



Ministerio  
de Defensa  
Nacional



Instituto Espacial  
Ecuatoriano



Secretaría Nacional  
de Planificación  
y Desarrollo



Ministerio de  
Agricultura, Ganadería,  
Acuacultura y Pesca

## **MEMORIA TÉCNICA**

### **CANTÓN VALENCIA**

#### **PROYECTO:**

**“GENERACIÓN DE GEOINFORMACIÓN PARA LA GESTIÓN  
DEL TERRITORIO A NIVEL NACIONAL ESCALA 1: 25 000”**

#### **GEOPEDOLOGÍA**

**Diciembre 2013**

## **PERSONAL PARTICIPANTE**

El desarrollo de este estudio demandó la participación de funcionarios del Instituto Espacial Ecuatoriano (IEE) y el Ministerio De Agricultura, Ganadería, Acuacultura Y Pesca (MAGAP) a través de la Coordinación General del Sistema de Información Nacional (CGSIN), así como de profesionales contratados para este efecto, con amplia experiencia y conocimiento en geología, geomorfología, edafología, sensores remotos y sistemas de información geográfica.

### **Instituto Espacial Ecuatoriano:**

#### **Personal de nombramiento:**

Ing. Agr. Julio Moreno Izquierdo.  
Ing. Agr. Lorena Lasso Benítez.

#### **Personal contratado:**

Ing. Agr. Darwin Sánchez Rodríguez  
Ing. Agrop. Rodrigo Yépez Villacís  
Ing. Agrop. Fausto Yerovi Santos  
Ing. Agr. Darío Díaz Tipantiza  
Ing. Agr. Magaly Zurita Pozo  
Ing. Agr. Eduardo Machasilla  
Ing. Agrop. David Reyes Pozo

#### **MAGAP-CGSIN:**

Ing. Agr. Edmundo Maldonado C.

## ÍNDICE

<b>I. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>1.1. Objetivos .....</b>	<b>2</b>
1.1.1. General .....	2
1.1.2. Específicos.....	2
<b>II. METODOLOGÍA .....</b>	<b>2</b>
<b>2.1. Términos de referencia .....</b>	<b>2</b>
<b>2.2. Aspectos conceptuales .....</b>	<b>2</b>
2.2.1. Definición de términos.....	2
2.2.1.1. Suelo .....	2
2.2.1.2. Levantamientos de suelos .....	3
2.2.1.3. Pedón.....	3
2.2.1.4. Polipedón.....	3
2.2.1.5. Suelos enterrados .....	3
2.2.1.6. Unidad cartográfica o de mapeo.....	3
2.2.1.7. Áreas misceláneas .....	4
2.2.1.8. Unidad cartográfica homogénea.....	4
a. Consociaciones .....	4
b. Grupos Indiferenciados .....	5
2.2.1.9. Unidad cartográfica compuesta o heterogénea.....	5
a. Asociaciones y Complejos.....	5
2.2.1.10. Inclusiones.....	5
2.2.2. El sistema USDA ( <i>Soil Taxonomy</i> ).....	6
<b>2.3. El enfoque geo-pedológico.....</b>	<b>6</b>
2.3.1. Definición .....	7
2.3.2. El enfoque geopedológico comparado con otros enfoques .....	8
<b>2.4. Etapas metodológicas.....</b>	<b>8</b>
2.4.1. Etapa 1: Recopilación de información .....	8
2.4.2. Etapa 2: Cartografía geomorfológica .....	9
2.4.2.1. Estructura de la leyenda geomorfológica .....	9
a. Unidad ambiental .....	9
b. Unidad genética .....	9
c. Morfología .....	10
d. Morfometría.....	10
2.4.2.2. Proceso de fotointerpretación digital.....	10
a. Ajuste de bloques para fotointerpretación.....	11
b. Fotointerpretación .....	11
2.4.3. Etapa 3: Caracterización climática del suelo .....	12
2.4.3.1. Cartografía climática .....	12
2.4.3.2. Cartografía del régimen climático del suelo .....	12
2.4.4. Etapa 4: Levantamiento de suelos .....	13
2.4.4.1. Recopilación de información secundaria .....	16
a. Mapa geomorfológico.....	16
b. Cartografía PRONAREG-ORSTOM.....	16
c. Modelo digital de elevación (MDE) .....	16
d. Cartografía base.....	16
e. Imágenes de satélite .....	17
f. Selección de los sitios de muestreo.....	17
2.4.4.2. Trabajos de campo.....	17
a. Programación precampo.....	17
b. Descripción de los perfiles .....	18

c.	Tipo de observaciones.....	18
d.	Observaciones en calicata .....	18
e.	Observaciones detalladas y/o barrenaciones de comprobación .....	18
f.	Toma de muestras de suelos en calicata .....	19
2.4.4.3.	Análisis de laboratorio .....	19
a.	Tipos de análisis de laboratorio .....	19
b.	Tipo A.....	19
c.	Tipo B.....	19
d.	Tipo S.....	19
e.	Tipo F1 .....	19
f.	Interpretación de los datos de laboratorio .....	19
2.4.4.4.	Procesamiento de datos .....	20
a.	Fichas de campo .....	21
b.	Interpretación de las 14 variables de suelo .....	21
2.4.4.5.	Cartografía definitiva.....	21
a.	Generación del mapa Geopedológico.....	21
b.	Cartografía definitiva .....	21
c.	Metadatos .....	22
d.	Mapa impreso (Layout) .....	22
e.	Leyenda geopedológica .....	22
e.1.	Unidad ambiental.....	22
e.2.	Tipo de roca y/o depósito superficial.....	22
e.3.	Forma del relieve (unidad morfológica y pendiente) .....	23
e.4.	Características.....	23
e.5.	Clasificación taxonómica (subgrupo y clave).....	23
e.6.	Simbología (número, color y tramado) .....	23

### **III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN ..... 24**

#### **3.1. Descripción de los subgrupos taxonómicos de suelos..... 24**

3.1.1.	Vertientes Externas de la Cordillera Occidental .....	24
3.1.1.1.	Formación Macuchi.....	25
a.	Typic Hapludands (DHFU): Símbolo 1 .....	25
b.	Typic Hapludands (DHFU): Símbolo 2 .....	25
3.1.2.	Piedemonte andino .....	26
3.1.2.1.	Depósitos Coluvio Aluviales .....	27
a.	Thaptic Hapludands (DHFP): Símbolo 3 .....	27
b.	Typic Hapludands (DHFU): Símbolo 4 .....	28
c.	Typic Hapludands (DHFU): Símbolo 5 .....	29
d.	Typic Hapludands (DHFU): Símbolo 6 .....	29
e.	Typic Hapludands (DHFU): Símbolo 7 .....	30
f.	Typic Hapludands (DHFU): Símbolo 8 .....	31
g.	Typic Hapludands (DHFU): Símbolo 9 .....	32
h.	Typic Hapludands (DHFU): Símbolo 10.....	33
i.	Typic Hapludands (DHFU): Símbolo 11.....	33
j.	Typic Hapludands (DHFU): Símbolo 12.....	34
3.1.2.2.	Formación Macuchi.....	35
a.	Typic Hapludands (DHFU): Símbolo 13.....	35
3.1.3.	Llanura Aluvial Antigua.....	36
3.1.3.1.	Formación Pichilingue .....	36
a.	Typic Hapludands (DHFU): Símbolo 14.....	36
b.	Typic Hapludands (DHFU): Símbolo 15.....	37
c.	Typic Hapludands (DHFU): Símbolo 16.....	38
d.	Andic Dystrudepts (KGEF): Símbolo 17 .....	39
e.	Typic Hapludands (DHFU): Símbolo 18.....	40
f.	Typic Hapludands (DHFU): Símbolo 19.....	41
3.1.4.	Medio Aluvial .....	42

3.1.4.1.	Depósitos aluviales .....	43
a.	Typic Hapludands (DHFU): Símbolo 20.....	43
b.	Fluventic Dystrudepts (KGEQ) : Símbolo 21.....	44
c.	Andic Udifluvents (LDFC): Símbolo 22.....	44
d.	Typic Hapludands (DHFU): Símbolo 23.....	45
e.	Andic Dystrudepts (KGEF): Símbolo 24 .....	46
f.	Typic Hapludands (DHFU): Símbolo 25.....	47
<b>3.2.</b>	<b>Resumen órdenes de suelos .....</b>	<b>48</b>
3.2.1.	Perfiles.....	48
3.2.2.	Localización y Superficies .....	48
3.2.2.1.	Inceptisoles.....	50
3.2.2.2.	Andisoles .....	50
3.2.2.3.	Entisoles.....	51
<b>CONCLUSIONES</b>	<b>.....</b>	<b>52</b>
<b>IV. RECOMENDACIONES</b>	<b>.....</b>	<b>53</b>
<b>V. BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA</b>	<b>.....</b>	<b>54</b>
<b>VII. ANEXOS</b>	<b>.....</b>	<b>60</b>

## LISTA DE CUADROS

<b>Cuadro 3.1.</b>	Tipos de análisis de laboratorio de suelos .....	20
<b>Cuadro 3.2.</b>	Órdenes de suelos.....	49
<b>Cuadro 3.3.</b>	Inceptisoles en el cantón Valencia .....	50
<b>Cuadro 3.4.</b>	Andisoles en el cantón Valencia.....	50
<b>Cuadro 3.5.</b>	Entisoles en el cantón Valencia .....	51

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 3.1.</b>	Modelo conceptual para elaborar la cartografía geopedológica.....	15
<b>Figura 3.2.</b>	Ubicación geográfica de órdenes de suelos .....	49

## **LISTA DE GRÁFICOS**

<b>Gráfico 3.1.</b>	Porcentaje de ocupación de los suelos a nivel de Orden .....	48
---------------------	--	----

## LISTA DE ANEXOS

<b>Anexo 1.</b>	Glosario de términos técnico de suelos. ....	60
<b>Anexo 2.</b>	Unidades de suelos y equivalencias. ....	70
<b>Anexo 3.</b>	Fichas de suelos .....	71

## I. INTRODUCCIÓN

En el marco de la ejecución del proyecto generación de geo información para la gestión del territorio a nivel Nacional, escala 1: 25 000, que se realiza bajo la coordinación y soporte de la Secretaria Nacional de Planificación y Desarrollo -SENPLADES-, convenio interinstitucional de Cooperación suscrito el 12 de diciembre del 2008, está considerado el estudio Geo pedológico que se lo desarrolla con la participación del Instituto Espacial Ecuatoriano (IEE), y el Ministerio De Agricultura, Ganadería, Acuacultura Y Pesca (MAGAP) a través de la Coordinación General del Sistema de Información Nacional (CGSIN), como insumo para la gestión territorial, gestión de riesgo y mejoramiento y sostenibilidad de la productividad agraria.

El Proyecto fue declarado prioritario por el gobierno nacional, en consideración a la necesidad de contar con información fundamental actualizada, sobre aspectos geológicos, edáficos, hidrológicos, climáticos y socioeconómicos, importantes para el desarrollo del país. A nivel municipal esta información se utilizará en los procesos de planificación, ordenamiento territorial y catastro rural. Además proporciona información valiosa para generar proyectos de pre factibilidad para riego, drenaje, zonificación biofísica, proyectos de ingeniería e infraestructura.

Es importante desarrollar estos estudios ya que los parámetros físicos obtenidos nos permiten desarrollar estudios enfocados en conservación y manejo del recurso suelo, ya que este interviene en el ciclo de agua y de los elementos y de él depende entender la fertilidad, aspectos físicos, químicos y microbiológicos, su vocación de uso y adecuadas prácticas de manejo.

El nivel de estudio de suelos realizados a escala 1: 25 000 (semidetallado), está fundamentado en el "Enfoque Geo pedológico", basado en la alta correlación que existe entre la geomorfología (formas del relieve) y el suelo, lo cual permite caracterizar los tipos de suelos, con el objetivo de actualizar y estandarizar la información que existe sobre este tema en el país.

Para la generación de la información, se dispone de los insumos tales como: fotografías, cartografía base, modelo digital del terreno (DTM), información secundaria y la utilización de los sistemas de información geográfica. Para la clasificación taxonómica de los suelos identificados se toma en consideración los criterios de la *Soil Taxonomy* (Soil Survey Staff, 2006). La unidad cartográfica, según el criterio edafológico empleado, es la consociación y la unidad taxonómica de clasificación es el subgrupo.

El Cantón Valencia, está limitado al norte con la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas, al sur los cantones Quevedo y Quinsaloma, al este con el cantón La Maná (Cotopaxi) y al oeste el cantón Buena Fé.

## 1.1. Objetivos

### 1.1.1. General

Generar, actualizar y estandarizar con enfoque sistémico a nivel semidetallado, información de carácter geomorfológico y geo-pedológico del cantón Valencia escala 1: 25 000, como elementos fundamentales que coadyuven a la gestión territorial, sostenibilidad y mejoramiento de la productividad agraria.

### 1.1.2. Específicos

- Generar cartografía geomorfológica del cantón Valencia, mediante técnicas de fotointerpretación, como insumo para levantamientos de suelos, que incluya la génesis, morfología, morfometría, de cada forma del relieve.
- Realizar el levantamiento de suelos del cantón Valencia, considerando sus aspectos morfológicos, físicos y químicos, usando el Sistema Norteamericano de Clasificación de Suelos (*Soil Taxonomy*), en base a la cartografía geomorfológica generada.

## II. METODOLOGÍA

### 2.1. Términos de referencia

- Área de estudio: Territorio nacional continental.
- Unidad de estudio: Cantón.
- Escala: 1: 25 000.
- Nivel de Estudio: Semidetallado.
- Unidad mínima de mapeo: 4 mm x 4 mm.
- Sistema espacial de referencia: SIRGAS 95, época 1995.4 UTM Zona 17 Sur y la corresponda cada cantón.
- Formato digital de entrega: \*.\* gdb.
- Sistema de Clasificación Taxonómica: *Soil Taxonomy*, 2006.
- Categorización: Subgrupos.
- Perfiles representativos: un perfil modal por unidad morfológica o forma de relieve.
- Barrenaciones: para comprobación.
- Análisis de laboratorio: específicos para clasificación según (*Soil Taxonomy*, 2006).

### 2.2. Aspectos conceptuales

#### 2.2.1. Definición de términos

##### 2.2.1.1. Suelo

El suelo forma un sistema abierto a la atmósfera y la corteza que almacena de forma temporal los recursos necesarios para los seres vivos. La disponibilidad de estos recursos (agua, energía, nutrientes minerales, etc.) depende de la

intensidad y velocidad de los procesos de intercambio entre el suelo y el resto de compartimentos de los sistemas ecológicos (Jordán, 2010).

Según la Soil Taxonomy (Soil Survey Staff, 1999), suelo es un cuerpo natural compuesto de sólidos (minerales y materia orgánica), líquido y gas que ocurre sobre la superficie de la tierra, ocupando espacio y es caracterizado por uno o varios horizontes o capas, que son distinguibles desde el material inicial y resultando en adiciones, pérdidas, transferencias y transformaciones de energía y materia, o de la habilidad de soportar raíces de plantas en ambiente natural. El límite más bajo que separa el suelo del "no suelo" es muy difícil de definir, se ha atribuido a la actividad biológica y es a menudo muy gradual.

#### 2.2.1.2. Levantamientos de suelos

El levantamiento de suelos es un estudio que nos permite conocer la distribución geográfica del recurso suelo en el territorio a diferentes niveles de detalle, de acuerdo con los propósitos buscados, es decir describir las características y propiedades de los suelos en un área determinada, clasificar el suelo y situar sus límites en un mapa; para de este modo tomar decisiones más fundamentadas al asignar usos a los suelos, con el propósito de evitar errores, disminuyendo costes económicos, sociales, políticos y medioambientales (Porta et al., 2003).

#### 2.2.1.3. Pedón

El pedón es un cuerpo tridimensional de suelo (unidad mínima de descripción y muestreo), cuyas dimensiones laterales son suficientes para permitir el estudio de las formas de los horizontes, naturaleza, disposición, variabilidad y relaciones de los horizontes de un suelo individual (Porta et al., 2003).

#### 2.2.1.4. Polipedón

Se define como un grupo de pedones similares y continuos que tienen propiedades que oscilan dentro de los límites de las propiedades conceptuales de una serie de suelos y que por su extensión puede tener representación cartográfica en mapas de suelo a escala grande (Malagón, 1983).

#### 2.2.1.5. Suelos enterrados

Un suelo enterrado es aquel que es cubierto con un manto de nuevo material de suelo que tiene 50 cm o más de grosor, o va de 30 a 50 cm de grosor cumpliendo con tener al menos la mitad del total del grosor del horizonte diagnóstico que es preservado del suelo enterrado. Un manto superficial de nuevo material es definido en gran medida como material inalterado (Soil Survey Staff, 1999).

#### 2.2.1.6. Unidad cartográfica o de mapeo

Una unidad de mapeo de un mapa tipo "área-clase" es un juego de delineaciones, todas supuestamente compuestas por las mismas propiedades exceptuando su posición geográfica. Se requiere la capacidad de nombrar las

unidades de manera consistente, de forma que los usuarios puedan entender dicha nomenclatura (Rossiter, 2000).

Porta (2003), afirma que una unidad cartográfica se delimita en gran medida por inferencia a partir de un reducido número de observaciones y muestreos en un paisaje edáfico, si bien suficientes para permitir establecer relaciones suelo-paisaje consistentes: modelo de organización y distribución de los suelos.

A las unidades de mapeo se las ha clasificado como homogéneas y compuestas, esto se refiere a la composición interna de la unidad de mapeo, estos términos son relativos a un sistema de clasificación específico, listado de propiedades y sus límites diagnósticos. Es decir, una unidad cartográfica o de mapeo "homogéneo" de un mapa categóricamente general puede ser lo mismo que una unidad de mapeo "compuesta" de un mapa categóricamente detallado, es decir que depende del nivel de detalle del levantamiento.

#### 2.2.1.7. Áreas misceláneas

Muchas áreas no poseen suelo o son muy poco profundos, en consecuencia soportan poca a muy poca vegetación, áreas que no tienen mayor uso, el afloramiento rocoso es ejemplo de ello. Los nombres en áreas misceláneas son utilizados de la misma manera que los nombres de la taxonomía de suelos al identificar las unidades cartográficas (Soil Survey Staff, 1993).

#### 2.2.1.8. Unidad cartográfica homogénea

Cuando todas las observaciones realizadas dentro de una delimitación (unidad de mapeo) tienen las mismas características, mismo nivel jerárquico y de clasificación de suelo recibe el nombre de unidad homogénea.

Con el propósito de interpretación se asume que las unidades de mapeo homogéneas tienen los mismos valores para todas las características de la tierra (p.e. Evaluación de tierras), valores que se encuentran en rangos de variabilidad, pero esos rangos son aceptables pero no idénticos.

##### a. Consociaciones

Las consociaciones son áreas delimitadas dominadas por un taxón simple y suelos similares. La regla principal es que al menos la mitad de los pedones de cada delimitación de consociación de suelos posea los componentes que sirvieron para caracterizar esa unidad de suelo (Soil Survey Staff, 1993).

Las inclusiones disimilares de una unidad cartográfica no deben exceder del 15 al 25 % del total del área delimitada. Una inclusión disimilar limitante generalmente no debe exceder del 10% del total de la unidad, siempre y cuando esta inclusión sea muy contrastante.

Las consociaciones son denominadas según el taxón dominante a cualquier nivel categórico y siempre en plural.

#### b. Grupos Indiferenciados

Este término se lo utiliza solo con fines de interpretación, ya que pueden existir en una unidad cartográfica varios tipos de suelos que finalmente interpretan lo mismo para todos los usos de la tierra anticipados. Cabe mencionar que los componentes no ocurren juntos en un patrón consistente en cada delineación.

#### 2.2.1.9. Unidad cartográfica compuesta o heterogénea

Si dentro de la delineación existen áreas significativas de más de una clase de suelo contrastante, diferentes ubicaciones dentro de una unidad de mapeo pueden clasificarse como suelos diferentes al nivel de clasificación, utilizando el nombre de dicha unidad. Este tipo de unidad de mapeo está constituido por 2 o más constituyentes "homogéneos".

Es decir que existe una combinación de cuerpos de suelos y tierras misceláneas que no pueden ser delimitadas separadamente a la escala del levantamiento que se está ejecutando. Esto suele darse cuando el patrón de distribución de los suelos es tan intrincado que no permite identificar los diferentes constituyentes (Soil Survey Staff, 1993).

#### a. Asociaciones y Complejos

Consisten en 2 o más componentes disimilares que se dan en un patrón regular repetido. Únicamente la siguiente regla que ha sido puesta de manera arbitraria para determinar la diferencia entre complejo y asociación. Es decir que si los componentes pueden ser mapeados separadamente a una escala grande (menor a 1: 24 000) se denomina Asociación y si los componentes no pueden ser mapeados separadamente a una escala grande (mayor a 1: 24 000) se denomina Complejo (Soil Survey Staff, 1993).

#### 2.2.1.10. Inclusiones

Se ha demostrado que en realidad casi no existen unidades de mapeo verdaderamente homogéneas a niveles categóricos de detalle y semi-detalle, sin embargo se puede mantener una distinción entre unidades "predominantes" homogéneas y unidades compuestas verdaderas, con el concepto de inclusiones (Rossiter, 2000).

Otros autores definen a la inclusión o impureza como una superficie demasiada pequeña que no puede ser representada a la escala del mapa, y que a escalas grandes no llegan a superar un 15 a 20 % de la superficie de la unidad cartográfica representada. En ocasiones la inclusión reduce la homogeneidad de la unidad de mapeo y puede afectar la interpretación.

### 2.2.2. El sistema USDA (*Soil Taxonomy*)

El Soil Survey Manual (1993), recomienda que los nombres para las unidades de mapeo deban ser cortos y prácticos, razón por la cual algunos países han adaptado una nomenclatura local a veces complicada, otras veces sencilla o simplemente a un tipo de simbología.

Para nuestro país se tomó la alternativa de usar la taxonomía de suelos directamente como la leyenda de mapeo, en otras palabras, los nombres de las unidades de mapeo vienen directamente de los nombres de la Taxonomía de Suelos del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA), con unas mínimas adaptaciones y siguiendo las reglas del Manual de Levantamiento de Suelos de los Estados Unidos.

Para el levantamiento de suelos se requiere un sistema de clasificación monotaxón, por ello se ha optado por el sistema norteamericano Soil Taxonomy, el mismo que permite: Primero, la definición de cada taxón debe tener en lo posible el mismo significado para cada usuario, la idea es que sea operacional. Segundo: La taxonomía de suelos es un sistema multicategorico, algunos taxones son necesarios para la clasificación de algunas categorías de menor jerarquía, porque algunas propiedades son importantes que sean usadas para ciertos suelos. Tercero, la taxa representa cuerpos reales conocidos, que ocupan áreas geográficas. Ya que los pedólogos deben mapear la información generada en campo.

La Taxonomía de Suelos es un sistema de clasificación jerárquico, una vez que un suelo es clasificado en la categoría más alta, se queda ahí y pasa al siguiente nivel jerárquico: Orden, Suborden, Gran Grupo, Subgrupo, Familia y Serie. Pero a pesar que la Serie es el nivel jerárquico más bajo, aun así es un sistema. Un ejemplo de ello es Orden: Molisol, Suborden: Udolls, Gran grupo: Hapludolls, Subgrupo: Typic Hapludolls.

### 2.3. El enfoque geo-pedológico

Los aspectos más importantes para la justificación del uso de este enfoque lo explica claramente el Edafólogo Ing. Luis Mejía Vallejo en su documento "Manual para el Levantamiento Semidetallado de Suelos en la Cuenca del Río Guayas", donde da relevancia a las varias experiencias que ha tenido el estado ecuatoriano al ejecutar proyectos de este tipo y nivel de detalle, concluyendo que el alto costo y el tiempo son las principales variables al seleccionar un método.

Comenta además que con las experiencias ya aplicadas en países latinoamericanos como México, se han estructurado propuestas metodológicas de bajos costos y tiempos, como lo es el levantamiento de recursos naturales bajo el enfoque fisiográfico.

Finalmente, por la necesidad del proyecto, se ha adaptado de la metodología original de un enfoque fisiográfico a un Enfoque Geo-Pedológico, con un tipo de muestreo dirigido, lo que permite realizar una caracterización de suelos con el detalle necesario para cumplir con los estándares de una cartografía 1: 25 000, bajar los costos del levantamiento de suelos, con el mismo criterio de utilizar el

perfil de suelo como base de análisis y el uso intensivo de la fotointerpretación para identificar las unidades morfológicas.

### 2.3.1. Definición

La geopedología es una disciplina que tiene que ver con la integración de dos disciplinas afines, por un lado, la geomorfología y por otro la pedología (ésta última conocida más comúnmente como edafología en la escuela anglosajona). En realidad, las relaciones entre la geomorfología y la pedología son inherentes, por lo que separar estos dos elementos naturales se convierte en algo muy difícil, por el hecho de que para entender los procesos de formación de suelos se tiene que tener un profundo conocimiento de su contexto geomorfológico (Birkeland, 1999, citado por López, 2005).

Por lo tanto, la geopedología involucra al estudio de los suelos y la geomorfología orientado hacia un enfoque multidisciplinario aplicado (Farshad, 2003 citado por López, 2005).

La geopedología definida por Zinck (1988), es la integración de la geomorfología y la pedología usando como herramienta a la primera para mejorar y acelerar los levantamientos de suelos y para implementar un modelo espacial para el estudio de los suelos y todas sus relaciones posibles con el paisaje. La integración de la geomorfología y la pedología se basa en las relaciones conceptuales, metodológicas y operativas de ambas disciplinas (Zinck, 1988; Farshad, 2003 citado por López, 2005).

Por lo tanto, los principales objetivos de la geopedología es el ordenar, organizar y clasificar, empleando un sistema con estructura taxonómica, los suelos en su expresión geomorfológica sobre la superficie de la Tierra (Zinck, 1988, citado por López, 2005). Otra contribución del enfoque geopedológico es el estratificar al paisaje en áreas homogéneas para diferentes propósitos, como la evaluación de tierras por ejemplo, donde los suelos son el elemento central.

Rossiter, 2000, en el texto "Metodologías para el Levantamiento del Recurso Suelo del ITC", manifiesta que este enfoque puede ser utilizado para cubrir áreas grandes rápidamente, especialmente si la relación geomorfología-suelos es cercana. Esto depende de 2 hipótesis:

- Los límites dibujados a través del análisis del paisaje separan la mayor variación en los suelos, siempre y cuando el mapeador haya interpretado bien las unidades y que los factores formadores del suelo: material parental, relieve y tiempo sean dominantes y la vegetación y el clima se los deja como secundarios en esta etapa.
- Las áreas de muestreo deben ser representativas y el patrón de suelo puede ser confiable y extrapolado a otras unidades de mapeo no visitadas.

El método geopedológico opera a través de un sistema el cual comprende seis niveles jerárquicos: Unidad Ambiental, Litología, Origen, Morfología, Morfometría y Subgrupo taxonómico USDA *Soil Taxonomy*. Estos diferentes niveles se utilizan

para fragmentar al espacio geográfico a partir de su expresión geomorfológica y de acuerdo a sus rasgos homogéneos los cuales permiten establecer áreas semejantes y que derivarán en unidades geopedológicas.

Uno de las principales ventajas que presenta este enfoque es que se simplifica la construcción y estructuración de la leyenda, y como sistema jerárquico, una vez que las líneas son dibujadas a un nivel categórico, ellas se mantienen, incluso si los suelos en las unidades adyacentes tienen la misma clasificación. Esto se debe a las muchas interpretaciones que están relacionadas a las "geoformas".

El enfoque geo-pedológico se ha adaptado para el estudio a semi-detalle (escala 1: 25 000), esto porque el material y herramientas utilizadas cumplen con las especificaciones necesarias para cubrir los estándares cartográficos de precisión.

Todos los sistemas de clasificación tienen como objetivo catalogar sistemáticamente un conjunto o grupo de objetos que pertenecen al mismo universo, y para el caso específico de la geopedología, esos objetos son las geoformas y los suelos. Consiguientemente, en todas las geoformas, el nivel jerárquico mínimo, y el tipo (o tipos) de suelo son los individuos dentro del universo geomórfico y pedológico respectivamente (Farshad, 2003, citado por López, 2005).

### 2.3.2. El enfoque geopedológico comparado con otros enfoques

La leyenda geo-pedológica es estructurada de acuerdo a 6 niveles jerárquicos, esto contrasta con la forma libre del enfoque fisiográfico en el análisis de los elementos, el cual busca combinaciones únicas de estos, sin una estructura de leyenda rígida. Algunas veces puede parecer que el enfoque geopedológico está forzando una estructura que está en ventaja con el análisis fisiográfico local (Rossiter, 2000).

## 2.4. Etapas metodológicas

### 2.4.1. Etapa 1: Recopilación de información

Esta fase comprende la revisión, análisis y evaluación de la información disponible sobre los levantamientos de suelos, amenazas geológicas y erosión realizados en el país, a efectos de analizar sus características y establecer su compatibilidad con las especificaciones técnicas aplicables a los propósitos del presente estudio.

Además, se preparan los insumos básicos: fotografía, cartografía base, MDT, y se recopila la información secundaria referencial, principalmente para el proceso de fotointerpretación.

Una salida de campo de reconocimiento resulta de importancia para conocer en forma general las características de la zona a intervenir.

## 2.4.2. Etapa 2: Cartografía geomorfológica

Corresponde el primer y más importante requisito para la elaboración de la cartografía temática de suelos, ya que sobre este mapa se volcará toda la información edáfica que caracteriza a todas y cada una de las unidades geomorfológicas presentes en el área de estudio.

Esta cobertura temática, consta en su leyenda de datos necesarios para la caracterización de los suelos que se encuentren dentro de cada unidad geomorfológica (forma de relieve) como son: unidades ambientales, génesis, tipo de roca o depósito superficial, morfología, morfometría, morfodinámica; que representan información de relevancia para entender la dinámica de los suelos y la interacción entre los diferentes factores de formación del mismo.

### 2.4.2.1. Estructura de la leyenda geomorfológica

Las unidades geomorfológicas se encuentran enmarcadas dentro de una apreciación macro que inicia con la identificación de la Unidad Ambiental y la Unidad Geológica con las cuales está muy estrechamente relacionado; dentro de la caracterización de cada geoforma, se describe su origen, su morfología y morfometría.

#### a. Unidad ambiental

Son áreas homogéneas por sus características físicas, bióticas y por su relación con procesos ecológicos donde el fundamento es la interrelación o articulación de los elementos: relieve, tipo de roca, suelos, vegetación y uso del suelo. El paisaje no es la simple suma de elementos geográficos separados, sino que es el resultado de las combinaciones dinámicas, a veces inestables de elementos físicos, biológicos y antropológicos, que concatenados hacen del paisaje un cuerpo único, indisociable, en perpetua evolución (Winkell, 1997). Cada unidad ambiental está ligada a la presencia de ciertas formas del relieve.

#### b. Unidad genética

Se refiere al proceso responsable de la creación de la forma del relieve.

<b>Unidad genética</b>	<b>Cód.</b>
Denudativo	Den
Deposicional o acumulativo	Dep
Deposicional erosivo	DepE
Estructural	Est
Tectónico marino	TecM
Marino y Fluvio Marino	MFI
Tectónico erosivo	Tec
Volcánico	Vol
Glaciar	Glc

Fuente: IEE, 2012

### c. Morfología

Describe los aspectos cuantitativos y cualitativos de la forma del relieve. Unidad morfológica define el tipo de la forma del relieve a través de un nombre representativo, enmarcado en el análisis de las características de la unidad ambiental.

<b>Unidad morfológica</b>	<b>Cod</b>
Valle fluvial	Va
Valle indiferenciado	Vi
Terraza baja y cauce actual	Tb
Terraza media	Tm
Terraza alta	Ta
Terrazas indiferenciadas	Ti
Superficie de cono de deyección reciente	Cy
Superficie de cono de deyección antiguo	Cds
Abrupto de cono de deyección antiguo	Cda
Superficie de cono de esparcimiento	Ces
Nivel plano	Nb
Nivel ondulado con presencia de agua	Na
Nivel ligeramente ondulado	No
Dique o banco aluvial	D
Meandro abandonado	M
Superficie poco disectada	L1
Superficie disectada	L2
Superficie muy disectada	L3
Depresión de decantación	Dc
Coluvión reciente	Cr
Coluvión antiguo	Can
Coluvio aluvial reciente	Cv

Fuente: IEE, 2012.

### d. Morfometría

Corresponde al análisis cuantitativo del relieve, es decir que toma en cuenta los aspectos medibles de la descripción de la morfología. Las variables morfométricas deben estar acordes con los datos que provee el MDT.

#### 2.4.2.2. Proceso de fotointerpretación digital

El proceso de interpretación geomorfológica, se lo ejecutará mediante el Sistema de Fotointerpretación Digital 3D recientemente adquirido, el cual tiene como innovación la posibilidad de realizar en un solo proceso, el ajuste fotogramétrico de bloques, la fotointerpretación per se, la digitalización y la codificación de las unidades.

#### a. Ajuste de bloques para fotointerpretación

El proceso de elaboración de bloques inicia a partir de las imágenes fuente, las fotografías aéreas; en el software LPS Core, se crea un bloque fotogramétrico, el mismo que debe ser orientado interna y externamente, dentro del proceso de orientación externa se realiza la medición de puntos de control (GCP), luego se generan los puntos de enlace que son puntos complementarios necesarios para el ajuste del bloque.

#### b. Fotointerpretación

Es la técnica que permite la obtención de información primaria, bajo la premisa de que los aspectos geológicos: tipo de roca, depósitos superficiales, tectónica; aspectos geomorfológicos: morfología, morfometría, morfodinámica; aspectos hidrográficos: densidad, forma del drenaje; uso del suelo; movimientos en masa; infraestructura, etcétera; son claramente identificables y susceptibles de ser analizados a través de la observación estereoscópica. La misma se fundamenta en conocimientos integrales que posibilitan un análisis sistémico de manera contextual. La finalidad es llegar al entendimiento de la existencia de cada unidad, sus características y su relación con las unidades que la rodean, ya que en el espacio geográfico todas las variables se interrelacionan en un sistema ordenado y coherente.

La interpretación estereoscópica de las fotografías aéreas se realiza por línea de vuelo (bloque ajustado), fundamentada en el estudio profundo de la zona de estudio y tomando en cuenta toda la información recopilada para obtener un producto consistente y de calidad. La unidad mínima de mapeo corresponde a 1 ha.

El proceso de fotointerpretación digital cubre los siguientes pasos:

- Estudio y definición unidades ambientales, de acuerdo al libro y mapa "Los Paisajes Naturales del Ecuador" de A. Winckell (1997a), que proveen un marco general para la interpretación ya que determina la variabilidad de las formas del relieve que pueden encontrarse en su interior, relacionadas con su génesis, material parental y otras características, en base a un análisis sistémico. Adicionalmente se debe tener el conocimiento de la litología, tectónica y evolución geológica general del área a estudiar.
- Organización preliminar: determinación de responsabilidades por intérprete y de mecanismos de coordinación para el avance de la fotointerpretación digital de cada uno de los bloques ajustados.
- Demarcación de la red de drenaje: es importante para la determinación del tipo de roca.
- Definición de la unidad morfológica y caracterización de las variables geomorfológicas y geológicas (descritas a continuación). La asignación a la forma del relieve y del tipo de roca se basa en el

patrón y densidad del drenaje y en los datos geológicos y geomorfológicos secundarios recopilados.

- Ingreso de las variables en la base de datos.
- Definición de puntos para visita en campo en los sitios donde existen problemas en la delimitación o caracterización.
- Empate entre bloques interpretados y obtención de un mapa preliminar.

#### 2.4.3. Etapa 3: Caracterización climática del suelo

En esta fase se identifica y delimita las unidades espaciales que representen las zonas climáticas de humedad y temperatura al interior del área de estudio. Esta información permite la caracterización más completa del régimen climático del suelo a través de dos parámetros fundamentales: los regímenes de humedad y temperatura, con base en los rangos definidos en el *Soil Taxonomy*, que fueron ajustados al medio ecuatoriano durante las investigaciones y estudios de levantamientos de suelos realizados a nivel nacional por el PRONAREG-ORSTOM (1980 y 1984).

##### 2.4.3.1. Cartografía climática

El procedimiento empleado para la elaboración de la cartografía climática es el siguiente:

- Transferencia de la información cartográfica secundaria

La información de zonas climáticas definidas por PRONAREG/ORSTOM (1983), son transferidas a la cartografía base.

Dada la diferencia de escalas, en el proceso de transferencia de información secundaria, se producen distorsiones en cuanto a la delimitación precisa de las unidades climáticas transferidas al mapa base; por tanto, es necesario realizar afinamientos en los límites de las unidades climáticas para que éstos se vayan ajustando al detalle que presenta la cartografía base, con lo cual se obtiene una definición más correcta de las zonas climáticas. Como soporte para el ajuste cartográfico climático se corre modelos digitales que permiten obtener isolíneas de precipitación (isoyetas) y de temperatura (isotermas) con series meteorológicas actualizadas.

##### 2.4.3.2. Cartografía del régimen climático del suelo

El proceso de cartografía consiste en relacionar las zonas climáticas con los regímenes de humedad y de temperatura del suelo, en base a dos criterios de sustento:

Relación del volumen total anual de lluvias con el régimen de humedad del suelo, el cual es complementado con la comprobación en campo del estado de humedad de la sección de control del suelo.

Relación entre la temperatura media ambiental y la temperatura media del suelo a 50 cm de profundidad. Se define una diferencia de 1 °C entre la temperatura media anual ambiental (tmaa) y la temperatura media anual del suelo (tmas) a 50 cm, es decir (Porta et al., 2003):

$$tmas = tmaa + 1 \text{ °C}$$

Esta fórmula será corroborada, con toma datos de campo, tanto a nivel de suelo como ambiental.

#### 2.4.4. Etapa 4: Levantamiento de suelos

El método adoptado y direccionado a un enfoque geopedológico (Rossiter, 2000), comprende cuatro niveles: Unidades ambientales, unidades morfológicas, tipo de roca o depósito superficial, y caracterización de los suelos a nivel de subgrupo taxonómico de acuerdo al Soil Taxonomy y las claves para la taxonomía de suelos (Soil Survey Staff, 2006). Estos diferentes niveles se utilizan para fragmentar al espacio geográfico a partir de su expresión geomorfológica y de acuerdo a sus rasgos homogéneos, los cuales permiten establecer áreas semejantes y que derivarán en unidades geopedológicas.

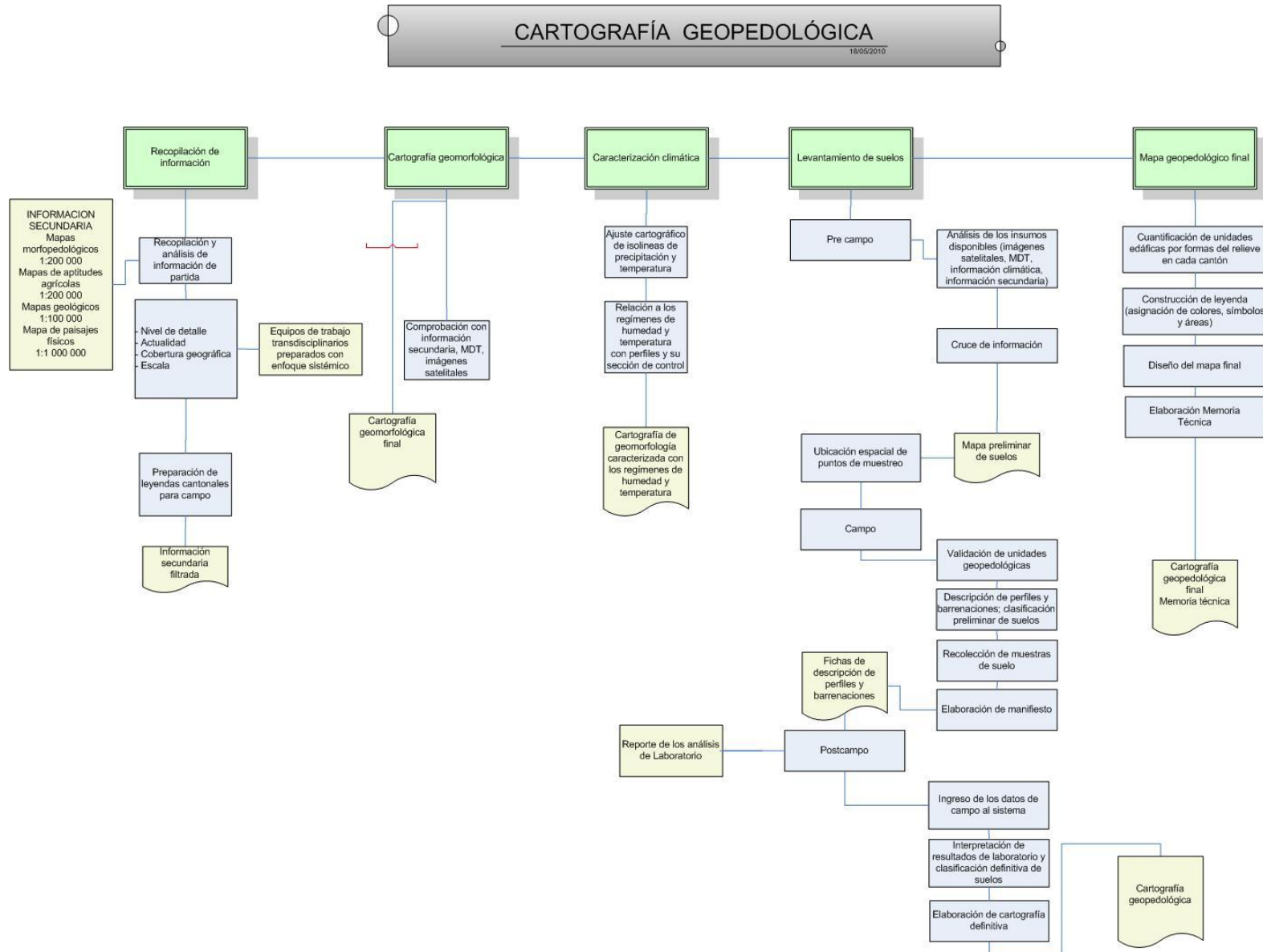
La metodología utilizada en el marco del proyecto, se explica brevemente a continuación, según los niveles del sistema del enfoque geo-pedológico (adaptado de Rossiter, 2000).

1. Identificación de las unidades ambientales (nivel 1 de jerarquía), que son áreas homogéneas, caracterizadas por propiedades físicas, bióticas y por su relación con procesos ecológicos; entendidos como la interrelación o articulación de los elementos: relieve, tipo de roca o depósitos superficiales, suelos, uso del suelo y vegetación. El paisaje no es la simple suma de elementos geográficos separados, sino que es el resultado de las combinaciones dinámicas, a veces inestables de elementos físicos, biológicos y antropológicos, que concatenados hacen del paisaje un cuerpo único, indisociable, en perpetua evolución.
2. De acuerdo al nivel de detalle de este estudio, las unidades morfológicas son delimitadas dentro de cada unidad ambiental y caracterizada por su génesis, morfología, morfometría y morfodinámica.
3. Dentro de cada unidad morfológica se identifica el material parental o tipo de roca y/o depósito superficial, dato que es obtenido de la interpretación de fotografías e información secundaria, corroborada con el levantamiento en campo.
4. Dentro de cada unidad morfológica se ubican los sitios de muestreo a ser intervenidos en campo, para realizar la descripción de las observaciones de suelos.

5. El levantamiento de información en campo se lo registra en una ficha y de acuerdo a la guía de descripción de suelos de la FAO (2009) y la clasificación de acuerdo a la *Soil Taxonomy* (Soil Survey Staff, 2006). También se realizan observaciones complementarias con dos objetivos: el primero es corroborar en otro sitio de la misma unidad que corresponda al perfil modal y el segundo es verificar los límites de las unidades.
6. De ser el caso, la información puede ser extrapolada a unidades que no han sido visitadas y que cumplen con las características de la zona donde se levantó la información.

En la Figura 3.1, se presenta el flujograma detallado del levantamiento de suelos, con enfoque geopedológico.

**Figura 3.1.** Modelo conceptual para elaborar la cartografía geopedológica.



#### 2.4.4.1. Recopilación de información secundaria

En esta fase se extrapola la información secundaria sistematizada y de sensores remotos a la cartografía geomorfológica y se realiza la selección de los sitios de muestreo; a continuación se describe los materiales necesarios para esta fase:

##### a. Mapa geomorfológico

Corresponde el primer y más importante requisito para la elaboración de la cartografía temática de suelos, ya que sobre este mapa se volcará toda la información edáfica que caracteriza a todas y cada una de las unidades geomorfológicas presentes en el área de estudio.

Esta cobertura temática, consta en su leyenda de datos necesarios para la caracterización de los suelos que se encuentren dentro de cada unidad geomorfológica (forma de relieve) como son: unidades ambientales, génesis, tipo de roca o depósito superficial, morfología, morfometría, morfodinámica; que representan información de relevancia para entender la dinámica de los suelos y la interacción entre los diferentes factores de formación del mismo.

##### b. Cartografía PRONAREG-ORSTOM

Tal y como consta en la metodología de todo levantamiento, la recopilación de información secundaria resulta indispensable en la ejecución de cualquier tipo de proyecto.

Para la planificación del trabajo de campo (elección de sitios de muestreo) y la posterior elaboración de la cartografía temática de suelos, se utiliza como uno de los principales insumos secundarios la información generada por PRONAREG-ORSTOM sobre cartografía de suelos, aptitudes agrícolas y morfopedológica a escala 1: 200 000 y cartografía de suelos de la sierra ecuatoriana a escala 1: 50 000 con su leyenda correspondiente (PRONAREG-ORSTOM, 1980-1984), cuya escalas referidas es de representación, pero que se levantó a partir de fointerpretación de fotografías aéreas 1: 30 000 y 1: 60000.

##### c. Modelo digital de elevación (MDE)

Felicísimo (2004), indica que estos modelos han ayudado a otras disciplinas como a identificar el clima a escala local, procesos geomorfológicos y edáficos, el movimiento y la acción de agua y consecuentemente, los numerosos procesos biológicos condicionados por ellos, que se encuentran estrechamente asociados a la forma y altitud de la superficie del terreno en los que se desarrollan.

##### d. Cartografía base

Esta comprende el mapa base que contiene todos los detalles del área de estudio y donde se volcará el resto de cartografía temática.

Contiene información acerca de los límites cantonales, las vías de acceso, centros poblados, hidrografía (ríos, quebradas, canales de riego) y demás información de referencia que debe conocerse para la planificación de los puntos de muestreo en gabinete.

Es de gran importancia, debido a que en base a ésta se define la accesibilidad hacia los puntos deseados para realizar perfiles de suelo y barrenaciones, así como también, muestra el límite oficial y definitivo del área de estudio.

e. Imágenes de satélite

Algunas veces, indicios no relacionados con la geoforma, pueden dar buena correlación con los diferentes tipos de suelos. El ejemplo clásico es la vegetación incluyendo condiciones de cultivo (Rossiter, 2000). Para lo cual, el análisis de las imágenes de satélite que cubren el área de estudio son de gran ayuda al representar un insumo clave para la interpretación de diferentes unidades de suelo, las mismas que la geomorfología no discrimina. Por lo anterior, este insumo conjuntamente con el mapa geomorfológico es clave para la planificación de la ubicación de las observaciones que se deben llevar a cabo durante las salidas de campo.

f. Selección de los sitios de muestreo

Una vez que se cuenta con todos los insumos requeridos para el análisis espacial del área de estudio, se procede a la ubicación de los sitios de muestreo en campo, el procedimiento cuenta con los siguientes pasos para su ejecución:

- Análisis de los insumos disponibles.
- Mapa preliminar de suelos.
- Ubicación de los sitios de muestreo.

Para el traslado en campo se usa navegadores conectados a portátiles que permitan la navegación en tiempo real. Además deben disponer de la información preliminar procesada, lo cual permitirá ahorrar tiempo y replantear la ubicación.

#### 2.4.4.2. Trabajos de campo

a. Programación precampo

En esta fase se extrapola la información secundaria sistematizada y de sensores remotos a la cartografía geomorfológica y se realiza la selección y ploteo de los sitios de muestreo.

b. Descripción de los perfiles

La descripción de los perfiles se basa en criterios de la Guía para Descripción de Suelos, publicada por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) en el año 2009.

Con todos los datos recabados de la descripción del perfil, se procede a dar una clasificación taxonómica preliminar del suelo hasta el nivel de subgrupo, con base a la *Soil Taxonomy* (Soil Survey Staff, 2006), la misma que será luego ratificada o rectificada con datos de laboratorio.

c. Tipo de observaciones

Las observaciones de suelos se ubican en sitios estratégicos por cada unidad geomorfológica. Para tal efecto, se realizan dos tipos de observaciones: una en calicatas y otra denominada detallada de comprobación (barrenaciones).

d. Observaciones en calicata

La observación en calicata consiste en el análisis visual y táctil de las diferentes características morfológicas de cada uno de los horizontes y/o capas del suelo.

Se utiliza la calicata para describir en forma detallada y completa, el perfil representativo del suelo o suelos que formen la unidad geomorfológica. La caracterización debe incluir al menos una observación en calicata representativa por unidad geomorfológica, a efecto de obtener una alta confiabilidad en el campo.

Las "calicatas" son huecos cavados en tierra con dimensiones de 1m de ancho por 1.5 m de profundidad, lo cual permite la caracterización de todas las capas de suelo hasta el límite con el material de origen o roca consolidada.

Nota: Sin embargo para este proyecto, se ha adoptado que las calicatas solo tengan una profundidad aproximada de 1 m, lo que en realidad permite identificar los horizontes diagnósticos para fines de la clasificación taxonómica y toma de muestras para laboratorio.

Esta determinación es solo operativa para optimizar los recursos en tiempo.

e. Observaciones detalladas y/o barrenaciones de comprobación

Constituyen observaciones complementarias a la descripción de los perfiles modales que verifican la continuidad de un tipo de suelo dentro de la unidad geomorfológica; de encontrarse diferencias significativas en las observaciones de comprobación, se procederá a la descripción de una nueva observación en calicata.

f. Toma de muestras de suelos en calicata

De cada perfil descrito que caracterice a una unidad geomorfológica, se toman muestras de los diferentes horizontes identificados, los mismos que serán enviadas a un laboratorio de suelos, con el fin de conocer las características físicas y químicas, que sustentarán la clasificación taxonómica de los mismos.

#### 2.4.4.3. Análisis de laboratorio

Los análisis de laboratorio que se realizan son los requeridos por la *Soil Taxonomy* 2006, para los trabajos de clasificación a nivel de subgrupo.

a. Tipos de análisis de laboratorio

b. Tipo A

Se realiza generalmente en muestras del horizonte A (en perfiles), con los siguientes análisis: pH-N-P-K-Ca-Mg, suma de bases, materia orgánica (MO), textura, acidez libre, conductividad eléctrica (C.E.) y capacidad de intercambio catiónico (C.I.C).

Tanto para la suma de bases como para la capacidad de intercambio catiónico se utiliza el método de acetato de amonio 1 N a pH 7.

c. Tipo B

Se realiza generalmente, en muestras provenientes del horizonte B y en ocasiones del horizonte C, según el criterio del técnico.

El análisis comprende: pH-N-P-K-Ca-Mg, materia orgánica (MO), textura y conductividad eléctrica (C.E.).

d. Tipo S

Incluye el reporte de pH, conductividad eléctrica (C.E.), análisis de cationes ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{+2}$ ,  $\text{Mg}^{+2}$ ) y aniones ( $\text{CO}_3\text{H}^-$ ;  $\text{CO}_3^{-2}$ ;  $\text{SO}_4^{-2}$   $\text{Cl}^-$ ), porcentaje de sodio intercambiable (PSI) y razón de absorción de sodio (RAS) en pasta saturada.

e. Tipo F1

Corresponde densidad aparente.

f. Interpretación de los datos de laboratorio

Los reportes de interpretación de los análisis de laboratorio son corroborados por cada uno de los técnicos que realizó la descripción de los perfiles en campo. De esta manera se obtiene el dato definitivo de

las características de cada uno de los horizontes, para validar su clasificación taxonómica.

**Cuadro 3.1.** Tipos de análisis de laboratorio de suelos

Tipo de análisis	Elemento	Unidad	Adicionales
A	pH		1) Si la conductividad eléctrica (C.E.) sea mayor a "2 mmhos/cm" y se tenga un pH mayor a 7,5 se debe realizar el análisis tipo "S".
	N	ppm	
	P	ppm	
	K	meq/100 g	
	Ca	meq/100 g	
	Mg	meq/100 g	
	Materia orgánica (MO)	%	
	Textura	% y (clase textural)	
	Conductividad eléctrica (C.E.)	dS/cm	
	Capacidad de Intercambio Catiónico (C.I.C.)	meq/100 g	
B	pH		1) Si la conductividad eléctrica (C.E.) sea mayor a "2 mmhos/cm" y se tenga un pH mayor a 7,5 se debe realizar el análisis tipo "S".
	N	ppm	
	P	ppm	
	K	meq/100 g	
	Ca	meq/100 g	
	Mg	meq/100 g	
	Materia orgánica (MO)	%	
	Textura	% y (clase textural)	
S	pH (salinidad en pasta saturada)		No aplica
	C.E. (salinidad en pasta saturada)	dS/cm	
	Na (salinidad en pasta saturada)	meq/100 g	
	K (salinidad en pasta saturada)	meq/100 g	
	Ca (salinidad en pasta saturada)	meq/100 g	
	Mg (salinidad en pasta saturada)	meq/100 g	
	CO <sub>3</sub> H (salinidad en pasta saturada)	meq/100 g	
	CO <sub>3</sub> (salinidad en pasta saturada)	meq/100 g	
	SO <sub>4</sub> (salinidad en pasta saturada)	meq/100 g	
	RAS (salinidad en pasta saturada)	meq/100 g	
	PSI (salinidad en pasta saturada)	meq/100 g	
F1	Densidad aparente	g/cm <sup>3</sup>	

Fuente: IEE, 2012.

#### 2.4.4.4. Procesamiento de datos

El reporte de los resultados se ingresa al sistema de administración de geoinformación (SAG) que conjuntamente con los datos obtenidos en campo

servirán para definir las variables que caracterizan a las diferentes unidades geopedológicas.

a. Fichas de campo

La información levantada en campo se ingresa a la base de datos mediante el SAG, el mismo que permite la estandarización de los atributos.

b. Interpretación de las 14 variables de suelo

Todas las variables necesarias para la clasificación, tanto las recolectadas en campo, así como los resultados de laboratorio se centralizan en una vista del SAG, para ser evaluadas por el técnico y llegar a la clasificación definitiva a nivel de subgrupo, la misma que caracterizará la unidad geopedológica.

Las variables analizadas son: Físicos (textura, drenaje, profundidad efectiva, pedregosidad nivel freático, régimen de humedad y temperatura del suelo, inundabilidad), y Químicos (toxicidad, potencial Hidrógeno pH, salinidad, materia orgánica, capacidad de intercambio catiónico CIC, saturación de bases y fertilidad).

#### 2.4.4.5. Cartografía definitiva

a. Generación del mapa Geopedológico

El sistema de administración de geoinformación tiene una aplicación gráfica compatible con el software ArcGIS, llamado SIGGEOINFO el cual administra la información ingresada en el SAG en forma espacial y permite observar las variables del suelo y las fichas de campo en el ambiente SIG, así como también, cuenta con una herramienta para la creación del mapa final la cual extrae la información de cada punto de observación que luego será extrapolada en el resto de unidades con las mismas características que no hayan sido caracterizadas por un perfil modal.

b. Cartografía definitiva

La generación de la cartografía temática de suelos es el producto final del análisis conjunto de todas las actividades preliminares requeridas para este efecto, tales como:

- Recolección de datos definitivos.
- Llenado de la base de datos.
- Cortes definitivos de las unidades geomorfológicas.
- Unión de la base de datos.
- Extrapolación de las observaciones de campo.

Al generar la cartografía definitiva de suelos, es crucial describir los resultados intermedios y finales de esta; desde la interpretación de los análisis de las muestras de suelos, hasta la impresión del mapa.

#### c. Metadatos

Los metadatos indican acerca de los procedimientos utilizados para obtener los datos, estos se presentan en formato \*.\* XML.

El término metadato no tiene una definición única: Información estandarizada acerca de recursos digitales y no-digitales.

El ingreso de metadatos (vector y raster) utiliza las normas ISO 19115 y 19115-2 en el software Geonetwork versión 2.2.

#### d. Mapa impreso (Layout)

El mapa de salida se elabora a escala gráfica adecuada, que para el caso no puede ser mayor a escala 1: 75 000, con su respectiva leyenda. El mapa de suelos representa un modelo conceptual de la distribución espacial de las propiedades del suelo en el área de estudio.

#### e. Leyenda geopedológica

La leyenda adoptada para el presente estudio se basa en la descripción de las unidades cartográficas. Las cuales se han jerarquizado de lo general a lo particular del paisaje basado en criterios geomorfológicos:

- Unidad ambiental
- Tipo de roca y/o depósitos superficiales
- Forma del relieve (unidad geomorfológica y pendiente)
- Características
- Perfiles representativos
- Clasificación taxonómica (subgrupo y clave)
- Símbolo (número, color y tramado)
- Superficie (área y porcentaje)

##### e.1. Unidad ambiental

Son áreas homogéneas, caracterizadas por propiedades físicas, bióticas y por su relación con procesos ecológicos; entendidos como la interrelación o articulación de los elementos: relieve, tipo de roca o depósitos superficiales, suelos, uso del suelo y vegetación.

##### e.2. Tipo de roca y/o depósito superficial

Se refiere a la composición de las unidades morfológicas en cuanto a su tipo de roca o depósito superficial. Se basa en los datos anteriormente determinados. En un primer campo se adquiere la denominación geológica oficial desde la información secundaria. En un segundo campo

se describe el tipo de roca en gabinete y se confirma en campo. Debe ser lo más específico posible.

#### e.3. Forma del relieve (unidad morfológica y pendiente)

Se refiere a las distintas formas que adopta la superficie de la corteza terrestre (morfoloía del terreno), y que depende de los procesos genéticos internos y externos que dieran lugar a su formación y del parámetro morfométrico pendiente.

#### e.4. Características

Clasificación taxonómica de los suelos a nivel de Subgrupos según la Soil Taxonomy-2006, el cual abarca en su nombre: el gran grupo, suborden y orden al cual pertenece.

La clave es la combinación de letras generalmente mayúsculas y en número de cuatro, que por su distribución representan al orden, suborden, gran grupo y subgrupo de suelos. Por ejemplo: la clave:, la letra J corresponde al orden (Alfisoles), la combinación JC representa el suborden (Ustalfs), la combinación de las tres letras JCF representa al gran grupo (Paleustalfs) y finalmente las cuatro letras JCFD identifican al subgrupo (Vertic Paleustalfs).

#### e.5. Clasificación taxonómica (subgrupo y clave)

Es el cuarto nivel de clasificación taxonómica de suelos y en su nombre abarca: el gran grupo, suborden y orden al cual pertenece; en sí constituye el concepto central del gran grupo o transiciones a otros grandes grupos o subórdenes.

#### e.6. Simbología (número, color y tramado)

Los números indican las diferentes unidades cartográficas representadas en el mapa (consociación + unidad taxonómica de suelo), los colores representan a los órdenes de suelos, los tramados a las características más importantes para cada subgrupo como por ejemplo el régimen de humedad o el carácter, cálcico, sódico, vértico, etc.

### III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1. Descripción de los subgrupos taxonómicos de suelos

En el cantón Valencia, los subgrupos taxonómicos de suelos se encuentran distribuidos dentro de tres unidades ambientales:

- Vertientes Externas de la Cordillera Occidental
- Llanura Aluvial Antigua
- Pie de Monte Andino
- Medio Aluvial

Los subgrupos taxonómicos de las cuatro unidades ambientales se localizan en el régimen de temperatura del suelo isohipertérmico, caracterizado por presentar una temperatura de más 20/22° C entre 50 y 100 cm de profundidad, durante todo el año con una variación muy débil.

En cuanto al régimen de humedad indica que el suelo no está seco en alguna o en todas sus partes por 90 días acumulativos en años normales, correspondiendo de esta manera al údico.

##### 3.1.1. Vertientes Externas de la Cordillera Occidental

Se localiza al Este del cantón en los sectores de La Carmela y Pucayacu, se caracteriza por la vegetación de tipo herbácea, arbórea y arbustiva, asociada a la formación Macuchi perteneciente a la edad del Cretáceo. Esta unidad ambiental, deja evidenciar laderas heterogéneas y escarpadas, con una alta fragilidad física, especialmente si estos territorios son sometidos a una sobre utilización del recurso suelo.

El uso inadecuado de las tierras en esta unidad, repercute automáticamente en las unidades: de la llanura aluvial y pie de monte; en esta última se produce la colmatación de los sedimentos a lo largo de los principales cauces, disminuyendo su capacidad portante, volviéndose más susceptibles a desbordamientos.

Sus características son:

- Ecología: Bosque siempre verde de tierras bajas de la costa.
- Formas del relieve: Relieve montañoso, relieve colinado alto, relieve colinado medio.
- Geología: Formación Macuchi.
- Edafología: Andisoles, con suelos profundos, de textura franca limosa.
- Cobertura natural: Pastos y vegetación de tipo arbórea y arbustiva.
- Uso actual de las tierras: Vegetación de tipo arbórea, arbustiva y herbácea.
- Infraestructura vial y poblacional:  
Vías Principales: Vías de primer, segundo orden y caminos de verano.  
Poblados Principales: Cooperativa 21 de Noviembre, La Carmela.
- Peligros naturales: Movimientos en masa como: deslizamientos.

### 3.1.1.1. Formación Macuchi

Lavas andesíticas gris verdosa con presencia de sulfuros (recubierto de ceniza volcánica).

#### a. Typic Hapludands (DHFU): Símbolo 1

Su geología corresponde a la Formación Macuchi ubicados en el tipo de la forma de relieve denominada relieve montañoso, en pendientes del 40 al 70 %.

Son suelos de origen volcánico, ubicados generalmente en regiones húmedas donde no han alcanzado a desarrollar caracteres diagnósticos de otros órdenes. Estos suelos se caracterizan por poseer altos contenidos de materia orgánica, alta capacidad de fijar fosfatos y baja densidad aparente. Presentan determinados contenidos de Aluminio y de Hierro. Tienen fuerte reacción al NaF (fluoruro de sodio) que nos indica suelos con propiedades ándicas.

En características físicas, presentan texturas franco arenosas; suelos con buen drenaje, ya que tienen fácil eliminación del agua de precipitación, aunque no rápidamente. Son suelos moderadamente profundos (95 cm), en el rango de 51 a 100 cm.

El perfil edáfico de este subgrupo taxonómico es del tipo Ap/AC/2C/3Ab/3Bwb/3C y presenta las siguientes características morfológicas: El color del horizonte Ap es pardo muy oscuro, el horizonte de transición AC presenta un color pardo, el horizonte 2C presenta un color variado, el horizonte enterrado 3Ab es de color pardo oscuro, el horizonte enterrado 3Bwb es de color pardo.

El reporte de los resultados de laboratorio nos dan cuenta que son suelos de reacción ligeramente ácida pH (6,2), con niveles altos en materia orgánica (4,5 % en el rango para la costa) en la superficie, decreciendo en profundidad. La capacidad de intercambio (20,0 meq/100 g) y la saturación de bases baja (17,50 %). Estos resultados permiten estimar un nivel de fertilidad natural mediana en estos suelos, caracterizado por una buena disponibilidad de nutrientes.

El perfil modal corresponde al identificado con el número PM4-P186. Se estima abarcan una superficie de aproximadamente 0,41 ha que significan el 324,11 % de la superficie total del cantón. En el mapa geopedológico está representado por el símbolo (1).

#### b. Typic Hapludands (DHFU): Símbolo 2

Estos suelos, pertenecientes al orden de los Andisoles, se encuentran ubicados sobre relieves colinados altos y medios, pertenecientes a la Formación Macuchi en pendientes mayores a 12%.

Son suelos de texturas franco arenosas; siendo el drenaje natural bueno, donde la eliminación del agua de precipitación es fácil, aunque no rápidamente; son suelos poco profundos (45 cm) en el rango de 21 a 50 cm de profundidad.

Se encuentran en régimen de temperatura isohipertérmico con una temperatura mayor a 22 °C, entre los 50 y 100 cm de profundidad y en régimen de humedad údico, en donde el suelo no está seco en todo el perfil más de tres meses consecutivos la mayoría de los años.

El perfil modal incluye a horizontes Ap/Bw/C/2C/3Ab/3Bwb; el horizonte (Ap) de un espesor de 22 cm de color negro y estructura granular a bloques sub-angulares, fina y de grado moderado; el horizonte cámbico (Bw) de color pardo, estructurado en bloques sub-angulares, finos y de grado moderado; el horizonte (C) de color pardo estructurado en masiva porosa; el horizonte (2C) de color pardo y estructura grano simple; el horizonte (3Ab) de color pardo oscuro, estructurado en bloques sub-angulares, finos y de grado moderado. Finalmente, el horizonte (3Bwb) de color pardo amarillento oscuro estructurado en bloques sub-angulares, finos y de grado moderado.

Químicamente son suelos de reacción ligeramente ácida pH (6,5), el contenido de materia orgánica es alto (5,85%) en la superficie, en el rango referencial para la costa ecuatoriana. La capacidad de intercambio catiónico es medio (14 meq/100 g) y el porcentaje de saturación de bases es bajo (17,5%), lo que determina un nivel de fertilidad natural mediana.

Los perfiles modales corresponden a los identificados con los números PN2-P181 y PN2-P172. Estos suelos ocupan una superficie estimada en 1 850,32 ha, que representan el 2,36 % de la superficie total del cantón, en el mapa geopedológico y en la leyenda está representado por el símbolo (2).

### 3.1.2. Piedemonte andino

Esta unidad ambiental se encuentra distribuida por casi todo el cantón hacia el Oeste y centro, caracterizada por contener unidades geomorfológicas como variadas como; abruptos de cono de deyección antiguo, abruptos de cono de esparcimiento, abruptos de cono de esparcimiento, cerro testigo, coluvión antiguo, gargantas, superficies de cono de deyección antiguo, superficies de cono de esparcimiento, superficies de cono de esparcimiento disectado, superficie de cono de esparcimiento muy disectado y vertiente de cono de deyección antiguo, formando una franja longitudinal bajo las vertientes de la Cordillera Occidental, constituida por abanicos aluviales de diferente edad.

Por su morfología, suelos y clima, también es considerada una unidad con gran potencial de desarrollo; a excepción de aquellas unidades de topografía plana a ondulada, como son los conos de deyección o esparcimiento recientes que podrían ser afectadas por crecidas torrenciales que se originarían en la unidad

superior, lo cual estarían relacionados con la degradación de subcuencas y micro cuencas y la ocurrencia de lluvias extraordinarias.

Sus características son:

- Ecología: Bosque siempre verde de tierras bajas de la costa.
- Formas del relieve: Cerro testigo, superficie de cono de deyección antiguo, abrupto de cono de deyección antiguo, vertiente de cono de deyección antiguo, superficie de cono de esparcimiento muy disectado, superficie de cono de esparcimiento disectado, superficie de cono de esparcimiento, abrupto del cono de esparcimiento, vertiente del cono de esparcimiento, garganta, coluvión antiguo.
- Geología: Formación Macuchi, depósitos coluvio aluviales, depósitos coluviales.
- Edafología: Andisoles, con suelos profundos, de textura franca limosa.
- Cobertura natural: Herbacea y arbustiva.
- Uso actual de las tierras: Cultivos permanentes y semipermanentes como son: teca, palma africana, cacao, banano y cultivos anuales de soya.
- Infraestructura vial y poblacional:  
Vías Principales: Vías de primer, segundo orden y caminos de verano.  
Poblados Principales: Cooperativa Río Chilla, La Familia, Cooperativa Intriago, Cooperativa 10 de Noviembre, El Carmen, Cooperativa 6 de Agosto, Pate, Manguila, Valle Negro, Maldonado, Aguas Blancas.
- Peligros naturales: Movimientos en masa.

#### 3.1.2.1. Depósitos Coluvio Aluviales

Bloques heterogéneos sub-angulosos, con matriz limo arenosa (recubierto con ceniza volcánica).

##### a. Thaptic Hapludands (DHFP): Símbolo 3

Correspondiente al orden de los Andisoles, el subgrupo taxonómico se caracteriza por tener a una profundidad entre 25 y 100 cm una capa de 10 cm o más de espesor con más de 3.0 % de carbono orgánico y colores de epipedón mólico. Son de texturas francas en la superficie y franco arenosas a profundidad; bien drenados por lo tanto el agua se infiltra con facilidad; moderadamente profundos (60 cm) en el rango de 51 a 100 cm; ocupan áreas de superficie de cono de deyección antiguo con pendientes suaves (5 - 12 %).

Morfológicamente presenta un perfil Ap/C1/2A1/3A2/3Cm sin horizonte de diagnóstico, caracterizado por un Ap de 22 cm de espesor, de color pardo grisáceo muy oscuro. Sigue un C1 de 18 cm de espesor, de color pardo amarillento oscuro; seguido de un 2A1 de 9 cm de color pardo amarillento oscuro; luego un 3A2 de 21 cm y color pardo amarillento oscuro, y en profundidad un 3Cm endurecido de color pardo oliva claro.

Los resultados de laboratorio nos indican que son suelos de reacción ligeramente ácido pH (6,5), con altos niveles de materia orgánica (> 2,0 % para la costa), bajos en saturación de bases y medios en capacidad de intercambio catiónico, dándonos como resultado un nivel de fertilidad natural mediano.

Se ubican en régimen de temperatura isohipertérmico (más de 22 °C) y en régimen de humedad údico, caracterizado porque la sección de control del suelo no está seca más de 90 días acumulativos en la mayoría de los años.

Abarcan una superficie estimada en 1 496,14 ha correspondiente al 1,91 % de la superficie del cantón. El perfil que caracterizó a estos suelos es el identificado con la sigla PN5-P195 y en la leyenda está representado por el símbolo (3).

b. Typic Hapludands (DHFU): Símbolo 4

Este subgrupo corresponde al Orden de los Andisoles, se han formado a partir de ceniza volcánica y son negros, muy untuosos y pegajosos. Se puede decir que son suelos inmaduros con débil expresión en el desarrollo de los horizontes, generalmente discontinuos en su distribución. Son suelos profundos (110 cm) en el rango de > 100 cm. El drenaje natural es bueno, eliminación fácil del agua de precipitación. Son de texturas francas en superficie y a profundidad.

En cuanto a su morfología incluye a horizontes Ap/Bw/BC/2Ab de colores pardo oscuro en la superficie, pardo amarillento oscuro en el horizonte cámbico, pardo amarillento oscuro y pardo oliva claro en el horizonte transicional, y pardo muy oscuro en el horizonte enterrado.

De los datos de laboratorio se deduce que son suelos de reacción ligeramente ácida pH (6,3); el contenido de materia orgánica en la superficie es alta (3,12 %) decreciendo en profundidad; la saturación de bases baja (menor a 35 %) decreciendo en profundidad, y la capacidad de intercambio media, determinando una fertilidad natural mediana, caracterizada por una buena disponibilidad de los nutrientes.

Se ubican en régimen de temperatura isohipertérmico, es decir, que su temperatura media anual es superior a 22 °C entre los 50 y 100 cm de profundidad. El régimen de humedad es údico, caracterizado porque la sección de control del suelo no está seca más de 90 días acumulativos en la mayoría de los años.

Los perfiles representativos de este subgrupo corresponden al asignado con los números PN2-P174; PN2-P182; PN5-P202; PN5-P186; PN6-P168; PN6-P174; PN6-P158; PN6-P165; PN6-P175; PN6-P172; PN5-P191; PM4-P200; PM4-P201; PN7-P195. Ocupa una superficie de 33 897,79 ha que representan el 43,31 % de la superficie total del cantón y en la leyenda está representado por el símbolo (4).

c. Typic Hapludands (DHFU): Símbolo 5

Los suelos de este subgrupo taxonómico pertenecen al Orden de los Andisoles, se han formado a partir de ceniza volcánica y son negros, muy untuosos y pegajosos. Se puede decir que son suelos inmaduros con débil expresión en el desarrollo de los horizontes, generalmente discontinuos en su distribución. Son suelos profundos (105 cm), en el rango de > 100 cm, de texturas francas a franco arenosas; de drenaje natural bueno, es decir, eliminación fácil del agua de precipitación.

El perfil modal presenta horizontes A/Bw1/Bw2/2A, de color pardo muy oscuro en la superficie, pardo amarillento oscuro en el Bw1 y Bw2, y pardo oscuro en el horizonte 2A.

De los resultados de laboratorio se deduce que son suelos de reacción prácticamente neutros (7,1); el contenido de materia orgánica es alto (2,53 %) en la superficie, en el rango referencial para la costa ecuatoriana. La capacidad de intercambio catiónico (16 meq/100 g) es media y el porcentaje de saturación de bases (25,25 %) es bajo, lo que determina un nivel de fertilidad natural de características medianas.

La temperatura del suelo corresponde al régimen isohipertérmico, es decir, con una media anual superior a 22 °C. El régimen de humedad es údico, caracterizado porque la sección de control del suelo no está seca más de 90 días acumulativos en la mayoría de los años.

Este subgrupo ocupa una superficie de 3 093,77 ha, que corresponden al 3,95 % de la superficie total del cantón. El perfil representativo es el codificado como PN5-P192 y en la leyenda está representado por el símbolo (5).

d. Typic Hapludands (DHFU): Símbolo 6

Con suelos clasificados dentro del Orden de los Andisoles son suelos de origen volcánico, ubicados generalmente en regiones húmedas donde no han alcanzado a desarrollar caracteres diagnósticos de otros órdenes. Estos suelos se caracterizan por poseer altos contenidos de materia orgánica, por lo tanto son de color oscuro, alta capacidad de fijar fosfatos y baja densidad aparente. Presentan determinados contenidos de Aluminio y de Hierro, y una fuerte reacción al Fluoruro de Sodio (NaF), que nos indica suelos con propiedades ándicas.

La morfología del suelo descrito en calicata presenta un perfil edáfico del tipo Ap/Bw1/Bw2/BC/2Ab/2Bwb1/2Bwb2, profundo (101 cm) en el rango mayor a 100 cm, de buen drenaje. Se caracteriza por incluir un horizonte superficial (Ap) de 5 cm de espesor. Es de color pardo gris oscuro; de textura franca; de estructura bloques sub-angulares de tamaño fino y grado moderado. Subyacen horizontes cámbicos: (Bw1) de aproximadamente 15 cm de espesor, de textura franca; de color pardo amarillento; estructurado en bloques sub-angulares, de tamaño

fino a medio y grado moderado; (Bw2) de aproximadamente 10 cm de espesor, de textura areno francosa; de color pardo oliva claro; estructurado en bloques sub-angulares, de tamaño medio y grado moderado. Subyace un horizonte de transición (BC) de aproximadamente 10 cm de espesor, de textura arenosa; de color pardo grisáceo; estructurado en masiva a bloques sub-angulares, de tamaño grueso y grado débil. Subyace horizontes enterrados: (2Ab) de aproximadamente 10 cm de espesor, de textura franca; de color pardo oliva; estructurado en bloques angulares, de tamaño fino y grado moderado, seguido por el horizonte (2Bwb1) de aproximadamente 30 cm de espesor, de textura franca; de color pardo oliva; estructurado en bloques sub-angulares, de tamaño fino y grado moderado y finalmente el horizonte (2Bwb2) de aproximadamente 20 cm de espesor, de textura franco; de color pardo oliva; estructurado en bloques sub-angulares, de tamaño fino a medio y grado moderado.

Químicamente son suelos de reacción prácticamente neutra en la superficie pH (6,8) y ligeramente ácido (6,4) a profundidad, con niveles altos en materia orgánica (5,53 % en el rango para la costa) en la superficie, decreciendo a niveles bajos en el horizonte subsiguiente. La capacidad de intercambio (18,0 meq/100 g) es media y la saturación de bases (46,83 %) media. De estos análisis se deduce un nivel de fertilidad natural mediana. Son suelos de buenas características físicas y químicas. No presenta limitante en estos suelos.

Se localizan en régimen de temperatura del suelo isohipertérmico caracterizado por presentar una temperatura de más 20/22° C entre 50 y 100 cm de profundidad, durante todo el año con una variación muy débil, y en régimen de humedad údico que nos indica que el suelo no está seco en todo el perfil más de tres meses consecutivos la mayoría de los años.

Se estima abarcan una superficie de aproximadamente 3 067,23 ha que significan el 3,92 % de la superficie total del cantón. Los perfiles modales corresponden a los identificados con los números PN7-P197 y PN7-P191 ubicados en las formas de relieve denominadas superficie y vertiente de cono de deyección antiguo, en pendientes de mayor al 12 %. En el mapa geopedológico esta representado con el símbolo (6).

e. Typic Hapludands (DHFU): Símbolo 7

Son suelos clasificados dentro del Orden de los Andisoles, se han formado a partir de ceniza volcánica y son negros, muy untuosos y pegajosos. Se puede decir que son suelos inmaduros con débil expresión en el desarrollo de los horizontes, generalmente discontinuos en su distribución.

La geología corresponde a Depósitos coluvio aluviales, y se encuentran en pendientes hasta 25 %, en superficies y vertientes de cono de esparcimiento.

En características físicas, presenta una textura franca en superficie y franco arcillo-arenosa a profundidad, su drenaje natural es bueno. Son suelos profundos (105 cm) en el perfil modal PN5-P197.

Morfológicamente, presenta un perfil de tipo (A/AC/2Ab/2Bw). El color del horizonte Ap en húmedo es pardo muy oscuro, el AC es pardo amarillento oscuro con pardo oliva, el 2Ab es pardo oscuro y a profundidad pardo muy oscuro en otro HUE.

En cuanto a las características químicas, son suelos ligeramente ácidos pH (6,2). Presentan contenido de materia orgánica alto (4,98 %) decreciendo a profundidad, en el rango referencial para la costa ecuatoriana. Tiene un nivel medio de capacidad de intercambio en superficie (18,0 meq/100 g) y de porcentaje de saturación de bases (41,5%). Los resultados permiten estimar un nivel de fertilidad mediana.

Se ubican en un régimen de temperatura isohipertérmico, con una media anual superior a 22 °C, entre los 50 y 100 cm de profundidad. Su régimen de humedad es údico, caracterizado porque la sección de control del suelo no está seca más de 90 días acumulativos en la mayoría de los años.

Ocupan 1 631,89 ha, que representan el 2,09 % de la superficie total del cantón. En el mapa geopedológico está representado con el símbolo (7).

f. Typic Hapludands (DHFU): Símbolo 8

Son suelos clasificados dentro del Orden de los Andisoles, se han formado a partir de ceniza volcánica y son negros, muy untuosos y pegajosos. Se puede decir que son suelos inmaduros con débil expresión en el desarrollo de los horizontes, generalmente discontinuos en su distribución.

Localmente el perfil modal PN5-P199, entre las características físicas presentó texturas franco arenosas en la superficie y francas a profundidad, son profundos, con drenaje natural bueno, caracteres que en conjunto determinan que el movimiento en el agua en el interior del suelo sea normal.

Morfológicamente, el perfil presenta una secuencia de horizontes: Ap/A2/Bw1/2Bw2/2C. El horizonte Ap tiene un color pardo muy oscuro, el A2 un color pardo oscuro, el Bw1 un color pardo amarillento oscuro, el 2Bw2 un color pardo muy oscuro y el 2C un color pardo oliva oscuro.

De los resultados químicos de laboratorio se tiene que los suelos son de reacción ligeramente ácida pH (6,5), con contenido de materia orgánica alto de 3,12 %, la capacidad de intercambio catiónico de (19 meq/100g) es media y la saturación de bases de (41,68 %) es media, lo que determina una fertilidad mediana.

El régimen de temperatura del suelo corresponde al isohipertérmico, y el de humedad a údico.

Los suelos representan 3 248,78 ha que corresponden a 4,15 % de la superficie total del cantón. En el mapa geopedológico está representado con el símbolo (8).

g. Typic Hapludands (DHFU): Símbolo 9

Su geología corresponde a los Depósitos coluvio aluviales ubicados en el tipo de la forma de relieve denominada abrupto de cono de deyección antiguo, en pendientes del 25 al 70 %.

Son suelos de origen volcánico, ubicados generalmente en regiones húmedas donde no han alcanzado a desarrollar caracteres diagnósticos de otros órdenes. Estos suelos se caracterizan por poseer altos contenidos de materia orgánica, alta capacidad de fijar fosfatos y baja densidad aparente. Presentan determinados contenidos de Aluminio y de Hierro. Tienen fuerte reacción al NaF (fluoruro de sodio) que nos indica suelos con propiedades ándicas.

En características físicas, presentan texturas franco arenosas; suelos con buen drenaje, ya que tienen fácil eliminación del agua de precipitación, aunque no rápidamente. Son suelos profundos (120 cm), en el rango de > 100 cm.

El perfil edáfico de este subgrupo taxonómico es del tipo Ap/AB/2C/2Ab/2Bwb y presenta las siguientes características morfológicas: El color del horizonte Ap es pardo grisáceo muy oscuro, el horizonte de transición AB presenta un color pardo, los horizontes 2C presentan un color pardo oliva claro, el horizonte enterrado 2Ab es de color pardo amarillento oscuro, el horizonte enterrado 2Bwb es de color pardo y el horizonte 2Cb es de color pardo amarillento oscuro.

El reporte de los resultados de laboratorio nos dan cuenta que son suelos de reacción ligeramente ácida pH (6,5), con niveles altos en materia orgánica (6,13 % en el rango para la costa) en la superficie, decreciendo en profundidad. La capacidad de intercambio (19,0 meq/100 g) y la saturación de bases baja (23,63 %). Estos resultados permiten estimar un nivel de fertilidad natural mediana en estos suelos, caracterizado por una buena disponibilidad de nutrientes.

El perfil modal corresponde al identificado con el número PM4-P188. Se estima abarcan una superficie de aproximadamente 32,87 ha que significan el 0,04 % de la superficie total del cantón. En el mapa geopedológico está representado por el símbolo (9).

#### h. Typic Hapludands (DHFU): Símbolo 10

Los suelos de este subgrupo taxonómico pertenecen al Orden de los Andisoles, se han formado a partir de ceniza volcánica y son negros, muy untuosos y pegajosos. Se puede decir que son suelos inmaduros con débil expresión en el desarrollo de los horizontes, generalmente discontinuos en su distribución. Suelos de texturas francas a franco arcillo-arenosas, profundos (105 cm) estructurados en bloques sub-angulares en la superficie y en los horizontes profundos, de buen drenaje.

Presenta un perfil tipo Ap/A1/2A2/2C/3A sin desarrollo genético, constituido por un horizonte Ap superficial, pardo oscuro de 13 cm de espesor, seguido de un A1 pardo amarillento oscuro de 34 cm. Por debajo subyace un horizonte 2A2 de color pardo muy oscuro de 31 cm y pardo oliva claro en un horizonte 2C de 15 cm. Finalmente encontramos otra discontinuidad de color pardo amarillento oscuro (3A).

Químicamente son suelos ligeramente ácidos pH (6,3), con niveles altos en materia orgánica en la superficie (mayor a 2,0 % para la costa) decreciendo en profundidad, bajos en saturación de bases y medios en capacidad de intercambio, dando como resultado un nivel de fertilidad medio.

Se ubican en régimen de temperatura isohipertérmico indicándonos que la temperatura media anual es mayor a 22 °C entre los 50 y 100 cm de profundidad del suelo y en régimen de humedad údico, caracterizado porque la sección de control del suelo no está seca más de 90 días acumulativos en la mayoría de los años.

Estos suelos abarcan una superficie de aproximadamente 1 514,76 ha correspondientes al 1,94 % de la superficie total del cantón. El perfil representativo es el identificado con el número PN5-P193. En el mapa geopedológico está representado con el símbolo (10).

#### i. Typic Hapludands (DHFU): Símbolo 11

Este subgrupo corresponde al Orden de los Andisoles, se han formado a partir de ceniza volcánica y son negros, muy untuosos y pegajosos. Se puede decir que son suelos inmaduros con débil expresión en el desarrollo de los horizontes, generalmente discontinuos en su distribución. Son suelos profundos (105 cm) en el rango de > 100 cm. El drenaje natural es bueno, eliminación fácil del agua de precipitación.

En cuanto a su morfología incluye a horizontes Ap/Bw/C/2A de color pardo muy oscuro en la superficie, pardo amarillento oscuro en el Bw, pardo oliva claro en el C y pardo amarillento oscuro el 2A. Presenta características ándicas en todo el perfil del suelo.

De los datos de laboratorio se deduce que son suelos de reacción ligeramente ácida pH (6,1); el contenido de materia orgánica en la superficie es alta para la costa (mayor a 2 %) decreciendo en profundidad; la saturación de bases (menor a 35 %) bajo y la capacidad de intercambio es media, determinando una fertilidad natural mediana, caracterizada por una buena disponibilidad de los nutrientes.

Se ubican en régimen de temperatura isohipertérmico, es decir, que su temperatura media anual es superior a 22 °C, entre los 50 y 100 cm de profundidad. El régimen de humedad es údico, caracterizado porque la sección de control del suelo no está seca más de 90 días acumulativos en la mayoría de los años.

El perfil representativo de este subgrupo corresponde al asignado con el número PN5-P187. Ocupa una superficie de 744,52 ha que representan el 0,95 % de la superficie total del cantón. En el mapa geopedológico está representado con el símbolo (11).

j. Typic Hapludands (DHFU): Símbolo 12

Son suelos clasificados dentro del orden de los Andisoles. Son suelos de texturas francas a franco arenosas en la superficie y francas, franco arenosas a areno francosas a profundidad; su drenaje natural es bueno, ya que tienen una eliminación fácil del agua de precipitación, aunque no rápidamente. Son suelos poco profundos en el rango de 21 a 50 cm.

Su geología pertenece a Depósitos coluvio aluviales, y se encuentran en pendientes suaves (5 a 12 %) y en medias a fuertes (25 a 40 %), pertenecientes a las gargantas y coluviones.

El perfil modal incluye a horizontes Ap/Bw/C, de colores pardo grisáceo muy oscuro a gris muy oscuro en el horizonte A, colores pardo oscuro y pardo oliva el horizonte Bw y de colores pardo amarillento oscuro a pardo grisáceo los horizontes C.

Con los datos de laboratorio se deduce que son suelos de reacción medianamente ácida a prácticamente neutra en la superficie. Presentan un contenido alto de materia orgánica (mayor a 2,0 %) en la superficie y decreciendo a profundidad, en el rango referencial para la costa ecuatoriana. Tienen una saturación de bases baja a media (menor a 50,00 %) y una capacidad de intercambio catiónico media a alta (11 a 30 meq/100 g). Estos resultados permiten estimar un nivel mediano de fertilidad natural, caracterizada por una buena disponibilidad de los nutrientes.

Se localizan en régimen de temperatura del suelo isohipertérmico, es decir, que su temperatura media anual es mayor a 22 °C, entre los 50 y 100 cm de profundidad, con una variación muy débil. El régimen de

humedad es údico, lo que indica que el perfil del suelo no está seco en todo el perfil más de tres meses consecutivos la mayoría de los años.

El perfil corresponde al PN6-P173. Estos suelos ocupan una superficie calculada en 2 783,82 ha que representan el 3,56 % de la superficie total del cantón. En el mapa geopedológico y en la leyenda está representado por el símbolo (12).

### 3.1.2.2. Formación Macuchi

Lavas andesíticas gris verdosas con presencia de sulfuros (recubierto con ceniza volcánica).

#### a. Typic Hapludands (DHFU): Símbolo 13

Pertenciente al orden de los Andisoles, este subgrupo taxonómico se caracteriza por ser originados de materiales volcánicos, presentando un alto contenido de carbono orgánico y una apreciable cantidad de alófana. Presentan texturas francas, por lo tanto su drenaje natural es bueno, donde la eliminación del agua de precipitación es fácil, aunque no rápidamente. Son suelos profundos (125 cm). Su geología corresponde a la Formación Macuchi y se encuentran en pendientes medias a fuertes (25-40%), localizados en formas de relieve denominadas cerros testigos.

Se encuentran en régimen de temperatura isohipertérmico con una temperatura mayor a 22 °C, entre los 50 y 100 cm de profundidad y en régimen de humedad údico, en donde el suelo no está seco en todo el perfil más de tres meses consecutivos la mayoría de los años.

Morfológicamente, son suelos de perfil Ap/Bw/C/2Ab/2Bwb, el horizonte (Ap) se lo observa de color pardo amarillento oscuro, de un espesor de 13 cm y estructura granular a bloques sub-angulares, finos y de grado moderado; el horizonte cámbico (Bw), estructurado en bloques sub-angulares, finos y de grado moderado; el horizonte (C) estructurado en masiva; el horizonte (2Ab) de color pardo amarillento oscuro, estructurado en bloques sub-angulares, finos y de grado débil. Finalmente, el horizonte (2Bwb) de color pardo amarillento oscuro estructurado en bloques sub-angulares, finos y de grado débil.

Con relación a los datos de laboratorio, son suelos de reacción prácticamente neutra (pH 6,9), el contenido de materia orgánica es alto (4,21 %). La capacidad de intercambio catiónico (12 meq/100 g) es medio y el porcentaje de saturación de bases (32,00 %) es bajo; lo que determina un nivel de fertilidad natural mediana.

El perfil representativo corresponde al PN2-P183. Estos suelos ocupan una superficie estimada en 205,92 ha, que representan el 0,26 % de la superficie total del cantón, en el mapa geopedológico y en la leyenda está representado por el símbolo (13).

### 3.1.3. Llanura Aluvial Antigua

Localizada al Oeste del cantón Valencia en los poblados de Camarones, Federico Intriago, Isla de Patos, Guantupi, entre otros, esta unidad ambiental corresponde a una llanura aluvial antigua levantada y constituida por capas o estratos horizontales de sedimentos, las cuales han estado sometidas, por diferentes periodos y con distinta intensidad, a una acción gradual de los procesos erosivos, incluida una fuerte meteorización y desarrollo pedogenético y, posteriormente, la erosión fluvial, hasta transformar su morfología inicial en porciones menores separadas por gargantas y valles.

Dadas las características del relieve, suelo, clima y paisaje es una de las unidades con mayores posibilidades de desarrollo; lo que obliga que a futuro se realicen análisis integrados más detallados de su paisaje y, de otra parte, impulsar un crecimiento controlado de centros poblados y una buena articulación vial.

Sus características son:

- Ecología: Bosque siempre verde de tierras bajas de la costa.
- Formas del relieve: Superficie muy disectada, superficie disectada, superficie poco disectada, vertiente de la llanura, garganta.
- Geología: Formación Pichilingue.
- Edafología: Andisoles, de suelos profundos, y textura franca limosa.
- Cobertura natural: Herbácea y arbustiva.
- Uso actual de las tierras: Sembrios de teca, palma africana, maíz.
- Infraestructura vial y poblacional:
  - Vías Principales: Vías de primer, segundo orden y caminos de verano.
  - Poblados Principales: El Descanso, Guantupi Bajo, Trambal, La Cumbia, Baltazara, Isla Bofe, Nueva Zulay.
- Peligros naturales: Inundaciones anuales.

#### 3.1.3.1. Formación Pichilingue

Arenas, limos y arcillas poco consolidados (recubiertos por ceniza volcánica).

##### a. Typic Hapludands (DHFU): Símbolo 14

Con suelos clasificados dentro del Orden de los Andisoles son suelos de origen volcánico, ubicados generalmente en regiones húmedas donde no han alcanzado a desarrollar caracteres diagnósticos de otros órdenes. Estos suelos se caracterizan por poseer altos contenidos de materia orgánica, por lo tanto son de color oscuro, alta capacidad de fijar fosfatos y baja densidad aparente. Presentan determinados contenidos de Aluminio y de Hierro, y una fuerte reacción al Floruro de Sodio (NaF), que nos indica suelos con propiedades ándicas.

La morfología del suelo descrito en calicata presenta un perfil edáfico del tipo A1/A2/Bw1/Bw2/Bw3/2Ab, profundo (101 cm) en el rango de mayor a 100 cm, de buen drenaje. Se caracteriza por incluir un horizonte superficial (A1) de 10 cm de espesor; de color gris muy oscuro; de textura franca; de estructura bloques sub-angulares, de tamaño fino a medio y grado fuerte. Subyace un horizonte (A2) de 15 cm de espesor; de color pardo amarillento oscuro; de estructura bloques sub-angulares, de tamaño medio a grueso y grado moderado; Subyace horizontes cámbicos: (Bw1) de aproximadamente 25 cm de espesor, de textura franca; de color pardo oscuro; estructurado en bloques sub-angulares de tamaño grueso y grado fuerte; (Bw2) de aproximadamente 20 cm de espesor, de textura franco limosa; de color pardo; estructurado en bloques sub-angulares de tamaño medio a grueso y grado moderado; (Bw3) de aproximadamente 20 cm de espesor, de textura franco limosa; de color pardo amarillento; estructurado en bloques sub-angulares de tamaño fino y grado moderado; subyace un horizonte enterrado (2Ab) de aproximadamente 5 cm de espesor, de textura arcillo-limosa; de color gris muy oscuro; estructurado en bloques sub-angulares de tamaño fino a medio y grado débil.

Químicamente son suelos de reacción ligeramente ácido en la superficie pH (6,5), con niveles altos en materia orgánica (2,44 % en el rango para la costa) en la superficie, decreciendo a niveles bajos en el horizonte subsiguiente. La capacidad de intercambio (23,0 meq/100 g) es alta y la saturación de bases (24,91 %) baja. De estos análisis se deduce un nivel de fertilidad natural mediana. Son suelos de buenas características físicas y químicas. No presentan limitaciones en estos suelos.

Se localizan en régimen de temperatura del suelo isohipertérmico caracterizado por presentar una temperatura de más 20/22° C entre 50 y 100 cm de profundidad, durante todo el año con una variación muy débil, y en régimen de humedad údico que nos indica que el suelo no está seco en todo el perfil más de tres meses consecutivos la mayoría de los años.

Se estima abarcan una superficie de aproximadamente 2 464,22 ha que significan el 3,15 % de la superficie total del cantón. El perfil modal corresponde al identificado con el número PN7-P205 ubicado en las formas de relieve denominadas superficie disectada y vertiente de llanura antigua, en pendientes del 5 al 25 %. En el mapa geopedológico esta representado con el símbolo (14).

b. Typic Hapludands (DHFU): Símbolo 15

Son suelos clasificados dentro del orden de los Andisoles, se han formado a partir de ceniza volcánica y son negros, muy untuosos y pegajosos. Se puede decir que son suelos inmaduros con débil expresión en el desarrollo de los horizontes, generalmente discontinuos en su distribución. Localmente los perfiles modales son PN5-P198 y

PN2-P192, resultó que son francos en la superficie y en profundidad del perfil, siendo así moderadamente profundos, de drenaje natural bueno, por lo tanto presentan una capacidad de retención de agua intermedia que no llega a saturar la superficie del suelo.

La pedogénesis de los suelos corresponde a Formación Pichilingue, en pendientes de 2 a 25 %, en superficies muy disectadas.

En el perfil se diferenció la siguiente secuencia de horizontes Ap/Bw1/Bw2/2Ab/2C, en pardo grisáceo muy oscuro en la superficie, pardo amarillento oscuro en el Bw1 y Bw2, pardo oscuro en el 2Ab y a profundidad pardo amarillento. Las condiciones de relieve y físicas del suelo muestran buena aptitud para la explotación agrícola.

De los resultados analíticos de laboratorio se tiene que los suelos son de reacción ligeramente ácida pH (6,5), con contenido de materia orgánica alto de 5,81 %, que decrece a profundidad, la capacidad de intercambio catiónico de 27 meq/100g es alta y la saturación de bases de 44,15 % es media, lo que determina una fertilidad mediana para los suelos.

La temperatura del suelo corresponde al régimen isohipertérmico, es decir que presentan una temperatura media anual superior a 22 ° C y régimen de humedad del suelo údico, caracterizado porque la sección de control del suelo no está seca más de 90 días acumulativos en la mayoría de los años.

Los suelos de este tipo de relieve representan 809,51 ha que corresponden a 1,03 % de la superficie total del cantón. En el mapa geopedológico está representado con el símbolo (15).

c. Typic Hapludands (DHFU): Símbolo 16

Con suelos clasificados dentro del Orden de los Andisoles son suelos de origen volcánico, ubicados generalmente en regiones húmedas donde no han alcanzado a desarrollar caracteres diagnósticos de otros órdenes. Estos suelos se caracterizan por poseer altos contenidos de materia orgánica, por lo tanto son de color oscuro, alta capacidad de fijar fosfatos y baja densidad aparente. Presentan determinados contenidos de Aluminio y de Hierro, y una fuerte reacción al Floruro de Sodio (NaF), que nos indica suelos con propiedades ándicas.

La morfología del suelo descrito en calicata presenta un perfil edáfico del tipo Ap/A/Bw1/Bw2/Bw3/2Ab/2Btb, profundo (110 cm) en el rango de mayor a 100 cm, de buen drenaje. Se caracteriza por incluir un horizonte superficial (Ap) de 5 cm de espesor. Es de color pardo grisáceo muy oscuro; de textura franca; de estructura grano simple. Subyace un horizonte (A) de aproximadamente 15 cm de espesor, de textura franca; de color pardo oliva; estructurado en bloques sub-angulares de tamaño fino a medio y grado moderado. Subyacen horizontes cámbicos (Bw1) de aproximadamente 20 cm de espesor, de

textura franca; de color pardo oliva; estructurado en bloques sub-angulares de tamaño medio a grueso y grado moderado a fuerte; (Bw2) de aproximadamente 20 cm de espesor, de textura franca; de color pardo oliva claro; estructurado en bloques sub-angulares de tamaño fino y grado moderado; (Bw3) de aproximadamente 20 cm de espesor, de textura franca; de color pardo oliva claro; estructurado en bloques sub-angulares de tamaño fino y grado débil. Subyacen horizontes enterrados (2Ab) de aproximadamente 20 cm de espesor, de textura franco arcillo-limosa; de color pardo; estructurado en bloques sub-angulares de tamaño fino y grado moderado. Finalmente (2Btb) de aproximadamente 20 cm de espesor, de textura franco arcillosa; de color gris muy oscuro; estructurado en bloques sub-angulares de tamaño fino-medio y grado moderado.

Químicamente son suelos de reacción ligeramente ácido en la superficie y profundidad pH (6,0-6,5), con niveles altos en materia orgánica (2,55 % en el rango para la costa) en la superficie, decreciendo a niveles bajos en el horizonte subsiguiente. La capacidad de intercambio (14,0 meq/100 g) es media y la saturación de bases (28,64 %) baja. De estos análisis se deduce un nivel de fertilidad natural mediana. Son suelos de buenas características físicas y químicas. No presentan limitaciones en estos suelos.

Se localizan en régimen de temperatura del suelo isohipertérmico caracterizado por presentar una temperatura de más 20/22° C entre 50 y 100 cm de profundidad, durante todo el año con una variación muy débil, y en régimen de humedad údico que nos indica que el suelo no está seco en todo el perfil más de tres meses consecutivos la mayoría de los años.

Se estima abarcan una superficie de aproximadamente 623,99 ha que significan el 0,80 % de la superficie total del cantón. Los perfiles modales corresponden al identificado con los números PN7-P201 y PN2-P189, ubicados en la forma de relieve denominada superficie disectada, en pendientes del 2 al 5 %. En el mapa geopedológico está representado con el símbolo (16).

d. Andic Dystrudepts (KGEF): Símbolo 17

Este subgrupo pertenece al Orden de los Inceptisoles, los cuales se caracterizan por tener un incipiente desarrollo pedogenético, dando lugar a la formación de algunos horizontes alterados, en su perfil incluye un horizonte de diagnóstico B cámbico. A nivel de subgrupo presentan una fuerte reacción al Floruro de Sodio (NaF), que nos indica suelos con propiedades ándicas.

La morfología del suelo descrito en calicata presenta un perfil edáfico del tipo Ap/Bw1/Bw2/BC/2Ab/2Bwb2, profundo (110 cm) en el rango mayor a 100 cm, de buen drenaje. Se caracteriza por incluir un horizonte superficial (Ap) de 20 cm de espesor. Es de color gris muy oscuro; de textura franca; de estructura granular a bloques sub-

angulares de tamaño fino y grado moderado. Subyacen horizontes cámbicos: (Bw1) de aproximadamente 15 cm de espesor, de textura franca; de color pardo amarillento oscuro; estructurado en bloques sub-angulares de tamaño fino a medio y grado moderado; (Bw2) de aproximadamente 15 cm de espesor, de textura franca; de color pardo oliva; estructurado en bloques sub-angulares, de tamaño fino y grado débil. Subyace el horizonte de transición (BC) de aproximadamente 20 cm de espesor, de textura franca; de color pardo oliva; estructurado en masiva a bloques sub-angulares, de tamaño fino y grado débil. Subyacen horizontes enterrados (2Ab) de aproximadamente 20 cm de espesor, de textura franco arcillo limosa; de color pardo oscuro; estructurado en bloques angulares y sub-angulares, de tamaño medio a fino y grado moderado. En último lugar el horizonte (2Bwb) de aproximadamente 20 cm de espesor, de textura franco arcillo limosa; de color pardo grisáceo muy oscuro; estructurado en bloques sub-angulares de tamaño medio y grado débil.

Químicamente son suelos de reacción ligeramente ácido en la superficie y profundidad pH (6,3-6,2), con niveles altos en materia orgánica (6,3 % en el rango para la costa) en la superficie, decreciendo a niveles bajos en el horizonte subsiguiente. La capacidad de intercambio (21,0 meq/100 g) es alta y la saturación de bases (69,81 %) alta. De estos análisis se deduce un nivel de fertilidad natural alta. Son suelos de buenas características físicas y químicas. Presentan ligeras limitaciones en estos suelos por pendiente hasta el 5 %.

Se localizan en régimen de temperatura del suelo isohipertérmico caracterizado por presentar una temperatura de más 20/22° C entre 50 y 100 cm de profundidad, durante todo el año con una variación muy débil, y en régimen de humedad údico que nos indica que el suelo no está seco en todo el perfil más de tres meses consecutivos la mayoría de los años.

Se estima abarcan una superficie de aproximadamente 1 933,68 ha que significan el 2,47 % de la superficie total del cantón. El perfil modal corresponde al identificado con el número PN7-P199 ubicado en las formas de relieve denominada superficie poco disectada y vertiente de llanura antigua, en pendientes mayores al 2 %. En el mapa geopedológico está representado con el símbolo (17).

e. Typic Hapludands (DHFU): Símbolo 18

Este subgrupo corresponde al Orden de los Andisoles, se han formado a partir de ceniza volcánica y son negros, muy untuosos y pegajosos. Se puede decir que son suelos inmaduros con débil expresión en el desarrollo de los horizontes, generalmente discontinuos en su distribución. El nivel muy suave, con pendientes entre 2 y 5 %, con texturas francas en la superficie y franco arcillo-arenosas a profundidad, hacen que estos suelos tengan un drenaje interno bueno, donde el agua se elimina en forma fácil en relación al aporte. Son

suelos moderadamente profundos (92 cm), en el rango de 51 a 100 cm.

Morfológicamente, son suelos de perfil Ap/Bw1/2Bw2/2C, de color pardo oscuro en la superficie, pardo amarillento oscuro en el Bw1 y 2Bw2, y en el horizonte 2C en húmedo, pardo oliva claro.

Con relación a los datos de laboratorio, son suelos de reacción prácticamente neutro pH (6,5), el contenido de materia orgánica es alto (3,67 %) en la superficie, en el rango referencial para la costa ecuatoriana. La capacidad de intercambio catiónico (18 meq/100 g) es media y el porcentaje de saturación de bases (14,06 %) es bajo, lo que determina un nivel de fertilidad natural medio, caracterizado por buena disponibilidad de nutrientes.

La temperatura del suelo corresponde al régimen isotérmico, es decir, que su temperatura media anual entre 13 a 22 °C entre los 50 y 100 cm de profundidad. El régimen de humedad es údico, caracterizado porque la sección de control del suelo no está seca más de 90 días acumulativos en la mayoría de los años.

Este subgrupo ocupa una superficie de 3 361,45 ha, que corresponden al 4,29 % de la superficie total del cantón. Los perfiles representativos son los codificados como PN5-P190; PN2-P178; PN7-P204 y PM4-P202. En el mapa geopedológico está representado con el símbolo (18).

f. Typic Hapludands (DHFU): Símbolo 19

Su geología corresponde a la Formación Pichilingue y se encuentran en pendientes medias a fuertes (25-70%), pertenecientes a gargantas.

Son Andisoles, que se caracterizan por ser suelos desarrollados sobre materiales piroclásticos depositados por erupciones volcánicas cuya principal característica es la variedad de material parental debido a la naturaleza de los materiales expulsados en las erupciones. El origen de estos suelos se debe al rápido enfriamiento de los materiales expulsados, que no permite la cristalización de los minerales con un alto grado de ordenación, resultando así un material vítreo o vidrio volcánico amorfo. Son de texturas francas; su drenaje natural es bueno, ya que tienen una eliminación fácil del agua de precipitación, aunque no rápidamente. Son suelos moderadamente profundos (51 a 100 cm).

Se encuentran en régimen de temperatura isohipertérmico con una temperatura mayor a 22 °C, entre los 50 y 100 cm de profundidad y en régimen de humedad údico, en donde el suelo no está seco en todo el perfil más de tres meses consecutivos la mayoría de los años.

La morfología del suelo descrito en la calicata presenta un perfil edáfico del tipo A/Bw/C/2Ab/2Bwb/2Cb. El horizonte (A) es de color gris muy oscuro, de textura franco, estructura de granular a bloques

sub-angulares de tamaño fino/delgado y grado moderado. Subyace un horizonte (Bw) de textura franco, de color pardo amarillento oscuro, estructura en bloques sub-angulares y de grado moderado; subyace un horizonte (C), de color pardo, de textura franco y estructura de masiva porosa; seguido a este un horizonte de tipo (2Ab) de estructura bloques sub-angulares, finos y de grado débil; un horizonte (2Bwb) de textura franco arcilloso, estructura bloques sub-angulares, tamaño fino/delgado y de grado moderado. Finalmente se presenta un horizonte (2Cb) de estructura masiva.

Químicamente son suelos de reacción ligeramente ácida pH (6,0), el contenido de materia orgánica es alto (7,56%) en la superficie, en el rango referencial para la costa ecuatoriana. La capacidad de intercambio catiónico es alto (22 meq/100 g) y el porcentaje de saturación de bases es medio (45,14%), lo que determina un nivel de fertilidad natural alta, caracterizado por una moderada capacidad de intercambio catiónico y una buena disponibilidad de nutrientes.

Esta unidad geomorfológica fue caracterizada por el perfil representativo PN2-P179. Estos suelos ocupan una superficie estimada en 1 381,12 ha, que representan el 1,76 % de la superficie total del cantón, en el mapa geopedológico y en la leyenda está representado por el símbolo (19).

#### 3.1.4. Medio Aluvial

Se presentan a lo largo de todo el cantón Valencia, esta unidad está dominada por la acción de los ríos San Pablo al Sur, río Quevedo, río Manguilita, río Quindigua, río Toachi, río Chilla, y río Lulú, este último atraviesa el cantón desde la parte Noreste hacia el Suroeste.

Estos cauces conjuntamente con el tipo de material presente en el cantón han dado lugar la aparición de unidades morfológicas como son: escarpes de terraza, terraza alta, terraza media, terraza baja y cauce actual y valles fluviales.

Sus características son:

- Ecología: Sábana ecuatorial.
- Formas del relieve: Escarpe de terraza, terraza alta, terraza media, terraza baja y cauce actual y valle fluvial.
- Geología: Depósitos aluviales
- Edafología: Gravas, arenas y limos
- Cobertura natural: Pastos y vegetación de tipo arbustiva.
- Uso actual de las tierras: Cultivos de cacao y banano
- Infraestructura vial y poblacional:  
Vías Principales: Vías de primer, segundo orden y caminos de verano.  
Poblados Principales: Isla Bofe, Guayacanes, Camarones, Fortaleza Manabita, Fruta de Pan, río Lulú, San Pablo, Konita, Pate.
- Peligros naturales: Inundaciones anuales en estación lluviosa.

### 3.1.4.1. Depósitos aluviales

Cantos rodados, gravas, arenas y limos (con recubrimiento parcial de ceniza volcánica en ciertas unidades).

#### a. Typic Hapludands (DHFU): Símbolo 20

Su geología corresponde a los Depósitos aluviales ubicados en el tipo de la forma de relieve denominada valle fluvial, en pendientes del 0 al 2 %.

Son suelos de origen volcánico, ubicados generalmente en regiones húmedas donde no han alcanzado a desarrollar caracteres diagnósticos de otros órdenes. Estos suelos se caracterizan por poseer altos contenidos de materia orgánica, alta capacidad de fijar fosfatos y baja densidad aparente. Presentan determinados contenidos de Aluminio y de Hierro. Tienen fuerte reacción al NaF (fluoruro de sodio) que nos indica suelos con propiedades ándicas.

En características físicas, presentan texturas franco arenosas; suelos con buen drenaje, ya que tienen fácil eliminación del agua de precipitación, aunque no rápidamente. Son suelos profundos (105 cm), en el rango de > 100 cm.

El perfil edáfico de este subgrupo taxonómico es del tipo Ap/AB/Bw/C/2Ab y presenta las siguientes características morfológicas: El color del horizonte Ap es pardo muy oscuro, el horizonte de transición AB presenta un color pardo, el horizonte cámbico Bw presentan un color pardo amarillento oscuro, el horizonte C es de color primario pardo amarillento oscuro y pardo oliva como color secundario y el horizonte enterrado 2Ab es de color pardo grisáceo muy oscuro.

El reporte de los resultados de laboratorio nos dan cuenta que son suelos de reacción ligeramente ácida pH (6,5), con niveles altos en materia orgánica (5,61 % en el rango para la costa) en la superficie, decreciendo en profundidad. La capacidad de intercambio (20,50 meq/100 g) y la saturación de bases media (49,30 %). Estos resultados permiten estimar un nivel de fertilidad natural mediana en estos suelos, caracterizado por una buena disponibilidad de nutrientes.

Los perfiles modales corresponden a los identificados con los números PM4-P193 y PN2-P180. Se estima abarcan una superficie de aproximadamente 791,10 ha que significan el 1,01 % de la superficie total del cantón. En el mapa geopedológico está representado por el símbolo (20).

b. Fluventic Dystrudepts (KGEQ) : Símbolo 21

Son suelos clasificados dentro del orden de los Inceptisoles; presentan una saturación de bases (por NH<sub>4</sub>OAc) menor de 60 % en uno o más horizontes, también presentan una disminución irregular en el contenido de carbono orgánico. Son de texturas francas en la superficie y franco arcillosas a profundidad; su drenaje natural es bueno, ya que tienen una eliminación fácil del agua de precipitación, aunque no rápidamente. Son suelos profundos (50 cm) en el rango de 21 a 50 cm.

Se encuentran en régimen de temperatura isohipertérmico con una temperatura mayor a 22 °C, entre los 50 y 100 cm de profundidad y en régimen de humedad údico, en donde el suelo no está seco en todo el perfil más de tres meses consecutivos la mayoría de los años.

Su geología pertenece a Depósitos aluviales, y se encuentran en pendientes planas (0 a 2 %), pertenecientes a las terrazas medias.

El perfil modal incluye a horizontes Ap/Bw1/Bw2/2Ab, de color pardo oscuro el horizonte Ap, color pardo amarillento oscuro el horizonte Bw1, de color pardo amarillento oscuro el horizonte Bw2, a continuación el horizonte enterrado 2Ab de color pardo oscuro.

Con los datos de laboratorio se deduce que son suelos de reacción ligeramente ácida (pH 6,2) en la superficie. Presentan un contenido alto de materia orgánica (3,55 %) en la superficie y decreciendo irregularmente a profundidad, en el rango referencial para la costa ecuatoriana. Tienen una saturación de bases baja (29,35 %) y una capacidad de intercambio catiónico alta (23 meq/100 g). Estos resultados permiten estimar un nivel medio de fertilidad natural, caracterizada por una moderada disponibilidad de los nutrientes.

El perfil representativo de este subgrupo corresponde al asignado con el número PN2-P187. Ocupa una superficie calculada en 547,26 ha que representan el 0,70 % de la superficie total del cantón, en el mapa geopedológico y en la leyenda está representado por el símbolo (21).

c. Andic Udifluvents (LDFC): Símbolo 22

Estos suelos ocupan áreas en el tipo de la forma de relieve denominada terraza media de depósitos aluviales, en pendientes planas (0 al 5%). Corresponde al Orden de los Entisoles, los cuales se caracterizan por tener muy poca o ninguna evidencia de formación o desarrollo de horizontes pedogenéticos, debido a que el tiempo de desarrollo ha sido muy corto. Presentan una ligera reacción al NaF (fluoruro de sodio) que indica suelos con propiedades ándicas. Son francos en superficie y areno francosos a profundidad, con buen drenaje es decir que la eliminación del agua es fácil aunque no rápidamente, superficiales (13 cm).

Se encuentran en régimen de temperatura isohipertérmico con una temperatura mayor a 22 °C, entre los 50 y 100 cm de profundidad y en régimen de humedad údico, en donde el suelo no está seco en todo el perfil más de tres meses consecutivos la mayoría de los años.

El perfil modal incluye a horizontes A/C1/C2 el horizonte superficial A es de color pardo amarillento oscuro con una estructura granular fuerte; al cual subyacen dos capas de texturas areno francosa y arenosa de colores pardo rojizo y rojo débil y estructura masiva porosa.

De los datos de laboratorio se deduce que, son suelos con pH prácticamente neutro (6,6), respecto al contenido de materia orgánica es alto (3,33%) según los rangos correspondientes a la costa. La saturación de bases es baja (33,41%), media capacidad de intercambio catiónico (17 meq/100 g), por lo que se deduce, que estos suelos tienen una mediana fertilidad.

Los perfiles representativos de este subgrupo corresponden a los asignados con los números PN2-P188 y PN6-P171. Ocupa una superficie calculada en 847,06 ha que representan el 1,08 % de la superficie total del cantón, en el mapa geopedológico y en la leyenda está representado por el símbolo (22).

d. Typic Hapludands (DHFU): Símbolo 23

Este subgrupo corresponde al Orden de los Andisoles, se han formado a partir de ceniza volcánica y son negros, muy untuosos y pegajosos. Se puede decir que son suelos inmaduros con débil expresión en el desarrollo de los horizontes, generalmente discontinuos en su distribución. Son de texturas francas a franco arenosas; de drenaje natural bueno, es decir eliminación fácil del agua de precipitación; profundos (100+ cm) en el rango de >100 cm. Presenta características ándicas en todo el perfil.

El perfil modal incluye a horizontes A/Bw/C/2A, de color pardo grisáceo muy oscuro en la superficie, seguido de un pardo amarillento oscuro en el Bw, pardo oliva oscuro en el C, y en el horizonte enterrado 2A pardo oscuro.

De los datos de laboratorio se deduce que son suelos de reacción medianamente ácida (pH 5,8) en la superficie e incrementándose a profundidad; el contenido de materia orgánica en la superficie es alto para la costa (4,66 %) y decreciendo en profundidad. La saturación de bases (mayor al 35 %) y la capacidad de intercambio son medias, por lo que podemos deducir, que estos suelos tienen una fertilidad natural mediana, caracterizada por una buena disponibilidad de nutrientes.

Se ubican en régimen de temperatura isohipertérmico, es decir, que su temperatura media anual es superior a 22 °C entre los 50 y 100 cm de profundidad. El régimen de humedad es údico, caracterizado porque la

sección de control del suelo no está seca más de 90 días acumulativos en la mayoría de los años.

Los perfiles representativos de este subgrupo corresponden a los asignados con los números PN5-P185; PN5-P194; PN6-P157; PN7-P196 y PM4-P194. Ocupa una superficie calculada en 2 204,69 ha que representan el 2,82 % de la superficie total del cantón. En el mapa geopedológico está representado con el símbolo (23).

e. Andic Dystrudepts (KGEF): Símbolo 24

Este subgrupo pertenece al Orden de los Inceptisoles, los cuales se caracterizan por tener un incipiente desarrollo pedogenético, dando lugar a la formación de algunos horizontes alterados, en su perfil incluye un horizonte de diagnóstico B cámbico. A nivel de subgrupo presentan una fuerte reacción al Floruro de Sodio (NaF), que nos indica suelos con propiedades ándicas.

La morfología del suelo descrito en calicata presenta un perfil edáfico del tipo Ap/Bw1/Bw2/C, profundo (101 cm) en el rango mayor a 100 cm, de buen drenaje. Se caracteriza por incluir un horizonte superficial (Ap) de 20 cm de espesor. Es de color gris muy oscuro; de textura franca; de estructura bloques sub-angulares de tamaño fino y grado moderado. Subyacen horizontes cámbicos: (Bw1) de aproximadamente 15 cm de espesor, de textura franco limosa; de color pardo grisáceo oscuro; estructurado en bloques sub-angulares, de tamaño fino a medio y grado moderado; (Bw2) de aproximadamente 20 cm de espesor, de textura franco limosa; de color pardo amarillento; estructurado en bloques sub-angulares, de tamaño medio y grado moderado. En último lugar el horizonte (C) de aproximadamente 45 cm de espesor, de textura arenosa; de color pardo oliva claro; sin estructurado, masiva.

Químicamente son suelos de reacción prácticamente neutra en la superficie y profundidad pH (6,8-7,1), con niveles altos en materia orgánica (5,08 % en el rango para la costa) en la superficie, decreciendo a niveles bajos en el horizonte subsiguiente. La capacidad de intercambio (30,0 meq/100 g) es alta y la saturación de bases (44,2 %) media. De estos análisis se deduce un nivel de fertilidad natural alta. Son suelos de buenas características físicas y químicas. Presentan un ligeras limitaciones en estos suelos por pendiente hasta el 5 %.

Se localizan en régimen de temperatura del suelo isohipertérmico caracterizado por presentar una temperatura de más 20/22° C entre 50 y 100 cm de profundidad, durante todo el año con una variación muy débil, y en régimen de humedad údico que nos indica que el suelo no está seco en todo el perfil más de tres meses consecutivos la mayoría de los años.

Se estima abarcan una superficie de aproximadamente 903,90 ha que significan el 1,15 % de la superficie total del cantón. Los perfiles

modales corresponden a los identificados con los números PN7-P198 y PN7-P209 ubicados en las formas de relieve denominadas terraza alta y media, en pendientes del 0 al 5 %. En el mapa geopedológico está representado con el símbolo (24).

f. Typic Hapludands (DHFU): Símbolo 25

Son suelos clasificados dentro del orden de los Andisoles, se han formado a partir de ceniza volcánica y son negros, muy untuosos y pegajosos. Se puede decir que son suelos inmaduros con débil expresión en el desarrollo de los horizontes, generalmente discontinuos en su distribución. Son de texturas francas en la superficie y franco arenosas a profundidad; su drenaje natural es bueno, ya que tienen una eliminación fácil del agua de precipitación, aunque no rápidamente. Son suelos moderadamente profundos (55 cm) en el rango de 51 a 100 cm.

Su geología pertenece a Depósitos aluviales, y se encuentran en pendientes muy suaves a medias (2 a 25 %), pertenecientes a las terrazas altas y escarpe de terrazas.

El perfil modal incluye a horizontes Ap/Bw/BC/C, de color pardo grisáceo muy oscuro el horizonte A, color pardo grisáceo oscuro el horizonte Bw, color pardo oliva el horizonte de transición BC y colores pardo oscuro a pardo oliva el horizonte C.

Con los datos de laboratorio se deduce que son suelos de reacción medianamente ácida (pH 5,6) en la superficie. Presentan un contenido alto de materia orgánica (5,06 %) en la superficie y decreciendo a profundidad, en el rango referencial para la costa ecuatoriana. Tienen una saturación de bases baja (18,00 %) y una capacidad de intercambio catiónico media (20 meq/100 g). Estos resultados permiten estimar un nivel mediano de fertilidad natural, caracterizada por una buena disponibilidad de los nutrientes.

Se localizan en régimen de temperatura del suelo isohipertérmico, es decir, que su temperatura media anual es mayor a 22 °C, entre los 50 y 100 cm de profundidad, con una variación muy débil. El régimen de humedad es údico, lo que indica que el perfil del suelo no está seco en todo el perfil más de tres meses consecutivos la mayoría de los años.

El perfil representativo de este subgrupo pertenece al PN6-P164. Estos suelos ocupan una superficie calculada en 802,77 ha que representan el 1,03 % de la superficie total del cantón. En el mapa geopedológico y en la leyenda está representado por el símbolo (25).

### 3.2. Resumen órdenes de suelos

En el cantón Valencia se observó un paisaje caracterizado por relieves montañosos; colinados altos y medios; superficies, vertientes y abruptos de cono de deyección; superficies, vertientes y abruptos de cono de esparcimiento; superficies muy disectadas, disectadas y poco disectadas; gargantas; valles fluviales, terrazas medias y altas. En cuanto a los suelos se identificaron: Andisoles, Inceptisoles y Entisoles.

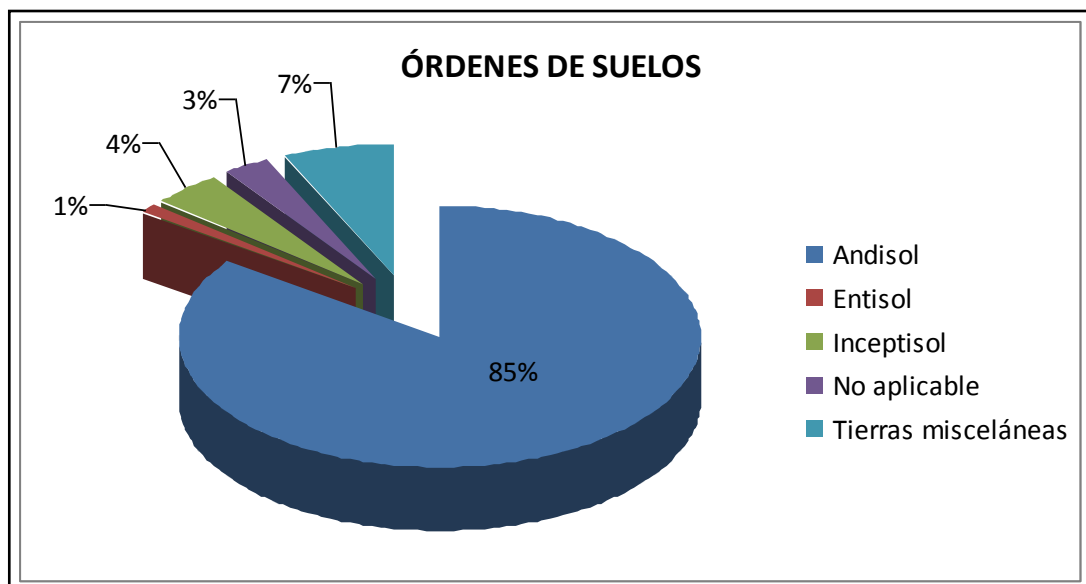
#### 3.2.1. Perfiles

Para la caracterización edafológica del cantón Valencia se realizaron 55 perfiles modales los cuales están detallados en las fichas, tal y como se lo puede encontrar en el Anexo 3.

#### 3.2.2. Localización y Superficies

El cantón Valencia, ocupa 78 273,14 ha de superficie intervenida; donde predominan ampliamente suelos del orden de los Andisoles con 84,74 %, seguidos de los Inceptisoles con 4,32 % y finalmente los Entisoles con el 1,08 tal como lo muestra el Gráfico 3.1.

**Gráfico 3.1.** Porcentaje de ocupación de los suelos a nivel de Orden

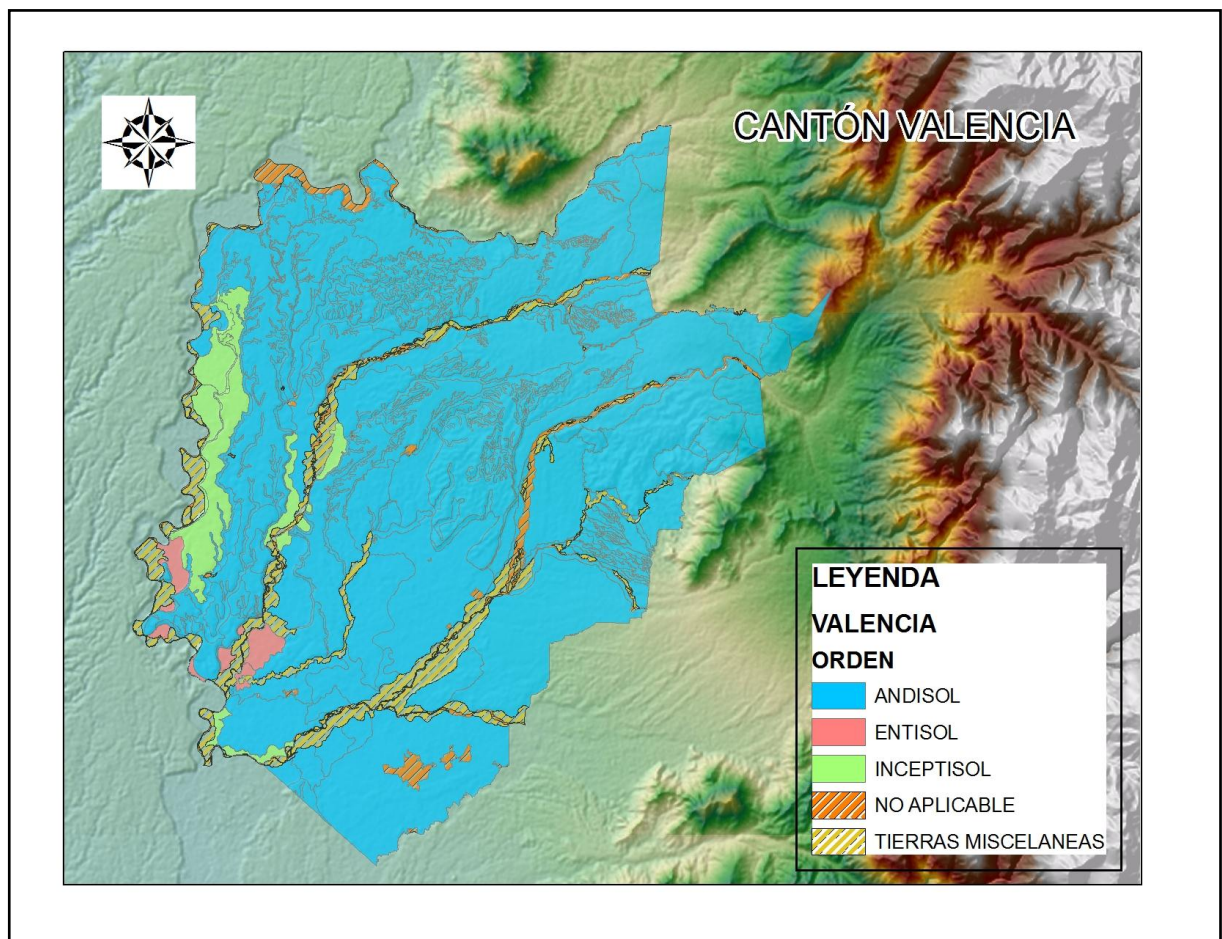


Fuente: IEE-MAGAP (CGSIN), 2013

**Cuadro 3.2.** Órdenes de suelos

Orden de Suelos Soil Survey Staff,2006	(ha)	%*
Andisol	66 330,79	84,74
Entisol	847,06	1,08
Inceptisol	3 384,84	4,32
No aplicable**	2 357,57	3,01
Tierras misceláneas***	5 352,88	6,84
* El porcentaje es calculado en relación al área total del cantón 78 273,14 ha		
** Zonas urbanas, ríos dobles y simples		
*** Tierras que no están caracterizadas como unidades de suelos		

Fuente: Mapa geopedológico 1: 25 000 IEE-MAGAP (CGSIN), 2013.

**Figura 3.2.** Ubicación geográfica de órdenes de suelos

Fuente: IEE-MAGAP (CGSIN), 2013.

### 3.2.2.1. Inceptisoles

Los principales Subgrupos de los Inceptisoles encontrados en el cantón pertenecen a un sub orden, y un gran grupo.

Los Inceptisoles, con 3 384,84 ha, representan un 4,32% del área total, se encuentran espacialmente distribuidos en superficies poco disectadas, vertientes de llanura antigua, terrazas medias y altas. Figura 3.2.

**Cuadro 3.3.** Inceptisoles en el cantón Valencia

Orden	Suborden	Gran Grupo	Subgrupo	ha
Inceptisol	Udepts	Dystrudepts	Andic Dystrudepts	2 837,58
			Fluventic Dystrudepts	547,26
<b>Total</b>				<b>3 384,84</b>

Fuente: IEE-MAGAP (CGSIN), 2013.

Estos son suelos francos a franco limosos, bien drenados, moderadamente profundos a profundos, pH ligeramente ácido a prácticamente neutro, y de fertilidad alta a mediana.

El principal grande grupo se describen a continuación:

Dystrudepts, estos son Inceptisoles que presentan un horizonte cámbico, con baja saturación de bases (menor al 60%). A nivel de subgrupo se diferencian por aquellos que presentan características ándicas, con reacción al NaF (subgrupo Andic), y una disminución irregular del contenido de carbono orgánico entre una profundidad de 25 y 125 cm (subgrupo Fluventic).

### 3.2.2.2. Andisoles

El Subgrupo de los Andisoles encontrado en Valencia pertenece a un solo suborden, y a un gran grupo, como se muestra a continuación:

**Cuadro 3.4.** Andisoles en el cantón Valencia

Orden	Suborden	Gran Grupo	Subgrupo	ha
Andisol	Udands	Hapludands	Thaptic Hapludands	1 496,14
			Typic Hapludands	64 834,65
<b>Total</b>				<b>66 330,79</b>

Fuente: IEE-MAGAP (CGSIN), 2013.

Los Andisoles con un área de 66 330,79 ha, representan el 84,74 % del área total del cantón Valencia; se encuentran espacialmente distribuidos en todas las geformas presentes en el cantón. Figura 3.2.

El principal grande grupo se describen a continuación:

Hapludans, estos son Andisoles que presentan características mínimas de sus horizontes en régimen de humedad údico, con baja saturación de bases (menor al 60%). A nivel de subgrupo se diferencian aquellos que a una profundidad de 25 a 100 cm, una capa de 10 cm como mínimo con más de 3 % de carbono orgánico (subgrupo Thaptic), y aquellos que no muestran ninguna característica en especial (subgrupo Typic).

### 3.2.2.3. Entisoles

El principal Subgrupo de los Entisoles encontrados en el cantón pertenece a un subórden, y a un gran grupo como se muestra a continuación:

**Cuadro 3.5.** Entisoles en el cantón Valencia

Orden	Suborden	Gran Grupo	Subgrupo	ha
Entisol	Fluents	Udifuents	Andic Udifuents	847,06
<b>Total</b>				847,06

Fuente: IEE-MAGAP (CGSIN), 2013.

Los Entisoles con un área de 847,06 ha, representan el 1,08 % del área total del cantón Valencia; se encuentran espacialmente distribuidos en el medio alvial, especialmente en las terrazas. Figura 3.2.

Estos son suelos francos a franco arenosos, bien drenados, moderadamente profundos a superficiales, pH ligeramente ácido a prácticamente neutro, y de fertilidad mediana.

El principal gran grupo se describe a continuación:

Udifuents, los cuales se caracterizan por tener un origen fluvial en régimen de humedad údico. A nivel de subgrupo se presentan aquellos que presentan características ácidas con reacción al NaF o Fluoruro de Sodio (subgrupo Andic).

## CONCLUSIONES

- Los suelos del Cantón Valencia se clasifican en Inceptisoles caracterizados por tener un incipiente desarrollo pedogenético, dando lugar a la formación de algunos horizontes alterados, en su perfil incluye un horizonte de diagnóstico B cámbico, correspondiéndole un (4,32 %), distribuidos superficies poco disectadas, vertientes de llanura antigua, terrazas medias y altas.
- El orden de los Andisoles, correspondientes al (84,74 %) del área total, se caracterizan por presentar características ándicas procedentes de material piroclástico depositado en las erupciones volcánicas del Holoceno, con fuerte reacción al Floruro de Sodio o NaF. Son los suelos más abundantes en este cantón distribuidos en casi todo el cantón y encontrándose en todas las geoformas del mismo.
- Los Entisoles, representan un (1,08 %) con menor presencia dentro del cantón; caracterizados por tener muy poca o ninguna evidencia de formación o desarrollo de horizontes pedogenéticos, debido a que el tiempo de desarrollo ha sido muy corto, se encuentran distribuidos en el medio aluvial, especialmente en las terrazas.

#### **IV. RECOMENDACIONES**

- Impulsar de una manera adecuada el acceso a la información generada a los gobiernos seccionales para que puedan desarrollar planes de desarrollo agrícola, turístico, pecuario, etc., con el fin de implementar medidas políticas y económicas para desarrollar los diferentes planes.
- Emplear la información geopedológica generada para alentar los planes de desarrollo, procesos de valoración de tierra, planes de ordenamiento territorial, plan de manejo ambiental, zonificaciones agro ecológicas, etc., por medio de los gobiernos autónomos descentralizados.
- Recomendar a los centros de investigaciones para que la información geopedológica generada se utilice en investigaciones aplicadas a la temática de manejo y conservación del recurso suelo.
- Utilizar los datos de laboratorio ya que pueden dar indicativos generales sobre el estado químico de los suelos.

## V. BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

1. Ayala, F.; Olcina, J. 2002. *Riesgos naturales*. Barcelona, ES, Ediciones Ariel. p. 870.
2. Alexander, M. 1980. *Introducción a la Microbiología del Suelo*. México, D.F., MX, Libros y editoriales S.A. p. 142, 243.
3. Baccaro, K.; Degorgue, M.; Lucca, M. 2006. *Calidad del agua para consumo humano y riego en muestras del cinturón hortícola de Mar del Plata*. Argentina, INTA. 100 p.
4. Bautista, F.; Palacios, G. 2005. *Caracterización y manejo de los suelos de la Península de Yucatán: implicaciones agropecuarias, forestales y ambientales*. México, Universidad Autónoma de Campeche, Universidad Autónoma de Yucatán, INE-Semarnat, Conacyt. s.p.
5. Brady, N. y Weil, R. 2008. *The nature and properties of soils*. 14th ed. New Jersey, US. p. 337-344.
6. Buol, S.; Sánchez, R.; Cate, B.; Granger, M. 1975. *Clasificación de suelos en base su fertilidad*. Universidad Estatal de Carolina de Norte, US.
7. Casanova, M.; Vera, W. 2004. *Edafología, guía de clases prácticas*. Universidad de Chile. p. 51.
8. CLIRSEN (Centro de Levantamientos Integrados de Recursos Naturales por Sensores Remotos); PRONAREG (Programa Nacional de Regularización); INERHI (Instituto Nacional Ecuatoriano de Recursos Hídricos); DINAC (Dirección Nacional de Avalúos y Catastros); SECS (Sociedad Ecuatoriana de la Ciencia del Suelo); Universidad Central del Ecuador. 1990. *Manual para estudios de suelos*. Quito, EC. p. 36-44
9. CODIGEM (Corporación de Desarrollo e Investigación Geológico-Minera-Metalúrgica). 1973. *Hoja Geológica: Chone (hoja 12)*. Quito, EC. Esc. 1: 100 000. Color.
10. Cortés, A.; Malagón, D. 1983. *Levantamientos de suelos y sus aplicaciones multidisciplinarias*. Mérida, Venezuela, Centro Interamericano de Desarrollo Integral de Aguas y Tierras. 409 p. (Serie Suelos y Clima SC-58).
11. Cuello, M. 2003. *Estimación de la producción y transporte de sedimentos en la cuenca alta del río Yaque del norte y del río Guanajuma República Dominicana*. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 8 p.
12. De La Rosa, D. 2008. *Evaluación agro-ecológica de suelos*. Madrid, ES, Ediciones Mundi-Prensa. 404 p.
13. Derruau, M. 1970. *Geomorfología*. Barcelona, ES, Ariel S.A.
14. Dorronsoro, C. s.f. *Clasificación y cartografía de suelos*. España, Departamento de Edafología y Química Agrícola, Universidad de Granada. Internet. [www.edafologia.ugr.es/carto](http://www.edafologia.ugr.es/carto). Acceso: enero 2009.
15. Duch, J; Bayona, A; Labra, C; Gama, A. sf. *Sistema de evaluación de tierras para la determinación del uso potencial agropecuario y forestal de México*. 30 p.
16. Duque P. 2000. *Léxico Estratigráfico del Ecuador*. Quito, EC, CODIGEM.

- 17.Elizalde, G. y Vilorio, J. 2001. Lectura de mapas y ubicación de suelos. Universidad Central de Venezuela, Facultad de Agronomía, Departamento de Edafología. 4 p. (Práctica N° 12).
- 18.Espinosa, N. 1998. Modelo agrológico para la costa sur ecuatoriana. Quito, EC, CLIRSEN. s.p.
- 19.FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 2001. Indicadores de la calidad de la tierra y su uso para la agricultura sostenible y el desarrollo rural: Evaluación de los recursos de la tierra y la función de sus indicadores (en línea). Boletín de tierras y aguas de la FAO No. 5. Roma. Consultado 11 de junio del 2010. Disponible en <http://www.fao.org/DOCREP/004/W4745S>
- 20.\_\_\_\_\_. 2003. Proyecto regional "Ordenamiento territorial rural sostenible": evaluación de tierras con metodologías de FAO. Santiago, CL. p. 9.
- 21.\_\_\_\_\_. 2009. Guía para la descripción de suelos. Trad. R. Vargas. 1 ed. Roma. 99 p.
- 22.Farr, T. 2008. The shuttle radar topography mission. California, USA, Institute of Technology.
- 23.Felicísimo, A. 2004. Modelos digitales del terreno introducción y aplicaciones en las ciencias ambientales. Internet. [www.etsimo.uniovi.es](http://www.etsimo.uniovi.es). Acceso: junio 2009.
- 24.Forsythe, W. 1995. Manual de laboratorio de física de suelos. San José, CR, IICA. p. 42.
- 25.Foucault, A. y Raoult, J-F. 1985. Diccionario de Geología. 1 ed. Barcelona, ES, Editora Masson S.A.
- 26.Fuentes, J. 1999. El suelo y los fertilizantes. 5 ed. Madrid, ES, Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación, Ediciones Mundi- Prensa. p. 216-283.
- 27.Gallardo, L.; Gonzáles, M.; Pérez, C. 2002. La materia orgánica del suelo y sus repercusiones ambientales. Portoviejo, EC, SECS. p. 15-18. (Memoria técnica).
- 28.García, I.; Dorronsoro, C. 2010. Contaminación del suelo. España, Departamento de Edafología y Química Agrícola, Universidad de Granada España, Unidad docente e investigadora de la Facultad de Ciencias. Internet. [www.edafologia.ugr.es](http://www.edafologia.ugr.es).
- 29.Gavande, S. 1993. Física de suelos, principios y aplicaciones. Editorial Limusa-Wiley S. A. p. 34.
- 30.González, A. 1976. Características químicas y físicas de dos suelos cultivados en la provincia de Sevilla. Sevilla, ES, Centro de Edafología y Biología Aplicada del Cuarto. 49 p.
- 31.\_\_\_\_\_. Maldonado, F.; Mejía, L. 1986. Memoria explicativa del mapa de suelos del Ecuador. Quito, EC, Sociedad Ecuatoriana de la Ciencia del Suelo. 41 p.
- 32.\_\_\_\_\_. Acosta, J; Andrade, S. 2008. Evaluación de las inundaciones de la cuenca baja del río Guayas datos y manejo. In XI Congreso Ecuatoriano de la Ciencia del Suelo. Quito, EC. p 4.
- 33.Guarachi, E. 2001. Clasificación de tierras según su capacidad de uso mayor en el distrito de Machaca, provincia de Ayopaya. Tesis de maestría profesional en suelos. BO, CLAS. p. 16,18.
- 34.Gutiérrez, M. 2008. Geomorfología. Madrid, ES, Pearson Educación S.A.

35. Ibañez, J. 2008. Tipos de suelos salinos. Internet. [www.madridmasd.org](http://www.madridmasd.org). Acceso: enero 2010.
36. ICA (Instituto Colombiano Agropecuario). 1992. Fertilización en diversos cultivos. 5 Aprox. Bogotá, CO, Subgerencia de Investigación, Sección Recursos Naturales, Centro de Investigación Tibaitatá. 64 p. (Manual de Asistencia Técnica N° 25).
37. IGAC (Instituto Geográfico Agustín Codazzi, CO). 1973a. Métodos analíticos del laboratorio de suelos. 3 ed. Bogotá, Ministerio de Hacienda y Crédito Público. 153 p.
38. \_\_\_\_\_. 1973b. Programa Nacional de Inventario y Clasificación de Tierras. Bogotá, Ministerio de Hacienda y Crédito Público. p. 33-35.
39. INAB (Instituto Nacional de Bosques). sf. Clasificación de tierras por capacidad de uso. GT. p. 9, 12.
40. INPOFOS (Instituto de la Potasa y el Fósforo). 1997. Manual internacional de fertilidad de suelos. Norcross, USA, Potash & Phosphate Institute. p. 1-9.
41. \_\_\_\_\_.; SECS (Sociedad Ecuatoriana de la Ciencia del Suelo). 1998. Memorias del seminario internacional de fertigación. Editor José Espinosa. Quito, INPOFOS, SECS. p. 180-193.
42. INIAP (Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias, EC). 2000. Metodologías de análisis físico químico de suelos, aguas y foliares. Preparado por S. Alvarado. Quito, Estación Experimental Santa Catalina, Laboratorio del Departamento de Manejo de Suelos y Aguas. 60 p.
43. \_\_\_\_\_. 2006a. Metodologías de: Química de suelos. Comp. Y. Cartagena. Quito, Estación Experimental Santa Catalina, Departamento de Manejo de Suelos y Aguas. 41 p.
44. \_\_\_\_\_. 2006b. Metodologías de: Física de suelos. Comp. Y. Cartagena. Quito, Estación Experimental Santa Catalina, Departamento de Manejo de Suelos y Aguas. 51 p.
45. \_\_\_\_\_. 2008. Metodologías de: Física de suelos. Quito, Estación Experimental Santa Catalina, Departamento de Manejo de Suelos y Aguas. 94 p.
46. \_\_\_\_\_. 2009. Niveles para la Interpretación de análisis de suelos. Quito, Estación Experimental Santa Catalina, Laboratorio del Departamento de Manejo de Suelos y Aguas. (Hoja de interpretación oficial).
47. Israelsen, O.; Hansen, V. 1985. Principios y aplicaciones de riego. Editorial Reverté. Barcelona, ES. Internet: <http://books.google.com.ec>. Acceso: Junio 2010. p. 221.
48. Jordán, A. 2010. Manual de Edafología. Universidad de Sevilla. 7 p.
49. Juárez, M.; Sánchez J.; Sánchez, A. 2006. Química del suelo y medio ambiente. Universidad de Alicante. 743 p.
50. Jarvis, A. 2004. Practical use of SRTM data in the tropics—comparisons with digital elevation models generated from cartographic data. CIAT. (Working document No. 198).
51. López, C. 2005. El establecimiento de geoparques en México: un método de análisis geográfico para la conservación de la naturaleza en el contexto del manejo de cuencas hídricas. INE (Instituto Nacional de Ecología, MX). Dirección General de Investigación

- de Ordenamiento Ecológico y Conservación de Ecosistemas - Dirección de manejo integral de cuencas hídricas.
52. Luzuriaga, C.; Mendoza, E. 1992. Métodos de análisis: suelos y foliares. Tumbaco, EC, MAG-ORSTOM. p. 41-48.
  53. \_\_\_\_\_. 2001. Curso de edafología general. Quito, EC, Instituto Agropecuario Superior Andino, Facultad de Ciencias Agrícolas. p. 33-34.
  54. MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería, EC); ORSTOM (Office de la Recherche Scientifique Et Technique Outre-Mer). 1980. Leyenda de los mapas de suelos de la sierra. Quito, PRONAREG. Esc. 1: 50 000. 12 p.
  55. \_\_\_\_\_. 1982. Leyenda de los mapas morfopedológicos del Ecuador. Quito, PRONAREG. Esc. 1: 200 000.
  56. \_\_\_\_\_.; IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura); CLIRSEN (Centro de Levantamientos Integrados de Recursos Naturales por Sensores Remotos, EC). 2002. Proyecto de generación de información georeferenciada para el desarrollo sustentable del sector agropecuario. Quito, EC. (Informe Final).
  57. \_\_\_\_\_.; PRAT (Programa de Regulación y Administración de Tierras Rurales, EC). 2008. Metodología de valoración de tierras. Quito. p. 88, 129.
  58. MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería, CR); MIRENEM (Ministerio de Recursos Naturales Energía y Minas, CR). 1995. Metodología para la determinación de la capacidad de uso de las tierras de Costa Rica. p 23-25.
  59. Mejía, L. 1997. Mapa general de clasificación por capacidad-fertilidad: suelos del Ecuador. Quito, EC, Fundación Peña Durini, INPOFOS, IGM, IPGH. 57 p.
  60. \_\_\_\_\_. 2009. Manual para el levantamiento de suelos de la cuenca del río Guayas: enfoque fisiográfico. Quito, EC. 50 p.
  61. Miller, A. 1982. Climatología. 5 ed. Barcelona, ES. p 15.
  62. Moreno, A. 2008. Sistemas y análisis de la información geográfica: manual de autoaprendizaje con ArcGis. 2 ed. México D.F., Alfaomega Grupo Editor, S.A. de C.V. 940 p.
  63. Muñoz, C. s.f. Métodos de análisis físicos-químicos de suelos. Quito, EC. p. 17-18.
  64. Narro, E. 1994. Física de Suelos: con enfoque agrícola. 1 ed. México D.F., MX. Editorial Trillas. p. 33, 46.
  65. Navarro, G.; Navarro, S. 2003. Química Agrícola: el suelo y los elementos químicos esenciales para la vida vegetal. 2 ed. Madrid, ES, Ediciones Mundi-Prensa. 487 p.
  66. Osorio, N. s.f. Muestreo de suelos. Medellín, CO, Universidad Nacional de Colombia. s.p.
  67. Padilla, W. 2007. Fertilización del suelo y nutrición vegetal. Cuarta edición. Quito, EC, Agrobiolab. 1 disco compacto.
  68. Pereira, J. 2000. Clasificación de tierras según su capacidad de uso mayor en la cuenca Viloma (Método T. C. Sheng). Tesis maestría profesional en: Información de suelos para el manejo de recursos naturales. BO, CLAS. 4 p.

- 69.PMA: GCA (Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas). 2007. Movimientos en masa en la región andina: una guía para la evaluación de amenazas. Servicio Nacional de Geología y Minería, Publicación Geológica Multinacional, No.4. 432 p. (1 CD-ROM).
- 70.Porta, J.; López-Acevedo, M. 2003. Edafología para la agricultura y el medio ambiente. 3 ed. Madrid, España, Ediciones Mundi-Prensa. p. 38.
- 71.\_\_\_\_\_; Acevedo, M. 2005. Agenda de campo de suelos. Madrid, ES, Ediciones Mundi-Prensa. p. 138, 541.
- 72.\_\_\_\_\_; López-Acevedo, M. y Poch, R. 2008. Introducción a la edafología: uso y protección del suelo. Madrid, ES, Ediciones Mundi-Prensa. p. 235; 345-359.
- 73.Richards, L. 1970. Diagnóstico y rehabilitación de suelos salinos y sódicos. México, Centro Regional de Ayuda Técnica. 169 p.
- 74.Richters, E. 1995. Manejo del uso de la tierra en América Central hacia el aprovechamiento sostenible del recurso tierra. San José, CR. p. 169.
- 75.Rioduero. 1972. Geología y mineralogía. Madrid, ES, Ediciones Rioduero.
- 76.Romer H. 1969. Fotogeología aplicada. Buenos Aires, Argentina, Editorial Universitaria.
- 77.Rossiter, D. 1996. Evaluación de tierras: éxitos y retos. XIII Congreso Latino Americano de la Ciencia del Suelo. Sao Paulo, Brasil. s.p.
- 78.\_\_\_\_\_. 1999. Notas de conferencia: bases de datos geográficos de suelos y el uso de programas para su construcción. Trad. R. Vargas 1 ed. en español 2006. ITC (International Institute for Geo-information Science & Earth Sciences), Universidad Mayor de San Simón-Centro Clas. 58 p.
- 79.\_\_\_\_\_. 2000. Metodologías para el levantamiento del recurso suelo: texto base. Trad. R. Vargas 2004. ITC, Soil Science Division. s.p.
- 80.Sánchez, J. s.f. Proceso de rectificación de una imagen aérea para obtener una ortoimagen digital.
- 81.Soil Survey Staff. 1993. Soil survey manual. Soil Conservation Service. U.S. Department of Agriculture Handbook 18. Internet. [www.soils.usda.gov/technical/manual](http://www.soils.usda.gov/technical/manual). 22p
- 82.\_\_\_\_\_. 1999. Soil Taxonomy: a basic system of soil classification for making and interpreting soil surveys. U.S. Department of Agriculture Handbook 10, 436. 869 p.
- 83.\_\_\_\_\_. 2006. Claves para la taxonomía de suelos. Trad. S. Ortiz y Ma. del C. Gutiérrez. 1 ed. en español 2006. Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, Servicio de Conservación de Recursos Naturales. 331 p.
- 84.Tarback E.; Lutgens F. 2008. Ciencias de la tierra (una introducción a la geología física). 8 ed. España, Editorial Prentice Hall.
- 85.Torres, E. 1981. Manual de conservación de suelos agrícolas. 1 ed. México. Editorial Diana. p. 29-31, 73.
- 86.Thompson, L.; Troeh, F. 1988. Los suelos y su fertilidad. 4 ed. Barcelona, ES, Editorial Reverté S.A. 649 p.
- 87.UMACPA (Unidad de Manejo de la Cuenca del Río Paute). 1985. Manejo de la Cuenca del Río Paute. Ecuador. 151 p.

88. Urbano, P. 1992. Tratado de fitotecnia general. Madrid, ES. Ediciones Mundi-Prensa. Internet: <http://books.google.com.ec>. Acceso: Junio 2010. p. 34.
89. Van Zuidam, R.A. 1985. Aerial photo-interpretation in terrain analysis and geomorphologic mapping. Netherlands, Printed Smith Publishers.
90. Villota, H. 1991. Geomorfología aplicada a levantamientos edafológicos y zonificación física de las tierras. Bogota D.C., CO, IGAC. 211 p.
91. Whitten D.; Bropks, J. 1980. Diccionario de geología. 1 ed. en castellano. Madrid, ES, Editorial Alianza.
92. Winckell, A.; Zebrowski, C.; Sourdat, M. 1997a. Los paisajes naturales del Ecuador. Quito, EC, CEDIG, IPGH, ORSTOM, IGM. v. 2 (Geografía Básica del Ecuador), tomo 4 (Geografía Física), 417 p.
93. \_\_\_\_\_; Marocco, R.; Winter, T.; Huttel, C.; Pourrut, P.; Zebrowski, C.; Sourdat, M. 1997b. Las condiciones del medio natural. Quito, EC, CEDIG, IPGH, ORSTOM, IGM. v. 1 (Geografía Básica del Ecuador), tomo 4 (Geografía Física), 159 p.
94. Yugcha, T. 1992. Mapa de aptitudes agrícolas (escritos personales). Quito, EC, MAG.

## VII. ANEXOS

### **Anexo 1.** Glosario de términos técnico de suelos.

**Absorción.-** El proceso por el cual una sustancia es absorbida e incluida dentro de otra sustancia. Un ejemplo es la absorción de gases, agua, nutrientes u otras sustancias por las plantas.

**Acidez activa.-** Actividad (concentración) de iones hidrógeno en la fase acuosa del suelo. Se mide y expresa como un valor de pH.

**Acidez.-** Medida de la actividad de los iones hidrogeno y aluminio en un suelo húmedo. Por lo general se expresa como valor de pH.

**Adherencia.-** Atracción molecular entre superficies que mantiene las sustancias juntas. El agua se adhiere a las partículas de suelo.

**Adhesividad.-** Cualidad por la cual los materiales del suelo en estado muy húmedo se adhieren a otros objetos.

**Adsorción.-** La retención de una sustancia en la superficie de un sólido o un líquido.

**Agregado.-** Unión de partículas individuales de arena, limo y arcilla para formar una partícula más grande. Los agregados pueden presentarse en forma de esferas, bloques, láminas, prismas o columnas. Es un grupo de partículas de suelo que forman un ped.

**Agua Disponible.-** La porción de agua del suelo que puede ser fácilmente absorbida por las raíces. Se considera también que es el agua retenida en el suelo a una presión de aproximadamente 15 bares.

**Alcalino.-** Sustancia que contiene o libera un exceso de hidroxilos (OH).

**Aluminio intercambiable.-** Aluminio que ocupa sedes de intercambio. Se extrae con sal neutra no tamponada (KCL 1M; CaCl<sub>2</sub> o BaCl<sub>2</sub>).

**Aluvial.-** Depositado por agua de río.

**Análisis de suelo.-** Un análisis químico de la composición de suelo, generalmente destinado a estimar la disponibilidad de los nutrientes, pero que también incluye mediciones de acidez o alcalinidad y conductividad eléctrica.

**Arcilla.-** Partículas cristalinas inorgánicas (coloides inorgánicos) presentes en el suelo y en otras partes de la corteza terrestre. Las partículas de arcilla tienen un diámetro menor a 0,002 milímetros.

**Arena.-** Una partícula inorgánica de fase sólida con un tamaño que varía entre 2,00 mm y 0,05 mm de diámetro.

**Arenisca.**- Roca sedimentaria de la clase de las arenitas. Coherente. Constituida principalmente por granos de arena (85 % o más). Puede estar cementada por carbonato cálcico, sílice o por óxidos de hierro.

**Arena fina.**- Partículas comprendidas entre 0,2 y 0,02 mm de diámetro.

**Arena gruesa.**- Partículas comprendidas entre 2 y 0,2 mm de diámetro.

**Base.**- Sustancia que reacciona con los iones  $H^+$  o que libera iones hidroxilo; una sustancia que neutraliza ácidos y eleva el pH.

**Base intercambiable.**- Cation adsorbido en el coloide del suelo, pero que puede ser reemplazado por hidrógeno u otros cationes.

**Calidad del suelo.**- Capacidad de un suelo para funcionar dentro de los límites naturales y antrópicos del ecosistema, sustentar su productividad vegetal y animal, mantener o mejorar la calidad del agua y aire, y soportar la habilidad y salud del hombre.

**Capacidad de uso.**- Aptitud de un suelo para un uso agrícola general o no-específico de la tierra.

**Capa arable.**- Se refiere a la capa superficial del suelo donde se ubica el mayor contenido de materia orgánica del perfil.

**Capacidad de campo.**- Porcentaje de agua que permanece en el suelo dos o tres días después de haber sido saturado y después que se ha detenido todo el drenaje libre. No es un parámetro exacto.

**Capacidad de intercambio aniónico.**- La suma total de aniones intercambiables que un suelo puede adsorber.

**Capacidad de intercambio catiónico (CIC).**- La suma total de iones intercambiables que un suelo puede adsorber ó potencial total de los suelos para adsorber cationes, expresado en miligramos equivalentes por 100 g de suelo.

**Capacidad de intercambio catiónico efectiva (CICE).**- CIC determinada al pH del suelo, para afectar poco el complejo adsorbente. Se puede calcular sumando el contenido de cationes básicos de cambio (Ca, Mg, Na, K) y la acidez de cambio.

**Capilaridad.**- Fuerzas entre las superficies del agua y de los sólidos en los poros pequeños (capilares) del suelo.

**Características del suelo.**- Atributo medible o estimable, bien en campo o en laboratorio, que se utiliza como criterio de diagnóstico en el proceso de evaluación de suelos.

**Catión.**- Un átomo o un grupo de átomos o compuestos que tienen una carga eléctrica positiva como consecuencia de la pérdida de electrones.

**Cohesión.**- Propiedad que tienen las partículas del suelo para unirse entre sí para formar agregados.

**Cole.**- (coeficiente de extensibilidad lineal): La razón de la diferencia entre las longitudes de un terrón mojado y seco con su longitud cuando está seco. Esa medida tiene correlación con el cambio en volumen de un suelo al mojarse y secarse.

**Coloide.**- Material inorgánico y orgánico con partículas de tamaño muy pequeño, por tanto con gran área superficial, que usualmente presentan propiedades de intercambio ó Partículas orgánicas o inorgánicas del diámetro menor a 0.002 milímetros. Los coloides tienen un área superficial muy grande y a menudo muy reactiva.

**Coluvión.**- (derrubio): Detritos acumulados al pie de una cuesta empinada.

**Complejo de intercambio.**- Todos los materiales (arcilla, humus) que contribuyen con carga a la capacidad de intercambio del suelo.

**Concentraciones Redox.**- Edaforasgos de acumulación, segregaciones de hierro y manganeso. Pueden distinguirse: nódulos (sin organización interna visible), concreciones (con capas concéntricas visibles), masas no cementadas (concreciones deleznales) y revestimientos en poros (revestimientos de superficies o impregnaciones en la matriz adyacentes).

**Concreción.**- Agregado que se forma a consecuencia de la precipitación sucesiva de algunos compuestos químicos alrededor de un núcleo.

**Conductividad eléctrica.** (CE)- Mide la salinidad en un extracto acuoso, un extracto de pasta saturada (CES) o un agua. Varía con la temperatura, por lo que se ha normalizado a 25°C.

**Criterios de diagnóstico.**- Características del suelo o de la tierra que determina la aptitud de dicho suelo para un uso específico.

**Curvas de retención de agua.**- Gráfico que indica el contenido de humedad versus la energía aplicada para remover esta humedad.

**Degradación del suelo.**- Deterioro de la calidad del suelo por alguno o varios de los siguientes procesos: erosión, compactación, contaminación, salinización, acidificación.

**Densidad aparente.**- La masa (peso) seco del suelo por unidad de volumen total. Se mide en g/cm<sup>3</sup>.

**Desorción.**- Liberación de un ión o molécula de la superficie de los coloides del suelo. Concepto opuesto a adsorción.

**Difusión.**- Movimiento molecular a lo largo de la gradiente de concentración. La difusión de agua se produce de las zonas húmedas a las zonas secas. La difusión

de gases y solutos se produce de las zonas de mayor concentración a las zonas de menor concentración.

**Disponibilidad** (de nutrientes).- Suplemento adecuado, facilidad de liberación, movilidad. Un término general, frecuentemente utilizado para describir las formas de nutrientes absorbidos por las plantas.

**Disponible** (asimilable).- Capaz de ser absorbido por la raíces.

**Edafología**.- Ciencia que estudia las condiciones del suelo con relación con el desarrollo de las plantas.

**Edaforasgos redoximórficos**.- Son aquellos rasgos que proporcionan información acerca de los procesos redox en el suelo. Se distinguen de la masa basal por una diferente concentración (concentraciones redox, empobrecimientos redox), por estar reducida la matriz o por dar reacción positiva de Fe (II).

**EH**.- Diferencia de potencial de oxireducción (potencial redox) de un sistema oxi-reductor.

**Electrones**.- Partículas pequeñas, negativamente cargadas, que son parte de la estructura de un elemento.

**Elemento**.- Cualquier sustancia que no puede ser dividida en partículas más pequeñas, excepto por medio de desintegración nuclear.

**Elementos disponibles**.- Elementos en solución del suelo que pueden ser absorbidos con facilidad por las raíces de las plantas.

**Empobrecimientos redox**.- Rasgos edafológicos reconocibles por una baja concentración de un componente, en relación con la masa circulante. Se caracterizan por tener un croma menor o igual a 2.

**Endopedión**.- Horizonte de diagnóstico formado dentro de los suelos.

**Enmienda**.- Labores o materiales que hacen al suelo más productivo.

**Epipedón**.- El horizonte más superficial (A) de un perfil de suelo.

**Equilibrio**.- Estado en el cual existen solamente cambios mínimos en una reacción química o en todo un ecosistema.

**Equivalente**.- Peso en gramos de un ión o un compuesto que se combina con, o reemplaza a, un gramo de hidrógeno. El peso atómico de un elemento o compuesto dividido para su valencia.

**Estructura del suelo**.- El arreglo de las partículas primarias en unidades secundarias denominadas agregados de diferente tamaño y forma.

**Evaluación de suelos**.- Proceso de predicción del comportamiento del suelo para su uso o función determinado. Cuando se utiliza de forma exclusiva

propiedades edáficas, tales como textura, materia orgánica, drenaje, etc., como criterios de diagnóstico, se trata realmente de una evaluación de unidades-suelo; mientras que cuando además se utiliza otras características de la tierra, tales como factores climáticos, de vegetación de paisaje, etc., se está hablando de una evaluación de unidades-tierra.

**Evaluación cualitativa.**- Evaluación de los suelos donde la diferenciación entre clases y categorías no se realiza en los términos que demanda una clasificación cuantitativa.

**Evaluación cuantitativa.**- Evaluación de suelos cuyo procedimiento de cálculos se lleva a cabo en términos numéricos, usualmente matemáticos.

**Evapotranspiración.**- Pérdida de agua del suelo por evaporación y transpiración.

**Extensibilidad lineal.**- La extensibilidad lineal de una capa de suelo es el producto de su espesor (cm) por su coeficiente de extensión lineal. La extensibilidad lineal de un suelo es la suma de todas las extensibilidades lineales de todos sus horizontes.

**Fertilidad del suelo.**- Estado del suelo con respecto a la cantidad y disponibilidad de elementos (nutrientes) necesarios para el crecimiento de las plantas.

**Fertilidad residual.**- Contenido de nutrientes disponibles que permanecen en el suelo después que se levantó el cultivo y que puede ser utilizado por el siguiente cultivo.

**Floculación.**- Unión de partículas coloidales para formar agregados.

**Flujo de masa.**- Movimiento de fluidos en respuesta a la presión, movimiento de calor, gases, o solutos junto con el flujo de líquidos en el cual están contenidos.

**Gibbsite.**- Mineral patogénico constitutivo de bauxitas, calcitas y serpentinas.

**Grupo montmorillonítico.**- Mineral de la arcilla 2:1 en que dos capas de silicio-oxígeno están unidas mediante una de hidróxido (Al, Fe, Mg) que suelen tener gran expansión en la dirección del eje.

**Grupo caolinítico.**- Minerales de arcilla 1:1 en que la capa de silicio-oxígeno está condensada con otra de hidróxido de aluminio.

**Grupo illita.**- Mineral de arcillas 2:1 semejantes a las micas pero con menos potasio y más agua que éstas.

**Hidratación.**- Incorporación de agua como parte de la estructura química.

**Hidroxilo.**- Ión o grupo OH<sup>-</sup>.

**Horizonte.**- Capa del suelo paralela a la superficie. La misma que ha adquirido rasgos distintivos producidos por los proceso de formación de suelo.

**Incorporación.**- Mezcla de los fertilizantes (o herbicidas) con el suelo.

**Infiltración.**- Entrada de agua en el suelo.

**Inmovilización.**- Conversión de elementos de una forma orgánica por medio de su incorporación en el tejido de los microorganismos del suelo, haciéndolos menos disponibles para las plantas.

**Intercambio iónico.**- Intercambio entre un ión en la solución con otro ion en la superficie activa de las arcillas o humus.

**Intercambio catiónico.**- El intercambio entre un catión en solución con otro catión en superficie de un material como un coloide mineral (arcilla) o un coloide orgánico.

**Iones intercambiables.**- Iones retenidos por tracción eléctrica en la superficie con carga de los coloides y puede ser reemplazados por otros iones.

**Limo.**- Una partícula inorgánica con un tamaño que varía entre 0,05 y 0,002 mm de diámetro.

**Lixiviación.**- Remoción de los materiales en solución por el paso del agua a través del perfil. En agricultura, lixiviación se refiere al movimiento del agua libre (percolación) fuera del sistema radicular.

**Macroporos.**- Poros grandes formados generalmente por raíces, insectos y otros animales pequeños en el suelo.

**Material parental.**- Material no consolidado, mineral u orgánico, del cual se desarrolla el suelo.

**Materia orgánica.**- Incluye todos aquellos materiales de origen vegetal o animal que se encuentran en diferentes estados de descomposición en el suelo.

**Material de partida.**- El material no consolidado a partir del cual se forma el suelo (material parental).

**Matriz del suelo.**- La combinación de sólidos y poros en el suelo.

**Miliequivalente (meq).**- Un milésimo del peso equivalente.

**Nutriente.**- Un elemento que contribuye al crecimiento y salud de un organismo, esencial para completar el ciclo de vida.

**Nutriente esencial.**- Un elemento necesario para que una planta complete su ciclo total de vida.

**Nutrientes móviles.**- Aquellos nutrientes que pueden ser translocados en la planta de tejido viejo a tejido joven.

**Oxidación.**- Un cambio químico que envuelve la adición de oxígeno o su equivalente químico. Incluye la pérdida de electrones de un átomo, ion o molécula durante una reacción química. Puede incrementar la carga positiva de un elemento o compuesto.

**Pedología.**- Ciencia que estudia los suelos como componente de los sistemas naturales. Los estudios convencionales de reconocimiento de suelos se conocen también como de propiedades pedológicas.

**Percolación.**- El movimiento de fluidos hacia abajo en el suelo.

**Perfil del suelo.**- Una sección vertical del suelo que se extiende desde la superficie a través de todos los horizontes hasta llegar a material parental.

**Permeabilidad.**- La facilidad con la que un medio poroso transmite fluidos.

**pH.**- Una designación numérica de la acidez o alcalinidad. Técnicamente, el pH es el logaritmo del recíproco de la concentración de iones hidrógeno en una solución. Un pH 7 indica neutralidad. Los valores entre 7 y 14 indican alcalinidad y los valores entre 7 y 0 indican acidez.

**Plasticidad.**- Cualidad mecánica de un suelo, por la cual un material en estado muy húmedo cambia continuamente de forma bajo una presión aplicada y mantiene dicha forma al eliminar la presión.

**Poder tampón.**- Proceso que restringe o reduce los cambios de pH cuando se añaden ácidos o bases a una sustancia. En forma más general los procesos que restringen los cambios en concentración de cualquier ion cuando éste es añadido o removido del sistema.

**Porcentaje de aluminio intercambiable.**- Relación porcentual entre aluminio intercambiable y el CICE.

**Porcentaje de sodio intercambiable (PSI).**- Grado de saturación con sodio del complejo de intercambio.

**Poros.**- Espacio no ocupado por partículas sólidas en el volumen total del suelo.

**Potencialidad el suelo.**- Aptitud de un suelo para un uso específico del suelo.

**Precipitación efectiva.**- Aquella porción de la precipitación total que pasa a ser disponible para uso de las plantas.

**Propiedades redoximórficas.**- Son aquellas que resultan de una alternancia de condiciones oxidantes y reductoras, tales como las que existen en la franja capilar por encima de una capa freática y en los horizontes de superficie, si existe una capa freática fluctuante. Presencia de moteado de color pardo rojizo (ferrihidrita), pardo amarillento (goetita). Los óxidos de hierro se concentran en

las superficies de los agregados y en las paredes de los poros gruesos (antiguos canales de raíces).

**Propiedades reductimorfas.**- Son aquellas que resultan de unas condiciones permanentes de saturación por agua y condiciones anaerobias. Dan lugar a suelos de colores neutros (de blanco, si el suelo es calizo arenoso, al negro N/1 A N/8, si el material es rico en sulfuros) o azulados y verde oliva con matices 2,5Y, 5Y, 5G, 5B suelos francos y arcillosos) en más del 95% de la matriz.

**Punto de marchitez permanente.**- El nivel de humedad en el suelo al cual la planta se marchita y no puede recuperar la turgencia. El valor no es constante.

**Relación carbono/nitrógeno (C/N):** relación del peso existente en los productos residuales entre el carbono (C) y el nitrógeno (N).

**Resiliencia.**- Capacidad de un sistema de recuperar su estado inicial, después de haber sufrido una perturbación.

**rH.**- Relación de óxido-reducción que relaciona el EH y el pH.

**Saturación de bases (SB).**- Grado en que los sitios de intercambio de un material están ocupados por cationes básicos intercambiables. Se expresa como porcentaje de la capacidad de intercambio catiónico.

**Sesquióxidos.**- Por lo general se refiere a los óxidos amorfos combinados de hierro y aluminio.

**Silicatos.**- Minerales formadores de rocas que contienen silicio.

**Slickenside.**- Superficie pulida que se forma cuando dos pedrs se frotran entre sí cuando el suelo se expende en respuesta a la mojadura.

**Solución del suelo.**- La fase líquida del suelo y sus solutos.

**Solum.**- Los horizontes A y B de un mismo perfil de suelo.

**Soluto.**- Un material disuelto en un solvente para formar una solución.

**Subsuelo.**- Las capas de suelo superficiales que contienen menos materia orgánica y más características del material parental.

**Suelo.**- Un individuo-suelo es un cuerpo tridimensional de materiales orgánicos e inorgánicos en proporciones variables, que se ha desarrollado como resultado de las intersecciones entre material original, clima, topografía y elementos bióticos durante un periodo de tiempo variable. Se hace uso sinónimo de ello con el término sistema suelo. A su vez, el perfil de suelo es un modelo uni-dimensional representativo del individuo-suelo localizado puntualmente en el paisaje.

**Suelo ácido.**- Suelo que contiene un exceso de iones hidrógeno en la solución del suelo (acidez activa) y en la superficie de los coloides (acides potencial o de reversa). Específicamente un suelo con un pH menor a 7.

**Suelo alcalino.**- Cualquier suelo con un pH mayor a 7.

**Suelo calcáreo.**- Suelo que contiene carbonatos libres y que efervese visiblemente cuando se le añade ácido clorhídrico diluido al 10 %.

**Suelo neutro.**- Un suelo que tiene un alto porcentaje (80 a 90 %) de la capacidad de intercambio ocupada por iones calcio y magnesio y que tiene un pH cercano a 7.

**Suelo orgánico.**- Suelo que contiene un muy alto porcentaje de materia orgánica.

**Suelo salino.**- Un suelo no alcalino que contiene sales solubles en tal cantidad que interfiere con crecimiento de la mayoría de los cultivos.

**Suelo salino-alcalino.**- Un suelo que contiene una alta proporción de sales solubles, ya sea con un alto grado de alcalinidad o una alta cantidad de sodio intercambiable, o ambos, afectando el crecimiento normal de la mayoría de los cultivos.

**Suelo salino-sódico.**- Un suelo con alto grado de alcalinidad (pH igual o mayor que 8,5) o con un alto contenido de sodio intercambiable (15 % o más de la capacidad de intercambio), o las dos condiciones a la vez.

**Suelo sódico.**- El término sódico se refiere a un suelo que haya sido afectado por altas concentraciones de sales y sodio. Los suelos sódicos son relativamente bajos en sales solubles pero tienen una alta concentración en sodio intercambiable.

**Tabla de aguas.**- El límite superior del agua subterránea o el nivel bajo el cual el suelo está saturado.

**Tempero del suelo.**- El tempero se corresponde con el contenido óptimo de humedad de cada suelo para llevar a cabo una determinada operación de laboreo con el mínimo esfuerzo y los mejores resultados.

**Textura del suelo.**- La proporción relativa de las diferentes partículas de suelo. Estas partículas incluyen arena, limo y arcilla que están caracterizadas por un rango definido de tamaño.

**Textura fina.**- Se refiere a una absoluta cantidad de partículas pequeñas en el suelo, indicando la presencia de un alto porcentaje de limo y arcilla.

**Tierra.**- Una unidad tierra es un trozo de superficie terrestre, caracterizado por un determinado conjunto de atributos referidos al suelo, relieve, geología, clima, hidrología, vegetación y fauna.

**Uso del suelos.**- Descripción de la superficie terrestre en términos socio-económicos y de intencionalidad de uso.

**Volumen total.**- Volumen del suelo, incluyendo sólidos y poros, de una masa arbitraria de suelo.

**Anexo 2.** Unidades de suelos y equivalencias.

$$\text{Porcentaje (\%)} = \frac{g(E)}{100 g (M)} \quad \text{ppm} = \frac{g(E)}{1000000 g (M)}$$

$$\text{ppm} = \frac{kg(E)}{1000000 kg (M)} \quad \text{ppm} = \% \times 10^4$$

$$\text{Equivalente (Eq)} = \frac{PM (E) g}{Valencia} \quad \text{No. Equivalentes} = \frac{(E) g}{P.Eq}$$

$$\text{miliequivalente (E)} = \frac{(Eq) g}{1000} \quad \text{No miliequivalentes} = \frac{(E) mg}{P.Eq}$$

$$\text{meq(E) / 100 g (M)} = \frac{(E)g \times 1000}{P.Eq} \quad \text{meq(E) / 100 g (M)} = \frac{\%}{P.Eq}$$

1 meq/100g = 1 cmol (+) / kg

1 mmhos/cm = 1 dS/m

15 bar = 1500 kPa

1/3 bar = 33 kPa

1 / 10 bar = 10 kPa

1 acre = 0,4047 ha

1 ha = 2,471 acre

1 t = 1000 kg

## TRANSFORMACIONES

Parámetros	a %	a ppm	a meq/100g	a kg/ha
De %	1	n x 10 <sup>4</sup>	$\frac{n}{meq}$	2 n x 10 <sup>4</sup>
De ppm	n x 10 <sup>-4</sup>	1	$\frac{n}{Eq \times 10}$	2 n
De meq/100g	meq x 10	10 n x Eq	1	20 n x Eq
De kg/ha	5 n x 10 <sup>-5</sup>	0.5 n	$\frac{n}{20 \times Eq}$	1

**Simbología**

n = Elemento.

M = Muestra.

(E) = Elemento.

ppm = partes por millón.

Eq = Equivalente químico.

P.Eq = Peso equivalente químico.

meq = miliequivalente químico.

mmhos/cm; dS/m = unidades de conductividad eléctrica

### **Anexo 3.** Fichas de suelos