

Diciembre
2019

METODOLOGÍA

DEL LEVANTAMIENTO DE SUELOS PARA EL MAPA
GEOPELÓLOGICO DEL ECUADOR CONTINENTAL

ESCALA 1:25.000

Versión 1.0

REPÚBLICA DEL ECUADOR**MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERÍA****COORDINACIÓN GENERAL DE INFORMACIÓN NACIONAL
AGROPECUARIA
(CGINA)****Dirección de Generación de Geoinformación Agropecuaria****"METODOLOGÍA DEL LEVANTAMIENTO DE SUELOS PARA EL MAPA
GEOPEDOLÓGICO DEL ECUADOR CONTINENTAL"****ESCALA 1:25.000****Versión 1.0****Diciembre, 2019****QUITO – ECUADOR**

Ministerio de Agricultura y Ganadería

Coordinación General de Información Nacional Agropecuaria - CGINA

Dirección de Generación de Geoinformación Agropecuaria - DGGA

EstudioMETODOLOGÍA DEL LEVANTAMIENTO DE SUELOS PARA EL MAPA
GEOPEDEOLÓGICO DEL ECUADOR CONTINENTAL A ESCALA 1:25.000

Ing. Johanna Rosaura Morales Naspud

Coordinadora General de Información Nacional Agropecuaria

Ing. María Natalia Rumazo Chiriboga

Directora de Generación de Geoinformación Agropecuaria**Equipo técnico desarrollador del estudio:**

- Instituto Espacial Ecuatoriano (IEE)
- Sistema Nacional de Información y Gestión de Tierras Rurales E Infraestructura Tecnológica (SIGTIERRAS)
- Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG)
 - Coordinación General de Información Nacional Agropecuaria (CGINA)
 - Dirección de Generación de Geoinformación Agropecuaria (DGGA)
 - Ing. Agr. Darwin Sánchez

Diseño de portada

Tnlgo. Diego Cando

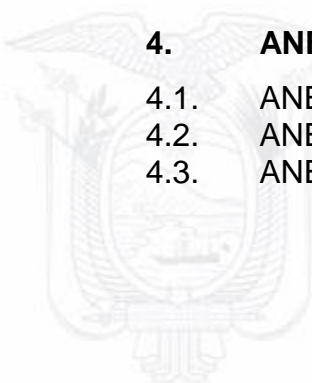
Cita de referencia:

Ministerio de Agricultura y Ganadería (2019). Metodología unificada del estudio Geopedológico del Ecuador Continental, escala 1:25.000. Quito, Ecuador: Ministerio de Agricultura y Ganadería - Coordinación General de Información Nacional Agropecuaria.

CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN	9
1.1.	ANTECEDENTES	9
1.2.	OBJETIVOS	10
1.2.1.	General	10
1.2.2.	Específico	10
2.	METODOLOGÍA	10
2.1.	TÉRMINOS DE REFERENCIA	10
2.2.	PROPUESTA SOBRE UNIDAD MÍNIMA DE MUESTREO	11
2.3.	PROPUESTA DE UNIDAD MÍNIMA DE MUESTREO	13
2.4.	ASPECTOS CONCEPTUALES	13
2.4.1.	Definición de términos	13
2.4.1.1.	Suelo	13
2.4.1.2.	Levantamientos de suelos	14
2.4.1.3.	Pedón	14
2.4.1.4.	Polipedón	14
2.4.1.5.	Suelos enterrados	14
2.4.1.6.	Áreas misceláneas	15
2.5.	EL SISTEMA USDA (<i>Soil Taxonomy</i>)	15
2.6.	EL ENFOQUE GEOPEDOLÓGICO	16
2.6.1.	Definición	16
2.6.2.	El enfoque geopedológico comparado con otros enfoques	17
2.7.	ESQUEMA METODOLÓGICO GENERAL	18
2.8.	ETAPAS METODOLÓGICAS	19
2.8.1.	Etapa 1: Recopilación de información	19
2.8.2.	Etapa 2: Cartografía geomorfológica	19
2.8.2.1.	Estructura de la leyenda geomorfológica	19
2.8.2.2.	Proceso de fotointerpretación digital	20
2.8.3.	Etapa 3: Caracterización climática del suelo	22
2.8.3.1.	Cartografía climática	22
2.8.3.2.	Cartografía del régimen climático del suelo	23
2.8.4.	Etapa 4: Levantamiento de suelos	23
2.8.4.1.	Fase precampo: Recopilación de información secundaria	24
2.8.4.2.	Fase de campo	28
2.8.4.3.	Fase postcampo	31
2.8.4.4.	Análisis de muestras en el laboratorio	31
2.8.4.5.	Interpretación de los datos de laboratorio	33
2.8.5.	Elaboración del Mapa Geopedológico	33
2.8.6.	Interpretación de las variables de suelo	34
2.8.6.1.	Código del Perfil del suelo (CodP)	34
2.8.6.2.	Clasificación a nivel de Orden (otx)	35
2.8.6.3.	Clasificación a nivel de Suborden (sotx)	35
2.8.6.4.	Clasificación a nivel de Gran Grupo (gtx)	35
2.8.6.5.	Clave taxonómica (ctx)	35
2.8.6.6.	Clasificación a nivel de Subgrupo (stx)	35

2.8.6.7. Textura superficial (txs).....	35
2.8.6.8. Textura a profundidad (ttd).....	38
2.8.6.9. Drenaje natural (ndr).....	38
2.8.6.10. Profundidad efectiva (pef).....	40
2.8.6.11. Pedregosidad (pdr).....	41
2.8.6.12. Toxicidad (txc).....	43
2.8.6.13. Potencial hidrógeno (phi).....	45
2.8.6.14. Salinidad (wcs).....	46
2.8.6.15. Profundidad Nivel Freático (pnf).....	47
2.8.6.16. Régimen de Temperatura del Suelo (rts).....	47
2.8.6.17. Régimen de Humedad del Suelo (rhs).....	48
2.8.6.18. Materia Orgánica (rmo).....	49
2.8.6.19. Capacidad de Intercambio Catiónico (cic).....	50
2.8.6.20. Saturación de Bases (sdb).....	51
2.8.6.21. Fertilidad (fld).....	52
2.8.6.22. Inundabilidad (inu).....	58
2.8.7. Productos Cartográficos Finales.....	59
3. BIBLIOGRAFÍA.....	60
4. ANEXOS.....	66
4.1. ANEXO 1: Glosario de Términos Técnicos de Suelos.....	66
4.2. ANEXO 2: Unidades de Suelos y Equivalentes.....	76
4.3. ANEXO 3: Fichas de descripción del perfil del Suelo.....	78



LISTA DE CUADROS

Tabla 1. Relación entre la escala, unidad de levantamiento y la densificación de los puntos.....	11
Tabla 2. Tipos de análisis de laboratorio de suelos	32
Tabla 3. Clases y subclases texturales de los suelos (textura superficial y a profundidad)	37
Tabla 4. Clases de drenaje en los suelos	39
Tabla 5. Categorías de profundidad efectiva de los suelos	41
Tabla 6. Categorías de pedregosidad de los suelos	42
Tabla 7. Categorías de toxicidad de los suelos.....	43
Tabla 8. Niveles de toxicidad del suelo (acidez)	44
Tabla 9. Niveles de toxicidad (carbonatos) en la matriz del suelo	44
Tabla 10. Rangos de pH de los suelos.....	45
Tabla 11. Niveles de salinidad del suelo	46
Tabla 12. Categorías de profundidad del nivel freático del suelo.	47
Tabla 13. Categorías de régimen de temperatura del suelo.....	48
Tabla 14. Categorías de régimen de humedad del suelo.....	49
Tabla 15. Niveles de contenido de materia orgánica del suelo	50
Tabla 16. Niveles de valoración de la CIC	51
Tabla 17. Niveles de saturación de bases del suelo	52
Tabla 18. Niveles de fertilidad natural del suelo	53
Tabla 19. Estimación de la fertilidad natural para suelos de la Costa.....	55
Tabla 20. Estimación de la fertilidad natural para suelos de la Sierra	56
Tabla 21. Estimación de la fertilidad natural para suelos de la Amazonía	57
Tabla 22. Duración de inundaciones.....	58

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Esquema metodológico general del proceso de levantamiento de Cartografía Geopedológica.....	18
Figura 2. Relación de los constituyentes de tierra fina por tamaño, definiendo las clases texturales y subclases de arena.....	36
Figura 3. Efecto del drenaje sobre el desarrollo de las raíces y color del suelo en relación con los fenómenos de óxido-reducción	38
Figura 4. Representación gráfica de un suelo profundo y un suelo poco profundo.....	40
Figura 5. Un área de suelo con frecuente pedregosidad	42



ACRÓNIMOS

CGSIN	Coordinación General del Sistema de Información Nacional
CLIRSEN	Centro de Levantamientos Integrados de Recursos Naturales por Sensores Remotos
CONALI	Comité Nacional de Límites Internos
FAO	<i>Food and Agriculture Organization</i> - Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura
GADs	Gobiernos Autónomos Descentralizados
IEE	Instituto Espacial Ecuatoriano
INAMHI	Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología
INIAP	Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias
MAE	Ministerio del Ambiente del Ecuador
MAG	Ministerio de Agricultura y Ganadería
MAGAP	Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca
OEA	Organización de los Estados Americanos
PRONAREG	Programa Nacional de Regionalización Agraria
PRAT	Programa de Regularización y Administración de Tierras Rurales
SENPLADES	Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo
SIGTIERRAS	Sistema Nacional de Información y Gestión de Tierras Rurales e Infraestructura Tecnológica
SIGAGRO	Sistema de Información Geográfica para el Sector Agropecuario

1. INTRODUCCIÓN

1.1. ANTECEDENTES

En el marco de la ejecución de los proyectos: a) Generación de Geoinformación para la Gestión del Territorio a nivel Nacional, escala 1: 25.000 ejecutado por el Instituto Espacial Ecuatoriano (IEE) <<Ex CLIRSEN>> con la participación de la Coordinación General de Información Nacional Agropecuaria (CGINA) <<Ex CGSIN>> del Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) 2009 – 2015; y el b) Levantamiento de Cartografía Temática a escala 1:25.000 ejecutado por el Ministerio de Agricultura y Ganadería, a través de la Unidad Ejecutora MAGAP-PRAT, dentro del Programa Sistema Nacional de Información y Gestión de Tierras Rurales e Infraestructura Tecnológica (SIGTIERRAS) 2013 – 2015, generan Cartografía Temática a escala 1:25.000 sobre varios aspectos, entre los que se encuentra la temática de suelos sobre la que trata este documento.

El levantamiento cartográfico se ejecuta dentro del territorio continental excluyendo las áreas catalogadas como exclusión:

- Zonas urbanas, suelos alterados: núcleos poblados y áreas construidas, identificadas a partir de la Cartografía de Cobertura y uso de la tierra.
- Masas de agua (lagunas, ríos, cauces y meandros, terrazas bajas y cauces actuales, pantanos, marismas, estuarios, etc.), según lo defina la Cartografía de Cobertura y uso de la tierra.
- Tierras misceláneas: eriales y geoformas excluidas por contar con poco o nada de suelo como: afloramientos rocosos, humedales, salares, playas, flujos de lava recientes, etc.

El nivel de estudio de suelos realizado a escala 1: 25.000 (semidetallado), está fundamentado en el “Enfoque Geopedológico”, 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 disponible en el país.

La información de la que se parte para la elaboración de la Cartografía Geopedológica son los insumos generados por las entidades a cargo, fundamentalmente la Cartografía Geomorfológica y la Cartografía de Cobertura y uso de la tierra, ambas a escala 1:25.000. También se utiliza otro tipo de información complementaria, como ortofotos, fotografías aéreas, modelos digitales del terreno (MDT), cartografía base e información secundaria. Toda esta información se gestiona y maneja gracias al empleo de 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). Se utiliza esta clasificación por estar ampliamente difundida, lo que facilita el intercambio de la información y su rápida interpretación. La unidad taxonómica de clasificación es el Subgrupo y la unidad cartográfica es el perfil modal o perfil característico de la Unidad Edáfica.

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. General

Generar, actualizar y estandarizar con enfoque sistémico a nivel semidetallado, información de carácter geopedológico a escala 1:25.000, como elemento fundamental que coadyuve a la gestión territorial, sostenibilidad y mejoramiento de la productividad agraria.

1.2.2. Específico

Realizar el levantamiento de suelos, considerando sus aspectos morfológicos, físicos y químicos, usando el sistema norteamericano de Clasificación de Suelos (Soil Survey Staff, 2006), tomando como base la Cartografía Geomorfológica generada y considerando también los regímenes de humedad y temperatura del suelo.

2. METODOLOGÍA

2.1. TÉRMINOS DE REFERENCIA

- Área de estudio: Territorio nacional continental
- Unidad de estudio: Cantón y Hoja 50.000 (SIGTIERRAS)
- Escala: 1:25.000
- Nivel de Estudio: Semidetallado
- Unidad mínima de mapeo: 4 mm x 4 mm (1 ha)
- Unidad mínima de muestreo: 5 ha
- Sistema espacial de referencia: SIRGAS 95, UTM – WGS84 – Zona 17S y 18S
- 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
- Análisis de laboratorio: específicos para clasificación según *Soil Taxonomy* (Soil Survey Staff, 2006)

2.2. PROPUESTA SOBRE UNIDAD MÍNIMA DE MUESTREO

Los mapas de suelos se pueden clasificar según sus objetivos y la escala de trabajo para establecer tanto la finalidad del mapa como la extensión a cartografiar, de acuerdo con un determinado nivel de detalle, tipo de levantamiento y representación a utilizar (Dorronsoro, 2003).

Los mapas de suelo a escala grande (1:25.000 a 1:10.000) son utilizados en levantamientos detallados, a nivel de finca, con alta densidad de observaciones y constantes controles de campo. Las clases taxonómicas son de nivel categórico bajo (por ejemplo, subgrupos, familias y series, según *Soil Taxonomy*, o subunidades según la FAO).

Tabla 1. Relación entre la escala, unidad de levantamiento y la densificación de los puntos

ESCALA DEL MAPA	UNIDAD MÍNIMA (ha) DML	UNIDAD ÓPTIMA (ha) DOL = ADM	RANGO DE MUESTREO (DENSIFICACIÓN) (m)	EQUIDISTANCIA (m)
1:5.000	0,1	0,4	32 a 64	50
1:10.000	0,4	1,6	64 a 128	100
1:20.000	1,6	2,5	128 a 256	200
1:25.000	2,5	10	256 a 316	250
1:50.000	10	40	316 a 632	500
1:100.000	40	160	632 a 1.264	1.000
1:200.000	160	250	1.264 a 2.528	2.000
1:250.000	250	1.000	2.528 a 3.162	2.500
1:500.000	1.000	4.000	3.162 a 6.324	5.000
1:1'000.000	4.000	16.000	6.324 a 12.648	10.000
1:2'000.000	16.000	64.000	12.648 a 25.296	20.000
1:5'000.000	100.000	400.000	25.296 a 50.592	40.000

FUENTE: Rossiter, 2000.

Con respecto a la precisión, los límites de las unidades cartográficas de suelos están separados por finas líneas, aunque los suelos generalmente no

presentan límites definidos, sino más bien difusos y pasan gradualmente de unos a otros. Se considera que en un buen mapa de suelos los límites entre unidades deben tener una precisión de unos 2 a 3 mm sobre el plano (Dorronsoro, 2003).

En un mapa, el tamaño mínimo (unidad mínima cartografiable o de muestreo) que debe ocupar una unidad cartográfica ha de ser de al menos 25 mm²; un cuadrado de 5 mm de lado (Vink, 1975; citado por Rossiter, 2000). Al trasladar estos valores al presente proyecto, la superficie mínima cartografiable es 1 ha y el ancho mínimo 250 m.

Las celdas de malla son divisiones relativamente pequeñas, regulares y "homogéneas". Ellas corresponden a los llamados "píxeles" de una imagen de sensores remotos, basados en cuadrículas ráster. La relación básica entre la escala del mapa y el tamaño del polígono viene de Forbes et al., 1982. El área de decisión mínima (ADM) corresponde a la delimitación óptima legible (DOL) de un mapa, convertida a escala real. El DOL es convencionalmente tomado para tener 4 veces la delimitación mínima legible (DML) de 0,4 cm², es decir, 1,6 cm² en el mapa para mayor legibilidad.

Se puede calcular la escala de levantamiento y representación, equidistancia (de acuerdo con el rango de muestreo) y el área (Tabla 1) para continuar con el diseño, la secuencia o trayectoria del muestreo y proceder a la densificación de los puntos. Éste puede realizarse a partir de la fotointerpretación para delinear las áreas y simplificar el levantamiento de los mapas de suelos; esto es, el análisis de las relaciones (asociación) del suelo con su medio (geología, topografía, vegetación y clima, entre otros). Los límites geográficos de los suelos coincidirán con los límites en donde cambian los factores formadores.

Según Forbes et al., 1982. La fórmula para determinar el ADM en hectáreas (10.000 m²; 100 ha = 1 km²) es:

$$ADM \text{ (ha)} = 1,6\text{cm}^2 \times 10^{-8}\text{ha cm}^{-2} \times (\text{Factor de escala mm}^{-1})^2$$

Se puede invertir esta relación para encontrar la escala necesaria para un ADM dado:

$$\text{FACTOR DE ESCALA MM}^{-1} = \sqrt{ADM \text{ (ha)} \times 0,625 \text{ cm}^{-2} \times 10^8 \text{ cm}^2 \text{ ha}^{-1}}$$

Las unidades cartográficas serán cada vez más homogéneas conforme las escalas de los mapas sean mayores.

Los puntos críticos del terreno en las fotos o imágenes son los que delimitan el área (perímetro) y los que sugieren cambios en la distribución de los suelos (divisorias de aguas, vaguadas, pendientes, coberturas, etc.). En el enfoque

geopedológico, estos límites son plasmados con los límites de las geoformas y, adicionalmente, con la información climática del suelo en estas geoformas.

2.3. PROPUESTA DE UNIDAD MÍNIMA DE MUESTREO

La escala de trabajo es una escala de semidetalle 1:25.000. Con esta escala y, de acuerdo a la exposición anterior, el ADM que corresponde a una DOL del mapa es de 10 hectáreas, siendo la DML de 2,5 ha.

De acuerdo a este análisis, y considerando polígonos únicos como representativos de una unidad edáfica en una hoja 50M, se propone considerar una unidad mínima de muestreo de 5 ha, como término medio entre la DML y la DOL.

En aquellas unidades limítrofes entre dos hojas y, en el caso comentado de unidades mínimas de muestreo (UMM) menores a 5 ha, la unidad edáfica se caracterizará en la hoja adyacente. Si el único polígono que representa una unidad edáfica en la hoja 50M es inferior a 5 ha, no será muestreado y se representará con la información de unidades edáficas de características parecidas, ya sea mediante aquellas unidades con una diferencia de pendiente de un grado o unidades morfológicas distintas pero de igual génesis.

2.4. ASPECTOS CONCEPTUALES

2.4.1. Definición de términos

2.4.1.1. 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).

Asimismo, Boul et al., (2011) indica que el suelo es una entidad que evoluciona, conservada en un flujo de materiales geológicos, biológicos, hidrológicos y meteorológicos.

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.

2.4.1.2. 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). A la vez que se conserva el recurso mediante su adecuada gestión. Es una herramienta para estudiar y describir sistemáticamente el recurso suelo y, por tanto, constituye el procedimiento más rápido y preciso para hacer predicciones del comportamiento de los suelos bajo diferentes usos y niveles de manejo. Está basada, principalmente, en el estudio del terreno y la descripción de perfiles de suelos, clasificando los suelos en varios niveles de generalización. Al clasificar, se agrupan los perfiles de suelos con características similares y, al localizarlos geográficamente, con la ayuda de observaciones de campo, se analizan sus relaciones con las diversas formas del relieve.

2.4.1.3. 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).

Un pedón es la parte más pequeña de suelo que se puede muestrear y describir para representar la naturaleza y disposición de los horizontes y la variabilidad de las propiedades que se conservan en las muestras (Buol et al., 2011).

2.4.1.4. 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).

2.4.1.5. 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).

2.4.1.6. 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).

2.5. 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 mono taxón, por ello se ha optado por el sistema norteamericano Soil Taxonomy, el mismo que permite: 1) La definición de cada taxón debe tener en lo posible el mismo significado para cada usuario, la idea es que sea operacional. 2) 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. 3) 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: Mollisoles, Suborden: Udolls, Gran grupo: Hapludolls, Subgrupo: Typic Hapludolls.

2.6. EL ENFOQUE GEOPEDOLÓGICO

El enfoque geopedológico es un tipo de muestreo dirigido que permite realizar una caracterización de suelos con el detalle necesario para cumplir con los estándares de una cartografía 1: 25.000, tomando en cuenta las restricciones económicas y de tiempo disponibles para el levantamiento de suelos. Este enfoque utiliza el perfil de suelo como base de análisis y el uso intensivo de la fotointerpretación para identificar las unidades morfológicas.

2.6.1. 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 (2012), 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.

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”.

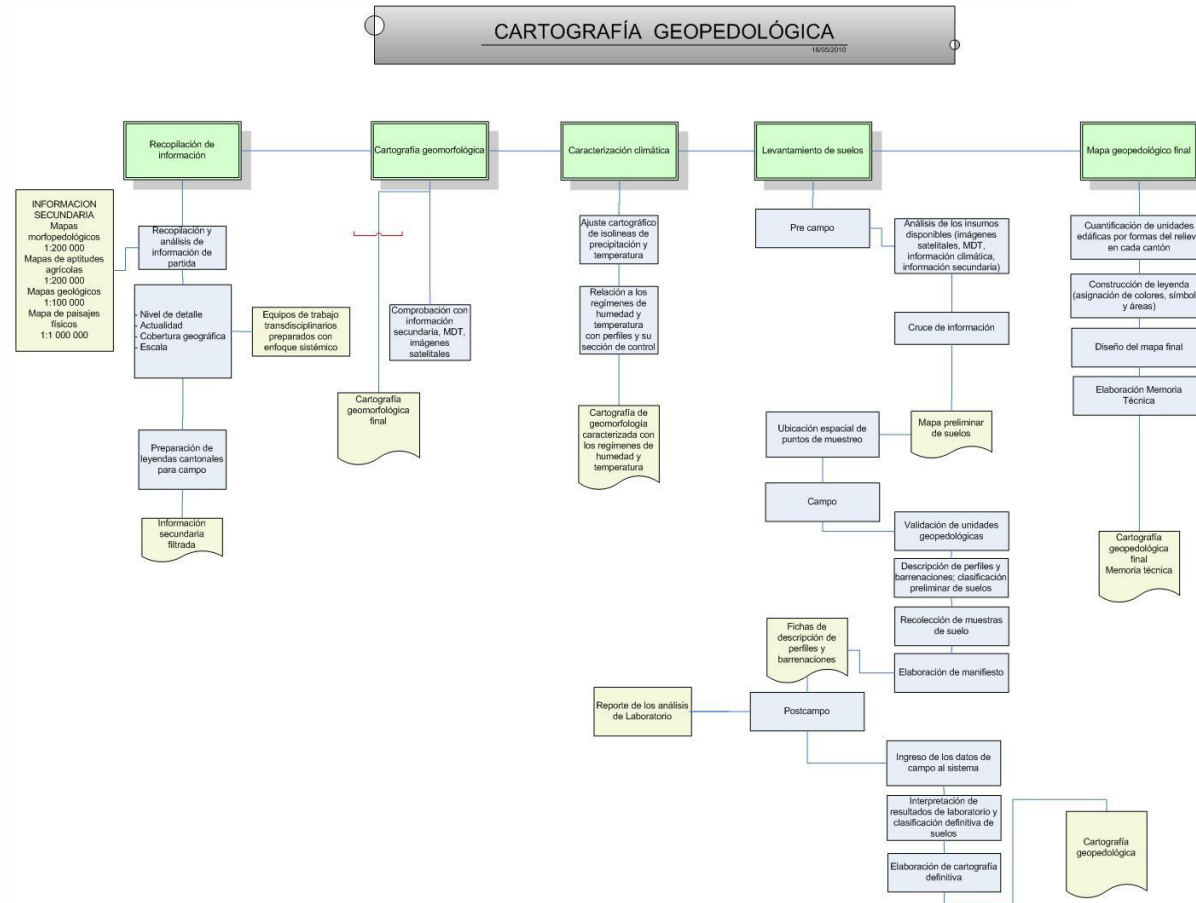
El enfoque geopedológico se ha adaptado para el estudio a semidetalle (escala 1:25.000), esto porque el material y herramientas utilizadas cumplen con las especificaciones necesarias para cubrir los estándares cartográficos de precisión.

Todos los sistemas de clasificación tienen como objetivo catalogar sistemáticamente un conjunto o grupo de objetos que pertenecen al mismo universo. 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).

2.6.2. El enfoque geopedológico comparado con otros enfoques

La leyenda geopedológica 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).

2.7. ESQUEMA METODOLÓGICO GENERAL



FUENTE: IEE, 2015.

Figura 1. Esquema metodológico general del proceso de levantamiento de Cartografía Geopedológica

2.8. ETAPAS METODOLÓGICAS

2.8.1. 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, DTM, 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.

2.8.2. 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.

2.8.2.1. 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 (Winckell, 1997a). 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.

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.

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 DTM.

2.8.2.2. 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.

1) 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.

2) 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.

2.8.3. Etapa 3: Caracterización climática del suelo

Los métodos de clasificación más tradicionales tienen un carácter genético, atendiendo a los factores formadores del suelo, entre los cuales el clima es considerado directamente como factor discriminante, debido a su influencia sobre los procesos de meteorización y de evolución edáfica. Por otro lado, las tendencias actuales en taxonomía de suelos buscan su descripción y clasificación atendiendo a las características físicas observables sobre el perfil, denominándose clasificaciones morfológicas.

El clima es también considerado dentro de las clasificaciones morfológicas como factor de clasificación que ayuda a separar suelos con distintos regímenes de humedad o temperatura, o ambos, como puede observarse en la clasificación americana *Soil Taxonomy* (Soil Survey Staff, 1975).

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 la *Soil Taxonomy*, que fueron ajustados al medio ecuatoriano durante las investigaciones y estudios de levantamientos de suelos realizados a nivel nacional por el Programa Nacional de Regionalización Agraria (PRONAREG) y la *Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer* (ORSTOM) en los años 1980 y 1984.

2.8.3.1. 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.

2.8.3.2. 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:

- 1) 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.
- 2) Relación entre la temperatura media ambiental y la temperatura media del suelo a 50 cm de profundidad. Porta et al., (2003) 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:

$$tmas = tmaa + 1 \text{ °C}$$

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

2.8.4. **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 a la *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, se explica brevemente a continuación, según los niveles del sistema del enfoque geopedológico (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 1, se presenta el flujograma detallado del levantamiento de suelos, con enfoque geopedológico.

2.8.4.1. Fase precampo: 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) Caracterización del régimen climático del suelo

En esta fase se identifican y delimitan las zonas climáticas de humedad y temperatura del suelo basándose en los rangos definidos en la *Soil Taxonomy*, ajustados al medio ecuatoriano durante las investigaciones y estudios de levantamiento de suelos realizados a nivel nacional por el PRONAREG-ORSTOM (1980 y 1984) (IEE, 2012).

Así, el Mapa Geomorfológico se completa mediante la incorporación del régimen climático del suelo a través de los parámetros referenciales de los regímenes de temperatura y humedad del suelo, ajustados mediante el análisis del paisaje y utilizando la información secundaria disponible

c) 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 fotointerpretación de fotografías aéreas 1:30.000 y 1:60.000.

d) 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.

e) 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.

f) 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.

g) Tipos de zonas y densidad de muestreo

La densidad de muestreo que se propone en esta metodología depende considerablemente de las características del territorio que se quiere describir.

En concreto, se han definido tres tipos diferentes de zonas, que se han denominado Zonas de semidetalle, Zonas de reconocimiento y Zonas de exclusión, cuyo tratamiento es diferente, según se explica más adelante. Específicamente, las Zonas de reconocimiento corresponden a zonas en las cuales un estudio detallado de los suelos no es oportuno, ya que se trata de áreas con una vocación distinta a la agroproductiva: zonas de alta biodiversidad por encontrarse cubiertas de vastas extensiones de bosques primarios; zonas cuya pendiente hace marginal la productividad, debiendo destinarse a conservación; y zonas frágiles de gran altitud que actúan como captadoras de agua (páramos). Los nombres otorgados a cada zona (semidetalle y reconocimiento) corresponden a identificaciones utilizadas dentro del proyecto y no pretenden cumplir todas las condiciones técnicas que tradicionalmente se asignan a estos tipos de estudios.

➤ Zonas de semidetalle

En las Zonas de semidetalle se lleva a cabo un muestreo tipológico en el que se realiza, al menos, una calicata por unidad edáfica, con una densidad no menor a una calicata cada 10 km².

➤ Zonas de reconocimiento

En las Zonas de reconocimiento se realiza un muestreo no tipológico con, al menos, una calicata por cada 200 km². Se consideran áreas de reconocimiento las siguientes:

- Zonas identificadas como páramo en la Cartografía de Cobertura y Uso de la Tierra generada en el proyecto.
- Zonas con pendientes mayores al 70% en la Sierra y Costa, y mayores al 40% en la Amazonía, definidas a partir del Levantamiento Geomorfológico.
- Zonas de vegetación natural en Amazonía.

➤ Zonas de exclusión

Se consideran áreas carentes de caracterización para los análisis detallados en este estudio y sobre las que no se intervendrá las siguientes zonas, obtenidas a partir de la Cartografía de Cobertura y Uso de la Tierra y de la Cartografía Geomorfológica:

- Tierras misceláneas, áreas con poco o nada de suelo, como afloramientos rocosos, humedales, salares, playas, flujos de lava recientes, etc.
- El medio construido.
- Las masas de agua (lagunas, ríos, cauces y meandros, terrazas bajas, pantanos, marismas, estuarios, etc.).

h) Unidades edáficas

Una vez establecidos los distintos tipos de zonas, se procede a la agrupación de las teniendo en cuenta el tipo de geoforma y su pendiente.

El objetivo final, para el caso de las Zonas de semidetalle, es establecer las “unidades edáficas”, resultado de la agrupación de aquellos polígonos que tengan igual Unidad Ambiental, Formación Geológica o Depósito Superficial, Geoforma, rango de pendientes y regímenes de humedad y temperatura. A cada una de estas unidades edáficas se le asignará una calicata.

El tratamiento en las Zonas de reconocimiento parte del análisis de la unidad edáfica y es similar al de las Zonas de semidetalle, aunque teniendo en cuenta las particularidades de estas áreas.

i) 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.

La localización de estos lugares de observación de suelos se establece en puntos estratégicos, representativos de la variabilidad del paisaje, y teniendo en cuenta la clasificación jerárquica de las unidades respecto a la Unidad Ambiental, Formación Geológica o Superficial, Geoforma y rango de pendientes, además, obviamente, del régimen de humedad y de temperatura del suelo en cada unidad.

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.

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.

2.8.4.2. Fase de campo

El resultado de la fase inicial de precampo es un *shapefile* con la localización planificada de los emplazamientos de las calicatas, con distinta densidad de muestro según se trate de Zonas de semidetalle o de Zonas de reconocimiento.

Una vez establecida esta localización en gabinete y antes de comenzar la campaña de campo, es importante realizar visitas técnicas a las instituciones afectadas por la ejecución del proyecto presentes en la zona de intervención, tales como municipios, juntas parroquiales y organizaciones sociales, con el fin de dar a conocer los trabajos que se quieren realizar en la zona. Esta socialización previa a la salida de campo evita a los técnicos posibles conflictos que puedan surgir con las comunidades locales y les permite hacer partícipes

de los objetivos que el MAG pretende con este proyecto. Posibilita, además, que el personal técnico disponga también de una lista con los contactos posibles en la zona, para poder solucionar problemas que surjan en el momento de acceder a la zona de muestreo.

Tras esta fase de coordinación institucional, esta parte del Proyecto se organiza a través de cinco grupos de trabajo:

- Equipo de logística
- Equipo de avanzada
- Equipo de suelos
- Equipo de infiltración
- Equipo de control de calidad

De forma resumida, el equipo de logística tiene encomendada tareas de gestión para el buen funcionamiento de todos los equipos de trabajo. El equipo de avanzada se encarga de la apertura de las calicatas en los lugares previamente definidos en gabinete, comprobando la idoneidad de esta localización. Y es el equipo de suelos el que describe los perfiles abiertos, los clasifica y recoge las muestras para su posterior análisis en el laboratorio. Cuando no es posible realizar una calicata (por cuestiones de acceso, permiso, etc.) la misma se reubica en otro lugar representativo, siempre que sea posible.

a) Descripción de los perfiles

Para la descripción de los perfiles se siguen los 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, utilizando el Sistema Americano de Clasificación de Suelos, *Soil Taxonomy* (Soil Survey Staff, 2006). Esta clasificación se revisa luego en la fase postcampo, cuando se dispone de todos los datos de las fichas de campo y de los resultados de los laboratorios, para obtener la clasificación final.

b) 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 1 m 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: En algunos casos, 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.

c) Toma de muestras de suelos en calicata

De cada perfil descrito que caracterice a una unidad edáfica, se toman 2 muestras, como mínimo, 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.

El objetivo es describir de forma detallada y completa el perfil representativo del suelo que se usa para caracterizar cada unidad edáfica, asegurando que exista, al menos, una calicata representativa por cada unidad edáfica.

En esta fase del trabajo, el edafólogo, en el proceso de caracterización del entorno donde se ha realizado el muestreo, también confirma que los regímenes de humedad y de temperatura asignados desde gabinete concuerdan con la realidad observada, caso contrario lo registra y se ajusta el clima.

En cada calicata se realizan también pruebas de infiltración con un infiltrómetro de membrana permeable (minidisco), siempre que la pendiente sea inferior al 40%. En un 10% del número programado de calicatas se realiza una medición de infiltración con el método de doble anillo (según Müntz), eligiendo unidades con una pendiente inferior al 12%, con el fin de establecer correlaciones entre ambos métodos y poder así establecer correcciones en el resto de medidas hechas en campo.

2.8.4.3. Fase postcampo

Toda la información que se ha recogido en campo se gestiona y almacena a través de bases de datos geográficas, y se amplía y complementa con los resultados analíticos que reportan los laboratorios.

El proceso se inicia, una vez finalizado el trabajo de campo y ya en gabinete, con la revisión, nuevamente, de las fichas de campo. Tras comprobar la coherencia y completitud de los datos, estos se transfieren a la base de datos del proyecto.

2.8.4.4. Análisis de muestras en el 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.

Para la realización de los análisis en los laboratorios se siguen las metodologías establecidas por la Red de Laboratorios de Suelos del Ecuador (RELASE) y otros métodos reconocidos a nivel internacional, con el fin de obtener resultados representativos. Los diferentes tipos de análisis que se realizan en el proyecto se pueden consultar en la Tabla 2.

Dependiendo del tipo de horizonte muestreado se asigna un tipo de análisis. El análisis Tipo A es el más completo y se realiza para las muestras tomadas en los 50 cm superiores del perfil, mientras que el análisis Tipo B se solicita para las muestras más profundas. El resto de análisis constituyen pruebas que, según los casos, se solicitan para confirmar la clasificación de los suelos estudiados.

Tabla 2. Tipos de análisis de laboratorio de suelos

Tipo de Análisis en el laboratorio	Parámetros	Método	Unidad de reporte
Tipo A	pH	Potenciométrico en agua (1:2.5)	pH
	Nitrógeno amoniacal	Olsen pH 8.5	ppm
	Fósforo disponible	Olsen pH 8.5	ppm
	Potasio disponible	Olsen pH 8.5	cmol/kg
	Calcio disponible	Olsen pH 8.5	cmol/kg
	Magnesio disponible	Olsen pH 8.5	cmol/kg
	CIC	Acetato de Amonio a pH 7	meq/100 g de suelo
	Suma de Bases	Acetato de Amonio a pH 7	meq/100 g de suelo
	Saturación de bases	Cálculo	%
	NaCIC	Acetato de Amonio a pH 7	meq/100 g de suelo
	KCIC	Acetato de Amonio a pH 7	meq/100 g de suelo
	CaCIC	Acetato de Amonio a pH 7	meq/100 g de suelo
	MgCIC	Acetato de Amonio a pH 7	meq/100 g de suelo
	Materia Orgánica	Walkey-Black	%
	Textura % arcilla	Bouyoucus (Hidrómetro)	%
	Textura % limo	Bouyoucus (Hidrómetro)	%
	Textura % arena	Bouyoucus (Hidrómetro)	%
	Clase textural	Cálculo	Nombre
	Conductividad eléctrica	Conductimétrico en agua (1:2.5)	dS/m
	Acidez libre se realizara cuando pH sea menor de 5.5	Volumetrico (titulación)	meq/100 g de suelo
Aluminio intercambiable se realizará cuando el pH sea menor de 4.5	Volumetrico (titulación)	meq/100 g de suelo	
Tipo de Análisis en el laboratorio	Parámetros	Método	Unidad de reporte
Tipo B	pH	Potenciométrico en agua (1:2.5)	pH
	Nitrógeno amoniacal	Olsen pH 8.5	ppm
	Fósforo disponible	Olsen pH 8.5	ppm
	Potasio disponible	Olsen pH 8.5	cmol/kg
	Calcio disponible	Olsen pH 8.5	cmol/kg
	Magnesio disponible	Olsen pH 8.5	cmol/kg
	Materia Orgánica	Walkey-Black	%
	Textura % arcilla	Bouyoucus (Hidrómetro)	%
	Textura % limo	Bouyoucus (Hidrómetro)	%
	Textura % arena	Bouyoucus (Hidrómetro)	%
	Clase textural	Cálculo	Nombre
	Conductividad eléctrica	Conductimétrico en agua (1:2.5)	dS/m
Tipo de Análisis en el laboratorio	Parámetros	Método	Unidad de reporte
Tipo S*	pH	Potenciométrico en extracto pasta saturada	pH
	Conductividad eléctrica	Conductimétrico en extracto pasta saturada	dS/m
	Cationes: Sodio	Extracto de Pasta Saturada	meq/100 g de suelo
	Cationes: Potasio	Extracto de Pasta Saturada	meq/100 g de suelo
	Cationes: Calcio	Extracto de Pasta Saturada	meq/100 g de suelo
	Cationes: Magnesio	Extracto de Pasta Saturada	meq/100 g de suelo
	Aniones: Carbonatos	Extracto de Pasta Saturada	meq/100 g de suelo
	Aniones: Bicarbonatos	Extracto de Pasta Saturada	meq/100 g de suelo
	Aniones: Sulfatos	Extracto de Pasta Saturada	meq/100 g de suelo
	Aniones: Cloruros	Extracto de Pasta Saturada	meq/100 g de suelo
	PSI	Cálculo	%
	RAS	Cálculo	%
Tipo de Análisis en el laboratorio	Parámetros	Método	Unidad de reporte
Tipo C se realizará en caso de reacción al HCl en campo	Carbonatos totales	titulación	%
Tipo de Análisis en el laboratorio	Parámetros	Método	Unidad de reporte
Tipo F1 Se hace en andisoles para su identificación	Densidad aparente	Estufa/volumen cilindro	g/cm3
Tipo de Análisis en el laboratorio	Parámetros	Método	Unidad de reporte
Tipo F2 Para andisoles de tipo hydric	Retención de agua gravimétrica a 33 kPa	Ollas de presión y placas de porcelana	%
	Retención de agua gravimétrica a 1500 kPa	Ollas de presión y placas de porcelana	%
Tipo de Análisis en el laboratorio	Parámetros	Método	Unidad de reporte
Tipo Ox ²	pH para Oxisoles	Potenciométrico en KCl 1N (1:2.5)	pH
Tipo de Análisis en el laboratorio	Parámetros	Método	Unidad de reporte
Tipo P Retención de fósforo	Equilibrio con 1000 mg/kg de solución de fósforo	Olsen	%

FUENTE: SIGTIERRAS, 2015.

Los laboratorios reportan progresivamente los resultados que van obteniendo, datos que se gestionan y controlan a través de la bases de datos. La calidad de los resultados analíticos es controlada tanto por los propios laboratorios, antes de la entrega, como por el equipo técnico, como parte del proceso de control de calidad que se realiza en el proyecto.

Las muestras que se van recibiendo permiten la creación de una biblioteca de suelos, en continuo estado de ampliación y actualización.

2.8.4.5. Interpretación de los datos de laboratorio

Los reportes de interpretación de los análisis de laboratorio son corroborados por cada uno de los edafólogos 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.

2.8.5. Elaboración del Mapa Geopedológico

Los insumos que se utilizan para generar la Cartografía Digital Geopedológica son, por un lado, el mapa en el que se representan las diferentes unidades edáficas estudiadas en formato Geodatabase y, por otro, las tablas de la Geodatabase SDE que contienen toda la información de cada una de las calicatas descritas, tanto la procedente de campo junto con la interpretación de los edafólogos, como la obtenida de los resultados analíticos de laboratorio.

Para dar contenido al Mapa Geopedológico se selecciona un total de 22 variables, vinculadas a cada perfil (explicadas con detalle en el epígrafe siguiente), que proceden tanto de la descripción en campo de cada una de las calicatas, como de los reportes de los laboratorios. De esta forma se consigue el sustento necesario para caracterizar cada unidad edáfica. Además, a estas variables se añaden las heredadas de la Cartografía Geomorfológica.

El proceso que se sigue para generar la cartografía digital se puede esquematizar en los siguientes pasos:

- A partir de las tablas que recogen la información de los puntos de muestreo, se crea una nueva tabla (UNIDAD_EDAFICA_A) que contiene, para cada una de las calicatas abiertas, las variables seleccionadas para dar contenido al Mapa Geopedológico, incluyendo la clasificación definitiva a nivel Subgrupo según la Soil Taxonomy (Soil Survey Staff, 2006).
- Esta tabla se vincula con la representación cartográfica de las unidades edáficas en formato Geodatabase, a través del campo que contiene el código de las calicatas asignadas a cada unidad, de manera que se obtiene una nueva tabla (UNIDAD_EDAFICA_CUT). En esta nueva tabla se incorpora a cada polígono las variables vinculadas a ella.

- Se ha creado una herramienta implementada en ArcGIS para unir estas dos tablas, ésta genera un archivo de errores y alarmas, que permite comprobar y controlar las posibles incoherencias en la generación de la cartografía.
- Finalmente, se genera la cartografía digital, en forma de Geodatabase por hojas 50M.
- Un último paso consiste en la revisión de la correcta generación de la cartografía, comprobando que no haya errores de topología y que todos los campos de la base de datos estén correctamente rellenos y no haya registros vacíos.

Se debe tener también en cuenta que en la cartografía existen áreas no consideradas propiamente como unidades edáficas, pues no cumplen el requisito mínimo que establece la taxonomía de suelos como suelo mineral. Estos casos se etiquetan como “Tierras misceláneas” (las geoformas excluidas) o “No aplicable” (áreas pobladas, cuerpos de agua, eriales-sin cobertura vegetal e infraestructura antrópica). Todas estas tierras están consideradas como Zonas excluidas, debido a que no es posible caracterizarlas edafológica ni taxonómicamente. Estas zonas se etiquetan en cada una de las variables con un “No aplicable”.

2.8.6. Interpretación de las variables de suelo

Para el registro de las características o variables de cada unidad geopedológica, se ha determinado que es necesario acompañar a cada una de las descripciones de suelos con datos de reporte de laboratorio para dar el sustento necesario a la unidad cartográfica.

Se describen a continuación las variables seleccionadas.

2.8.6.1. Código del Perfil del suelo (CodP)

En este campo de la base de datos consta el código del perfil con el que se caracteriza la respectiva unidad edáfica. Esta codificación se elabora de las siguientes formas:

a) Ejemplo 1: CSp-NVI_B3-97-0001

Proyecto (C) + Temática (S)	Carta	Personal	Ordinal
CSp (Suelos – Perfil)	NVI_B3	97	1

b) Ejemplo 2: CG3 – P001

Código del Proyecto	Grupo	Perfil (P) o Barrenación (B)	Ordinal
CG (Cuenca del Guayas)	3	P	1

c) Ejemplo 3: PN6 – P110

Código del Proyecto	Grupo	Perfil (P)	Ordinal
PN (Proyecto Nacional)	6	P	110

2.8.6.2. Clasificación a nivel de Orden (otx)

En este campo consta la clasificación a nivel de Orden de acuerdo a la *Soil Taxonomy* (Soil Survey Staff, 2006).

- Ejemplo: Andisoles (ands)

2.8.6.3. Clasificación a nivel de Suborden (sotx)

En este campo consta la clasificación a nivel de Suborden de acuerdo a la *Soil Taxonomy* (Soil Survey Staff, 2006).

- Ejemplo: Udands

2.8.6.4. Clasificación a nivel de Gran Grupo (gtx)

En este campo consta la clasificación a nivel de Gran Grupo de acuerdo a la *Soil Taxonomy* (Soil Survey Staff, 2006).

- Ejemplo: Durudands

2.8.6.5. Clave taxonómica (ctx)

Este campo contiene la clave taxonómica de la *Soil Taxonomy* (Soil Survey Staff, 2006), que para el nivel de Subgrupo se registra como 4 dígitos en letras mayúsculas.

- Ejemplo: DHBA

2.8.6.6. Clasificación a nivel de Subgrupo (stx)

En este campo consta la clasificación a nivel de Subgrupo de acuerdo a la *Soil Taxonomy* (Soil Survey Staff, 2006).

- Ejemplo: Aquic Durudands

2.8.6.7. Textura superficial (txs)

Para conocer el origen de la textura del suelo hay que considerar en primer término la roca madre. El suelo tendrá indiscutiblemente una tendencia congénita a ser arcilloso, limoso o arenoso, según la roca sea arcillosa, limosa o arenosa, en el caso de rocas sedimentarias y sedimentos, o bien sea capaz de producir esos elementos en el curso de su alteración, si se presenta el estado de roca consolidada y coherente (Navarro y Navarro, 2014).

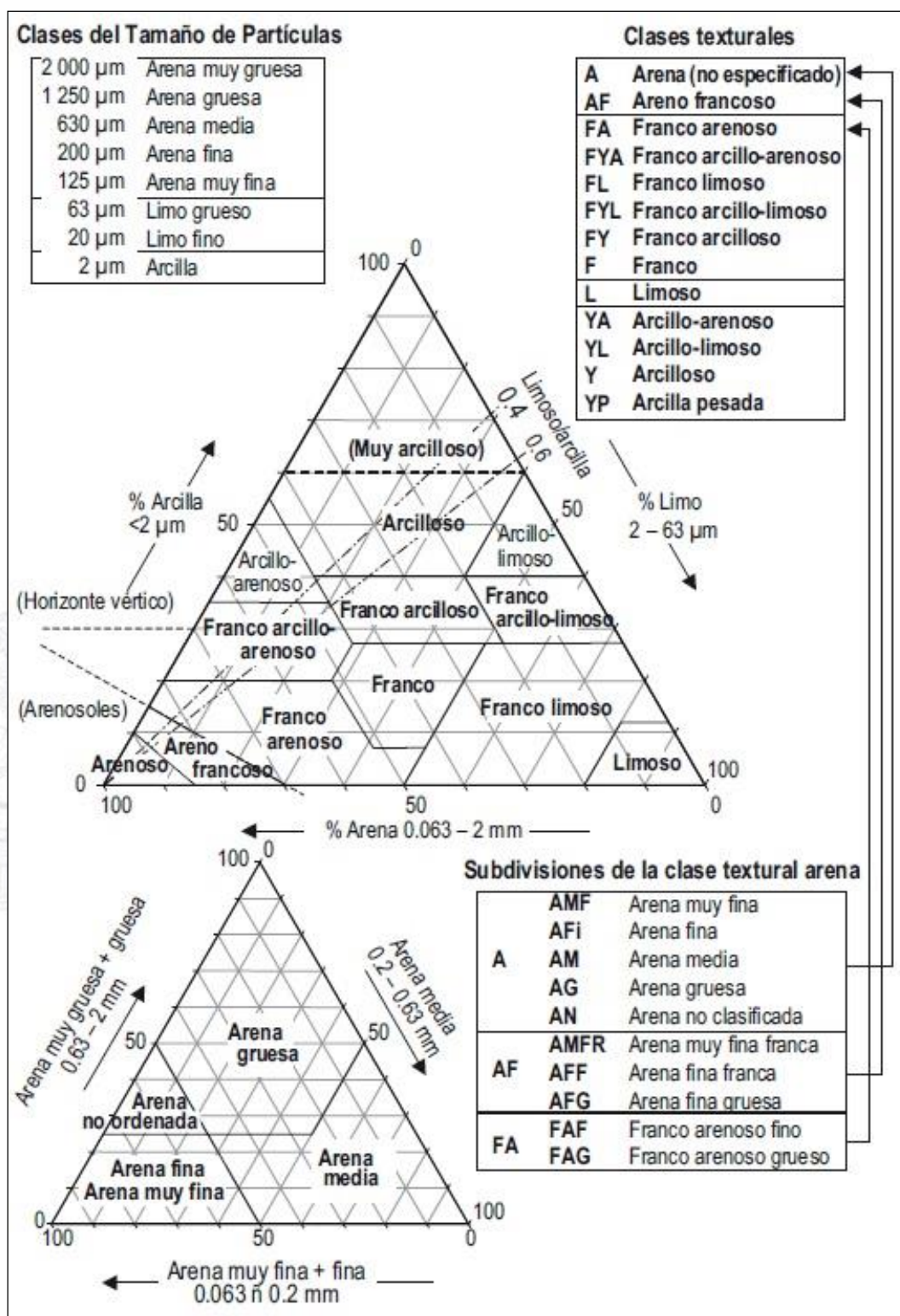


Figura 2. Relación de los constituyentes de tierra fina por tamaño, definiendo las clases texturales y subclases de arena

La textura es una expresión sintética de las características de cada horizonte que dependen de la proporción de los distintos tamaños de la partícula, es

decir, se define como el porcentaje en peso del suelo mineral que queda comprendido en varias fracciones de tamaño de partículas. Estas fracciones texturales son: arena (2 a 0,05 mm), limo (0,05 a 0,002 mm) y arcilla (<0,002 mm) (De La Rosa, 2008: 199).

Tabla 3. Clases y subclases texturales de los suelos (textura superficial y a profundidad)

ETIQUETA	SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
ARENA	A	Clase determinada según el triángulo de texturas de suelos, tiene un buen drenaje y se cultivan con facilidad, pero también se secan fácilmente y los nutrientes se pierden por lavado.
ARENA MUY FINA	AMF	
ARENA FINA	AFi	
ARENA MEDIA	AM	
ARENA GRUESA	AG	
ARENO FRANCO	AF	
FRANCO	F	Clase determinada según el triángulo de texturas de suelos, muestran mayor aptitud agrícola.
FRANCO ARENOSO	FA	
FRANCO LIMOSO	FL	
FRANCO ARCILLOSO	FY	
FRANCO ARCILLO - ARENOSO	FYA	
FRANCO ARCILLO - LIMOSO	FYL	
LIMOSO	L	Son texturas que dan una sensación harinosa (como polvo del talco). Tienen velocidad de infiltración baja, almacenamiento de nutrientes medio.
ARCILLOSO	Y	Clase determinada según el triángulo de texturas de suelos, tienden a no drenar bien, se compactan con facilidad y se cultivan con dificultad y, a su vez, presentan una buena capacidad de retención de agua y nutrientes.
ARCILLO - ARENOSO	YA	
ARCILLO - LIMOSO	YL	
ARCILLA PESADA	YP	Clase determinada según el triángulo de texturas de Suelos. Esta clase tiene más del 60% de arcilla.
NO APLICABLE	NA	Se considera todas las áreas que no son suelo como: centros poblados, ríos dobles o con características similares a estas al representarlas o cartografiarlas.
SIN SUELO	Sin	Roca, afloramientos rocosos.

FUENTE: FAO, 2009.

Es evidente que un suelo nunca está compuesto solo de una fracción. Normalmente, pequeñas cantidades de la mayoría de las fracciones están presentes. El primer paso, por consiguiente, para una clasificación de la textura

es agruparlos tomando como base el porcentaje de las distintas fracciones que lo constituyen (Navarro y Navarro, 2014).

La textura superficial corresponde a la textura predominante en espesor que se encuentra dentro de los 20 cm de profundidad (Mejía, 1997). Se puede decir que, generalmente, es la textura del horizonte A.

El registro de este campo se realiza con la información reportada por el laboratorio (Tabla 3), tomando el valor de la textura del primer horizonte que tenga un espesor mayor o igual a 10 cm.

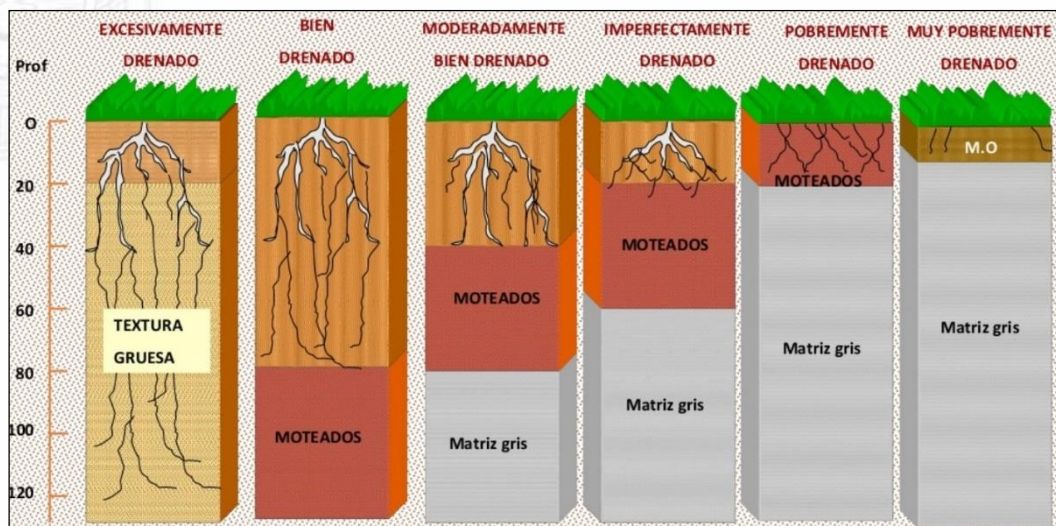
2.8.6.8. Textura a profundidad (ttd)

La textura a profundidad o del subsuelo corresponde a la textura predominante en espesor desde los 20 a 50 cm.

El registro de este campo se realiza con la información reportada por el laboratorio, tomando el valor de la textura del primer horizonte que, situado entre los 20 y 50 cm del suelo, tenga un espesor mayor o igual a 15 cm.

Si por coincidencia el espesor de un horizonte A es mayor o igual a 40 cm, este abarca la interpretación para las dos texturas.

2.8.6.9. Drenaje natural (ndr)



FUENTE: IGAC, 2016.

Figura 3. Efecto del drenaje sobre el desarrollo de las raíces y color del suelo en relación con los fenómenos de óxido-reducción

El drenaje de un suelo expresa la rapidez con que se elimina el agua sobrante en relación con las aportaciones (Porta y López-Acevedo, 2005).

Porta et al., (2008) indican que el drenaje es la facilidad que tiene un suelo para no encharcarse, es decir, la capacidad que tiene de eliminar el agua que recibe, ya sea por escorrentía superficial o por percolación en profundidad (Figura 3).

La clase de drenaje es un atributo del suelo que viene determinado por un conjunto de propiedades (estructura, textura, porosidad, existencia de una capa impermeable, permeabilidad, posición del suelo en el paisaje, pendiente, etc.) (Porta y López-Acevedo, 2005).

Tabla 4. Clases de drenaje en los suelos

ETIQUETA	SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
EXCESIVO	E	Eliminación rápida del agua en relación al aporte por la lluvia. Suelos generalmente de texturas gruesas. Normalmente ningún horizonte permanece saturado durante varios días después de un aporte de agua.
BUENO	B	Eliminación fácil del agua de precipitación, aunque no rápidamente. Suelos de textura media a fina. Algunos horizontes pueden permanecer saturados durante unos días después de un aporte de agua. Sin moteados en los 100 cm superiores o con menos de un 2 %. El nivel freático se encuentra a profundidades mayores de 120 cm.
MODERADO	M	Eliminación lenta del agua en relación al aporte. Suelos con un amplio intervalo de texturas. Algunos horizontes pueden permanecer saturados durante más de una semana después del aporte de agua. Moteados del 2 al 20 % entre 60 y 100 cm. Presencia de una capa de permeabilidad lenta, o un nivel freático alto (60-90 cm de profundidad).
MAL DRENADO	X	Eliminación muy lenta del agua en relación al suministro. Suelos con un amplio intervalo de texturas. Los horizontes permanecen saturados por agua durante varios meses. Rasgos gléicos (coloraciones oscuras, azulados y verdosos). Problemas de hidromorfismo. Estas características se observan por lo general en zonas deprimidas y con régimen de humedad ácuico. Los moteados se distinguen usualmente desde la superficie. El nivel freático está por lo general cerca de la superficie.
NO APLICABLE	NA	Se considera todas las áreas que no son suelo como: centros poblados, ríos dobles o con características similares a estas al representarlas o cartografiarlas.

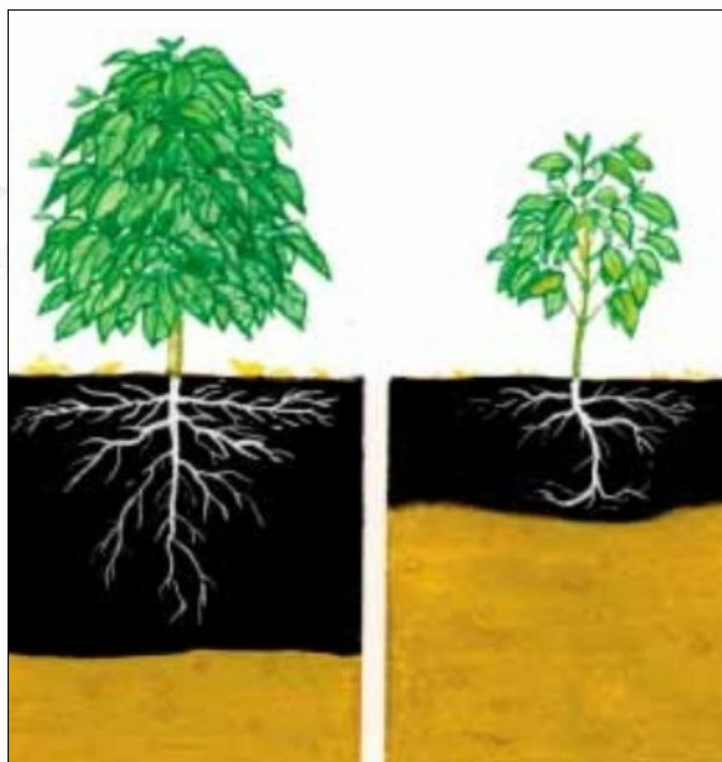
FUENTE: Porta y López-Acevedo, 2005.

La existencia de una capa u horizonte de diferente permeabilidad a cierta profundidad frenará el avance del frente de humectación, provocando mal drenaje (Porta y López-Acevedo, 2005).

El dato que se registra en esta variable es el valor del drenaje aparente que el edafólogo considera en campo (Tabla 4) y que se anota en la ficha de descripción de perfiles.

2.8.6.10. Profundidad efectiva (pef)

Se define como la profundidad del suelo que puede proporcionar un medio adecuado para el desarrollo de las raíces, retener el agua disponible y suministrar los nutrientes existentes (Figura 4). Por tanto, en la mayoría de los casos, es la profundidad a la cual comienza la grava, la roca madre u otro tipo de soporte rígido, o a partir de la cuales se hallan condiciones desfavorables para el desarrollo satisfactorio de las raíces de las plantas cultivables (Hudson, 2006).



FUENTE: CENICAFE, 2004.

Figura 4. Representación gráfica de un suelo profundo y un suelo poco profundo

Profundidad hasta la cual pueden desarrollarse las raíces, permitiendo la absorción de agua y nutrientes por los cultivos, siempre que el agua no sea un factor limitante. Puede haber unas pocas raíces finas o muy finas. La profundidad efectiva de un suelo se ve restringida por contacto lítico y paralítico, fragipan, horizonte cementado (la cementación depende del contenido de sílice -duripán-, carbonatos de calcio u óxidos de hierro), horizonte compacto, temperatura del suelo, nivel freático (Porta et al., 2003).

Desde el punto de vista edafológico, se considera como profundidad efectiva el espesor del *solum* (horizonte A y B) (De La Rosa, 2008).

Esta variable se rellena a partir del dato registrado en la ficha de descripción de perfiles en campo (Tabla 5).

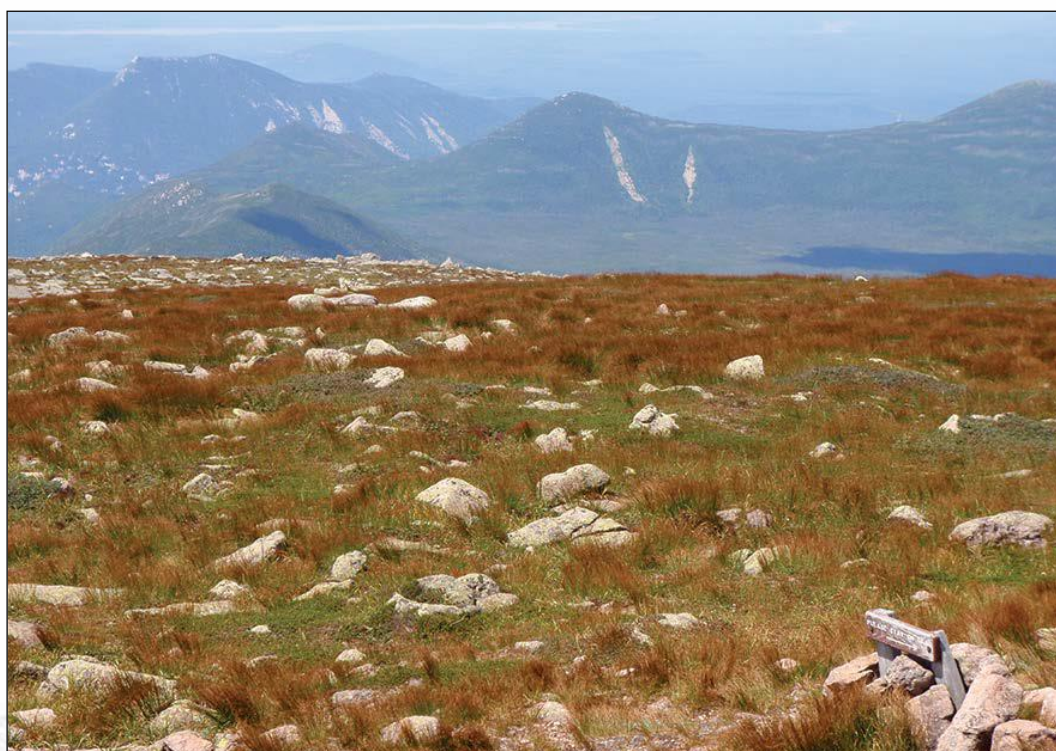
Tabla 5. Categorías de profundidad efectiva de los suelos

ETIQUETA	SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
MUY SUPERFICIAL	Ms	La profundidad efectiva del suelo se mide en centímetros de manera perpendicular a la superficie terrestre, siendo para esta clase de 0 a 10 cm de profundidad.
SUPERFICIAL	S	La profundidad efectiva del suelo se mide en centímetros de manera perpendicular a la superficie terrestre, siendo para esta clase de 11 a 20 cm de profundidad.
POCO PROFUNDO	Pp	La profundidad efectiva del suelo se mide en centímetros de manera perpendicular a la superficie terrestre, siendo para esta clase de 21 a 50 cm de profundidad.
MODERADAMENTE PROFUNDO	M	La profundidad efectiva del suelo se mide en centímetros de manera perpendicular a la superficie terrestre, siendo para esta clase de 51 a 100 cm de profundidad.
PROFUNDO	P	La profundidad efectiva del suelo se mide en centímetros de manera perpendicular a la superficie terrestre, siendo para esta clase >100 cm de profundidad.
NO APLICABLE	NA	Se considera todas las áreas que no son suelo como: centros poblados, ríos dobles o con características similares a estas al representarlas o cartografiarlas.

FUENTE: Adaptado de MAGAP-PRAT, 2008.

2.8.6.11. Pedregosidad (pdr)

Se refiere a la presencia o ausencia de fragmentos gruesos superficiales (especialmente piedras y cantos rodados), que afecten a la mecanización y desarrollo de la plantas; están descritos en términos de porcentaje de cobertura.



FUENTE: Soil Survey Staff, 2017.

Figura 5. Un área de suelo con frecuente pedregosidad

Tabla 6. Categorías de pedregosidad de los suelos

ETIQUETA	SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
NULA	S	No posee fragmentos gruesos.
MUY POCAS	M	< 10 % de fragmentos gruesos, y no interfieren con el laboreo.
POCAS	P	10 a 25 % de fragmentos gruesos, existe interferencia con el laboreo, es posible el cultivo de plantas de escarda (maíz, plantas con raíces útiles y tubérculos).
FRECIENTES	F	>25 a 50 % de fragmentos gruesos, existe dificultad para el laboreo, es posible la producción de pasto.
ABUNDANTES	A	>50 a 75 % de fragmentos gruesos, no es posible el uso de maquinaria agrícola.
PEDREGOSO (ROCOSO)	R	> 75 % de fragmentos gruesos en la superficie, excesivamente pedregoso como para ser cultivado.
NO APLICABLE	NA	Se considera todas las áreas que no son suelo como: centros poblados, ríos dobles o con características similares a estas al representarlas o cartografiarlas.

FUENTE: FAO, 2009.

Los fragmentos gruesos superficiales son a veces los mayores obstáculos para la mecanización agrícola y el cultivo en general. Frenan la labor de los aperos y los bloques más grandes pueden llegar a romper o estropear la maquinaria. Las grandes piezas limitan o impiden en ocasiones las labores agrícolas y de esta forma limitan el uso del suelo a pastos, o en casos extremos a bosque o baldío (Hodgson, 1987).

El número, el tamaño y el espaciamiento de piedras y rocas en la superficie de un suelo, incluidos los que se encuentran parcialmente dentro del suelo, tienen efectos importantes en el uso y manejo del suelo. Las categorías (Tabla 6) se dan en términos de la cantidad aproximada de fragmentos de roca, de piedra y tamaño de la roca en la superficie (Soil Survey Staff, 2017).

Este campo se rellena a partir del registro realizado en la ficha de descripción de perfiles en el campo referente a la cobertura de fragmentos gruesos en superficie.

2.8.6.12. Toxicidad (txc)

Tabla 7. Categorías de toxicidad de los suelos

ETIQUETA	SÍMBOLO	RANGO	DESCRIPCIÓN
NULA	S		Ausencia de acidez de aluminio e hidrógeno intercambiable. Ausencia de carbonatos, sin reacción al HCl.
LIGERA (AC ¹)	La	< 0,50 meq/100ml	Ligera acidez de aluminio e hidrógeno intercambiable.
MEDIA (AC)	Ma	0,50 - 1,5 meq/100ml	Media acidez de aluminio e hidrógeno intercambiable.
ALTA (AC)	Aa	> 1,5 meq/100ml	Alta acidez de aluminio e hidrógeno intercambiable.
LIGERA (CAR ²)	Lc	0 -10%	Reacción Ligera al HCl, presencia de pequeñas burbujas. Contenido de carbonatos muy bajo y bajo.
MEDIA (CAR)	Mc	11 - 25%	Reacción moderada al HCl, presencia de burbujas con espuma baja. Contenido de carbonatos normal.
ALTA (CAR)	Ac	> 25%	Reacción fuerte y extremadamente fuerte al HCl, presencia de efervescencia con burbujas y espuma alta. Contenido de carbonatos alto y muy alto.

¹ ac= Acidez.

² car= Carbonatos.

ETIQUETA	SÍMBOLO	RANGO	DESCRIPCIÓN
NO APLICABLE	NA		Se considera todas las áreas que no son suelo como: centros poblados, ríos dobles o con características similares a estas al representarlas o cartografiarlas.

FUENTE: FAO, 2009; INIAP, 2009.

La toxicidad se define como el efecto negativo que producen los aniones y cationes sobre las plantas cuando se encuentran presentes en exceso en el suelo (De La Rosa, 2008).

La toxicidad por acidez ocurre en los suelos minerales donde la hidrólisis del aluminio intercambiable es la fuente principal de iones hidrógeno, por lo que el grado de acidez del suelo está íntimamente relacionado con el aluminio intercambiable presente en el complejo coloidal (INPOFOS, 1998).

Este campo se completa a partir de la información registrada desde el laboratorio en acidez libre y carbonatos, categorizada según los rangos establecidos en la Tabla 7 y en las tablas 8 y 9.

Tabla 8. Niveles de toxicidad del suelo (acidez)

NIVEL DE TOXICIDAD	ALUMINIO E HIDRÓGENO INTERCAMBIABLE (meq/100 ml)	ALUMINIO INTERCAMBIABLE (meq/100 ml)
NULA	0	0
LIGERA	< 0,5	< 0,3
MEDIA	0,5 a 1,5	0,3 a 1,0
ALTA	> 1,5	> 1,0

FUENTE: INIAP, 2009.

Tabla 9. Niveles de toxicidad (carbonatos) en la matriz del suelo

NIVEL DE TOXICIDAD	REACCIÓN AL HCL	% DE CARBONATOS (CaCO ₃)
NULA	Ninguna burbuja se forma	0
LIGERA	Numerosas o pocas burbujas se forman	0 - 10
MEDIA	Burbujas con espuma baja	>10 - 25
ALTA	Burbujas con espuma alta	> 25

FUENTE: FAO, 2009.

El dato que se selecciona para caracterizar a la unidad edáfica es el mayor valor de toxicidad dentro de los primeros 50 cm.

2.8.6.13. Potencial hidrógeno (phi)

El pH hace referencia a la concentración en forma logarítmica de iones H⁺ de una solución acuosa que se ha mantenido en contacto con el suelo el tiempo suficiente como para alcanzar el equilibrio (Thompson & Troeh, 1988; Porta et al., 2008).

Tabla 10. Rangos de pH de los suelos

ETIQUETA	SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
MUY ACIDO	Mac	0,0 a <5,0: Condiciones desfavorables para los cultivos; posible toxicidad de Al y Mn; deficiencia de cationes divalentes intercambiables
ACIDO	Ac	5,0 a 5,5: Necesidad de encalar para la mayoría de los cultivos; deficiencia de P, Ca, K, N, Mg, Mo y N; exceso de Co, Cu, Fe, Mn, Zn. Suelos sin carbonato cálcico. Actividad microbiana escasa.
MEDIANAMENTE ACIDO	MeAc	>5,5 a 6,0: Baja solubilidad del P y regular disponibilidad de Ca y Mg; algunos cultivos como las leguminosas requieren encalamiento.
LIGERAMENTE ACIDO	Lac	>6,0 a 6,5: Condición adecuada para el crecimiento de la mayoría de los cultivos.
PRACTICAMENTE NEUTRO	PN	>6,5 a 7,5 (Excepto el 7): Buena disponibilidad de Ca y Mg; moderada disponibilidad de P; baja disponibilidad de los microelementos con excepción del Mo.
NEUTRO	N	7,0: Condición adecuada para el crecimiento de la mayoría de los cultivos.
LIGERAMENTE ALCALINO	LAI	>7,5 a 8,0: Posible exceso de Ca, Mg y carbonatos; baja solubilidad del P y microelementos con excepción del Mo; posible necesidad de tratar el suelo con enmiendas como por ejemplo el yeso. Se inhibe el desarrollo de varios cultivos.
MEDIANAMENTE ALCALINO	Mal	>8,0 a 8,5: Posible exceso de sodio intercambiable; se inhibe el crecimiento de la mayoría de los cultivos; se tiene la necesidad de tratar el suelo con enmiendas.
ALCALINO	AI	> 8,5: Exceso de sodio intercambiable (PSI > 15 %); se inhibe el crecimiento de la mayoría de los cultivos; existiendo la necesidad de tratar el suelo con enmiendas. Presencia de MgCO ₃ en caso de no existir sodio intercambiable. Problemas de clorosis férrica en las plantas por deficiencia de Fe en el suelo.
NO APLICABLE	NA	Se considera todas las áreas que no son suelo como: centros poblados, ríos dobles o con características similares a estas al representarlas o cartografiarlas.

FUENTE: INIAP, 2009; Porta et al., 2008.

El significado práctico de la expresión logarítmica del pH indica que por cada cambio de una unidad en pH hay un cambio de una magnitud diez veces mayor en la acidez o alcalinidad del suelo (INIAP, 2008).

La determinación del pH sirve de pauta para interpretar algunas características de los suelos relacionadas especialmente con sus propiedades ácidas o alcalinas y el funcionamiento general en cuanto a la utilización y solubilidad de los nutrientes del suelo (INIAP, 2006b).

El dato de pH que se registra en el campo de las variables del Mapa Geopedológico, es del primer horizonte y/o capa que tenga un espesor mayor a los 15 cm, dentro de los primeros 50 cm de profundidad.

2.8.6.14. Salinidad (wcs)

Es una característica del suelo que se debe a su contenido excesivo de sales y, en especial, sodio (Na). Limita el crecimiento de los cultivos, debido a que las plantas no pueden absorber una cantidad suficiente de agua para funcionar adecuadamente (INPOFOS, 1997).

La conductividad eléctrica (CE) se usa para determinar el contenido total de sales solubles de un suelo y se consideran solubles aquellas más solubles que el yeso $\text{SO}_4\text{Ca} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ cuya solubilidad a 25 °C es de 2,6 gramos por litro de agua. Están compuestas, principalmente por los siguientes iones; entre los cationes: el calcio Ca^{+2} , magnesio Mg^{+2} , sodio Na^+ , potasio K^+ , y aniones: los cloruros Cl^- , sulfatos $(\text{SO}_4)^{-2}$, bicarbonatos $(\text{HCO}_3)^-$ y carbonatos $(\text{CO}_3)^{-2}$ (Fuentes, 1999).

Tabla 11. Niveles de salinidad del suelo

ETIQUETA	SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
NO SALINO	NS	<2,0 dS/m. Nivel de sales que no limitan el rendimiento.
LIGERAMENTE SALINO	LS	2,0 a 4,0 dS/m. Nivel de sales ligeramente tóxico con excepción de cultivos tolerantes.
SALINO	S	>4,0 a 8,0 dS/m. Nivel de sales tóxico en mayoría de cultivos.
MUY SALINO	MS	>8,0 a 16,0 dS/m. Nivel de sales muy tóxico en los cultivos.
EXTREMADAMENTE SALINO	ES	>16,0 dS/m. Nivel de sales extremadamente tóxico en los cultivos.
NO APLICABLE	NA	Se considera todas las áreas que no son suelo como: centros poblados, ríos dobles o con características similares a estas al representarlas o cartografiarlas.

FUENTE: UMACPA, 1985; INIAP, 2009.

Los datos se expresan en dS/m (decisiemens) a 25 °C; considerando las siguientes equivalencias:

$$1 \text{ S/cm} = 1 \text{ mhos/cm} \quad 1 \text{ dS/m} = 1 \text{ mmhos/cm} = 1 \text{ mS/cm}$$

La salinidad se registra a partir del dato de laboratorio de conductividad eléctrica, categorizado según los niveles descritos en la Tabla 11, del horizonte o capa superficial o subsuperficial que tenga el mayor valor dentro de los primeros 50 cm de suelo.

2.8.6.15. Profundidad Nivel Freático (pnf)

Es la distancia perpendicular considerada desde la superficie del suelo hasta el límite superior de la tabla de agua o nivel freático; es una variable limitante del desarrollo de las raíces de las plantas muy asociada a la profundidad efectiva

Tabla 12. Categorías de profundidad del nivel freático del suelo.

ETIQUETA	SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
MUY SUPERFICIAL	S	Es superficial sí el nivel freático se encuentra entre el rango de 0 a 10 cm.
SUPERFICIAL	S	Es superficial sí el nivel freático se encuentra entre el rango de 11 a 20 cm.
POCO PROFUNDO	Pp	Es poco profundo cuando el nivel freático se encuentra entre el rango de 21 a 50 cm.
MEDIANAMENTE PROFUNDO	M	Es medianamente profundo si el nivel freático se encuentra entre el rango de 51 a 100 cm.
PROFUNDO	P	Es profundo el nivel freático si se encuentra entre un rango mayor a 100 cm.
SIN EVIDENCIA	Sin	Se categoriza sin evidencia cuando no se encuentra el nivel freático y se llega a una profundidad considerable.
NO APLICABLE	NA	Se considera todas las áreas que no son suelo como: centros poblados, ríos dobles o con características similares a estas al representarlas o cartografiarlas.

FUENTE: UMACPA, 1985; Adaptado de MAGAP-PRAT, 2008.

Este campo de las variables geopedológicas se toma a partir del dato registrado en la ficha de descripción de perfiles, en el campo relativo a la profundidad del nivel freático.

2.8.6.16. Régimen de Temperatura del Suelo (rts)

Es descrito por la temperatura media anual del suelo, las fluctuaciones estacionales promedio con respecto a la media y la gradiente de temperatura

más caliente y más fría por estación dentro de la zona de enraizamiento, que es la zona con profundidad de 100 cm (FAO, 2009)

Tabla 13. Categorías de régimen de temperatura del suelo

ETIQUETA	SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
ISOFRIGIDO	IF	Suelo con temperatura de menos de 10 °C, entre 50 y 100 cm de profundidad, durante todo el año.
ISOMESICO	IM	Suelo con temperatura de 10 a 13 °C, entre los 50 y 100 cm de profundidad, durante todo el año.
ISOTERMICO	IT	Suelo con temperatura de 13 a 20/22 °C, entre los 50 y 100 cm de profundidad, durante todo el año con una variación muy débil.
ISOHIPERTERMICO	IH	Suelo con temperatura de más de 20/22 °C, entre 50 y 100 cm de profundidad.
NO APLICABLE	NA	Se considera todas las áreas que no son suelo como: centros poblados, ríos dobles o con características similares a estas al representarlas o cartografiarlas.

FUENTE: Adaptado de *Soil Survey Staff*, 2006.

Este dato procede de la información de los regímenes climáticos del suelo-temperatura que caracterizan a la “unidad edáfica”, información procedente de los datos climáticos de INAMHI.

2.8.6.17. Régimen de Humedad del Suelo (rhs)

Se refiere a la presencia o ausencia, ya sea de un manto freático o de agua retenida a una tensión menor de 1500 kPa (punto de marchitez permanente) en el suelo o en horizontes específicos en un período del año (FAO, 2009).

El régimen de humedad se refiere a los estados de humedad de una sección de control, cuyos límites pueden ser determinados para cada perfil (Winckell et al., 1997). Además se debe relacionar con la información climática como por ejemplo con las isoyetas y meses ecológicamente secos

Este dato se adquiere de los regímenes climáticos del suelo-humedad que caracterizan a las unidades edáficas, información procedente de los datos climáticos de INAMHI

Tabla 14. Categorías de régimen de humedad del suelo

ETIQUETA	SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
ARIDICO	AR	El suelo está seco en todo el perfil, durante más o menos la mitad del año, pero ninguna parte está húmeda más de tres meses consecutivos. Generalmente, hay infiltración del agua por abajo. No hay lixiviación pero en muchos casos una acumulación de elementos minerales: sal, carbonatos.
USTICO	US	Este régimen de humedad es intermedio entre el régimen arídico y el údico. La sección de control en áreas del régimen ústico está seca, en alguna o en todas sus partes por 90 días o más acumulativos en años normales. Sin embargo, está húmeda en alguna parte por más de 180 días acumulativos por año o por 90 días o más consecutivos. Es posible hacer cultivos de ciclo corto sin riego pero con irregularidad y deficiencia de agua algunos años.
UDICO	U	El suelo no está seco en todo el perfil más de tres meses consecutivos la mayoría de los años.
PERUDICO	P	Las precipitaciones mensuales son más altas que la evapotranspiración, por consecuencia, hay percolación del agua en el perfil durante todo el año y lixiviación de algunos elementos minerales útiles.
ACUICO	A	Suelos saturados con agua, con predominio de reacciones de reducción debido a la ausencia de oxígeno, condiciones no favorables para desarrollo de microorganismos.
NO APLICABLE	NA	Se considera todas las áreas que no son suelo como: centros poblados, ríos dobles o con características similares a estas al representarlas o cartografiarlas.

FUENTE: *Soil Survey Staff*, 2006; FAO, 2009.

2.8.6.18. Materia Orgánica (rmo)

La materia orgánica está representada en el suelo por los residuos de plantas y animales en varios estados de descomposición, es decir que el contenido de materia orgánica varía según la tasa de mineralización, por existir relación inversa entre altitud y temperatura. Se ha encontrado correlación positiva entre el contenido de materia orgánica y la altura sobre el nivel del mar; el promedio de materia orgánica total aumenta unas dos a tres veces por cada 10°C de disminución de temperatura (INPOFOS, 1997; Navarro y Navarro, 2003).

La materia orgánica del suelo puede contener cantidades muy diferentes de sustancias húmicas y no húmicas. Entre las sustancias húmicas se encuentran dos grupos de compuestos conocidos como ácidos húmicos (AH) y ácidos fúlvicos (AF) los mismos que se distribuyen dependiendo del tipo de suelo (Juárez, et al., 2006).

Mohr estableció la temperatura de 25,4°C como límite de equilibrio de la descomposición y acumulación de la materia orgánica. Es decir, por encima de esta temperatura, la descomposición será mayor que la acumulación; mientras que por debajo, la acumulación será mayor que la descomposición (Luzuriaga, 2001).

Tabla 15. Niveles de contenido de materia orgánica del suelo

ETIQUETA	SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
BAJO (COSTA)	CoB	Suelos de la costa con un contenido de materia orgánica menor a 1,0%
MEDIO (COSTA)	CoM	Suelos de la costa con un contenido de materia orgánica entre 1,0 - 2,0%
ALTO (COSTA)	CoA	Suelos de la costa con un contenido de materia orgánica mayor a 2,0%
BAJO (SIERRA)	SiB	Suelos de la sierra con un contenido de materia orgánica menor a 3,0%
MEDIO (SIERRA)	SiM	Suelos de la sierra con un contenido de materia orgánica entre 3,0 - 5,0%
ALTO (SIERRA)	SiA	Suelos de la sierra con un contenido de materia orgánica mayor a 5,0%
BAJO (AMAZONIA)	AmB	Suelos de la amazonia con un contenido de materia orgánica menor a 3,0%
MEDIO (AMAZONIA)	AmM	Suelos de la amazonia con un contenido de materia orgánica entre 3,0 - 6,0%
ALTO (AMAZONIA)	AmA	Suelos de la amazonia con un contenido de materia orgánica mayor a 6,0%
NO APLICABLE	NA	Se considera todas las áreas que no son suelo como: centros poblados, ríos dobles o con características similares a estas al representarlas o cartografiarlas.

FUENTE: Adaptado de INIAP, 2009.

En el campo de materia orgánica de las variables del Mapa Geopedológico se registra el dato procedente de los reportes de los laboratorios, previamente categorizado según los rangos definidos en la Tabla 15, diferentes según la zona en que se localice el suelo (Costa, Sierra o Amazonía). Este dato procede del primer horizonte o capa superficial que tenga un espesor mayor a 15 cm y que se encuentre dentro de los primeros 50 cm de suelo.

2.8.6.19. Capacidad de Intercambio Catiónico (cic)

Se denomina capacidad de intercambio catiónico (CIC) a la capacidad que tiene un suelo de retener e intercambiar cationes. La fuerza de la carga positiva varía dependiendo del catión, permitiendo que un catión remplace a otro en una partícula de suelo cargada negativamente. Mientras mayor sea la CIC más cationes puede retener un suelo; los suelos difieren en su CIC y ésta depende de la cantidad de arcilla y contenido de materia orgánica presentes en el suelo (INPOFOS, 1997).

La capacidad de intercambio catiónico se expresa en cmol/kg de suelo seco. Esta unidad da un valor numérico que coincide con el que corresponde a expresarla en meq/100 g de suelo seco (Porta et al., 2008).

Como regla general, los suelos con grandes cantidades de arcilla y materia orgánica tendrán una mayor capacidad de intercambio catiónico que los suelos arenosos con bajo contenido de materia orgánica. También los suelos con predominio de coloides 2:1 tendrán mayor capacidad de cambio que los suelos en los que predominen coloides minerales 1:1 (INIAP, 2008).

Tabla 16. Niveles de valoración de la CIC

ETIQUETA	SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
MUY BAJO	Mb	< a 5 cmol/kg de suelo seco
BAJO	B	5 a 10 cmol/kg de suelo seco
MEDIO	M	>10 a 20 cmol/kg de suelo seco
ALTO	A	>20 a 30 cmol/kg de suelo seco
MUY ALTO	Ma	> a 30 cmol/kg de suelo seco
NO APLICABLE	NA	Se considera todas las áreas que no son suelo como: centros poblados, ríos dobles o con características similares a estas al representarlas o cartografiarlas.

FUENTE: FUENTES, 1999.

El dato que se registra en las variables del Mapa Geopedológico parte de los datos de laboratorio del primer horizonte o capa superficial que tenga un espesor mayor a 15 cm y se encuentre dentro de los primeros 50 cm de suelo, previamente categorizado según los niveles descritos en la Tabla 16.

2.8.6.20. Saturación de Bases (sdb)

La saturación total de bases en el suelo se expresa en porcentaje (%), y es el producto de dividir la suma de las bases (Ca^{++} , Mg^{++} , K^+ y Na^+), y la capacidad de intercambio catiónico (CIC) total (IGAC, 1973).

La proporción relativa de cationes metálicos intercambiables adsorbidos al complejo coloidal se designa como “porcentaje de saturación de bases”.

El pH está notablemente relacionado con el estado de saturación del coloide y aumenta a medida que el porcentaje de saturación de bases se acerca al 100%. Un valor bajo de saturación de bases significará acidez; mientras que un valor cercano a 100% indicará neutralidad o alcalinidad (Navarro y Navarro, 2003).

Tabla 17. Niveles de saturación de bases del suelo

ETIQUETA	SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
BAJA	B	Menor de 35 %: Suelos ácidos con deficiencias de bases intercambiables principalmente calcio, magnesio y potasio. A estos suelos se les denomina desaturados.
MEDIA	M	Entre 35 a 50 %: Suelos medianamente o ligeramente ácidos, con una disponibilidad aceptable de calcio, magnesio y potasio para las plantas.
ALTA	A	Mayor de 50%: Suelos neutros o ligeramente alcalinos con dominancia del calcio y sodio en el complejo de cambio. A estos suelos se les denomina saturados.
NO APLICABLE	NA	Se considera todas las áreas que no son suelo como: centros poblados, ríos dobles o con características similares a estas al representarlas o cartografiarlas.

FUENTE: INIAP, 2006a.

El dato de saturación de bases que se registra en las variables del Mapa Geopedológico parte de la información de laboratorio del primer horizonte o capa superficial que tenga un espesor mayor a 15 cm y se encuentre dentro de los primeros 50 cm de suelo, previamente categorizada según los niveles descritos en la Tabla 17.

2.8.6.21. **Fertilidad (fld)**

La fertilidad de un suelo se puede definir como la capacidad de éste para suministrar los nutrimentos apropiados, en cantidades adecuadas y proporciones balanceadas para el crecimiento normal de las plantas, cuando otros factores abióticos como luz, temperatura y condiciones físicas y biológicas son favorables (Fuentes, 1999).

Por tanto, la fertilidad del suelo es una cualidad resultante de la interacción entre las características físicas, químicas y biológicas del mismo (Navarro y Navarro, 2014).

Un suelo es fértil cuando tiene una alta capacidad de intercambio catiónico, lo que le permite retener una apreciable cantidad de cationes, sin que sean lixiviados por el agua de percolación; además, tiene que ocurrir que el porcentaje de saturación de bases sea alto, ya que la mayor parte de los cationes básicos son los realmente importantes, mientras que los cationes ácidos tienen efectos negativos. Es decir la fertilidad potencial depende de la capacidad de intercambio catiónico, el nivel de nutrientes, el pH y el porcentaje de saturación de bases (Fuentes, 1999).

El Instituto Geográfico Agustín Codazzi (1973) manifiesta, que un buen diagnóstico de la fertilidad del suelo puede conseguirse interpretando conjuntamente los parámetros que informan sobre los distintos ámbitos de la

fertilidad. Se consideran importantes las siguientes variables: pH, capacidad de intercambio catiónico, saturación de bases, carbono orgánico, nitrógeno total, fósforo aprovechable y salinidad.

Para el registro de la fertilidad se utilizan los rangos definidos en la Tabla 18, que parte del análisis de la Tabla 19, Tabla 20 y Tabla 21, que responden a cada una de las regiones de Costa, Sierra y Amazonía, divididas así por las marcadas diferencias climáticas, de uso y cobertura del suelo, de relieve y geología que presentan unas con otras.

Tabla 18. Niveles de fertilidad natural del suelo

ETIQUETA	SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
MUY BAJA	Mb	Baja capacidad de intercambiar los cationes, muy baja disponibilidad de nutrientes debido al bajo pH, muy baja saturación de bases, suelos con texturas arenosas y contenidos de materia orgánica muy bajos. Además pueden presentar limitaciones de salinidad, por niveles muy salinos a extremadamente salinos.
BAJA	B	Escasa capacidad de intercambio de cationes, baja disponibilidad de nutrientes, baja saturación de bases, suelos con contenidos de materia orgánica bajos y de textura de arenosos a arenoso franco. Además pueden presentar limitaciones de salinidad por niveles salinos medios.
MEDIANA	M	Moderada capacidad de intercambio catiónico, buena disponibilidad de nutrientes, mediana saturación de bases, estos suelos presentan clases texturales variables de arcillosos a francos, con contenidos de materia orgánica medios. En algunas ocasiones pueden presentar ligeras limitaciones de salinidad.
ALTA	A	Alta capacidad de intercambio catiónico, alta saturación de bases; suelos con altos contenidos de materia orgánica, de texturas francas. Óptima disponibilidad de nutrientes. No presentan limitaciones de salinidad.
NO APLICABLE	NA	Se considera todas las áreas que no son suelo como: centros poblados, ríos dobles o con características similares a estas al representarlas o cartografiarlas.

Para el cálculo de la fertilidad se utilizan estas tablas (Tabla 19, Tabla 20 y Tabla 21), en las que se consideran como variables principales el pH y la salinidad. A la hora de aplicar los criterios existen 3 casos, que se resuelven de la siguiente manera:

- Caso 1. Con una variable baja (siempre y cuando ésta no sea principal) y el resto de variables altas, se califica como fertilidad media.

- Caso 2. Cuando una de las variables principales es muy baja, se califica la fertilidad como muy baja. Esta calificación es sólo con variables principales.
- Caso 3. Cuando el análisis no se ajuste a ninguno de los casos anteriores, se califica con la variable más restrictiva.



Tabla 19. Estimación de la fertilidad natural para suelos de la Costa

FERTILIDAD NATURAL	CIC (meq/100g)	pH	SATURACIÓN DE BASES (%)	MATERIA ORGÁNICA (%)	TEXTURA	SALINIDAD (dS/m a 25 °C)
MUY BAJA	Menor a 5	Muy ácido a ácido o alcalino (<5,5 o >8,5)	Menor a 35	Menor a 1,0	Arenosa - Arenosa muy fina - Arenosa fina - Arenosa media - Arenosa gruesa Areno francosa	Muy salino a extremadamente salino (>8,0)
BAJA	Entre 5 y 10	Medianamente ácido o medianamente alcalino (>5,5 a 6,0 o >8,0 a 8,5)				Salino (>4,0 a 8,0)
MEDIANA	Entre 10 y 20	Ligeramente ácido o ligeramente alcalino (>6,0 a 6,5 o >7,5 a 8,0)	Entre 35 y 50	Entre 1,0 y 2,0	Arcillosa Arcillo - limosa Arcillo - arenosa Limosa Franco arcillo - limosa	No salino o ligeramente salino (<4,0)
ALTA	Mayor a 20	Prácticamente neutro o neutro (>6,5 a 7,5 o 7,0)	Mayor a 50	Mayor a 2,0	Franco arcillosa Franco limosa Franco arenosa Franco arcillo - arenosa Franca	No salino (<2,0)

FUENTE: Adaptado de: INIAP, 2009; Porta et al., 2008; INPOFOS, 1997; Fuentes, 1999; De la Rosa, 2008.

Tabla 20. Estimación de la fertilidad natural para suelos de la Sierra

FERTILIDAD NATURAL	CIC (meq/100g)	pH	SATURACIÓN DE BASES (%)	MATERIA ORGÁNICA (%)	TEXTURA	SALINIDAD (dS/m a 25 °C)
MUY BAJA	Menor a 5	Muy ácido a ácido o alcalino (<5,5 o >8,5)	Menor a 35	Menor a 3,0	Arenosa - Arenosa muy fina - Arenosa fina - Arenosa media - Arenosa gruesa Areno francosa	Muy salino a extremadamente salino (>8,0)
BAJA	Entre 5 y 10	Medianamente ácido o medianamente alcalino (>5,5 a 6,0 o >8,0 a 8,5)				Salino (>4,0 a 8,0)
MEDIANA	Entre 10 y 20	Ligeramente ácido o ligeramente alcalino (>6,0 a 6,5 o >7,5 a 8,0)	Entre 35 y 50	Entre 3,0 y 5,0	Arcillosa Arcillo - limosa Arcillo - arenosa Limosa Franco arcillo - limosa	No salino o ligeramente salino (<4,0)
ALTA	Mayor a 20	Prácticamente neutro o neutro (>6,5 a 7,5 o 7,0)	Mayor a 50	Mayor a 5,0	Franco arcillosa Franco limosa Franco arenosa Franco arcillo - arenosa Franca	No salino (<2,0)

FUENTE: Adaptado de: INIAP, 2009; Porta et al., 2008; INPOFOS, 1997; Fuentes, 1999; De la Rosa, 2008.

Tabla 21. Estimación de la fertilidad natural para suelos de la Amazonía

FERTILIDAD NATURAL	CIC (meq/100g)	pH	SATURACIÓN DE BASES (%)	MATERIA ORGÁNICA (%)	TEXTURA	TOXICIDAD (Al + H) (meq/100ml)	SALINIDAD (dS/m a 25 °C)
MUY BAJA	Menor a 5	Muy ácido a ácido o alcalino (<5,5 o >8,5)	Menor a 35	Menor a 3,0	Arenosa - Arenosa muy fina - Arenosa fina - Arenosa media - Arenosa gruesa Areno francosa	Alta (>1,5)	Muy salino a extremadamente salino (>8,0)
BAJA	Entre 5 y 10	Medianamente ácido o medianamente alcalino (>5,5 a 6,0 o >8,0 a 8,5)				Media (0,5 – 1,5)	Salino (>4,0 a 8,0)
MEDIANA	Entre 10 y 20	Ligeramente ácido o ligeramente alcalino (>6,0 a 6,5 o >7,5 a 8,0)	Entre 35 y 50	Entre 3,0 y 5,0	Arcillosa Arcillo - limosa Arcillo - arenosa Limosa Franco arcillo - limosa	Ligera (<0,5)	No salino o ligeramente salino (<4,0)
ALTA	Mayor a 20	Prácticamente neutro o neutro (>6,5 a 7,5 o 7,0)	Mayor a 50	Mayor a 5,0	Franco arcillosa Franco limosa Franco arenosa Franco arcillo - arenosa Franca	Nula	No salino (<2,0)

FUENTE: Adaptado de: INIAP, 2009; Porta et al., 2008; INPOFOS, 1997; Fuentes, 1999; De la Rosa, 2008.

2.8.6.22. Inundabilidad (inu)

Es la permanencia del agua o anegamiento causado por estancamiento del agua o por inundaciones de los ríos (MAG-IICA-CLIRSEN, 2002).

Inundación es la condición en la que el suelo es cubierto por agua. Encharcamiento es cuando el agua se encuentra en una depresión (Soil Survey Staff, 1993).

Las inundaciones son un evento natural y recurrente para un río. Son el resultado de lluvias fuertes o continuas que sobrepasan la capacidad de absorción del suelo y la capacidad de carga de los ríos, quebradas y áreas costeras. Esto hace que un determinado curso de aguas rebase su cauce e inunde tierras adyacentes (MAGAP-PRAT, 2008).

Como se muestra en Tabla 22, las inundaciones se clasifican de acuerdo al número de meses que permanecen inundados, lo cual constituye un factor importante para los cultivos (Yugcha, 1992).

Tabla 22. Duración de inundaciones

PERÍODO	SÍMBOLO	TIEMPO (meses)	DESCRIPCIÓN
NULA (MUY CORTA)	O	0 a 1	Suelos con ninguna presencia de agua o máximo durante un mes.
CORTA	C	1 a 3	Suelos con presencia de agua durante uno a tres meses.
MEDIANA	M	3 a 6	Suelos con presencia de agua durante tres a seis meses.
LARGA	L	6 a 9	Suelos con presencia de agua durante seis a nueve meses.
PERMANENTE	P	> 9	Suelos permanentemente inundados, más de nueve meses cubiertos de agua
NO APLICABLE	NA	-	Se considera todas las áreas que no son suelo como: centros poblados, ríos dobles o con características similares a estas al representarlas o cartografiarlas.

FUENTE: Adaptado de: Yugcha, 1992.

El dato de inundabilidad se registra a partir de la información almacenada en el campo de la ficha de descripción de perfiles denominado Inundación mes de inicio mes de fin, con lo cual se obtiene el dato aproximado de la duración de la inundación.

2.8.7. Productos Cartográficos Finales

Una vez elaborada la cartografía digital, en la que se ha extrapolado al mapa de las unidades edáficas la información procedente de los puntos de muestreo, se procede a la integración de toda la información disponible para la obtención del Mapa Geopedológico definitivo y la redacción de las memorias correspondientes.

Las fases de este proceso son:

- Elaboración de la leyenda del Mapa Geopedológico final.
- Generación y edición de los mapas geopedológicos (*layouts*) por hoja 1:50.000. El mapa de salida se elabora utilizando la cuadrícula de hojas 50.000, pero la escala de trabajo es 1:25.000.
- Generación y edición de los mapas geopedológicos (*layouts*) por cantón, con su correspondiente memoria.
- Elaboración de los metadatos.



3. BIBLIOGRAFÍA

Brady, N. & Weil, R. (2008). The nature and properties of soils: Cation exchange capacity. 14th Ed. Nueva Jersey, Estados Unidos de América.

Buol, S., Southart, R., Graham, R., & McDaniel, P. (2011). Soil Genesis and Classification. Iowa State University Press. Iowa, Estados Unidos de América.

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, Ecuador.

CLIRSEN – Centro de Levantamientos Integrados de Recursos Naturales por Sensores Remotos, SENACYT – Secretaría Nacional de Ciencia y Tecnología, SENPLADES – Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo, MAGAP – Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca. (2009). Memoria técnica de suelos del cantón Milagro del proyecto: “Generación de geoinformación para la gestión del territorio y valoración de tierras rurales de la cuenca del río Guayas escala 1:25.000”. Quito, Ecuador.

Cortés, A. y Malagón, D. (1983). Levantamientos de suelos y sus aplicaciones multidisciplinarias. Centro Interamericano de Desarrollo Integral de Aguas y Tierras. (Serie Suelos y Clima SC-58). Mérida, Venezuela.

De La Rosa, D. (2008). Evaluación agro-ecológica de suelos. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España.

Dorronsoro, C. (2003). Clasificación y Cartografía de Suelos. Departamento de Edafología y Química Agrícola. Universidad de Granada. Granada, España.

FAO – Food and Agriculture Organization. (2009). Guía para la descripción de suelos. Trad. R. Vargas. Cuarta Edición. Roma, Italia.

Felicísimo, A. (2004). Modelos digitales del terreno introducción y aplicaciones en las ciencias ambientales.

Forbes, T.R., Rossiter, D., & Van Wambeke, A. (1982). Guidelines for Evaluating the Adequacy of Soil Resource Inventories. Cornell University Department of Agronomy. SMSS Ed. Technical Monograph N4, Ithaca. Nueva York, Estados Unidos de América.

- Fuentes, J. (1999). El Suelo y los Fertilizantes. Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación. Ediciones Mundi-Prensa. 5ª ed. Madrid, España.
- Hodgson, J. (1987). Muestreo y clasificación de suelos. Edición en español. Editorial Reverté, S. A. Barcelona, España.
- Hudson, N. (2006). Conservación del suelo. Barcelona, España.
- IGAC – Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (1973-2006). Métodos analíticos del laboratorio de suelos. 3 ed. Ministerio de Hacienda y Crédito Público. Bogotá, Colombia.
- IGAC – Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (2016). Estudio semidetallado de suelos del Distrito del Zulia, escala 1:25.000. Bogotá, Colombia.
- IEE – Instituto Espacial Ecuatoriano, SENPLADES – Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo, MAGAP – Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca. (2012). Memoria técnica de geopedología del cantón Colta del proyecto: “Generación de geoinformación para la gestión del territorio a nivel nacional escala 1:25.000”. Quito, Ecuador.
- IEE – Instituto Espacial Ecuatoriano, SENPLADES – Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo, MAGAP – Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca. (2015). Memoria técnica de geopedología del cantón Atacames del proyecto: “Generación de geoinformación para la gestión del territorio a nivel nacional escala 1:25.000”. Quito, Ecuador.
- INIAP – Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias. (2000). Metodologías de análisis físico químico de suelos, aguas y foliares. Preparado por Soraya Alvarado. Estación Experimental Santa Catalina, Laboratorio del Departamento de Manejo de Suelos y Aguas. Quito, Ecuador.
- INIAP – Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias. (2006a). Metodologías de: Química de suelos. Preparado por Yamil Cartagena. Estación Experimental Santa Catalina, Departamento de Manejo de Suelos y Aguas. Quito, Ecuador.
- INIAP – Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias. (2006b). Metodologías de: Física de suelos. Preparado por Yamil Cartagena. Estación Experimental Santa Catalina, Departamento de Manejo de Suelos y Aguas. Quito, Ecuador.
- INIAP – Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias. (2008). Metodologías de: Física de suelos. Estación Experimental Santa Catalina, Departamento de Manejo de Suelos y Aguas. Quito, Ecuador.

- INIAP – Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias. (2009). Niveles para la Interpretación de análisis de suelos. Estación Experimental Santa Catalina, Laboratorio del Departamento de Manejo de Suelos y Aguas. (Hoja de interpretación oficial). Quito, Ecuador.
- INPOFOS – Instituto de la Potasa y el Fosforo. (1997). Manual internacional de fertilidad de los suelos. Norcross, Estados Unidos de América.
- INPOFOS – Instituto de la Potasa y el Fosforo, SECS – Sociedad Ecuatoriana de la Ciencia del Suelo. (1998). Memorias del seminario internacional de fertirrigación. Editor José Espinosa. Quito, Ecuador.
- Jordán, A. (2010). Manual de Edafología. Universidad de Sevilla. Sevilla, España.
- Juárez, M., Sánchez J. y Sánchez, A. (2006). Química del suelo y medio ambiente. Universidad de Alicante. Alicante, España.
- 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. Dirección General de Investigación de Ordenamiento Ecológico y Conservación de Ecosistemas - Dirección de manejo integral de cuencas hídricas. Ciudad de México.
- Luzuriaga, C. (2001). Curso de Edafología General. Instituto Agropecuario Superior Andino, Facultad de Ciencias Agrícolas. Quito, Ecuador.
- MAG – Ministerio de Agricultura y Ganadería, PRONAREG – Programa Nacional de Regionalización. IRD – Institute Français de Recherche Scientifique pour le Développement en Coopération. (1980 – 1984). Leyenda de los mapas de suelos de la sierra. Quito, Ecuador.
- MAG – Ministerio de Agricultura y Ganadería, IICA – Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, CLIRSEN – Centro de Levantamientos Integrados de Recursos Naturales por Sensores Remotos. (2002). Proyecto de generación de información georeferenciada para el desarrollo sustentable del sector agropecuario. Quito, Ecuador
- MAG – Ministerio de Agricultura y Ganadería, IEE – Instituto Espacial Ecuatoriano, SENPLADES – Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo. (2012). Generación de geoinformación para la gestión del territorio a nivel nacional componente: clima, hidrología y amenazas hidrometeorológicas. Quito. Ecuador.

MAGAP – Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca, PRAT – Programa de Regularización y Administración de Tierras Rurales, SIGAGRO – Sistema de Información Geográfica y Agropecuaria, BID – Banco Interamericano de Desarrollo. (2008). Metodología de Valoración de Tierras Rurales. Quito. Ecuador.

Malagón, D. y Cortés, A. (1983). Levantamientos de suelos y sus aplicaciones multidisciplinarias., Centro Interamericano de Desarrollo Integral de Aguas y Tierras. Serie Suelos y Clima SC-58. Mérida, Venezuela.

Mejía, L. (1997). Mapa general de clasificación por capacidad – fertilidad: suelos del Ecuador. Fundación Peña Durini, INPOFOS, IGM, IPGH. Quito, Ecuador.

Mejía, L. (2009). Manual para el levantamiento de suelos de la cuenca del río Guayas: enfoque fisiográfico. Quito, Ecuador.

Narro, E. (1994). Física de suelos: con enfoque agrícola. 1ra ed. Editorial Trillas. Ciudad de México.

Navarro, G. y Navarro, S. (2003). Química Agrícola: El Suelo y los Elementos Químicos Esenciales para la Vida Vegetal. Ediciones Mundi-Prensa, 2ª ed. Madrid, España.

Navarro, G. y Navarro, S. (2014). Fertilizantes química y acción. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España.

OEA – Organización de los Estados Americanos. (1977). El Salvador – Zonificación Agrícola – Fase II – Sistema de Información para el Desarrollo. Washington, D.C.

Padilla, W. (2007). Fertilización del suelo y nutrición vegetal. Agrobiolab. 4ta edición. Quito, Ecuador.

Peter, M. (1998). Aplicación de modelos de simulación para la estimación de la erosión de los suelos. Cajamarca, Ecuador.

Porta, J. y López-Acevedo, M. (2003). Edafología para la agricultura y el medio ambiente. 3 ed. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España.

Porta, J. y López-Acevedo, M. (2005). Agenda de campo de suelos: información de suelos para la agricultura y el medio ambiente. Madrid, España.

Porta, J., López-Acevedo, M. y Poch, R. (2008). Introducción a la Edafología: uso y protección del suelo. Madrid, España.

Rossiter, D.G. (2000). Metodologías para el levantamiento del recurso suelo: texto base. Trad. R. Vargas 2004. ITC, Soil Science Division. s.p.

SIGTIERRAS – Sistema Nacional de Información y Gestión de Tierras Rurales e Infraestructura Tecnológica. Consorcio TRACASA – NIPSA. (2014). Interpretación de variables: cobertura geopedológica: Proyecto: “Levantamiento de Cartografía Temática a escala 1:25.000, lotes 1 y 2”. Quito, Ecuador.

SIGTIERRAS – Sistema Nacional de Información y Gestión de Tierras Rurales e Infraestructura Tecnológica. Consorcio TRACASA – NIPSA. (2015). Manual de procedimientos de Geopedología: Proyecto: “Levantamiento de Cartografía Temática a escala 1:25.000, lotes 1 y 2”. Quito, Ecuador.

Soil Survey Staff. (1993). Soil survey Manual. Soil Conservation Service. U.S. Department of Agriculture Handbook 18. Washington, D.C.

Soil Survey Staff. (1999). Soil Taxonomy: a Basic System of Soil Classification for Making and Interpreting Soil Surveys. U.S. Department of Agriculture Handbook 10. Washington, D.C.

Soil Survey Staff. (2006) Claves para la Taxonomía de Suelos. Trad. S. Ortiz y Ma. del C. Gutierrez. 1 ed. En español 2006. Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, Servicio de Conservación de Recursos Naturales. Washington, D.C.

Soil Survey Staff. (2014). Claves para la Taxonomía de Suelos. 12da Edición. Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, Servicio de Conservación de Recursos Naturales. Washington, D.C.

Soil Survey Staff. (2015). Illustrated Guide to Soil Taxonomy, version 2. U.S. Department of Agriculture. Natural Resources Conservation Service. National Soil Survey Center. Lincoln, Nebraska

Soil Survey Staff. (2017). Soil Survey Manual. Soil Science Division Staff. Handbook 18. United States Department of Agriculture. Washington, D.C.

Thompson, L. & Troeh, F. (1988). Los suelos y su fertilidad. 4 ed. Edición en español. Editorial Reverté, S. A. Barcelona, España.

UMACPA – Unidad de Manejo de la Cuenca del Río Paute. (1985). Manejo de la Cuenca del Río Paute. Azuay, Ecuador.

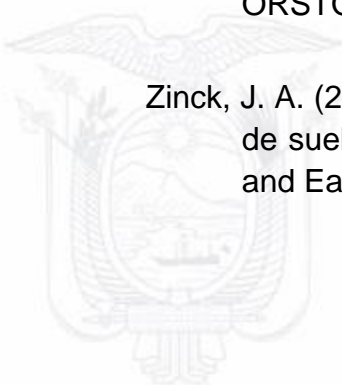
Winckell, A., Zebrowski, C., & Sourdat, M. (1997a). Los paisajes naturales del Ecuador. (Geografía Básica del Ecuador), tomo 4 (Geografía Física). CEDIG, IPGH, ORSTOM, IGM. v. 2. Quito, Ecuador.

Winckell, A., Marocco, R., Winter, T., Huttel, C., Pourrut, P., Zebrowski, C. Sourdat, M. (1997b). Las condiciones del medio natural. (Geografía Básica del Ecuador), tomo 4 (Geografía Física). CEDIG, IPGH, ORSTOM, IGM. v. 1. Quito, Ecuador.

Yugcha, T. (1992). Mapa de aptitudes agrícolas. Ministerio de Agricultura y Ganadería. Quito, Ecuador.

Zebrowski, C., & Sourdat, M. (1997). Los Paisajes Naturales del Ecuador: Los factores de la pedogénesis y los suelos en Ecuador. CEDIG-IPGH-ORSTOM-IGM. Quito, Ecuador.

Zinck, J. A. (2012). Geopedología: Elementos de geomorfología para estudios de suelos y riesgos naturales. ITC Faculty of Geo-Information Science and Earth Observation. Enschede, Holanda.



4. ANEXOS

4.1. ANEXO 1: Glosario de Términos Técnicos 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; CaCl₂ o BaCl₂).

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 o 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 o 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/cm³.

Desorción.- Liberación de un ion 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 cromograma 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 ion 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 caolínico.- 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.- Ion o grupo OH-.

Horizonte.- Capa del suelo paralela a la superficie. La misma que ha adquirido rasgos distintivos producidos por los procesos 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 ion 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.- Calidad 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 del 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 reductimórficas.- 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 frotan entre sí cuando el suelo se expone 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 unidimensional 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 (acidez 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 efervesce 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.

4.2. ANEXO 2: Unidades de Suelos y Equivalentes

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

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

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

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

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

$$1 \text{ meq}/100\text{g} = 1 \text{ cmol (+)} / \text{kg}$$

$$1 \text{ mmhos}/\text{cm} = 1 \text{ dS}/\text{m}$$

$$15 \text{ bar} = 1500 \text{ kPa}$$

$$1/3 \text{ bar} = 33 \text{ kPa}$$

$$1 / 10 \text{ bar} = 10 \text{ kPa}$$

$$1 \text{ acre} = 0,4047 \text{ ha}$$

$$1 \text{ ha} = 2,471 \text{ acre}$$

$$1 \text{ t} = 1000 \text{ kg}$$

TRANSFORMACIONES

PARÁMETROS	a %	a ppm	a meq/100g	a kg/ha
De %	1	$n \times 10^4$	$\frac{n}{meq}$	$2 n \times 10^4$
De ppm	$n \times 10^{-4}$	1	$\frac{n}{Eq \times 10}$	2 n
De meq/100g	meq x 10	$10 n \times Eq$	1	$20 n \times Eq$
De kg/ha	$5 n \times 10^{-5}$	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



4.3. ANEXO 3: Fichas de descripción del perfil del Suelo

DESCRIPCIÓN DEL PERFIL DEL SUELO

1. UBICACIÓN		2. REGISTRO DE LA OBSERVACIÓN	
1.1. DIVISIÓN POLÍTICO ADMINISTRATIVA PROVINCIA <input type="text"/> CANTÓN <input type="text"/> PARROQUIA <input type="text"/> SITIO <input type="text"/>		1.2. LOCALIZACIÓN (UTM, WGS84 Zona 17S) COORD. X: <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> m COORD. Y: <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> m ALTITUD: <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> m.snm. Punto GPS: <input type="text"/>	
		2.1. CÓDIGO: <input type="text"/>	2.3. AUTORES: <input type="text"/>
		2.2. FECHA DE DESCRIPCIÓN: <input type="text"/>	2.4. NOMBRE DE CARTA Y/O ORTOFOTO <input type="text"/>
		FOTO PANORÁMICA <input type="text"/>	
		FOTO DEL PERFIL <input type="text"/>	
3. FACTORES DE FORMACIÓN DEL SUELO			
3.1. REGÍMENES CLIMÁTICOS DEL SUELO 3.1.1. TEMPERATURA IF <input type="checkbox"/> Isofrígido IM <input type="checkbox"/> Isomésico IT <input type="checkbox"/> Isotérmico IH <input type="checkbox"/> Isohipotérmico 3.1.2. HUMEDAD A <input type="checkbox"/> Ácrico P <input type="checkbox"/> Perútrico U <input type="checkbox"/> Útrico US <input type="checkbox"/> Usútrico AR <input type="checkbox"/> Árido (Tórrico)		3.4. GEOMORFOLOGÍA 3.4.1 MORFOLOGÍA <input type="text"/> 3.4.2. PENDIENTE GENERAL 1 <input type="checkbox"/> Plana 0 a 2 % 2 <input type="checkbox"/> Muy suave 2 a 5 % 3 <input type="checkbox"/> Suave 5 a 12 % 4 <input type="checkbox"/> Media 12 a 25 % 5 <input type="checkbox"/> Media a Fuerte 25 a 40 % 6 <input type="checkbox"/> Fuerte 40 a 70 % 7 <input type="checkbox"/> Muy fuerte 70 a 100 % 8 <input type="checkbox"/> Escarpada > a 100 % LOCAL <input type="text"/>	
3.2. INUNDACIÓN 3.2.1. MES DE OCURRENCIA <input type="text"/> 3.2.1. DURACIÓN (en meses) <input type="text"/>		3.5. USO DE LA TIERRA Y VEGETACIÓN 3.5.1. USO DE LA TIERRA <input type="text"/> 3.5.2. CULTIVOS <input type="text"/> 3.5.3. INFLUENCIA HUMANA <input type="text"/> 3.5.4. VEGETACIÓN <input type="text"/>	
3.3. PERÍODO DE LLUVIA 3.3.1. MES DE OCURRENCIA <input type="text"/> 3.3.1. DURACIÓN (en meses) <input type="text"/>			
4. DESCRIPCIÓN DEL SUELO			
4.1. CARACTERÍSTICAS DE LA SUPERFICIE			
4.1.1. AFLORAMIENTO ROCOSO Cod Cobertura (%) S <input type="checkbox"/> Sin 0 MP <input type="checkbox"/> Muy pocas <10 P <input type="checkbox"/> Poca 10-25 F <input type="checkbox"/> Frecuente 25-50 A <input type="checkbox"/> Abundantes 50-75 R <input type="checkbox"/> Pedregoso o rocoso >75 Cod Distancia (m) 1 <input type="checkbox"/> > 50 2 <input type="checkbox"/> 20-50 3 <input type="checkbox"/> 5-20 4 <input type="checkbox"/> 2-5 5 <input type="checkbox"/> < 2 Cod Dureza 1 <input type="checkbox"/> Duro 2 <input type="checkbox"/> Moderado 3 <input type="checkbox"/> Blando		4.1.3. EROSIÓN CATEGORÍA <input type="text"/> GRADO S <input type="checkbox"/> Ligero M <input type="checkbox"/> Moderado V <input type="checkbox"/> Severo E <input type="checkbox"/> Extremo SUPERFICIE Cod % 0 <input type="checkbox"/> 0 1 <input type="checkbox"/> 0-5 2 <input type="checkbox"/> 5-10 3 <input type="checkbox"/> 10-25 4 <input type="checkbox"/> 25-50 5 <input type="checkbox"/> > 50	
4.1.2. FRAGMENTOS GRUESOS (PEDREGOSIDAD) Cod Clases de tamaño (cm) F <input type="checkbox"/> Grava fina 0,5-1,0 M <input type="checkbox"/> Grava media 1,0-2,0 C <input type="checkbox"/> Grava gruesa 2,0-2,5 S <input type="checkbox"/> Piedras 2,5-7,5 B <input type="checkbox"/> Cantos 2,5-7,5 (normal) Cod Cobertura (%) S <input type="checkbox"/> Sin 0 MP <input type="checkbox"/> Muy pocas <10 P <input type="checkbox"/> Poca 10-25 F <input type="checkbox"/> Frecuente 25-50 A <input type="checkbox"/> Abundantes 50-75 R <input type="checkbox"/> Pedregoso o rocoso >75 Cod Dureza 1 <input type="checkbox"/> Duro 2 <input type="checkbox"/> Moderado 3 <input type="checkbox"/> Blando		4.1.4. ENCOSTRAMIENTO Cod Grosor (mm) N <input type="checkbox"/> Ninguno F <input type="checkbox"/> Delgado < 2 M <input type="checkbox"/> Medio 2-5 C <input type="checkbox"/> Grueso 5-20 V <input type="checkbox"/> Muy grueso > 20 Cod Consistencia S <input type="checkbox"/> Ligeramente duro H <input type="checkbox"/> Duro V <input type="checkbox"/> Muy duro E <input type="checkbox"/> Extremadamente duro	
		4.1.5. GRIETA Cod Ancho (cm) N <input type="checkbox"/> Ninguno 0 F <input type="checkbox"/> Fino < 1 M <input type="checkbox"/> Medio 1-2 W <input type="checkbox"/> Ancho 2-5 V <input type="checkbox"/> Muy ancho 5-10 E <input type="checkbox"/> Extremadamente ancho >10 Cod Distancia entre grietas (cm) C <input type="checkbox"/> Muy estrechamente espaciado < 20 D <input type="checkbox"/> Estrechamente espaciado 20-50 M <input type="checkbox"/> Moderadamente espaciado 50-200 W <input type="checkbox"/> Ampliamente espaciado 200-500 V <input type="checkbox"/> Muy espaciado > 500 Cod Profundidad (cm) S <input type="checkbox"/> Superficial < 20 D <input type="checkbox"/> Media 20-50 V <input type="checkbox"/> Profundo > 50	
		4.1.6. PERMEABILIDAD ESCORRENTÍA L <input type="checkbox"/> Lento N <input type="checkbox"/> Normal R <input type="checkbox"/> Rápido DRENAJE NATURAL E <input type="checkbox"/> Excesivo B <input type="checkbox"/> Bueno M <input type="checkbox"/> Moderado X <input type="checkbox"/> Mal drenado	
4.1.7. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA SUPERFICIE <input type="text"/>			



4.2. HORIZONTES Y/O CAPAS

Símbolo	Código Muestra	Profund. (cm)	COLOR EN CAMPO		MOTEAOS					ESTRUCTURA			Textura	G H	Consistencia		Humedad suelo	
			Tabla Munsell		Color	Abundancia	Tamaño	Contraste	Limites	Tipo (forma)	Tamaño	Grado			adhesión	plasticidad		
1			S	Principal	Secundario	Principal									S	Seco		
			H	Principal	Secundario	Secundario									H	Humedo		
			M											M	adhesión plasticidad			
2			S	Principal	Secundario	Principal									S	Seco		
			H	Principal	Secundario	Secundario									H	Humedo		
			M											M	adhesión plasticidad			
3			S	Principal	Secundario	Principal									S	Seco		
			H	Principal	Secundario	Secundario									H	Humedo		
			M											M	adhesión plasticidad			
4			S	Principal	Secundario	Principal									S	Seco		
			H	Principal	Secundario	Secundario									H	Humedo		
			M											M	adhesión plasticidad			
5			S	Principal	Secundario	Principal									S	Seco		
			H	Principal	Secundario	Secundario									H	Humedo		
			M											M	adhesión plasticidad			

POROSIDAD			Raíces	ACT. BIOLÓGICA		Frag. Gruesos	pH	T °C	C.E. dS/m	Reacón a NaF	Reacción a H ₂ O ₂	CARBONATOS		YESO		FORMACIONES ESPECIALES			LÍMITES		Otra Información						
Abundancia	Tamaño	Tipo (forma)		Otros Rasgos	Abundancia							Meteorización	Contenido	Formas	Contenido	Formas	Revestimientos	Cementación Compacta	Con Minerales	Distinción		Topografía					
1	VF	Abundancia	Tipo	Tipo																							
	VF	Abundancia																					Abundancia	Abundancia	Naturaleza	Naturaleza	Tipo
	VF	Abundancia																					Abundancia	Meteorización	Abundancia	Continuidad	Naturaleza
	VF	Abundancia																					Abundancia	Meteorización	Abundancia	Continuidad	Naturaleza
2	VF	Abundancia	Tipo	Tipo																							
	VF	Abundancia																					Abundancia	Abundancia	Naturaleza	Naturaleza	Tipo
	VF	Abundancia																					Abundancia	Meteorización	Abundancia	Continuidad	Naturaleza
	VF	Abundancia																					Abundancia	Meteorización	Abundancia	Continuidad	Naturaleza
3	VF	Abundancia	Tipo	Tipo																							
	VF	Abundancia																					Abundancia	Abundancia	Naturaleza	Naturaleza	Tipo
	VF	Abundancia																					Abundancia	Meteorización	Abundancia	Continuidad	Naturaleza
	VF	Abundancia																					Abundancia	Meteorización	Abundancia	Continuidad	Naturaleza
4	VF	Abundancia	Tipo	Tipo																							
	VF	Abundancia																					Abundancia	Abundancia	Naturaleza	Naturaleza	Tipo
	VF	Abundancia																					Abundancia	Meteorización	Abundancia	Continuidad	Naturaleza
	VF	Abundancia																					Abundancia	Meteorización	Abundancia	Continuidad	Naturaleza
5	VF	Abundancia	Tipo	Tipo																							
	VF	Abundancia																					Abundancia	Abundancia	Naturaleza	Naturaleza	Tipo
	VF	Abundancia																					Abundancia	Meteorización	Abundancia	Continuidad	Naturaleza
	VF	Abundancia																					Abundancia	Meteorización	Abundancia	Continuidad	Naturaleza

4.3. OTRAS CARACTERÍSTICAS	4.4. PROFUNDIDAD EFECTIVA	4.5. CLASIFICACIÓN EN CAMPO

FIRMA DE RESPONSABILIDAD
 FIRMA DE SUPERVISIÓN



MINISTERIO DE
AGRICULTURA Y GANADERÍA

Lenín




Toda una Vida




EL
GOBIERNO
DE TODOS

 AgriculturaEcuador

 AgriculturaEc

 /AgriculturaEcuador

 /AgriculturaEcuador

www.agricultura.gob.ec

Teléfono: 593-2 396-0100 Código Postal: 170516

Quito - Ecuador