchas de gley en los horizontes intermedios del perfil.

#### **5.6.1.3.6 Vegetación natural**

Las especies vegetales más frecuentes son: Eucalipto (*Eucalyptus globulus*), Chilca (*Baccharis latifolia*), nabo silvestre (*Brassica napus*), hierba mora (*Solanum nigrescens*), poa (*Poa annua*), bolsa de pastor (*Capsella bursa-pastoris*), llantén (*Plantago lanceolata*), tréboles (*Trifolium sp.*), kikuyo (*Pennisetum clandestinum*).

#### **5.6.1.3.7 Uso actual**

Al realizarse el estudio de suelos, se determinó que una parte de esta Serie se encontraba cubierta de bosque de eucalipto (*Eucalyptus globulus*), otra parte estaba cultivada con cebada (*Hordeum vulgare*) y una tercera parte en descanso como potrero.

#### **5.6.1.3.8 Características más importantes de la Serie**

- Suelo de origen volcánico fluvio-glaciario.
- La textura de los suelos en general es franco arcillosa en la capa superficial y en el tercer horizonte, alternando con una textura franca en el segundo y cuarto horizonte.

- Los suelos presentan de manera general estructuras granulares, moderadas, medias y finas en el primero y cuarto horizonte. Existiendo también estructuras en bloques angulares y subangulares en el segundo y tercer horizonte.
- Son suelos de consistencia adherente y plástica en el horizonte más superficial y en el tercer horizonte. En sus horizontes intermedios generalmente es ligeramente adherente y ligeramente plástica.
- Presentan manchas de color en el tercer horizonte.
- La presencia de raíces es frecuente en superficie con raíces muy finas, finas, medianas y gruesas, decreciendo su presencia en el suelo conforme va aumentando la profundidad del perfil, siendo inexistentes en el horizonte de suelo enterrado.
- Presencia de cascajo (gravas, 15 % y piedras, 6 %) a partir de los 30 cm de profundidad.
- El contenido de materia orgánica en el suelo de la Serie es alto en superficie y decrece regularmente en profundidad.
- La saturación de bases de esta Serie es inferior al 50 %.
- La reacción del NaF en esta Serie de suelos es irregular.
- La temperatura del suelo a 50 cm de profundidad fue de 18.4°C a las 12:30 horas.
- La penetrabilidad es de 2 Kg/cm<sup>2</sup>.
- El pH de los suelos de la Serie es prácticamente neutro.
- La densidad aparente es de 0.90 g/cc sólo en el primer horizonte y en el resto de horizontes más profundos es inferior a 0.86 g/cc.

- La fórmula de identificación de la serie es: VIA - FAc - 1 – T4 - G0.1 – G1.2 - P0.1 – P1.2 - C5 - F4 – D2.1 – D2.2 - H2.1 - H3.2

#### **5.6.1.3.9 Estudio detallado y sistemático del Perfil de Suelo representativo de la Serie**

##### **5.6.1.3.9.1 Información técnica obtenida del Estudio de Suelo en el campo**

- **Número del Perfil:** P5
- **Nombre del suelo:** Serie “San Alejandro”
- **Fecha de la observación:** 13 de julio del 2011.
- **Autor:** César Valencia
- **Ubicación:** aproximadamente a 15 metros al oeste del camino público, en el interior del bosque de eucalipto. Entre las coordenadas 790,261.4373 Este y 9,958,455.2470 Norte.
- **Altitud:** 2830 msnm.
- **Forma del terreno:**

**Posición fisiográfica:** Vertiente de ladera media a fuerte (VI).

**Forma del terreno circundante:** valles y vertientes de ladera media.

**Microtopografía:** ninguna.

**Pendiente donde el Perfil está situado:** 16%  
(moderadamente escarpada).

**Uso de la tierra:** al realizarse el estudio de suelos se encontraba con bosque de eucalipto.

**Clima:** según la información meteorológica de la Estación IASA I, el área de estudio posee un clima templado-frío semihúmedo, típico de ciertas zonas del Valle Interandino, caracterizado por una precipitación media anual de 1235.68 mm y una temperatura media anual de 13.95° C. Según información proporcionada por los agricultores, es una zona de frecuentes heladas, fuertes vientos y esporádicamente granizadas.

#### **5.6.1.3.9.2 Información acerca del Suelo en estudio**

- **Material originario:** volcánico fluvio-glacial.
- **Drenaje:** moderadamente bien drenado, Clase 3.
- **Condiciones de humedad en el Perfil:** en la parte superior seco y en la parte inferior ligeramente húmedo.
- **Profundidad a la capa freática:** no definida, aproximadamente a más de 20 metros, lo cual significa que no ejerce ninguna influencia en el perfil del suelo.
- **Presencia de piedras en la superficie o afloramientos rocosos:** sin o muy pocas piedras, Clase 0; sin afloramientos rocosos, Clase 0.

- **Evidencia de erosión:** eólica (clase 1) leve (grado 1) e hídrica laminar (clase 2) moderada (grado 2).
- **Presencia de sales o álcalis:** ninguna.
- **Influencia humana:** escasa en ocasiones pastoreo de ganado bovino y equino.

#### **5.6.1.3.9.3 Breve caracterización del Perfil del Suelo en estudio**

Suelo profundo caracterizado por la presencia de un horizonte inferior de suelo enterrado y la presencia de manchas de color negro en la parte inferior del tercer horizonte, son suelos de texturas alternantes entre finas y medias.

#### **5.6.1.3.9.4 Descripción del Perfil**

**A11 (0 - 24 cm.):** Pardo oscuro (10YR 3/3) en seco y pardo muy oscuro (10YR 2/2) en húmedo; franco arcilloso; estructura granular fuerte, media; adherente y plástica en mojado, friable en húmedo y dura en seco; poros frecuentes, finos y muy finos, continuos y discontinuos, inped, tubulares, verticales y abiertos; frecuentes raíces finas, medianas y gruesas; límite uniforme, abrupto.

**A12 (24 - 53 cm.):** Pardo oscuro (10YR 3,5/3) en seco y gris muy oscuro (10YR 3/1) en húmedo; franco; estructura granular fuerte, fina y en bloques angulares y en bloques subangulares, fuerte, medios y finos; ligeramente adherente y ligeramente plástica en mojado, muy friable en húmedo y dura en

seco; poros pocos, medianos, finos y muy finos, continuos, inped, tubulares, verticales y abiertos; pocas raíces muy finas, finas, medianas y gruesas; límite uniforme, abrupto.

**A13 (53 – 160 cm.):** Pardo amarillento oscuro (10YR 3/4) en seco y pardo oscuro (10YR 3/3,5) en húmedo, manchas de color negro en seco y en húmedo (10YR 2/1), muchas, pequeñas y medianas, sobresalientes y nítidas; franco arcilloso; estructura en bloques angulares y en bloques subangulares moderada, finos, medios y gruesos; adherente y plástica en mojado, friable en húmedo y dura en seco; poros pocos, finos y muy finos, continuos, inped, vesiculares y tubulares, verticales y oblicuos, y abiertos; pocas raíces muy finas y finas; límite uniforme, abrupto.

**2Apb (160 – 180 cm.):** Pardo muy oscuro (10YR 2/2) en seco y en negro (10YR 2/1) en húmedo; franco; estructura granular débil a moderada, fina; consistencia ligeramente adherente y ligeramente plástica en mojado, friable en húmedo y blanda en seco; poros frecuentes, finos y muy finos, continuos, inped, vesiculares y tubulares, verticales y abiertos; raíces ausentes.

#### **5.6.1.3.9.5 Características físico-químicas del Suelo en estudio**

Las principales características físico-químicas de los horizontes más representativos del Perfil del Suelo de esta unidad, fueron determinadas en el laboratorio de suelos, y sus resultados se presentan a continuación con la

finalidad de contar con una caracterización completa del suelo; morfológica, física y química, establecer la clasificación final del suelo y determinar su nivel de fertilidad.

**Tabla 5.7** Determinaciones Físicas del Perfil 5

HORIZONTE (SIMBOLO)	PROFUNDIDAD (cm)	TEXTURA			CLASE TEXTURAL	RETENCIÓN DE HÚMEDAD (%)	
		ARENA (%)	LIMO (%)	ARCILLA (%)		C.C. (1/3Atm)	P.M.P. (15Atm)
A11	0 – 24 cm.	33	37	30	FAc	25.85	14.60
A12	24 – 53 cm.	37	39	24	F	24.67	13.85
A13	53 – 160 cm.	23	37	40	FAc	27.53	21.93
Apb	160 – 180 cm.	41	33	26	F		

C.C: Capacidad de campo, P.M.P: Punto de Marchitez Permanente, F: Franco, FAc: Franco Arcilloso

**Fuente:** AGROCALIDAD, 2011

**Tabla 5.8** Determinaciones Químicas del Perfil 5

HORIZONTE (SIMBOLO)	pH	M.O. (%)	N.T. (%)	ASIMILABLES			
				P	K	Ca	Mg
				ppm	cmol/Kg	cmol/Kg	cmol/Kg
A11	6.15	5.03	0.25	2.00	0.86	6.90	3.62
A12	6.20	2.94	0.14	1.00	0.71	6.90	3.54
A13							
Apb		1.94	0.09				

pH: Potencial Hidrógeno, M.O: Materia Orgánica, N.T: Nitrógeno Total, Cationes Asimilables: P, K, Ca, Mg

**Fuente:** AGROCALIDAD, 2011

**Tabla 5.9** Continuación Determinaciones Químicas del Perfil 5

HORIZONTE (SIMBOLO)	C.I.C. cmol/Kg	BASES DE CAMBIO				ACIDEZ INTERCAMBIABLE Meq/100	Sat. Bases (%)
		Ca	Mg	Na	K		
		cmol/Kg					
A11	25.04	7.20	4.29	0.73	1.99	0.20	18.30
A12	17.88	5.70	3.04	0.73	1.79	0.25	15.20

C.I.C: Capacidad de Intercambio Catiónico, Sat. Bases: Saturación de Bases

**Fuente:** AGROCALIDAD, 2011

#### **5.6.1.4 Serie “San Martín” (CrM)**

##### **5.6.1.4.1 Superficie**

Esta Serie tiene un área de 11.54 ha que corresponde al 13.8 % de la superficie total en estudio.

##### **5.6.1.4.2 Clasificación del Suelo**

Duric Andic Ustorthent, loamy clay over clayed mixed, ashy, no alkaline, isomesic

##### **5.6.1.4.3 Ubicación**

La Serie “San Martín” está conformada por 2 áreas, el área de mayor superficie con 9.57 ha, se encuentra en la parte central de la hacienda y la segunda con 1.97 ha. está ubicada en la parte sur limitando principalmente con la propiedad del Sr. César Mejía.

##### **5.6.1.4.4 Topografía**

Los suelos pertenecientes a esta Serie se encuentran distribuidos sobre la Unidad Fisiográfica denominada Colinas Redondeadas (Cr), aquí la topografía se caracteriza por presentar relieves altitudinales redondeados con pendientes que van de 5 a 25 %.

#### **5.6.1.4.5 Drenaje**

Esta Serie presenta un suelo que posee un drenaje clase 3, ya que son moderadamente bien drenados, siendo la eliminación del agua algo lenta, los perfiles permanecen mojados por periodos cortos pero apreciables y podrían presentarse manchas de gley en los horizontes intermedios del perfil.

#### **5.6.1.4.6 Vegetación natural**

Las especies vegetales más frecuentes son: Eucalipto (*Eucalyptus globulus*), Chilca (*Baccharis latifolia*), nabo silvestre (*Brassica napus*), hierba mora (*Solanum nigrescens*), poa (*Poa annua*), bolsa de pastor (*Capsella bursa-pastoris*), llantén (*Plantago lanceolata*), tréboles (*Trifolium sp.*), kikuyo (*Pennisetum clandestinum*).

#### **5.6.1.4.7 Uso actual**

Al realizarse el estudio de suelos de esta Serie, casi la totalidad de la zona se encontraba cultivada con cebada (*Hordeum vulgare*).

#### **5.6.1.4.8 Características más importantes de la Serie**

- Suelo de origen volcánico fluvio-glaciario.

- La textura de los suelos va de franco arcillosa en la capa superficial a arcillosa en el segundo horizonte y franco limosa en el tercero.
- Los suelos presentan generalmente estructura granular, fuerte, media y fina en el primer horizonte. Y estructuras en bloques angulares y subangulares en el segundo y tercer horizonte.
- Son suelos de consistencia muy adherente y muy plástica.
- Presentan manchas de color en el segundo horizonte.
- La presencia de raíces es frecuente, son muy finas, finas y medianas, estas van decreciendo conforme va aumentando la profundidad del perfil siendo muy pocas y muy finas en su horizonte inferior.
- Presencia de gravas en un 15 % y piedras en un 5 % a partir de los 15 cm de profundidad.
- El contenido de materia orgánica en el suelo de la serie es alto.
- La saturación de bases de esta Serie es menor al 50 %.
- La reacción del NaF en esta Serie de Suelos fue nula en todo el perfil.
- La temperatura del suelo a 50 cm de profundidad fue de 21.5 °C a las 12:30 horas.
- La penetrabilidad es de 2.0 Kg/cm<sup>2</sup>.
- El pH de los suelos de la Serie es prácticamente neutro.
- La densidad aparente es de 0.92 g/cc sólo en la primera capa de perfil y en el resto es menor a 0.85 g/cc.
- La fórmula de identificación de la serie es: CrM - FAc - 1 – T3 - G0.1 – G1.2 - P0.1 - P0.2 - C5 - F4 – D2.1 – D1.2 – H2.1 – H3.2

#### **5.6.1.4.9 Estudio detallado y sistemático del Perfil de Suelo representativo de la Serie**

##### **5.6.1.4.9.1 Información técnica obtenida del Estudio de Suelo en el campo**

- **Número del Perfil:** P3
- **Nombre del suelo:** Serie “San Martín”
- **Fecha de la observación:** 08 de julio del 2011.
- **Autor:** César Valencia
- **Ubicación:** aproximadamente a 150 m al oeste del camino público, entre el bosque de eucalipto y la acequia. Entre las coordenadas 790,582.6392 Este y 9,957,440.8362 Norte.
- **Altitud:** 2840 msnm.
- **Forma del terreno:**

**Posición fisiográfica:** Colinas redondeadas (Cr).

**Forma del terreno circundante:** fondo de valle inclinado y vertientes de ladera media.

**Microtopografía:** ninguna.

**Pendiente donde el Perfil está situado:** 5 % (suavemente inclinado).

**Uso de la tierra:** al realizarse la observación el terreno se encontraba con cultivo de cebada.

**Clima:** según la información meteorológica de la Estación IASA I, el área de estudio posee un clima templado-frío

semihúmedo, típico de ciertas zonas del Valle Interandino, caracterizado por una precipitación media anual de 1235.68 mm y una temperatura media anual de 13.95° C. Según información proporcionada por los agricultores, es una zona de frecuentes heladas, fuertes vientos y esporádicamente granizadas.

#### 5.6.1.4.9.2 Información acerca del Suelo en estudio

- **Material originario:** volcánico fluvio-glaciar.
- **Drenaje:** moderadamente bien drenado, Clase 3.
- **Condiciones de humedad en el Perfil:** en la parte superior seco y en la parte inferior ligeramente húmedo.
- **Profundidad a la capa freática:** no definida, aproximadamente a más de 20 metros, lo cual significa que no ejerce ninguna influencia en el perfil del suelo.
- **Presencia de piedras en la superficie o afloramientos rocosos:** sin o muy pocas piedras, Clase 0; sin afloramientos rocosos, Clase 0.
- **Evidencia de erosión:** eólica (clase 1) leve (grado 1) e hídrica laminar (clase 2) leve (grado 1).
- **Presencia de sales o álcalis:** ninguna.
- **Influencia humana:** labores agrícolas desde hace algunos años con predominio del monocultivo especialmente cebada.

#### **5.6.1.4.9.3 Breve caracterización del Perfil del Suelo en estudio**

Suelo de profundidad moderada caracterizados por presentar texturas muy arcillosas (muy finas) en sus primeros dos horizontes que hacen que el suelo sea muy duro en seco y firme en húmedo dificultando su óptimo aprovechamiento técnico. Presenta en su tercer horizonte un suelo enterrado.

#### **5.6.1.4.9.4 Descripción del Perfil**

**Ap (0 - 40 cm.):** Pardo muy oscuro (10YR 2/2) en seco y negro (10YR 2/1) en húmedo; franco arcilloso; con estructura granular fuerte, media y fina; consistencia muy adherente y muy plástica en mojado, firme en húmedo y dura en seco; poros frecuentes, finos y muy finos, continuos, inped, tubulares, verticales y abiertos; frecuentes raíces muy finas, finas y medianas; límite uniforme, abrupto.

**A12 (40 - 114 cm.):** Pardo grisáceo muy oscuro (10YR 3/2) en seco y pardo muy oscuro (10YR 2/2) en húmedo, manchas de color negro en seco y en húmedo (10YR 2/1), frecuentes, pequeñas y medianas, sobresalientes y nítidas; arcilloso; estructura granular fuerte, media y fina y en bloques angulares y en bloques subangulares fuerte, medios y finos; adherente y plástica en mojado, firme en húmedo y dura en seco; poros pocos, finos y muy finos, continuos, inped, intersticiales y tubulares, verticales y oblicuos, y abiertos; frecuentes raíces finas y muy finas; límite uniforme, abrupto.

**2Apb (114 – 190 cm.):** Pardo oscuro (10YR 3/3) en seco y pardo grisáceo muy oscuro (10YR 3/2) en húmedo, manchas de color negro en seco y en húmedo (10YR 2/1), frecuentes, pequeñas y medianas, sobresalientes y nítidas; franco limoso; estructura en bloques angulares y en bloques subangulares fuerte, medios y gruesos; consistencia adherente y plástica en mojado, firme en húmedo y dura en seco; poros pocos, finos y muy finos, continuos, inped, tubulares, verticales y abiertos; muy pocas raíces muy finas.

#### 5.6.1.4.9.5 Características físico-químicas del Suelo en estudio

Las principales características físico-químicas de los horizontes más representativos del Perfil del Suelo de esta unidad, fueron determinadas en el laboratorio de suelos, y sus resultados se presentan a continuación con la finalidad de contar con una caracterización completa del suelo; morfológica, física y química, establecer la clasificación final del suelo y determinar su nivel de fertilidad.

**Tabla 5.10** Determinaciones Físicas del Perfil 3

HORIZONTE (SIMBOLO)	PROFUNDIDAD (cm)	TEXTURA			CLASE TEXTURAL	RETENCIÓN DE HÚMEDAD (%)	
		ARENA (%)	LIMO (%)	ARCILLA (%)		C.C. (1/3Atm)	P.M.P. (15Atm)
Ap	0 – 40 cm.	27	35	38	FAc	28.47	16.24
A12	40 – 114 cm.	25	33	42	Ac	37.22	21.74
Apb	114 – 190 cm.	23	51	26	FL	42.08	24.79

C.C: Capacidad de campo, P.M.P: Punto de Marchitez Permanente, Ac: Arcilloso, FAc: Franco Arcilloso, FL: Limoso

**Fuente:** AGROCALIDAD, 2011

**Tabla 5.11** Determinaciones Químicas del Perfil 3

HORIZONTE (SIMBOLO)	pH	M.O. (%)	N.T. (%)	ASIMILABLES			
				P	K	Ca	Mg
				ppm	cmol/Kg	cmol/Kg	cmol/Kg
Ap	6.34	4.07	0.20	3.00	0.89	6.45	3.70
A12	7.07	2.38	0.11	0.50	0.63	8.60	5.27
Apb	6.90						

pH: Potencial Hidrógeno, M.O: Materia Orgánica, N.T: Nitrógeno Total, Cationes Asimilables: P, K, Ca, Mg

**Fuente:** AGROCALIDAD, 2011

**Tabla 5.12** Continuación Determinaciones Químicas del Perfil 3

HORIZONTE (SIMBOLO)	C.I.C. cmol/Kg	BASES DE CAMBIO				ACIDEZ INTERCAMBIABLE Meq/100	Sat. Bases (%)
		Ca	Mg	Na	K		
		cmol/Kg					
Ap	27.14	8.90	5.36	0.82	1.28	0.20	12.80
A12	25.76	9.05	6.30	0.95	1.82	0.15	10.00

C.I.C: Capacidad de Intercambio Catiónico, Sat. Bases: Saturación de Bases

**Fuente:** AGROCALIDAD, 2011

## 5.7 CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA DE LOS SUELOS DEFINIDOS A NIVEL DE LA HACIENDA “LA VALENCIA”

Los suelos definidos y estudiados a nivel de la hacienda “La Valencia” fueron clasificados en base al Sistema Internacional Soil Taxonomy (USDA), el mismo que es el Sistema Oficial de Clasificación de Suelos del Ecuador, con adaptaciones a las condiciones propias y naturales del país realizadas por los especialistas en suelos del MAG/PRONAREG.

En general todos los suelos de la zona de Pintag y particularmente los pertenecientes al área de estudio, se caracterizan por ser de origen volcánico, por estar constituidos por cenizas volcánicas y materiales piroclásticos tanto recientes como más antiguas, por lo cual no está fuera de lo común encontrar en varios perfiles suelos recientes sobre suelos antiguos enterrados, es decir suelos producto de diferentes emisiones o deposiciones volcánicas, principalmente procedentes de los volcanes Sincholagua y Cotopaxi como lo corroboran los estudios geológicos más recientes de esta zona efectuados por la Dirección General de Geología y Minas del Ministerio del Recursos No Renovables anteriormente Ministerio de Energía, Minas y Petróleos.

Para la definición técnico sistemática de la Taxonomía de los Suelos se utilizaron los estudios detallados de campo de cada unidad definida que fueron complementados por los datos analíticos físicos y químicos de laboratorio.

Los suelos estudiados a nivel taxonómico fueron categorizados y clasificados mayormente bajo el Orden de los Andisols sin embargo existen en menor porcentaje suelos pertenecientes al orden de los Entisols.

Los suelos fueron catalogados en los Órdenes especificados anteriormente en base a los requisitos establecidos de regímenes de humedad, de temperatura, horizontes de diagnóstico y otras propiedades características.

La clasificación taxonómica por los objetivos planteados en este estudio se realizó hasta el nivel de Series de Suelos que es el más detallado y el que se emplea a nivel de finca o hacienda.

### **5.7.1 Orden del Suelo: Andisols**

Suelos de origen volcánico antes Inceptisols, suborden Andepts (Soil Taxonomy, 1975), que poseen propiedades ándicas definidas a través de sus horizontes de su perfil sean o no suelos enterrados.

#### **5.7.1.3 Suborden de suelos: Ustands**

Suelos que se caracterizan por poseer un Régimen de Humedad Ustico, es decir son suelos que presentan tres meses continuos o más secos, lo cual constituye una limitación para el desarrollo normal de los cultivos.

#### **5.7.1.4 Gran Grupo de Suelos: Haplustands**

Son suelos con un Régimen de Humedad Ustico que no presentan un horizonte cementado y endurecido, denominado Duripan.

#### **5.7.1.5 Subgrupos de Suelos**

- Dystric: subgrupo definido por la baja saturación de bases (menos del 50 %) en cualquier subhorizonte comprendido entre los 25 y 75 cm de profundidad.

- Umbric: subgrupo definido por la presencia de un Epipedón Umbrico (horizonte de diagnóstico superficial).

#### **5.7.1.6 Familia de Suelos**

##### **5.7.1.6.1 Familias Texturales**

- Loamy: horizontes de textura franca.
- Loamy Clay: horizontes de textura franco arcillosa.
- Clayed: horizontes de textura arcillosa.
- Mixed: horizontes mezclados.
- Ashy: ceniza.

##### **5.7.1.6.2 Familia por Reacción**

- Non Acid: suelos con una reacción no ácida prácticamente neutra con un pH alrededor de 7.

##### **5.7.1.6.3 Familia Térmica**

- Isomesic: presenta una temperatura media anual del suelo a 50 cm de profundidad de 10° C hasta 15°C y la diferencia de temperatura entre la época seca y la lluviosa es inferior a 5°C (ISO)

### **5.7.1.7 Serie de Suelos**

Es el nivel más detallado y específico de la Clasificación de Suelos. En este nivel categórico, los suelos presentan características similares y particulares para cada unidad de mapeo definida. La Serie lleva la denominación de un río, colina, localidad, etc.

### **5.7.2 Orden de Suelos: Entisols**

Suelos caracterizados por ser los más jóvenes o recientes a nivel de la Taxonomía, donde prácticamente ha existido una evolución pedogenética incipiente, debido al corto tiempo que han tenido los materiales que los conforman para ser influenciados por los diferentes factores de formación y desarrollo de los suelos.

Los Entisols pueden estar presentes en cualquier parte del territorio nacional independientemente del clima o de otros factores como la vegetación, el relieve o el material parental.

### **5.7.2.3 Suborden de Suelos: Orthent**

Suelos localizados en superficies erosionadas de depósitos coluviales recientes o áreas de soliflucción. Poseen una distribución regular de carbono orgánico en todo su perfil.

#### **5.7.2.4 Gran Grupo de Suelos: Ustorthent**

Suelos caracterizados por poseer un régimen de humedad Ustico (tres meses o más consecutivos secos)

#### **5.7.2.5 Subgrupo de Suelos**

- Andic: suelos que tienen materiales orgánicos en su perfil o una densidad aparente menor a 0.85 g/cc.
- Duric: suelos que tienen materiales continuos endurecidos en el perfil de suelo.

#### **5.7.2.6 Familia de Suelos**

##### **5.7.2.6.1 Familia Textural**

- Loamy Clay: horizontes de textura franco arcillosa.
- Clayed: horizontes de textura arcillosa.
- Mixed: horizontes mezclados.
- Ashy: ceniza.

##### **5.7.2.6.2 Familia por Reacción**

- Non Acid: suelos con una reacción no ácida prácticamente neutra con un pH alrededor de 7.

### **5.7.2.6.3 Familia Térmica**

- Isomesic: presenta una temperatura media anual del suelo a 50 cm de profundidad de 10° C hasta 15°C y la diferencia de temperatura entre la época seca y la lluviosa es inferior a 5°C (ISO).

**Cuadro 5.2** Clasificación Taxonómica de los Suelos de la hacienda “La Valencia”

CATEGORÍAS TAXONÓMICAS					
ORDEN	SUBORDEN	GRAN GRUPO	SUB GRUPO	FAMILIA	SERIE
Andisols	Ustand	Haplustand	Dystric Haplustand	Textural: Dystric Haplustand, loamy over loamy clay mixed, ashy Por reacción: non acid Térmica: isomesic	Antisana
			Umbric Haplustand	Textural: Umbric Haplustand, loamy over loamy clay, ashy Por reacción: non acid Térmica: isomesic	Sincholagua
			Dystric Haplustand	Textural: Dystric Haplustand, loamy clay over loamy mixed, ashy Por reacción: non acid Térmica: isomesic	San Alejandro
Entisols	Orthent	Ustorthent	Duric Andic Ustorthent	Textural: Duric Andic Ustorthent, loamy clay over clayed, mixed, ashy Por reacción: non acid Térmica: isomesic	San Martín

**Fuente:** Soil Taxonomy USDA, 2007.

## **5.8 EVALUACIÓN TÉCNICO - AGROLÓGICA DE LAS TIERRAS DE LA HACIENDA “LA VALENCIA”**

La Evaluación Agrológica de las Tierras es un requisito técnico obligatorio para definir en forma práctica su uso racional en cualquier área del medio rural donde se vaya a ejecutar una explotación agropecuaria y/o forestal moderna (Del Posso, 2008).

La Evaluación Agrológica de las Tierras realizada a nivel de la hacienda “La Valencia” se basó en el Levantamiento Agrológico y en la Clasificación de las Tierras según su Capacidad de Uso, estableciendo categorías definidas de acuerdo con las características y limitaciones que poseen las tierras para un propósito específico, determinando de esta manera su nivel de aptitud para fines agropecuarios y/o forestales.

### **5.8.1 Levantamiento de la Capacidad Agrológica de las Tierras de la hacienda “La Valencia” con fines Agropecuarios.**

La Evaluación de la Capacidad Agrológica de las Tierras, se la realizó en base el Sistema Americano o de las Ocho Clases de Tierras por su Capacidad de Uso (USDA), y en base a las adaptaciones realizadas para el Ecuador (Del Posso, 2005).

Para realizar esta Evaluación Técnica y la correspondiente determinación de las Clases Agrológicas se requirió del Estudio de Suelos, de Pendientes y Erosión, de Fertilidad y de Uso Actual, así como también la información obtenida de clima, hidrología y vegetación natural.

Definidas las Clases Agrológicas y partir de la interpretación de las características cualitativas y cuantitativas evaluadas se determinó las Subclases para cada una de las Clases de Tierra definidas, en base a los factores limitantes establecidos en el Sistema Agrológico del Ecuador y que son: erosión (e), suelo (s), topografía (t) y clima (c)

La Clasificación de las Tierras de la hacienda “La Valencia”, permitió definir su Capacidad de Uso Natural y Potencial, obteniéndose las siguientes clases:

#### **5.8.1.1 Tierras aptas Para la agricultura (I)**

##### **5.8.1.1.1. Tierras con limitaciones leves a moderadas aptas para cultivos en forma permanente**

**Clases de Tierra de Capacidad Agrológica:** 2/ c1; e1, e2  
3/ c1; t1; e1, e2

Es una asociación de Clases de Tierras las cuales por razones cartográficas no pudieron ser individualizadas. La Clase Agrológica 2 es dominante en los relieves planos a casi planos y la Clase Agrológica 3 en los ligeramente ondulados a ondulados bajos.

## Ubicación

Esta Clase Agrológica se encuentra formando las Series Antisana y Sincholagua, se distribuye sobre los Fondos de Valle Plano y Fondos de Valle Inclinado respectivamente. (Ver Anexo I, Mapa Agrológico)

## Superficie

Esta Clase de Tierra posee una superficie de 9.01 ha, correspondiente al 10.78 % del área en estudio.

## Principales características

Las Tierras de la Clase **2/ c1; e1, e2** se caracterizan por estar sobre pendientes de 0 a 5% con suelos profundos de origen volcánico fluvio-glaciar y se encuentran exclusivamente sobre Fondos de Valle Plano con relieves planos hasta ligeramente ondulados, poseen una fertilidad de media a alta. Son Tierras aptas para cultivos en forma permanente con limitaciones leves.

Las Tierras de la Clase **3/ c1; t1; e1, e2** se caracterizan por estar sobre pendientes de 5 a 10 % con suelos profundos de origen volcánico fluvio-glaciar que disminuyen en profundidad según la pendiente y de fertilidad mayormente media. Son Tierras aptas para cultivos en forma permanente con limitaciones moderadas se encuentran sobre los Fondos de Valle Inclinado.

## **Factores limitantes**

El principal y mayor factor limitante de la Clase Agrológica 2 es el clima debido a que según la información meteorológica y de los agricultores sólo se dispone de agua para una cosecha segura en el año, a esto se añade la presencia de vientos, heladas y granizadas que también limitan los cultivos.

Otro factor lo constituyen la erosión eólica y la hídrica laminar que se presenta en un grado leve en las zonas de mayor pendiente.

Las Tierras de Clase 3 presentan como mayor limitante al clima pues de igual manera en la Clase 2 sólo se dispone de agua para una cosecha segura en el año, a esto se añade la presencia de vientos, heladas y granizadas, que también limitan los cultivos.

Otros factores limitantes para esta Clase Agrológica, en orden de importancia lo son: la topografía por presentar relieves de Fondos de Valle Inclinado con pendientes del 5 al 10 % y la erosión tanto eólica como hídrica en grado leve a moderado según la pendiente.

### **5.8.1.1.2 Tierras con limitaciones moderadas a severas, aptas para cultivos en forma ocasional**

**Clases de Tierra de capacidad agrológica:** 3/ c1; t1; e1, e2  
4/ c1; t1; e1, e2; s1

Esta Clase representa una Asociación de Tierras, las mismas que por razones de índole cartográfica no pueden ser separadas. La Clases Agrológicas 3 y 4 de esta Asociación son predominantes en los relieves ondulados las primeras y en relieves ligeramente colinados las segundas.

### **Ubicación**

Esta Clase Agrológica se encuentra formando la Serie Sincholagua, se ubica sobre las partes medias y altas de los Fondos de Valle Inclinado del área de estudio. (Ver Anexo I, Mapa Agrológico)

### **Superficie**

Posee una superficie de 30.65 ha, correspondiente al 36.65 % del área en estudio.

### **Principales características**

Las características de las Tierras de la Clase Agrológica **3/ c1; t1; e1, e2** son las mismas descritas en la unidad de clasificación anterior a excepción del rango de pendiente que en este caso va de 10 a 12 % y son de fertilidad media baja.

Las Tierras de la Clase **4/ c1; t1; e1, e2; s1** poseen suelos moderadamente profundos según la pendiente, de origen volcánico fluvio-glaciar. Tienen un

relieve ligeramente colinado con pendientes del 12 al 15 % y son de fertilidad media baja.

### **Factores limitantes**

Tanto las Tierras de la Clase 3 como de la Clase 4 tienen como principal y mayor factor limitante al clima debido a que sólo se dispone de agua para una cosecha segura en el año, a esto se añade la limitación en los cultivos por la presencia de vientos, heladas y granizadas.

Otros factores limitantes para ambas Clase de Tierras es la topografía que por presentar relieves con pendientes de 10 a 12 % para la Clase 3 y de 12 a 15 % para la Clase 4, lo que ocasiona que tanto la erosión eólica como la hídrica laminar se presenten en un grado leve a moderado dependiendo del grado de pendiente. Unicamente para la Clase de Tierra 4, el suelo se constituye también como otro factor limitante debido a la presencia de gravas en su perfil lo cual disminuye su profundidad efectiva.

#### **5.8.1.2 Tierras aptas para pastos y bosques de explotación (II)**

##### **5.8.1.2.1 Tierras con limitaciones moderadas, aptas para pastos y bosques de explotación**

**Clases de Tierra de Capacidad Agrológica:** 5/ c1; s1; e1, e2

6/ c1; t1, t2; s1; e1, e2

Es una Asociación de Tierras que por razones de índole cartográfica no puede ser separada. La Clase Agrológica 5 es predominante en relieves ligeramente ondulados y la Clase 6 es predominante en los relieves ondulados a colinados.

### **Ubicación**

Esta Clase Agrológica se encuentra formando las Series San Martín y San Alejandro, se ubica sobre las Colinas Redondeadas y las Vertientes de Ladera Media del área de estudio.

### **Superficie**

Posee una superficie de 22.72 ha, correspondiente al 27.17 % del área en estudio.

### **Principales características**

Ambas Clase de Tierras poseen suelos de origen volcánico fluvio-glacial con sedimentos coluviales y presencia de gravas (15 %) y piedras (5 %) en su perfil. Son de fertilidad media.

Las Tierras de Clase **5/ c1; s1; e1, e2** se encuentran en un rango de pendiente del 5 al 10 %. Las Tierras de Clase **6/ c1; t1, t2; s1; e1, e2** se encuentran en un rango de pendiente del 10 al 25 %.

## **Factores limitantes**

El principal y mayor factor limitante para ambas Clases de Tierras es el clima debido a que sólo se dispone de agua para una cosecha segura en el año, a esto se añade la presencia de vientos, heladas y granizadas que también limitan su uso.

En la Clase Agrológica 5 se suma el factor suelo como un limitante, debido a que posee suelos pesados con presencia de gravas en un 15 % y piedras en un 5 % de su perfil. Presentando también un grado de erosión tanto eólica como hídrica laminar leve.

La Clase Agrológica 6 presenta además del clima como factores limitantes, en orden de importancia, la pendiente, el relieve y los suelos; los dos primeros por ser Tierras susceptibles a una erosión hídrica laminar de grado leve a moderado y el tercero por presentar suelos ligeramente pesados con texturas de medianas a finas con presencia de gravas en un 15 % de su perfil lo cual limita su profundidad efectiva.

### **5.8.1.2.2 Tierras con limitaciones severas, aptas para pastos y bosques de explotación**

**Clases de Tierra de Capacidad Agrológica:** 6/ c1; t1, t2; s1; e1, e2

7/ c1; t1, t2; s1; e1, e2

Es una asociación de Clases de Tierras las cuales por razones cartográficas no pudieron ser individualizadas. Ambas Clase Agrológicas se encuentran sobre relieves colinados a ligeramente escarpados.

### **Ubicación**

Esta Clase Agrológica se encuentra formando la Serie San Alejandro, se ubica sobre las Vertientes de Ladera Media y Fuerte del área de estudio.

### **Superficie**

Posee una superficie de 21.25 ha, correspondiente al 25.41 % del área en estudio.

### **Principales características**

Son Tierras que poseen suelos de origen volcánico fluvio-glaciario. Tienen un relieve colinado a ligeramente escarpado con pendientes del 20 al 30 % y son de fertilidad media.

### **Factores limitantes**

El principal y mayor factor limitante al igual que la unidad de clasificación anterior es el clima debido a que sólo se dispone de agua para un semestre en el año, a esto se añade la presencia de vientos, heladas y granizadas que también limitan su uso agropecuario.

Al clima se suman como factores limitantes de importancia la pendiente, el relieve y los suelos; el primero por presentar relieves que son susceptibles a una erosión tanto eólica como hídrica laminar de grado moderado y el segundo por presentar suelos con presencia de gravas en un 15 % de su perfil lo cual limita su profundidad efectiva.

**Cuadro 5.4** Clases de Capacidad Agrológica de las Tierras a nivel de la hacienda “La Valencia” con fines agropecuarios y/o forestales

APTITUD	CLASE Y SUBCLASE AGROLÓGICA	SERIES	SUPERFICIE	
			ha	%
Clases de Tierras con limitaciones leves a moderadas, aptas para cultivos en forma permanente	2/ c1; e1, e2 3/ c1; t1; e1, e2	Antisana y Sincholagua	9.01	10.78
Clases de Tierras con limitaciones moderadas a severas, aptas para cultivos en forma ocasional	3/ c1; t1; e1, e2 4/ c1; t1; e1, e2; s1	Sincholagua	30.65	36.65
Clase de Tierras con limitaciones moderadas aptas para pastos y bosques de explotación	5/ c1; s1; e1, e2 6/ c1; t1, t2; s1; e1, e2	San Alejandro y San Martín	22.72	27.17
Clase de Tierras con limitaciones severas aptas para pastos y bosques de explotación	6/ c1; t1, t2; s1; e1, e2 7/ c1; t1, t2; s1; e1, e2	San Alejandro	21.25	25.41
<b>TOTAL</b>			<b>83.63</b>	<b>100</b>

## **5.9 PRÁCTICAS DE MANEJO Y CONSERVACIÓN RECOMENDADAS PARA EL ÁREA DE ESTUDIO**

A fin de darles el Manejo y Conservación más adecuado a las Tierras que posee la hacienda “La Valencia” y en base a las Clases Agrológicas determinadas se definió las diferentes prácticas u obras de Manejo y Conservación a ser implementadas para evitar su degradación obteniendo el máximo provecho agropecuario y/o forestal de las mismas.

### **5.9.1 Prácticas Recomendadas para las Clases de Tierra 2/ c1; e1, e2 y 3/ c1; t1; e1, e2**

#### **5.9.1.1 Prácticas Agronómicas**

- Uso de las variedades mejoradas de los cultivos recomendados para la zona en estudio.
- Sistemas y densidades de siembra apropiados.
- Fertilización apropiada en base al análisis de suelos y requerimientos del cultivo a sembrarse.
- Empleo de abonos orgánicos.
- Control oportuno de plagas y enfermedades.
- Adecuada preparación del suelo para evitar la compactación.
- Calendario agrícola de siembras y cosechas específicos para cada cultivo a fin de atenuar las limitantes climáticas.

### **5.9.1.2 Prácticas Culturales**

- Rotación de cultivos con un ciclo rotacional de 5 años con 1 ó 2 años de cultivos de escarda, 2 ó 3 años de cultivos tupidos y 1 año de leguminosas (mezclas forrajeras).
- Cultivos en fajas con un ancho de 30 a 40 metros en especial para la Clase Agrológica 3.
- Siembra de abonos verdes luego de cada cosecha, mismos que servirán como cultivos de cobertera mientras se prepara la próxima siembra .
- Instalación de cortinas rompevientos para reducir el efecto de las heladas y la erosión eólica.

### **5.9.1.3 Prácticas Mecánicas**

- Surcados al contorno siguiendo la curvas de nivel.

## **5.9.2 Prácticas Recomendadas para las Clases de Tierra 3/ c1; t1; e1, e2 y 4/ c1; t1; e1, e2; s1**

### **5.9.2.1 Prácticas Agronómicas**

- Uso de variedades apropiadas para la zona.
- Fertilización técnica del suelo en base al análisis de suelos y requerimientos del cultivo a sembrar.

- Aplicación de abonos orgánicos.
- Densidad de siembra adecuada.
- Preparación adecuada del terreno antes de cada siembra.
- Control oportuno, integral y técnico de plagas y enfermedades.
- Determinación del calendario agrícola adecuado de siembras y cosechas apropiado para cada cultivo a fin de evitar un mayor impacto climático principalmente de las granizadas y heladas.

#### **5.9.2.2 Prácticas Culturales**

- Rotación de cultivos con un ciclo rotacional es de 6 a 7 años, con 1 ó 2 años de cultivo de escarda, 3 ó 4 años con cultivos tupidos y 1 ó 2 años con gramíneas y leguminosas.
- Cultivos de cobertera en las áreas de mayor pendiente.
- Cultivos en fajas con un ancho de 10 a 20 metros para la Clase Agrológica 4 y de 30 a 40 metros para la Clase Agrológica 3.
- Abonos verdes luego de cada cosecha.
- Instalación de cortinas rompevientos.

#### **5.9.2.3 Prácticas Mecánicas**

- Surcado al contorno siguiendo la curvas de nivel.
- Nivelaciones del terreno.

**5.9.3 Prácticas Recomendadas para las Clases de Tierra 5/ c1; s1; e1, e2 y 6/ c1; t1, t2; s1; e1, e2**

**5.9.3.1 Prácticas Agronómicas**

- Uso de variedades de pastos apropiados para las condiciones de la zona.
- Siembra de especies forestales recomendadas para la zona.
- Fertilización técnica del suelo en base al análisis de suelos y requerimientos de las plantas.
- Densidad de siembra adecuada.
- Adecuada preparación del terreno para reducir y evitar la compactación del suelo.
- Manejo oportuno, integral y técnico de plagas y enfermedades.

**5.9.3.2 Prácticas Culturales**

- Manejo de pastizales con mezclas forrajeras apropiadas para pastoreo rotativo y/o pastos de corte (Tierras de ambas Clases).
- Manejo de especies forestales con fertilizaciones, podas y raleos adecuados y técnicos (Tierras de la Clase 6/ c1; t1, t2; s1; e1, e2 con mayor pendiente).

- Instalación de cortinas rompevientos en las partes altas y perimetrales de cada lote para reducir la erosión eólica y mitigar las heladas.

### **5.9.3.3 Prácticas Mecánicas**

- Surcado al contorno siguiendo la curvas de nivel.
- Terrazas de banco base angosta en las zonas de mayor pendiente (Tierras de la Clase 6/ c1; t1, t2; s1; e1, e2).
- Realizar nivelaciones del terreno donde sea posible.

## **5.9.4 Prácticas Recomendadas para las Clases de Tierra 6/ c1; t1, t2; s1; e1, e2 y 7/ c1; t1, t2; s1; e1, e2**

### **5.9.4.1 Prácticas Agronómicas**

- Uso de variedades de pastos resistentes a las condiciones climatológicas y topográficas de la zona.
- Selección de especies forestales adecuadas para la zona.
- Fertilización técnica del suelo en base al análisis de suelos y requerimientos de los pastos o especies forestales a utilizarse.
- Densidad de siembra adecuada.
- Adecuada preparación del terreno para reducir y evitar la compactación del suelo.
- Control oportuno, integral y técnico de plagas y enfermedades.

#### **5.9.4.2 Prácticas Culturales**

- Manejo de pastizales igual que la clase anterior en las zonas de menor pendiente (Tierras de la Clase 6/ c1; t1, t2; s1; e1, e2).
- Manejo forestal técnico para establecimiento de bosques de explotación en las zonas de mayor pendiente (Tierras de la Clase 7/ c1; t1, t2; s1; e1, e2).
- Reforestación en las zonas donde se ha realizado talas y raleos indiscriminados, reposición de plantas muertas, siembra de nuevas plantas para alcanzar densidad adecuada, posteriormente raleos y podas de manera técnica.
- Instalación de cortinas rompevientos.

#### **5.9.4.3 Prácticas Mecánicas**

- Surcado doble (lister) al contorno siguiendo las curvas de nivel en las zonas donde se va a establecer pasturas (Tierras de la Clase 6/ c1; t1, t2; s1; e1, e2) a fin de reducir la erosión y la escorrentía.
- Terrazas de banco base ancha y angosta según la pendiente existente.

## **5.10 ESTUDIO DEL IMPACTO AMBIENTAL A NIVEL DE LA HACIENDA “LA VALENCIA”**

### **5.10.1 Identificación Ambiental**

La finalidad de la hacienda “La Valencia” ha sido fundamentalmente con propósitos agrícolas. Se emplea generalmente maquinaria agrícola para la labranza, el empleo de pesticidas es moderado. Existen muy poca vegetación natural y los bosques particularmente de eucalipto son escasos.

Con el propósito de determinar el Impacto Ambiental de las actividades que se realizan en la hacienda “La Valencia” se procedió a realizar un cuadro de matrices interactivas, en base al sistema de Leopold, en el que se asocian las Acciones que se ejecutan en la hacienda con los Elementos Ambientales existentes en la misma.

### **5.10.2 Preparación y Análisis**

#### **5.10.2.1 Descripción del Ambiente en el Área de Estudio**

##### **5.10.2.1.1 Ambiente físico**

- **Agua**

La hacienda posee varias acequias que cruzan sus tierras, existiendo también un canal que corre en sentido norte-sur por el borde este de la hacienda, en forma paralela al camino público. Dichas fuentes de agua no abastecerían los

requerimientos hídricos de la hacienda, ni tampoco su tratamiento y calidad es garantizado.

- **Suelo**

La hacienda posee una extensión de 83.630 ha, las cuales se encuentran divididas en lotes con áreas que van desde 5 a 10 ha. Los suelos se presentan moderadamente compactados y con un grado leve de contaminación por pesticidas.

#### **5.10.2.1.2 Ambiente biológico**

La hacienda posee muy poca vegetación natural ya que la mayoría de las tierras están destinadas a la agricultura.

#### **5.10.3 Análisis de los Impactos Ambientales**

Empleando la matriz de Leopold se realizó el análisis de las Acciones determinadas y su impacto sobre diferentes Factores o Elementos Ambientales, obteniéndose los siguientes resultados:

- Los Factores más afectados son el suelos y la flora en particular las especies forestales existentes en el área de estudio.
- Las Acciones que causan mayor impacto son la de producción agrícola y de manera general la extracción de recursos y en menor proporción el uso de agroquímicos.

- En lo referente a extracción de recursos, se han realizado talas del bosque de eucalipto indiscriminadamente, sin un manejo técnico y más aún en sectores en donde su finalidad debería estar orientada más hacia evitar la erosión y como parte de cortinas rompevientos. De igual manera luego de cada cosecha no se debe dejar el suelo descubierto pues esto lo hace más susceptible a erosionarse.

**Tabla 5.13** Resultados de la Matriz de Evaluación del Impacto Ambiental (Matriz de Leopold)

		Producción - Extracción de recursos	Alteración de la cobertura del suelo	Manejo de cultivos agrícolas	Uso de agroquímicos	Uso de Fertilizantes	Manejo de materia orgánica	Tecnología y maquinaria	Semilla no certificada		
RECURSOS NATURALES ABIOTICOS	AIRE				-1 7	-1 4	-1 3	-1 4		-18	
	AGUA	Calidad			-1 5	-1 4	-1 5			-14	
	TIERRA	Suelos	-1 8	-2 8	-1 8	-2 9	1 8	2 7	-2 5	-38	
RECURSOS NATURALES BIOTICOS	FLORA	Árboles	-2 9	-1 9		-1 3		1 4		-26	
		Plantas nativas	-2 6	-1 8		-1 3		1 5		-18	
		Cultivos	-1 7	2 8	1 8	2 9	2 7	2 7	2 5	-2 5	61
	FAUNA	Animales silvestres	-1 6	-1 6		-1 5					-17
		Animales domésticos	-1 5	2 6		-1 8					1
FACTORES SOCIO CULTURALES	Salud				-1 8	-1 8				-16	
	Economía		2 6	2 7	1 8	2 9	2 8	-1 5	2 5	-1 5	68
		-44	3	8	-21	22	24	6	-15		

## 5.10.4 Manejo del Impacto Ambiental

### 5.10.4.1 Posibles soluciones para los Impactos Ambientales existentes en la hacienda “La Valencia”

En base a los impactos con efectos negativos en los diferentes Elementos Ambientales de la hacienda “La Valencia”, se realizó un Plan de Manejo del Impacto Ambiental a fin de mitigar y evitar posibles daños en el ecosistema.

**Cuadro 5.5** Posibles Soluciones para los Impactos Ambientales existentes en la hacienda “La Valencia”

TIPO DE ACTIVIDAD	POSIBLE SOLUCIÓN	TIPO DE MEDIDA	TIEMPO DE EJECUCIÓN
<b>Producción - Extracción de recursos</b>	No realizar talas en los bosques de eucalipto existentes si su finalidad no es comercial y realizar siembra de nuevas plantas.	Correctiva	Corto Plazo
	Después de las cosechas no dejar el terreno sin cobertura vegetal.	Correctiva	Corto Plazo
	Respetar la aptitud natural de la tierra.	Preventiva	Corto Plazo
	Aplicar las prácticas de Manejo y Conservación de Suelos indicadas para cada Clase de Tierra para evitar problemas de compactación y erosión de los suelos.	Preventiva	Corto y Mediano Plazo
<b>Uso de agroquímicos</b>	Empleo de pesticidas de sello verde que no sean perjudiciales para el medio ambiente.	Correctiva	Corto Plazo
	Buscar alternativas biológicas para el control de plagas y enfermedades.	Preventiva	Corto Plazo y Mediano Plazo
	En lo posible aplicar abonos orgánicos en lugar de fertilizantes químicos.	Correctiva	Corto Plazo

## **5.11 CARTAS TEMÁTICAS DEL ÁREA DE ESTUDIO**

Los mapas temáticos obtenidos como parte importante de este estudio técnico permiten evidenciar de forma práctica, sistemática y didáctica los diferentes estudios realizados, constituyéndose en una herramienta técnica indispensable para visualizar los resultados obtenidos a nivel de la hacienda “La Valencia” y de esta manera planificar de manera efectiva el uso, manejo y preservación racional de sus recursos.

### **5.11.1 Contenido de los Mapas temáticos del área de estudio**

Los mapas temáticos elaborados en el presente estudio incluyen además de las unidades cartografiadas según cada tópico tratado, sus leyendas explicativas, la simbología empleada, las superficies expresadas en hectáreas y en porcentaje y el membrete con la escala respectiva. A continuación se hace una descripción técnica breve de cada uno de los temas estudiados.

#### **5.11.1.1 Mapa Topográfico de la hacienda “La Valencia”**

El Mapa Topográfico constituye el mapa base a partir del cual se elaboró el resto de mapas temáticos, en él se encuentra representada el área total en estudio con sus respectivos límites, el norte magnético, se encuentra a escala 1:5000 en coordenadas rectangulares georeferenciadas en base al geoide WGS 84.

En este mapa están representadas gráficamente las colinas, vertientes y valles mediante curvas de nivel con un intervalo de 5 metros entre ellas y las alturas

de las cotas a un intervalo de 25 metros, además permite la visualización de las vías de acceso externas e internas que posee la hacienda.

#### **5.11.1.2 Mapa de Pendientes de la hacienda “La Valencia”**

El Mapa de Pendientes fue elaborado en función del intervalo entre las curvas de nivel del mapa base siendo posteriormente digitalizado. En su leyenda se detallan los tipos de pendientes existentes en el área de estudio, determinados en base a rangos establecidos previamente y expresados en porcentaje, así como también el área de cada tipo de pendiente.

#### **5.11.1.3 Mapa de Uso Actual del Suelo de la hacienda “La Valencia”**

El Mapa de Uso Actual representa gráficamente la ocupación y el uso presente del suelo en la hacienda “La Valencia”. El mapa presenta la vegetación existente clasificada en bosques, pastos y cultivos, estos últimos se subdividen en cultivos de escarda y cultivos tupidos según su forma de explotación. Este mapa es indispensable posteriormente para determinar los conflictos de uso de las tierras de la hacienda y elaborar el mapa respectivo.

#### **5.11.1.4 Mapa Fisiográfico de la hacienda “La Valencia”**

Este mapa fue elaborado en base del Mapa Base y del Mapa de Pendientes, mediante los cuales se determinó las Unidades Fisiográficas existentes en el

área de estudio desde el nivel general de Gran Paisaje hasta el nivel detallado de Elementos del Paisaje.

A nivel de Elementos del Paisaje se estableció cuatro Unidades Fisiográficas que son el Fondo de Valle Plano, Fondo de Valle Inclinado, Vertientes de Ladera media a fuerte y Colinas Redondeadas.

#### **5.11.1.5 Mapa de Erosión de la hacienda “La Valencia”**

Este mapa fue realizado en base al nivel de susceptibilidad que tienen las tierras de la hacienda “La Valencia” a erosionarse, ya sea por acción del viento y/o del agua.

Se determinó tres zonas con diferentes grados de erosión: la zona E1 que presentaba una erosión eólica de leve a moderada y una erosión hídrica laminar moderada, la zona E2 presentaba una erosión eólica moderada y una erosión hídrica laminar leve y la zona E3 una erosión eólica leve y una erosión hídrica laminar leve. La ubicación y la superficie en hectáreas y en porcentaje de cada una de estas zonas, se encuentran representadas gráficamente en este mapa.

#### **5.11.1.6 Mapa de Observaciones de Campo de la hacienda “La Valencia”**

En este mapa se visualiza la ubicación y distribución geográfica de los diferentes tipos de observaciones de campo que fueron ejecutadas en el

presente estudio a efectos de que conjuntamente con la información analítica se elabore el respectivo Mapa de Suelos.

Las Observaciones Simples o Barrenaciones son aquellas que determinan el grado de variabilidad de las características del suelo que sirvieron para determinar cada unidad de estudio.

Las Observaciones detalladas o perfiles de suelos son aquellas que mediante su descripción técnica y detallada determinan las características de un suelo hasta dos metros de profundidad.

Los perfiles de suelos conjuntamente con las barrenaciones permitieron establecer las Unidades de Mapeo y Taxonómicas existentes en el área de estudio y de esta manera realizar la caracterización del Suelo.

#### **5.11.1.7 Mapa de Fertilidad de la hacienda “La Valencia”**

Este mapa temático permitió definir y clasificar en cuatro grupos los niveles de fertilidad existentes en las Tierras de la hacienda “La Valencia” considerando los contenidos de macroelementos (Nitrógeno, Fósforo y Potasio) y de microelementos (Calcio, Magnesio, Hierro, Manganeso, Cobre y Zinc) presentes en las muestras tomadas durante las observaciones de campo y enviadas al laboratorio de AGROCALIDAD. Los niveles de fertilidad de los grupos indicados se muestran en la tabla 5.6.

**Cuadro 5.6** Niveles de fertilidad de la hacienda “La Valencia”

SÍMBOLO	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Cu	Zn
F1	M	A	A	A	A	A	M	A	M
F2	M	A	A	A	A	A	B	A	M
F3	M	B	A	A	A	A	M	A	M
F4	M	B	A	A	A	A	B	A	M

#### 5.11.1.8 Mapa de Suelos de la hacienda “La Valencia”

En este mapa temático fue elaborado en base a los Tipos de Suelos definidos a partir de las cuatro Unidades Fisiográficas establecidas previamente, las mismas que fueron caracterizadas como Consociaciones, para posteriormente en función de los diferentes análisis de campo, físicos y químicos de laboratorio clasificarlas taxonómicamente. Este mapa posteriormente constituyó elemento importante para la Evaluación de la Capacidad Agrológica de las Tierras de la hacienda “La Valencia”

#### 5.11.1.9 Mapa Agrológico de la hacienda “La Valencia”

El Mapa Agrológico presenta las Clases y Subclases de Tierra definidas a nivel de la hacienda “La Valencia”, en donde cada unidad representa su Clase Agrológica respectiva, establecida en base a su aptitud natural y además los factores limitantes que definen las Subclases de Tierras. Este mapa permite conocer el Uso Potencial que tienen las Tierras del área de estudio desde el punto de vista técnico y sustentable.

#### **5.11.1.10 Mapa de Manejo y Conservación de la hacienda “La Valencia”**

En este mapa se presentan las diferentes prácticas de Manejo y Conservación de Suelos recomendadas para la hacienda “La Valencia”, las mismas que empleadas técnicamente coadyuvarán a la sustentabilidad de sus Tierras, evitando su degradación parcial y total.

#### **5.11.1.11 Mapa de Conflictos de Uso de la Tierra de la hacienda “La Valencia”**

Este importante mapa es el resultado de la comparación y correlación cartográfica entre el Mapa de Uso Actual y el Mapa de Uso Potencial, que permite determinar las áreas que a nivel de la hacienda “La Valencia” están siendo utilizadas correctamente e incorrectamente. Dentro de las áreas que están siendo utilizadas incorrectamente se indica cuales están siendo sobreutilizadas y cuales están subutilizadas, es decir se determinó el conflicto de uso existente a fin de establecer las prácticas y técnicas sustentables de uso, manejo y conservación de las Tierras.

Este mapa fue determinante para aceptar la hipótesis nula y rechazar la hipótesis alterna planteada, pues permite demostrar que las Tierras de la hacienda “La Valencia” no están siendo utilizadas correctamente en toda su extensión.

## 6. CONCLUSIONES

- Desde el punto de vista geológico se definió que el área de estudio se caracteriza por presentar materiales volcánicos fluvio glaciares, los cuales en el período mioceno evolucionaron hasta culminar la secuencia en el período pleistoceno antiguo donde se formaron estratos volcánicos más jóvenes que son los que originaron los suelos actuales.
- El área de estudio geomorfológicamente esta constituida por Fondos de Valle Plano e Inclinado, Vertientes de Ladera Media y Alta y Colinas Redondeadas las cuales forman parte de la Vertiente Interna Oriental de la Cordillera de los Andes y de la Cuenca Estructural Interandina.
- La hacienda “La Valencia” desde el punto de vista edafológico posee cuatro Series de Suelos, las cuales se correlacionaron cartográficamente con las Unidades Fisiográficas de la siguiente manera: Consociación Antisana en los Fondos de Valle Plano con una superficie de 9.29 ha. representando el 11.11 % del área total, Consociación Sincholagua en los Fondos de Valle Inclinado con 38.90 ha. representando el 46.51 %, Consociación San Alejandro en las Vertientes de Ladera Media y Alta con 23.90 ha. y un 28.58 %, Consociación San Martín en las Colinas Redondeadas con 11.54 ha. correspondiente al 13.80 %.

- El Uso Actual del Suelo de la hacienda se distribuye de la siguiente manera: un área de 5.50 ha. (6.50 %) correspondiente a bosques (eucalipto), un área de 11.05 ha. (13.21 %) correspondiente a pastos (potreros de kikuyo y tréboles), un área mayoritaria destinada a cultivos de: trigo con 9.67 ha. (11.56 %), cebada con 46.67 ha. (53.41 %), papa (super chola) con 5.22 ha. (6.24 %), tomate de árbol con 0.1 ha. (0.12 %) y sin uso con un área de 7.42 ha. (8.87 %).
- La profundidad efectiva del suelo en casi todas las Series es mayor a 1.0 metros, aunque en algunas zonas existe presencia de gravas en un 15 a 20 % y piedras en un 5 % del perfil de Suelo lo cual de cierta manera constituye un factor limitante ya que disminuye la profundidad efectiva real del Suelo.
- Los suelos de la hacienda “La Valencia” poseen niveles altos de materia orgánica, moderada retención de humedad, y una disponibilidad de nutrientes de media baja a alta en la capa superficial, disminuyendo conforme aumenta la profundidad, presentando niveles medios de nitrógeno total, niveles medios a altos de potasio, niveles medios a bajos de fósforo.
- Se determinó en el área de estudio cuatro Clase Agrológicas, las Clases de Tierra 2/ c1; e1, e2 y 3/ c1; t1; e1, e2 abarcan un área de 9.01 ha. (10.78 %) y son aptas para cultivos en forma permanente con limitaciones leves a moderadas, las Clases de Tierra 3/ c1; t1; e1, e2 y

4/ c1; t1; e1, e2; s1 son aptas para cultivos con limitaciones moderadas a severas en forma ocasional tiene un área de 30.65 ha. (36.65 %), las Clases de Tierra 5/ c1; s1; e1, e2 y 6/ c1; t1, t2; s1; e1, e2 son aptas para pastos y bosques de explotación con limitaciones moderadas posee un área de 22.72 ha (27.17%) y finalmente las Clases de Tierra 6/ c1; t1, t2; s1; e1, e2 y 7/ c1; t1, t2; s1; e1, e2 son aptas para pastos y bosques de explotación con limitaciones severas y cubren un área de 21.25 ha (25.41 %).

- Los principales factores limitantes existentes en las Tierras que pertenecen a la hacienda “La Valencia” constituyen en orden de importancia dependiendo de la clase que se trate: el clima debido a la disponibilidad de agua por un semestre al año en base a la información meteorológica y a la proporcionada por los agricultores de la zona, lo cual permite sólo una cosecha segura al año, a esto hay que añadir la presencia de vientos, heladas y granizadas en ciertos meses del año; la topografía es otro factor limitante en la mayoría de Tierras por las pendientes y relieves existentes y esto a su vez tiene una relación directa con el riesgo de erosión (eólica e hídrica laminar) presente según el grado de pendiente de cada zona; por último el Suelo también constituye una limitante en algunas Clases de Tierras debido a la presencia de gravas, piedras y materiales endurecidos que reducen la profundidad efectiva del Suelo.

- Las prácticas de Manejo y Conservación requeridas para las distintas Clases de Tierras señaladas son de tipo agronómico, cultural y mecánico, cuya aplicación debe hacerse en base a los requerimientos técnicos de cada cultivo, pastura o especie forestal y conforme a lo recomendado en el presente estudio.
- En lo concerniente al impacto ambiental se determinó que el Suelo y la Flora, particularmente las especies forestales, son los elementos ambientales más afectados, siendo la extracción de recursos (producción) y el uso de agroquímicos las acciones que causan mayor afectación al medioambiente natural a nivel de la hacienda, para lo cual en este estudio se imparten las correspondientes medidas técnicas de prevención y mitigación.
- Producto de la comparación y correlación entre el Mapa de Uso Actual y el Mapa de Uso Potencial de las Tierras de la hacienda “La Valencia” se determinó que desde el punto de vista agrológico las Tierras que están siendo bien utilizadas corresponden a 53.40 ha. de la superficie total (63.85 %), en cambio las Tierras que presentan conflictos de uso abarcan una superficie de 30.23 ha., existiendo 22.06 ha (26.38 %) de Tierras Sobreutilizadas y 8.17 ha. (9.77 %) de Tierras Subutilizadas.

Lo indicado anteriormente se debe a que no se ha considerado en la planificación de los diferentes proyectos productivos la aptitud natural y potencial de las Tierras que constituye la primera y mejor medida de uso, manejo y preservación técnica y sustentable de las Tierras.

- Los resultados obtenidos en el presente estudio demuestran que sólo una Planificación Técnica de las Tierras permitirá el conocimiento pleno y cabal de los recursos naturales que una hacienda o finca posee, logrando con ello obtener un mayor beneficio agronómico y económico del mismo con el menor deterioro de los recursos naturales que posee, asegurando de esta manera una producción técnica y compatible con el medio ambiente.

## 7. RECOMENDACIONES

- Emplear adecuadamente las Tierras que posee la hacienda “La Valencia” respetando su Aptitud Agrológica determinada a nivel del presente estudio, a fin de darles un uso técnico, productivo, rentable y sustentable.
- Ejecutar las prácticas de Manejo y Conservación indicadas en el presente estudio, mismas que fueron elaboradas de acuerdo al uso potencial que tiene cada una de las Clases de Tierra existentes en la hacienda “La Valencia”, y están destinadas a mejorar la productividad a través de un manejo técnico y sustentable.
- Desarrollar un Plan de Implementación de un Sistema de Riego para el área de estudio, el cual deberá contar con un reservorio abastecido por las diferentes acequias y canales existentes, así como también por las aguas lluvias.
- Construir un reservorio impermeabilizado con geomembrana en uno de los sectores más elevados de la hacienda a fin de que el sistema de riego funcione por gravedad. Esto permitirá contar con agua de riego durante todo el año y consecuentemente un mayor aprovechamiento de las Tierras pues se lograría obtener dos o más cosechas al año dependiendo del ciclo vegetativo de los cultivos a sembrarse.

Los dos sectores que me permito recomendar se encuentran en las siguientes coordenadas: A (790580 – 9958981) y B (790726 – 9956860). (Ver Anexo I, Mapa de Sistema de Riego).

- Concienciar a los técnicos y trabajadores que laboran en la hacienda y de la zona sobre la necesidad real e imperiosa de buscar alternativas ecológicas, tanto para la fertilización como para el manejo fitosanitario de los cultivos, a fin de ocasionar un menor daño al medio ambiente sin causar perjuicio a los rendimientos en la producción.
- Coordinar con el Cuerpo de Ingenieros del Ejército y/o con el Municipio de Quito o Consejo Provincial de Pichincha la posibilidad de construir un puente Bailey en el sector de la quebrada del río Pita que une la población de Valencia con la de Loreto a fin de reducir considerablemente el tiempo que lleva transportar a los técnicos, trabajadores agrícolas, estudiantes y maquinaria desde las instalaciones del IASA I – ESPE en la hacienda “El Prado” hasta la hacienda “La Valencia” lo cual constituye un gasto ingente de recursos.
- Realizar el mantenimiento de las vías de acceso internas y externas de la hacienda a fin de asegurar una mayor eficiencia y eficacia en las actividades productivas.
- Realizar adecuaciones en la infraestructura existente en el sector de la casa de hacienda, debiendo considerarse como prioritario la posibilidad de habilitar un establo a fin de contar con las instalaciones necesarias

para dar un manejo adecuado al ganado vacuno y/u ovino que se vaya a explotar en la hacienda.

- Realizar la siembra de especies forrajeras y forestales apropiadas en las Tierras de las Clases Agrológicas 6 y 7 en base a este estudio y como parte de las cortinas rompevientos recomendadas con el objetivo no sólo de respetar la aptitud natural de las Tierras, sino también de reducir los efectos de la erosión, de las condiciones climáticas, recuperar y mantener el equilibrio biológico del sector.
- No alterar la cubierta natural del suelo, como talar árboles en zonas donde su finalidad no es comercial o dejar el suelo descubierto después de una cosecha, pues una extracción de recursos indiscriminada y antitécnica ocasionará una degradación progresiva del suelo hasta llegar a su pérdida total.
- Recomendar como requisito previo indispensable a la ejecución de cualquier tipo de explotación agropecuaria y/o forestal estudios de este tipo que permitan una adecuada planificación de los recursos naturales, para de esta manera emplearlos eficientemente evitando su degradación y/o pérdida.

## 8. BIBLIOGRAFÍA

AGROCALIDAD (Agencia Ecuatoriana de Aseguramiento de la Calidad). 2011. Laboratorio de suelos y aguas. Informe de Análisis de suelos. Proporcionado el 18 de agosto del 2011. 8 p.

Allbrook, 1984. Physical properties of volcanic ash soils. Congreso Internacional de Suelos Volcánicos. Comunicaciones, Secretariado de Publicaciones de La Universidad de La Laguna, Tenerife, Serie Informes N° 13. : p. 1-9.

Álvarez, A., Itandehui, G., Pérez, A., Vázquez J., 2002. Caracterización de suelos y control espacial por medio de los sistemas de información geográfica: caso valle de Querétaro. Publicación Técnica No. 203 Sanfandila, ISSN 0188-7297. P. 3-9.

Arciniegas, S., Zamora, G., 2011. Sistemas de Información Geográfica. Curso SIG 9.\* básico e intermedio. CEPEIGE. Quito - Ecuador. 169 p.

Aronoff, S. 1993. Geographic Information Systems. Ottawa-Canada: WDL Publications.

Canter L. 1998. Manual de Evaluación de Impacto Ambiental: Técnicas para la elaboración de estudios de impacto. Primera Edición. Ed. McGraw-Hill/Interamericana de España. Madrid-España. p. 1-41.

Canter, L. 1998. Manual de Evaluación de Impacto Ambiental: Técnicas para la elaboración de estudios de impacto. Primera Edición. Ed. McGraw-Hill/Interamericana de España. Madrid-España. p. 1-41.

Cañadas, L. 1983. El mapa bioclimático y ecológico del Ecuador. Ministerio de Agricultura y Ganadería y Programa Nacional de Regionalización. Quito-Ecuador.

Casanova, L. 2002. Topografía plana: levantamientos topográficos. Taller de Publicaciones de Ingeniería. Mérida-Venezuela. 28 p.

De Noni, G., Trujillo, G. 2005. Degradación del suelo en el Ecuador (en línea). 394 p. Consultado el 9 de marzo del 2011. Disponible en: [http://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins\\_textes/cc-2010/26531.pdf](http://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/cc-2010/26531.pdf).

Del Posso, G. 1996. Guías y claves para la descripción de perfiles de suelos con fines agropecuarios y forestales. MAG/PRONAREG. Quito-Ecuador. 125 p.

\_\_\_\_\_ 2001. Manual de Manejo y Conservación de Suelos SECS. Quito-Ecuador. 210 p.

\_\_\_\_\_ 2007. El estudio técnico-práctico del suelo. SESC. Quito-Ecuador 160 p.

\_\_\_\_\_ 1998. Los Suelos del Ecuador: sus características, distribución y usos. MAG/PRONAREG. Quito-Ecuador. 89 p.

\_\_\_\_\_ 2006. La Clasificación Agrológica de la Tierra con fines agropecuarios. Curso de Manejo y Conservación de Suelos. Quito-Ecuador. 160 p.

\_\_\_\_\_ 2008. La Clasificación Simplificada de los Suelos en base al sistema Soil Taxonomy USDA. SECS. Quito, Ecuador. 120 p.

\_\_\_\_\_ 2009. Guía para la descripción detallada y sistemática del suelo con fines de agricultura y de medio ambiente. 4ta. Edición. Grupo Compu-System. Quito-Ecuador. 71 p.

Domingo, J., 2002 Caracterización de suelos forestales de la provincia de Huelva. Tesis Doctoral. Escuela Politécnica de Madrid. Madrid-España. 108 p.

Dorronsoró, C. 1999. Clasificación y cartografía de suelos. Universidad de Granada (en línea). Consultado el 15 de abril del 2011. Disponible en: <http://www.fundacruz.org.bo/downloads/boletin/tema18.pdf>

Dudal, R. 1964. Correlation on soils derived from volcanic ash: Meeting on the Classification and Correlation of soils from Volcanic Ash. Tokio-Japón. World Soil Resources Report No 14. 1965. Papers. FAO. Rome. p. 134-137.

Espinoza, G. 2001 Fundamentos de Evaluación Ambiental. Banco Interamericano de Desarrollo (BID) - Centro de Estudios para el Desarrollo (CED). Santiago-Chile. 183 p.

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, IT). 2000. Manual de Prácticas integradas de manejo y conservación de suelos 1997. Boletín de tierras y aguas de la FAO No 8.

\_\_\_\_\_, ISRIC Y SICS, 1999. Base referencial mundial del recurso suelo. FAO, Monografía n° 84. Roma. 93 p.

Ferdon, E.1960. Estudios de la Geografía Ecuatoriana. Junta Nacional de Planificación y Coordinación Económica. Quito- Ecuador.

Guillaume, F. et al. 2008. Geo Ecuador 2008: Informe sobre el estado del medio ambiente (en línea). Consultado el 23 de junio del 2011. Disponible en:

<http://www.pnuma.org/deat1/pdf/Ecuador%20pdf/06.%20Capitulo%204.%20Estado%20del%20suelo.pdf>

Hodgson, J.M. 1987. Muestreo y descripción de suelos. Editorial Reverte. S.A. Barcelona-España. p. 231. Consultado el 23 de junio del 2011. Disponible en: <http://books.google.com.ec/books>

IGM (Instituto Geográfico Militar). 2007. Mapa Geológico del Ecuador (en línea). Consultado el 02 de junio de 2011. Disponible en: [http://www.planamanecer.com/alumno/Bachillerato%20|%20Actividades/actividades/subtask/ver\\_actividad/actividadid/154/](http://www.planamanecer.com/alumno/Bachillerato%20|%20Actividades/actividades/subtask/ver_actividad/actividadid/154/)

\_\_\_\_\_ 1986. Mapa de Suelos. Sociedad ecuatoriana de la Ciencia del Suelos (en línea). Consultado el 02 de junio de 2011. Disponible en: <http://library.wur.nl/isric/index2.html?url=http://library.wur.nl/WebQuery/isric/17544>

\_\_\_\_\_ 2007. Mapa Geomorfológico (en línea). Consultado el 02 de junio de 2011. Disponible en: <http://mapas.accionecologica.org/Otros/geomorfologia-del-ecuador.html>

\_\_\_\_\_ 2011. Carta Topográfica de Selva Alegre. Quito-Ecuador. Escala 1:25000. Serie J822.

INIAP (Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias, EC) 2008. Guía Técnica de Cultivos. Manual No. 73. Artes Gráficas SILVA. Quito-Ecuador.

León, R. 2003. Pastos y Forrajes, Producción y Manejo. Primera edición. Ed. Agustín Álvarez. Ecuador. 251p.

López, L. 1961. Zonas Agrícolas del Ecuador. Editorial Artes Gráficas. Quito-Ecuador. 196 p.

Luzuriaga, C. 2005. Curso de edafología general. Segunda edición. Ed. Politécnica-ESPE. Sangolquí-Ecuador. 156 p.

MAG/PRONAREG-ORSTOM. 1981. Álbum de Suelos de la Sierra Ecuatoriana Quito-Ecuador. Escala 1:50000.

Moncayo, J. 2002. Caracterización de la acidez de suelos volcánicos del Ecuador y su respuesta al encalado. Quito-Ecuador (en línea). Consultado el 24 de febrero del 2011. Disponible en: [http://mail.iniap-ecuador.gov.ec/isis/view\\_detail.php?mfn=1123&qtype=search&dbinfo=TESIST&words=ACIDE](http://mail.iniap-ecuador.gov.ec/isis/view_detail.php?mfn=1123&qtype=search&dbinfo=TESIST&words=ACIDE)

Munsell Color Company, 1954. Munsell soil color Charts. Baltimore-Mariland. 20 p.

Pedraza, J. 1996. El análisis geomorfológico. Geomorfología: Principios, métodos y aplicaciones. Ed. Rueda. Madrid. Cap. 2. p. 35-47.

Porta, J., López-Acevedo, M. y Roquero, C., 1994. Edafología para la agricultura y medio ambiente. Mundi-Prensa. Madrid-España. 807 p.

Pozo, A. 2007. Sistema de posicionamiento global (GPS): descripción, análisis de errores, aplicaciones y futuro. Instituto de automática industrial. Madrid-España. 9 p.

Rossiter, D. 2004. Metodologías para el levantamiento del recurso suelo. 2da Ed.rev. 145 p. (en línea). Consultado el 23 de marzo del 2011.

Disponible en:

[http://www.itc.nl/~rossiter/teach/ssm/SSM\\_LectureNotes2\\_E.pdf](http://www.itc.nl/~rossiter/teach/ssm/SSM_LectureNotes2_E.pdf).

Sánchez, J. 2007. Fertilidad del Suelo y Nutrición mineral de las plantas (en línea). Consultado el 16 de junio del 2011. Disponible en:

<http://neoagperu.com/pdf/FERTILIDAD%20DEL%20SUELO%20Y%20NUTRICION.pdf>

SIGAGRO/MAGAP (Sistema de Información Geográfica y del Agro/Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca, EC). 2011. Cd de Información Geográfica requerida para la Elaboración de la Tesis “Estudio Edafológico y Agrológico con fines de planificación agropecuaria en la hacienda La Valencia ubicada en Pintag, cantón Quito, provincia de Pichincha”. Quito-Ecuador. Proporcionado el 12 de abril del 2011.

\_\_\_\_\_ 2011. Mapa de uso actual y cobertura vegetal de la parroquia de Pintag. Quito-Ecuador. Escala 1:50000. Color.

Suquilanda, M. 1996. Agricultura orgánica, Alternativa tecnológica del futuro. Ed. UPS, Fundagro. Quito-Ecuador. p. 336- 341.

\_\_\_\_\_ 2008. El deterioro de los suelos en el Ecuador y la producción agrícola (en línea). Consultado el 23 de marzo del 2011. Disponible en: <http://www.secsuelo.org/PDFs%20Articulos/Conservacion/Ponencias/3.%20Ing.%20Manuel%20Suquilanda.%20Suelos.pdf>.

\_\_\_\_\_ 2008. XI Congreso Ecuatoriano de la Ciencia del Suelo. Realizado desde el 29 al 31 de Octubre del 2008. Quito (en línea). Consultado el 08 de abril del 2011. Disponible en: <http://www.secsuelo.org/PDFs%20Articulos/Conservacion/Ponencias/3.%20Ing.%20Manuel%20Suquilanda.%20Suelos.pdf>

Thornbury, W. 1960. Principios de Geomorfología. Cuarta Edición. Ed. Kapelusz. Buenos Aires-Argentina. 78-101p.

USDA 1999. Guía para la Evaluación de la calidad y salud del suelo. Departamento de agricultura, 57, 62-63p.

\_\_\_\_\_ 2006. Soil Survey Staff. Departamento de Agricultura de los Estados Unidos. Servicio de Conservación de Recursos Naturales. Claves para la taxonomía de suelos. Decima edición. 339 p. (en línea). Consultado el 02 de junio del 2011. Disponible en: [http://ftp-fc.sc.egov.usda.gov/NSSC/Soil\\_Taxonomy/keys/Spanish\\_Keys.pdf](http://ftp-fc.sc.egov.usda.gov/NSSC/Soil_Taxonomy/keys/Spanish_Keys.pdf)

Vásquez, A. 2000. Manejo de Cuencas Altoandinas. Tomo 2. Universidad Nacional Agraria La Molina. Perú. 499 p.

Villota, H. 1992. El Sistema CIAF de Clasificación Fisiográfica del Terreno.  
Disponible en: Revista CIAF, Vol. 13, No. 1, p. 55-70.

Wikipedia. 2011. Enciclopedia Virtual (en línea). Disponible en:  
<http://es.wikipedia.org/wiki/2011>.

Winckell, A. 1997. Geografía Básica del Ecuador: Paisajes Naturales del  
Ecuador. Tomo 4. Vol. 1. CEDIG. Quito-Ecuador.

Zavaleta, A. 1992. Edafología: El Suelo en Relación con la Producción.  
Primera Edición. Ed. Concytec. Lima-Perú. p. 180-194.