

MANUAL DE PROCEDIMIENTOS DE GEOPEDOLOGÍA

PROYECTO DE LEVANTAMIENTO DE CARTOGRAFÍA TEMÁTICA A ESCALA 1:25.000, Lotes 1 y 2

CONSORCIO TRACASA-NIPSA

Quito, diciembre de 2015

ÍNDICE

1	Introducción	1
1.1	Antecedentes	1
1.2	Objetivos.....	2
1.2.1	Generales	2
1.2.2	Objetivos específicos.....	2
1.2.3	Objetivos del presente documento	2
2	Bases del Proyecto	3
2.1	Especificaciones técnicas	3
2.2	Organización del trabajo	3
2.3	Propuesta sobre unidad mínima de muestreo	4
2.3.1	Introducción.....	4
2.3.2	Propuesta de unidad mínima de muestreo	6
3	Fase de precampo	7
3.1	Procedimiento para establecer los puntos de muestreo de suelos.....	7
3.1.1	Insumos de partida	7
3.1.2	Diferenciación de los tres tipos de zonas.....	8
3.1.2.1	Delimitación de las Zonas de semidetalle	8
3.1.2.2	Delimitación de las Zonas de reconocimiento	8
3.1.2.3	Delimitación de las Zonas excluidas.....	8
3.1.3	Agrupaciones de unidades geoclima	10
3.1.4	Caracterización global de las unidades geoclima. Unidades Edáficas	11
3.1.5	Localización de las calicatas en Zonas de semidetalle	12
3.1.6	Localización de las calicatas en Zonas de reconocimiento	13
3.2	Procedimiento para la planificación de los puntos de infiltración	14
3.3	Preparación de la salida de campo	15
4	Fase de campo	17
4.1	Introducción.....	17
4.2	Procedimiento para el desarrollo de los trabajos geopedológicos en campo.....	17
4.2.1	Fase de socialización	17
4.2.2	Fase de logística	17
4.2.3	Fase de avanzada	18
4.2.4	Fase de descripción de calicatas	19
4.2.4.1	Funciones del equipo de suelos	19
4.2.4.2	Herramientas y utensilios de trabajo	21
4.2.4.3	Toma de muestras.....	22
4.2.5	Fase de control de calidad	25

4.3	Procedimiento para el desarrollo de los trabajos de infiltración en campo	26
5	Fase de postcampo	29
5.1	Gestión de la información geopedológica	29
5.1.1	Organización y análisis de la información de campo	29
5.1.2	Caracterización de las unidades edáficas.....	30
5.1.2.1	Asignaciones directas.....	31
5.1.2.2	Asignaciones en unidades edáficas sin información directa	31
5.2	Gestión de los datos analíticos de los laboratorios.....	33
5.2.1	Preparación de las muestras de suelo	33
5.2.2	Análisis de muestras en el laboratorio.....	33
5.2.3	Metodologías de análisis de laboratorio.....	34
5.3	Gestión de los datos de velocidad de infiltración	37
5.3.1	Infiltrómetro de doble anillo.....	37
5.3.2	Infiltrómetro de minidisco	37
5.3.3	Correlación de datos	37
6	Elaboración del mapa geopedológico	39
6.1	Generación de la cartografía digital.....	39
6.2	Interpretación de las variables que informan el mapa geopedológico	40
6.2.1	Perfil (cft).....	40
6.2.2	Clave taxonómica (sgt_simb)	40
6.2.3	Clasificación a nivel de subgrupo (sgt_etiq).....	41
6.2.4	Clave taxonómica (s10_simb)	41
6.2.5	Clasificación a nivel de subgrupo (s10_etiq).....	41
6.2.6	Textura superficial (tsu)	41
6.2.7	Textura a profundidad (tpr)	42
6.2.8	Drenaje natural (dna).....	42
6.2.9	Profundidad efectiva (pef)	43
6.2.10	Pedregosidad (ped)	43
6.2.11	Afloramiento rocoso (ar).....	44
6.2.12	Elementos gruesos (eg).....	44
6.2.13	Toxicidad (Tox)	45
6.2.14	Potencial hidrógeno (phs).....	46
6.2.15	Salinidad (sal)	47
6.2.16	Profundidad nivel freático (pnf).....	47
6.2.17	Régimen de temperatura del suelo (rts).....	48
6.2.18	Régimen de humedad del suelo (rhs)	48
6.2.19	Materia orgánica (mos).....	49
6.2.20	Capacidad de intercambio catiónico (ci1).....	50

6.2.21	Saturación de Bases (sab)	50
6.2.22	Fertilidad (fet)	51
6.2.23	Inundabilidad (inu)	54
6.2.24	Velocidad de infiltración	54
6.2.25	Características (cge)	55
6.2.26	Código suelo (Cod_1)	55
6.3	Productos cartográficos finales	55
7	Control de calidad	57
7.1	Introducción	57
7.2	Responsables	57
7.3	Fases de Control de calidad	57
7.3.1	Fase de precampo	58
7.3.1.1	Localización de los puntos duda (PC1)	58
7.3.2	Fase de campo	59
7.3.2.1	Realización de las pruebas de Velocidad de Infiltración (PC2).....	59
7.3.2.2	Localización y apertura de calicatas (PC3)	59
7.3.2.3	Descripción, muestreo y clasificación preliminar de suelos (PC4)	59
7.3.3	Fase de postcampo	59
7.3.3.1	Ingreso de datos de campo en el sistema (PC5)	59
7.3.3.2	Recepción y análisis de resultados de laboratorio (PC6)	59
7.3.3.3	Clasificación definitiva de los suelos y generación de las variables del mapa (PC7)	59
7.3.3.4	Elaboración de la Cartografía Geopedológica y Temática definitiva (PC8)	60
7.3.3.5	Elaboración de la memoria técnica de geopedología y temáticos (PC9)	60
7.4	Metodología.....	60
7.4.1	Introducción	60
7.4.2	Precampo	60
7.4.3	Campo	60
7.4.4	Postcampo.....	60
7.5	Informes de control de calidad	61
7.5.1	Informe de control de calidad en la fase de campo.....	61
7.5.2	Informe de control de calidad en la fase de postcampo	62
7.5.2.1	Revisión de fichas de campo	62
7.5.2.2	Revisión de resultados analíticos	62
7.5.2.3	Revisión de las variables del mapa.....	62
7.5.2.4	Revisión de clasificaciones finales.....	63
7.5.2.5	Revisión de las asignaciones a unidades edáficas sin información	63
7.5.3	Informe de control de calidad. Resultados analíticos de los laboratorios.....	63
7.5.3.1	Introducción	63

7.5.3.2	Tipos de error.....	63
7.5.3.3	Técnica de análisis.....	64
8	Referencias bibliográficas.....	65
9	Anexos.....	69

1 INTRODUCCIÓN

1.1 ANTECEDENTES

El presente Proyecto es ejecutado por el Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca, MAGAP, a través de la Unidad Ejecutora MAGAP-PRAT, dentro del Programa denominado como SIGTIERRAS. En una labor conjunta con el Instituto Espacial Ecuatoriano (IEE) y dentro del componente designado a tal efecto, MAGAP-SIGTIERRAS genera Cartografía Temática a escala 1:25.000 sobre varios aspectos, entre los que se encuentra la temática de suelos sobre la que trata este manual.

El levantamiento cartográfico se ejecuta por parte de MAGAP-SIGTIERRAS dentro del territorio continental no intervenido ya anteriormente (áreas a cargo del IEE) y excluyendo las áreas protegidas definidas como Patrimonio de Áreas Naturales del Estado (PANE) y 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. Una geoforma tiene esta asignación cuando la presencia de núcleos poblados consolidados y áreas construidas supera el 90% de su superficie. Las geoformas que no alcanzan el 90%, principalmente zonas periurbanas, están caracterizadas con datos de partida procedentes de las zonas no antropizadas, información que se generaliza para la totalidad de la geoforma
- Masas de agua (lagunas, ríos, cauces y meandros, terrazas bajas, pantanos, marismas, estuarios, etc.), según lo defina la Cartografía de Cobertura y uso de la tierra. Estas zonas son asignadas como “No aplicable”
- Tierras misceláneas: eriales y geoformas excluidas por contar con poco o nada de suelo (afloramientos rocosos, humedales, salares, playas, flujos de lava recientes, etc.)

La metodología seguida es la propuesta por el Instituto Espacial Ecuatoriano (IEE, 2012), modificada por el Consorcio TRACASA-NIPSA, se opta por el “enfoque geopedológico”, realizando el nivel de estudio de suelos a escala 1:25.000 (semidetallado). Este enfoque se basa en la alta correlación que existe entre la geomorfología (formas del relieve) y el suelo, permitiendo caracterizar los distintos tipos de suelos que existen en el país con el objetivo de actualizar y estandarizar la información disponible.

La información de la que se parte para la elaboración de la Cartografía Geopedológica son los insumos generados por el Consorcio TRACASA-NIPSA, 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.

Los distintos tipos de suelos identificados en el territorio se clasifican siguiendo los criterios que establece la *SoilTaxonomy* (Claves para la Taxonomía de Suelos, *SSS-USDA*, 2006 y 2010) y se realiza una homologación con la 2010. 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 Generales

Generar, actualizar y estandarizar con enfoque sistémico a nivel semi-detallado, 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 Objetivos específicos

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

1.2.3 Objetivos del presente documento

La elaboración de este documento se plantea con los siguientes objetivos:

- Crear un documento que esté a disposición de los usuarios y del personal técnico que participa en los procesos de elaboración del Mapa Geopedológico, que detalle la metodología y procedimientos utilizados en la cartografía de suelos, así como sus ventajas y limitantes.
- Constituir un documento de referencia para los trabajos de campo y gabinete.
- Definir la metodología a seguir para la transferencia de información entre campo y oficina.
- El objetivo de definir estos procedimientos es ser más eficientes y precisos en los trabajos, abordando todas las cuestiones de forma que se maximice la calidad y los rendimientos, siempre redundando en una buena comunicación entre todas las partes.

Este documento es el complemento de la “Metodología del estudio geopedológico” y en él se amplían y concretan los procedimientos mencionados en la citada metodología.

2 BASES DEL PROYECTO

2.1 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

- Área de estudio: Lotes 1 y 2, definidos en el contrato
- Unidad de estudio: hoja 50.000 y cantón
- Escala: 1:25 000
- Nivel de Estudio: semidetallado.
- Unidad mínima de mapeo: 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: *SoilTaxonomy*, 2006 y 2010
- Categorización: subgrupos
- Perfiles representativos: un perfil modal por unidad edáfica (en áreas de semidetalle)
- Análisis de laboratorio: específicos para clasificación según *SoilTaxonomy*(SSS-USDA, 2006 y 2010)

2.2 ORGANIZACIÓN DEL TRABAJO

El área de trabajo está organizada en dos lotes (LOTE 1 y LOTE 2), en los cuales se trabaja simultáneamente, y cada LOTE está organizado en 6 bloques, tal y como se muestra en la Ilustración 2.1.

El orden de ejecución de los bloques de trabajo es el que se indica a continuación:

- **LOTE 1:** 11, 15, 16, 14, 12 y 13.
- **LOTE 2:** 21, 22, 23, 24, 25 y 26.

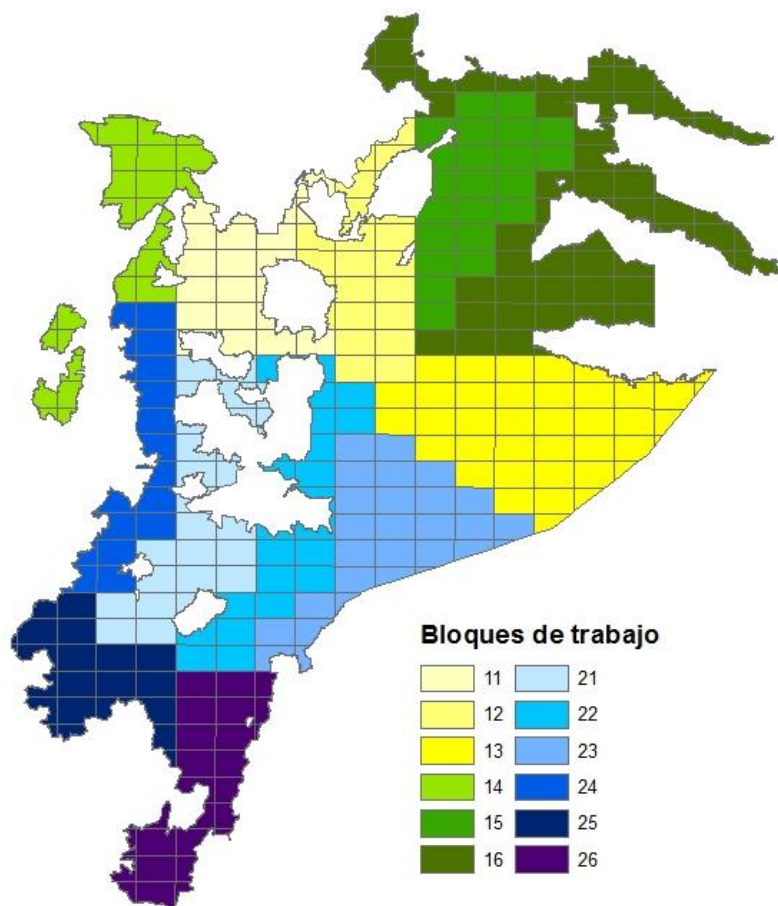


Ilustración 2.1. Área de trabajo por bloques

2.3 PROPUESTA SOBRE UNIDAD MÍNIMA DE MUESTREO

2.3.1 Introducción

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).

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 *raster*. 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 2.1) 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.

Tabla 2.1. 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)
1:5000	0.1	0.4	32 a 64	50
1:10000	0.4	1.6	64 a 128	100
1:20000	1.6	6.4	128 a 256	200
1:25000	2.5	10	158 a 316	250
1:50000	10	40	316 a 632	500
1:100000	40	160	632 a 1264	1000
1:200000	160	640	1264 a 2528	2000
1:250000	250	1000	1581 a 3162	2500
1:500000	1000	4000	3162 a 6324	5000
1:1000000	4000	16000	6324 a 12648	10000
1:2000000	16000	64000	12648 a 25296	20000
1:5000000	100000	400000	25296 a 50592	40000

Fuente: Rossiter (2000), con modificaciones propias.

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

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

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

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

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 las unidades de edafoclima. En cuanto a niveles de estudio, se efectúa el reconocimiento de las grandes unidades (nivel grueso de interpretación) y en un estudio más detallado se procede a la delimitación de las posibles unidades cartográficas (nivel fino de interpretación).

2.3.2 Propuesta de unidad mínima de muestreo

La escala de trabajo en este Levantamiento de Cartografía Temática presenta 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. En el campo "Observaciones" se indicarán los criterios de asignación.

Otro concepto diferente al de UMM y que conviene definir es el de densidad de muestreo, por el cual se delimitan áreas de semidetalle, reconocimiento y exclusión, tratadas en el siguiente apartado.

3 FASE DE PRECAMPO

3.1 PROCEDIMIENTO PARA ESTABLECER LOS PUNTOS DE MUESTREO DE SUELOS

3.1.1 Insumos de partida

El mapa que sirve de base para establecer los puntos de muestreo de suelos es la Cartografía Geomorfológica elaborada por el CTN, ya fiscalizada y aprobada, que contiene los datos necesarios para poder interpretar las características generales que van a presentar los suelos de cada unidad edáfica. En concreto incluye información sobre el Dominio fisiográfico, Génesis, Formación Geológica o Depósito Superficial, Morfología o Geoforma y Pendiente, aspectos que permiten entender la dinámica de los suelos y la interacción entre los diferentes factores de formación de los mismos.

Este Mapa Geomorfológico se completa mediante la incorporación del régimen climático del suelo a través de los parámetros de los regímenes de humedad y temperatura, ajustados a la zona de estudio mediante el análisis del paisaje y utilizando la información secundaria disponible. Los rangos que se utilizan para estos regímenes son los definidos por 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) y IEE (2012).

Como resultado del cruce de la información geomorfológica y climática, las nuevas unidades espaciales o polígonos así definidos adquieren su propia identidad, adoptando el nombre de “unidades geoclima”.

A continuación se resumen los regímenes utilizados en el presente Proyecto, junto con los valores numéricos que se usan para su codificación, que permiten una mejor gestión de la información.

Tabla 3.1. Regímenes de temperatura y humedad según *Soil Taxonomy*

Regímenes de temperatura		Regímenes de humedad	
1	Isofrígido	1	Ácuico
2	Isomésico	2	Perúdico
3	Isotérmico	3	Údico
4	Isohipertérmico	4	Ústico
		5	Árido
		6	Perácuico

El Mapa Geomorfológico, con la información climática incorporada, se graba en el mapa continuo de la base de datos de Edafología. En este proceso, a cada polígono del mapa se le asigna un código numérico único denominado “OrigOID”, que difiere del “Objectid” generado automáticamente por ArcGIS. Este “OrigOID”, al contrario que el “Objectid”, no puede variar, lo que permite que los polígonos conserven su código y mantengan su identidad, a pesar de que sean divididos posteriormente por cortes de hoja 50M.

Esta información cartográfica se maneja en formato de base de datos geográfica, en la que se incluyen todos los dominios con sus descripciones, y constituye la información de partida sobre la que se comienza a trabajar.

Además de la información climática, a las unidades espaciales de geomorfología se les asigna también el tipo de área de muestreo (semidetalle, reconocimiento y exclusión), para lo cual es necesario recurrir a la información contenida en otros insumos, como la Cartografía de Cobertura y uso de la tierra, ortofotos, modelos digitales del terreno u otra información secundaria.

3.1.2 Diferenciación de los tres tipos de zonas

Tal y como se ha avanzado anteriormente, sobre el bloque de geomorfología completo, mediante el análisis de los insumos disponibles, se procede a la diferenciación de los tres tipos de áreas definidas en el Proyecto, a saber, Zonas excluidas, Zonas de reconocimiento y Zonas de semidetalle. Tras acuerdos con el Cliente, las Zonas de semidetalle y reconocimiento vienen ya establecidas por ellos.

Para incorporar esta información a la Geodatabase de la que se parte, se añade el campo “TipoArea”, en el que se especifican los tres tipos de zonas, utilizando un código numérico para ello, tal y como se explica a continuación.

3.1.2.1 Delimitación de las Zonas de semidetalle

Son las zonas de mayor interés agrícola, con una intensidad de muestreo mayor, y que se identifican en el campo “TipoArea” con el código 3. La delimitación de estas zonas es proporcionada por SIGTIERRAS y se incorpora a la Geodatabase de análisis a través de este campo.

3.1.2.2 Delimitación de las Zonas de reconocimiento

Por tener un menor rendimiento productivo y un mayor interés de conservación, se han calificado como Zonas de reconocimiento aquellas unidades geoclima localizadas en zona de páramo, asimilable en ocasiones a zonas delimitadas por un régimen de temperatura del suelo isofrígido; aquellas que tengan una pendiente superior al 70%, en el caso de la Sierra y de la Costa, o superior al 40%, en la zona de Amazonía; así como aquellas donde predomina el bosque natural en la Amazonía. La delimitación de las zonas de reconocimiento se incorpora a la geodatabase a través del campo “TipoArea” asignándolas el código 2.

3.1.2.3 Delimitación de las Zonas excluidas

El resto de la superficie en estudio se considera zonas sin caracterizar sobre las que no se realiza el estudio. Las Zonas excluidas se clasifican en tres grupos:

- Tierras misceláneas (código 4 en el campo “TipoArea”): incluye las geoformas excluidas por geomorfología, (Tabla 3.2), por contar con poco o nada de suelo (afloramientos rocosos, humedales, salares, playas, flujos de lava recientes, etc.), y las que se excluyen también a partir del mapa de Cobertura y uso de la tierra (eriales).
- No aplicable (código 5 en el campo “TipoArea”): son las masas de agua (lagunas, ríos, cauces y meandros, terrazas bajas, pantanos, marismas, estuarios, etc.).
- Suelo alterado, zona urbana (código 6 en el campo “TipoArea”): núcleos poblados y áreas construidas.

Para identificar estas tres áreas se utiliza tanto la Cartografía Geomorfológica como la de Coberturas y uso de la tierra.

La primera fase de este proceso es, a partir del listado de geoformas excluidas (Tabla 3.2) y utilizando herramientas de ArcGis (“Join attributes from a table”), incorporar esta información a la cartografía, asignando de forma inmediata el código 4 ó 5, según corresponda, a las unidades geoclima excluidas por razones geomorfológicas (en el campo “TipoArea”).

Tabla 3.2. Listado de geoformas excluidas, según acuerdos con SIGTIERRAS

Código Geomorfología	Geoforma	TipoArea	Código Geomorfología	Geoforma	TipoArea
9	Acantilado	4	84	Laguna glaciar	5
10	Acantilado rocoso en desplome	4	86	Lapiaz, campo de lapiaz	4
12	Afloramientos rocosos	4	89	Macizo rocoso	4
13	Afloramientos rocosos en ambiente periglacial	4	91	Manto eólico	4
16	Badlands	4	92	Marisma, estuario	5
17	Barjanes	4	98	Nebkhas	4
18	Barra o cresta estructural	4	99	Nicho de nivación	5
19	Barranco	4	105	Pan de azúcar	4
20	Bloques erráticos glaciares	4	106	Pantano, depresión pantanosa	5
22	Campo de dunas	4	107	Pitones o agujas volcánicas	4
23	Campo de reg	4	110	Playa marina	4
24	Casquete de cumbre nival, casquete glaciar	4	134	Rocas aborregadas	4
27	Chimeneas de hadas	4	135	Rocas desmenuzadas por el hielo, campos y ríos de bloques	4
28	Circo glaciar	4	136	Rocas en crestas y cuchillas	4
37	Cono de derrubios	4	137	Saliente de vertiente de mesa	4
47	Cornisa de mesa o meseta	4	138	Salitral marino	4
48	Cornisa de meseta volcánica	4	139	Sima	4
49	Cráter	4	175	Superficies planas intervenidas	4
50	Cubeta glaciar	4	177	Talud de derrubios	4
51	Cubeta o cuenca de deflacion	4	187	Tor	4
59	Encañonamiento	4	190	Valle en V	4
60	Escarpe de cuesta marina	4	195	Varva	4
61	Escarpe de falla	4	222	Vertiente rocosa	4
62	Escarpe de mesa marina	4	224	Yardangs	4
64	Espinazo	4	226	Terraza baja y cauce actual (sobreeexcavación de cauce en llanura de inundación)	5
67	Flujo de lodo (geoforma muy reciente)	4	230	Escarpe de deslizamiento	4
72	Garganta	4	231	Horn	4
73	Glacis de erosión	4	235	Superficie intervenida	4
78	Inselberg	4	236	Cauces y meandros ocasionalmente funcionales	5
83	Laguna en fondo de cráter o caldera	5	237	Colada de lava muy reciente	4

A continuación, se procede a delimitar un nuevo grupo de unidades excluidas según la información aportada por la Cartografía de Cobertura y uso de la tierra, definiendo la presencia de eriales (se asigna el código 4), la existencia de masas de agua (código 5) o a la actividad humana en núcleos poblados y áreas construidas (código 6).

Una forma sencilla de detectar los polígonos que no se van a caracterizar en función de la Cartografía de Cobertura y uso de la tierra, es asignar un color sólido a las cubiertas excluidas y colocar encima la capa de la geodatabase que se está analizando, tal y como se muestra en la Ilustración 3.1. **Error! No se encuentra el origen de la referencia..** Las unidades geoclima se excluirán cuando predomine la cobertura excluida en más de un 50%.

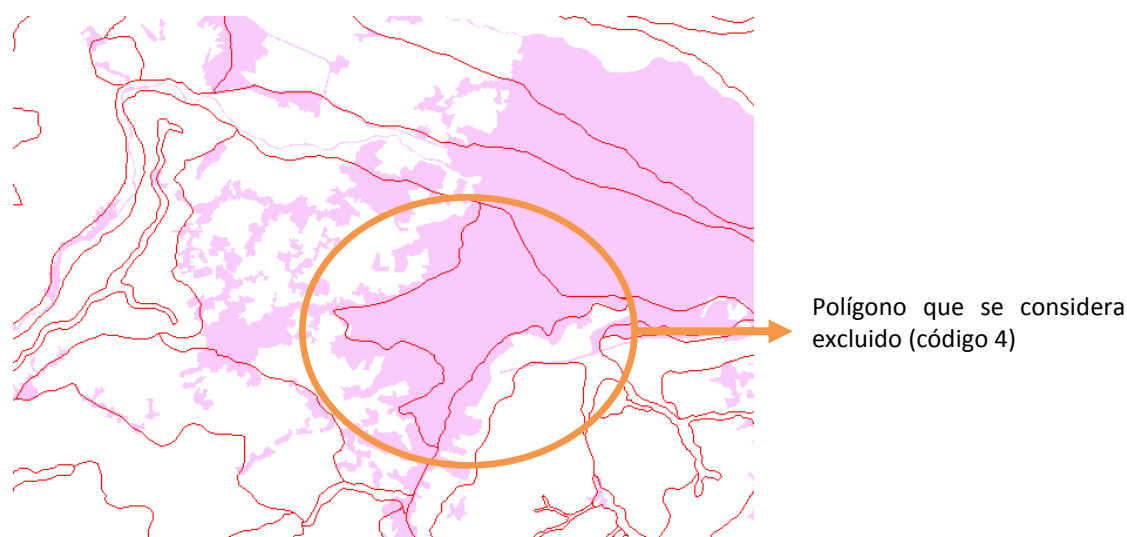


Ilustración 3.1. Ejemplo para detectar geoformas excluidas a partir del Mapa de Cobertura y uso de la tierra.

Como última etapa en esta delimitación es necesario llevar a cabo una revisión con ortofoto a fin de comprobar que las unidades que han quedado definidas como “Zonas excluidas” verdaderamente no van a presentar suelos desarrollados.

3.1.3 Agrupaciones de unidades geoclima

Antes de asignar a cada tipo de Unidad Geoclima una calicata, se agrupan algunas geoformas y dos rangos de pendiente (12-25% y 25-40%), utilizando para ello la herramienta de ArcGIS “Field Calculator”.

Para la agrupación de estas unidades el comando utilizado se basa en la selección y combinación de ciertos códigos numéricos heredados de la Cartografía Geomorfológica. Las agrupaciones que se llevan a cabo aparecen descritas en la Tabla 3.3.

Tabla 3.3. Agrupaciones de geoformas posibles, según acuerdos con SIGTIERRAS

CÓDIGO	GEOFORMAS	ORDEN	NUEVO CÓDIGO
183	Terrazas indiferenciadas	"Geoforma" = 183 OR "Geoforma" = 182	501
182	Terrazas escalonadas		
147	Superficie de cono de esparcimiento disectado	"Geoforma" = 147 OR "Geoforma" = 148	502
148	Superficie de cono de esparcimiento muy disectado		
79	Interfluvio de cimas estrechas	"Geoforma" = 79 OR "Geoforma" = 80	503
80	Interfluvio de cimas redondeadas		
228	Basin	"Geoforma" = 228 OR "Geoforma" = 229	504
229	Depresión de decantación		
87	Llanura de depósitos fluvio-lacustres	"Geoforma" = 87 OR "Geoforma" = 170	505
170	Superficie ondulada lacustre		
219	Vertiente rectilínea con fuerte disección	"Geoforma" = 219 OR "Geoforma" = 220	506

CÓDIGO	GEOFORMAS	ORDEN	NUEVO CÓDIGO
220	Vertiente rectilínea con muy fuerte disección		
34	Coluvión antiguo	"Geoforma" = 34 OR "Geoforma" = 90	507
90	Macrocoluvión		
74	Glacis de esparcimiento	"Geoforma" = 74 OR "Geoforma" = 76	508
76	Glacis-cono de esparcimiento		
75	Glacis de esparcimiento disectado	"Geoforma" = 75 OR "Geoforma" = 186	512
186	Testigo de glacis de esparcimiento		
69	Fondo de valle glaciar	"Geoforma" = 69 OR "Geoforma" = 95 OR "Geoforma" = 97 OR "Geoforma" = 96 OR "Geoforma" = 232 OR "Geoforma" = 58	509
95	Morrena de fondo		
97	Morrena lateral		
96	Morrena frontal, arco morrénico		
232	Morrenas		
58	Drumlins		
188	Valle ciego	"Geoforma" = 188 OR "Geoforma" = 189	510
189	Valle en saco		
155	Superficie de mesa o meseta disectada	"Geoforma" = 155 OR "Geoforma" = 162	511
162	Superficie disectada, nivel inferior		

El procedimiento para la agrupación de unidades geoclima por rangos de pendientes es idéntico al de la agrupación de geoformas. Las agrupaciones por pendientes que se llevan a cabo se muestran en la Tabla 3.4 en las geoformas indicadas. Las pendientes que se agrupan son 0-2%, 2-5%, y 5-12%.

Tabla 3.4. Agrupaciones por pendientes posibles de las unidades geoclima, según acuerdos con SIGTIERRAS

CRITERIO		NUEVO CÓDIGO
"Pendiente" = 4 OR "Pendiente" = 5		45
"Geoforma" = 178 (Para terraza alta)		
"Geoforma" = 181 (Para terraza media)		
"Geoforma" = 226 (Para terraza baja y cauce actual)		
"Geoforma" = 183 (Para terrazas indiferenciadas)		
"Geoforma" = 182 (Para terrazas escalonadas)		
"Geoforma" = 227 (Para valle fluvial, llanura de inundación)		
"Geoforma" = 25 (Para cauces y meandros abandonados)	AND "Pendiente" <= 2	12
"Geoforma" = 45 (Para cordón arenoso fluvial)		
"Geoforma" = 228 (Para basin)		
"Geoforma" = 82 (Para laguna colmatada)		
"Geoforma" = 146 (Para superficie de cono de esparcimiento)		
"Geoforma" = 145 (Para superficie de cono de deyección)		
"Geoforma" = 33 (Para coluvio-aluvial reciente)	AND "Pendiente" <= 3	123
"Geoforma" = 32 (Para coluvio- aluvial antiguo)		

3.1.4 Caracterización global de las unidades geoclima. Unidades Edáficas

Cada Unidad Geoclima se caracteriza a través de un código, resultado de la unión de la información de los seis campos que se tienen en cuenta para clasificar las unidades de suelo:

- Contexto Morfológico (el cual a su vez incluye el Dominio Fisiográfico, ya que cada Contexto es único y corresponde a un solo Dominio)
- Geoforma (con agrupaciones)
- Formación Geológica
- Pendiente (con agrupaciones)

- Clima (RHS y RTS)

Este código nuevo se determina en el campo “Calculo”, en el que se mantiene el código del campo “TipoArea” cuando se trata de Zonas excluidas, aplicándolo sólo en el caso de las Zonas de semidetalle y de reconocimiento. Para ello se utiliza la herramienta de ArcGis “Field Calculator”, donde se introduce la expresión siguiente:

```
"{0:03d}".format( !Geof_agrup! ) + "{0:03d}".format( !Pend_agrup! ) + "{0:03d}".format( !ContextoMo! ) + "{0:03d}".format( !Formacion! ) + "{0:03d}".format( !RHS! ) + "{0:03d}".format( !RTS! )
```

Mediante el campo “Calculo” se caracterizan los polígonos de forma numérica, de manera que aquellos que tengan igual contexto, formación geológica, geoforma, rango de pendientes y regímenes de humedad y temperatura, tienen el mismo código.

El siguiente paso consiste en identificar aquellas unidades geoclima que son iguales y que tienen, por tanto, el mismo valor del campo “Calculo”, valor que se utiliza para agruparlas. A los polígonos agrupados con el mismo código se los denomina “Unidad Edáfica”. Es sobre estas unidades sobre las que se empieza a decidir la localización de las calicatas que se van a realizar en las diferentes zonas de muestreo en cada una de las hojas 50M.

Para las zonas definidas como de semidetalle, la caracterización de cada una de las unidades edáficas se realiza, con carácter general, mediante la asignación de una calicata en cada UE. En el caso de las Zonas de reconocimiento el tratamiento es similar, teniendo en cuenta las particularidades de estas zonas.

3.1.5 Localización de las calicatas en Zonas de semidetalle

Previo a la definición de la ubicación de los puntos de muestreo en las Zonas de semidetalle, es necesario hacer un análisis para determinar de forma manual algunas unidades edáficas que no se van a caracterizar en la hoja estudiada mediante la apertura de una calicata. En concreto nos referimos a las unidades edáficas que en su conjunto sean:

- Polígonos únicos de superficie menor a 5 ha.
- Polígonos que lindan con hojas adyacentes y ya hayan sido muestreados (o esté previsto su muestreo) en esa hoja, cuando existen restricciones de accesibilidad.
- Polígonos sin acceso.

En las unidades edáficas que no se caracterizan por aplicación de estos criterios se incluye una justificación, indicando los motivos que llevan a su exclusión y de dónde se obtiene la información para poder caracterizarlas (polígonos similares, hojas adyacentes, etc.).

La última fase del procedimiento es ubicar las calicatas que se van a abrir en cada una de las hojas, una por cada unidad edáfica diferente, que se almacenan con el nombre de “puntos duda”.

Los criterios que se siguen para localizar los “puntos duda” son:

- Seleccionar el polígono más representativo de la hoja 50M (el de mayor superficie, en principio).
- Localizar los puntos en las zonas centrales del polígono.
- Los puntos de muestreo deben estar próximos a las vías de acceso (>100 y <200 m), pero conservando una separación a la misma de, al menos, 25 m.
- Los puntos deben localizarse en las zonas representativas de los regímenes de humedad y temperatura que se quieren caracterizar, evitando las zonas limítrofes.

- El perfil de suelo debe abrirse en una zona con la pendiente que caracterice a la geoforma.
- Para poder ubicar de forma correcta y precisa las calicatas, se utiliza información procedente de diversos insumos, tales como ortofotos, mapas de pendientes o información secundaria (mapas morfopedológicos escalas 1:200.000 y 1:500.000, así como edafológicos escala 1:50.000 del programa PRONAREG-ORSTOM, 1980-1984).
- Es primordial evitar superficies antropizadas (excepto agricultura). El uso de ortofotos es imprescindible en muchos casos, como por ejemplo, cuando los perfiles caracterizan zonas de vertientes, en cuyo caso debe garantizarse que las calicatas se abren en áreas que no estén localmente coluvionadas.

De esta forma se definen los puntos en gabinete y se crea una capa de puntos para cada hoja 50M, que constituye el insumo principal para la salida de campo. Esta capa se exporta a GeoMap, la herramienta usada en campo con la Tablet PC.

3.1.6 Localización de las calicatas en Zonas de reconocimiento

Las Zonas de reconocimiento requieren de un tratamiento especial, ya que se trata de áreas con baja densidad de muestreo. En concreto, debe ubicarse, al menos, una calicata por cada 200 km².

La información de suelos se obtiene de las calicatas realizadas en los términos del presente Proyecto, tanto si proceden de Zonas de semidetalle como de reconocimiento, y en las zonas que queden vacías de información, el principal insumo de apoyo para la generación de estos mapas es la generada por MAG-PRONAREG-ORSTOM, 1980-1984: Mapas de Suelos y Morfopedológicos de los cuales se puede inferir información

Así pues, en estas áreas se parte de las siguientes premisas:

- En las Zonas de reconocimiento las observaciones (puntos duda) se distribuyen de forma que caractericen el abanico de suelos que se encuentran en el área de trabajo, según la información secundaria.
- En estas zonas se caracteriza la diversidad de suelos considerando, en orden de prioridades:
 - Suelos definidos en PRONAREG-ORSTOM (análisis que incluye RTS y RHS) y geoformas predominantes en el área en estudio.
 - Pendiente y geología.

Los puntos se asignan en los suelos predominantes (suelos definidos en PRONAREG-ORSTOM) y en las geoformas más representativas, mediante un análisis de las condiciones y variabilidad de la zona. Si del análisis se desprende que existe una importante variación en pendientes o formaciones geológicas que no se ha contemplado, se toman también en cuenta estos factores para la ubicación de las calicatas, considerando siempre la densidad de muestreo requerida en el contrato y los acuerdos posteriores alcanzados.

- En cuanto al Contexto Morfológico, se intenta incluir como factor de diversidad en el momento de la localización de los puntos duda, pero no se puede alcanzar, en este sentido, su amplia gama conceptual. Cabe mencionar que, muchas veces, esta variabilidad va ligada a los regímenes de temperatura y humedad de los suelos, con lo que se puede abarcar un mayor abanico de diversidad contextual.
- Los polígonos no cubiertos con las asignaciones generadas en los estudios de campo se vinculan con la información de los suelos de geoformas cercanas y similares al conjunto del Proyecto (Zonas de semidetalle incluidas). Si esto no es posible, la asignación se realiza a partir de los insumos antes mencionados. En estos últimos casos, sólo se

incluyen las variables Clasificación Taxonómica 2006 y 2010, y el resto de los campos son inferidos con la información secundaria de acuerdo a la Tabla 3.5.

Tabla 3.5 Campos que pueden ser inferidos para los polígonos de las Zonas de reconocimientos a partir de la información secundaria

VARIABLE	INFERIR	OBSERVACIONES
Clasificación taxonómica	Sí	Acorde al entorno edáfico
Textura superficial	Sí	
Textura a profundidad	Sí	
Drenaje natural	Sí	
Profundidad efectiva	En ciertos casos	Según la disponibilidad de información
Pedregosidad	No	
Afloramiento rocoso	No	
Elementos gruesos	No	
Toxicidad	Sí	
Potencial hidrógeno	Sí	
Salinidad	Sí	
Profundidad de nivel freático	No	
RHS	Sí	
RTS	Sí	
Materia orgánica	Sí	
CIC	Sí	
Saturación de bases	Sí	
Fertilidad	Sí	
Inundabilidad	No	
Velocidad de infiltración	No	

El procedimiento para asignar los “puntos duda” en las Zonas de reconocimiento es el siguiente:

- El procedimiento es el mismo que en el caso de las Zonas de semidetalle, con la determinación del campo “Calculo” para mejorar el seguimiento de estas áreas. La planificación de los puntos duda incluye un análisis de agrupación de unidades edáficas basado en las pendientes, geoformas y en el análisis de las condiciones de la zona. Este análisis sustenta la ubicación de las calicatas en la Zona de reconocimiento, incluyendo lo puntos a continuación detallados.
- Determinación de las geoformas caracterizadas en salidas anteriores, atendiendo a las características de la geoforma, RTS y RHS. Se pueden presentar agrupaciones de geoformas para considerarlas caracterizadas; por ejemplo, si se ha caracterizado una vertiente heterogénea de 40-70%, formación Tarqui, údico, isomésico, según el análisis de la zona, esta geoforma puede caracterizar las vertientes heterogéneas, rectilíneas y abruptas de 70-100% de la misma geología y régimen de clima. En estas agrupaciones se deben priorizar los perfiles de la misma carta o cartas adyacentes.
- Asignación de puntos duda trabajando con los bloques en conjunto, de forma que se describa el mayor número de suelos y geoformas no caracterizadas en salidas anteriores. Se favorece la diversidad en la caracterización de geoformas tomando en cuenta, además, su representatividad geográfica.

3.2 PROCEDIMIENTO PARA LA PLANIFICACIÓN DE LOS PUNTOS DE INFILTRACIÓN

Para la planificación de la localización de los puntos en los que se hace lectura de la velocidad de infiltración, se debe disponer de la información secundaria de apoyo, del mapa geomorfológico y

archivo digital de los perfiles planificados para ser utilizada en campo, tomando en cuenta que la escala de trabajo es 1:25.000. Esta información de apoyo consta fundamentalmente de:

- Cartografía base a escala 1:25.000 o mayores
- Cartas topográficas 1:50.000
- Imágenes satelitales
- SRTM
- Cartografía con los viales existentes y los tracks generados por las otras temáticas en sus salidas de campo (Cartografía Geomorfológica y de Cobertura y uso de la tierra, generadas por el CTN).

Todos los archivos deben estar en el sistema de referencia espacial WorldGeodeticSystem 1984, Zona 17 Sur.

Las fases para planificar son:

- Determinación de los sitios a intervenir:
 - Se planifica la realización de ensayos de infiltración con minidisco en todos los puntos donde se realice la descripción de una calicata cuya pendiente sea menor del 40%
 - Se planifica la realización de ensayos de infiltración con el método de doble anillo en el 10% de las calicatas que se describan y siempre en pendientes menores al 12% y una accesibilidad adecuada. Los puntos se planifican intentando que éstos recojan la variabilidad máxima, tanto espacial como de características edáficas de la zona.

3.3 PREPARACIÓN DE LA SALIDA DE CAMPO

La campaña de campo se planifica una vez que se ha establecido la localización inicial de los “puntos duda”. Para esta planificación se utiliza también la información recogida en la Geodatabase que contiene las unidades edáficas, así como la cartografía con los viales existentes y los tracks que fueron generados por las otras temáticas en sus salidas de campo (Cartografía Geomorfológica y de Cobertura y uso de la tierra, generadas por el CTN).

Con esta información se determinan las bases de operaciones, se concretan los integrantes de los distintos equipos de trabajo (estos equipos, que se describen con más detalle en el apartado correspondiente de la fase de campo, están constituidos por edafólogos, asistentes, avanzada, coordinadores y promotores, generalmente locales) y se hace una estimación del tiempo que se va a invertir en cada zona en función del número de calicatas previstas en cada hoja 50M y de las posibilidades de acceso.

Una vez ajustada y aprobada la planificación por parte de fiscalización, los técnicos del equipo de control de calidad (CC) del CTN se distribuyen estas bases de operaciones y, a partir de la información asociada a cada una de las hojas 50M, trabajan con los “puntos duda” que les corresponden para ajustar los últimos cambios en la planificación y determinar los puntos definitivos antes de iniciar la campaña de campo.

Con la planificación ya establecida finalmente, se preparan los dispositivos de las Tablets PC. Para ello se actualiza el software utilizado en este Proyecto (Geobide), se añaden las ortofotos y los MDT correspondientes a la zona en la que se va a trabajar, así como el resto de información que sea necesaria, como el mapa de viales. Los técnicos del equipo de CC importan los “puntos duda” en la base de datos continua generada en el Proyecto, de donde se exporta a las Tablets PC en forma de paquetes de trabajo, cada uno de los cuales se asigna a un asistente. Una vez incorporada toda la información en las Tablets PC, estas se reparten entre los asistentes, quienes se encargan de su uso en la campaña de campo.

Paralelamente al trabajo de planificación descrito, el equipo de socialización ya ha contactado con las instituciones afectadas en la zona de trabajo prevista, y comunica a los técnicos de CC esta información, proporcionándoles los datos de los contactos locales establecidos en cada una de las hojas 50M.

Antes de la salida de campo, cada uno de los equipos implicados prepara todo el material necesario para la ejecución de los trabajos (este material se describe con más detalle en el epígrafe correspondiente de la fase de campo). En concreto, el equipo técnico de CC prepara las hojas de seguimiento del trabajo, la información secundaria que pueda ser de utilidad (por puntos duda, por hojas 50M o por cada zona de trabajo), actualizan las posibles modificaciones de la metodología y recogen los folletos informativos elaborados en el Proyecto para su distribución en la zona. Junto con toda esta documentación, también se preparan los ordenadores portátiles, Tablets PC de repuesto e impresoras, para la realización de todos los trabajos previstos en la fase de campo.

Una labor muy importante en esta fase de precampo es la de difusión por parte del equipo de socialización, de forma conjunta con todas las partes implicadas en el Proyecto. Tiene como misión contactar con las instituciones afectadas por la ejecución del mismo presentes en la zona de intervención, tales como municipios, juntas parroquiales y organizaciones sociales o comunitarias.

El objetivo último de la socialización es transmitir la información a la población y comunicar de forma adecuada a la comunidad las actividades que se realizan, así como el objetivo que el MAGAP pretende conseguir con este Proyecto.

En el Anexo 1 se incluye el Plan de Socialización y los materiales de difusión que se utilizan.

4 FASE DE CAMPO

4.1 INTRODUCCIÓN

En el desarrollo de la explicación de los procedimientos de la fase de campo se ha decidido separar el trabajo referente al levantamiento de la información geopedológica del trabajo de recopilación de datos sobre la infiltración, por tratarse de equipos de trabajo diferentes y con el objetivo de conseguir mayor claridad en la explicación del proceso, aunque no debe olvidarse que son trabajos que se realizan simultáneamente.

En campo las Zonas de reconocimiento y semidetalle se tratarán de forma similar. Se seguirá la misma metodología tanto para la descripción de calicatas como para la caracterización de las unidades edáficas.

4.2 PROCEDIMIENTO PARA EL DESARROLLO DE LOS TRABAJOS GEOPEDOLÓGICOS EN CAMPO

Para el desarrollo de estos trabajos se parte de un *shapefile* con la posible localización de los puntos de muestreo, resultado de la fase inicial de precampo en gabinete.

Tras una fase de coordinación institucional, que lleva a cabo el equipo de socialización, y para una mejor gestión de los recursos que intervienen en campo, se crean cuatro grupos de trabajo: equipo de logística, equipo de avanzada, equipo de suelos ,equipo de CC, equipo de infiltración y equipo clave, que será comentado en el epígrafe correspondiente.

El trabajo entre todos los equipos debe ser coordinado y la información generada por cada uno de ellos, fluida, a fin de conseguir un trabajo geopedológico eficiente, que cumpla con los tiempos establecidos y ajustado a los presupuestos previstos.

4.2.1 Fase de socialización

Los promotores, el equipo de logística y el de avanzada, debidamente identificados, tanto personalmente como sus vehículos, llevan consigo el material comunicacional entregado por el SIGTIERRAS para su uso en las relaciones con autoridades locales y con particulares.

Si fuera necesario, en esta etapa se cuenta con el apoyo del equipo de socialización del Consorcio.

4.2.2 Fase de logística

El equipo de logística es el encargado de las tareas generales de organización y de proporcionar las bases para un buen desarrollo del trabajo de campo. En este sentido, se ocupa de:

- Gestión administrativa
- Establecimiento de protocolos de identificación del personal, equipos y transporte
- Establecimiento de comunicaciones entre todos los equipos
- Búsqueda de hospedaje para los equipos de campo
- Alquiler de transporte
- Gestión de salvoconductos para combustible
- Aprovisionamiento del equipamiento
- Gestión de la seguridad
- Solución de imprevistos

- Coordinación del envío periódico de muestras de suelo cada 2 ó 3 días a los laboratorios (Agrocalidad, en Quito, o a la base en Quito de Eurofins –España)
- Mantener una reserva de repuestos y materiales. En detalle se refiere a:
 - Reactivos (HCl...), cintas pH y agua destilada
 - material de empaque: fundas, sacos, cintas, etc.
 - herramientas esenciales no accesibles en el mercado local como martillos, pilas especiales, cables, etc.
 - materiales de registro como fichas y etiquetas
- Abastecer los equipos de campo con repuestos y materiales

4.2.3 Fase de avanzada

El equipo de avanzada orienta su rutina de permanencia en campo a la de los edafólogos. Las tareas concretas que realiza este equipo en el campo son:

- Organización de la logística y el cronograma de barrido en el área de muestreo.
- Identificación en campo de la ubicación de los puntos de muestreo previamente definidos en gabinete, mediante navegación en tiempo real.
- Comprobación de la idoneidad de la localización de las calicatas, corroborando que el suelo no se encuentre disturbado, identificación de la unidad edáfica, del rango de pendiente correcto, correspondencia de la geoforma a caracterizar y que sea el lugar más representativo de la unidad edáfica.
- Obtención de permisos de entrada para realizar los estudios, solicitándolos al dueño del predio, así como la transmisión al propietario del objetivo del Proyecto, si así se lo solicitan.
- Organización de los jornaleros para apertura de las calicatas.
- Distribución en campo de calicatas por edafólogo y por sector

El equipo puede modificar la localización inicial de los puntos de muestreo si, por motivos de accesibilidad, permisos o poca representatividad dentro de la unidad edáfica, no se puede realizar la calicata en el punto marcado. El punto de muestreo se debe reubicar, siempre dentro de la misma unidad edáfica y manteniendo las características de pendiente y cobertura representativa de la misma, evitando áreas removidas, erosionadas o antropizadas. El equipo debe registrar las nuevas coordenadas y comunicarlo al equipo de CC.

Aparte de estas tareas, el equipo de avanzada es el encargado de la apertura de las calicatas, cuyas dimensiones son las siguientes:

- Largo: aproximadamente 1,80 a 2,00 m
- Ancho: aproximadamente 1,20 m
- Profundidad: 1,5 m o hasta contacto lítico, paralítico (duripán, capas cementadas, roca) o capa con dominantes fragmentos gruesos (>80%), esta última se profundiza un mínimo de 40 cm

Es importante considerar que la orientación de la calicata debe tener en cuenta la forma del paisaje, representando su dinámica en la descripción del perfil. De esta manera, en laderas la orientación de la calicata debe seguir preferiblemente la línea de máxima pendiente.

El material excavado se deposita a los dos lados, dejando estrictamente limpia la cara del perfil (cuesta arriba) a describir. En la cara opuesta se realizan gradas para facilitar la entrada y salida en la calicata. El equipo de avanzada también debe registrar las coordenadas exactas de la calicata, la pendiente (en %) y la exposición en dirección al frente del perfil.

Las calicatas se identifican con cintas reflectantes, para facilitar su posterior localización por el equipo de suelos. Ambos equipos, el de avanzada y el de suelos, deben estar coordinados para la optimización del trabajo. El equipo de avanzada facilita al equipo de suelos las coordenadas de las calicatas abiertas en el día, los tracks para el acceso y las particularidades de cada calicata que pudieran facilitar la labor del equipo de suelos, en el supuesto de que las hubiera. Complementariamente, antes de salir al campo se verifica que las herramientas e instrumentos estén completos y en perfecto estado de funcionamiento. Para ello se cuenta con una lista de chequeo para lo más indispensable (Ver Anexo 2 Fichas de campo).

Los instrumentos de orientación y comunicación con los que cuenta el equipo de avanzada son:

- Laptop con cartografía de trabajo e información secundaria
- GPS
- Cargadores, transformadores y conectores a la batería del carro
- Clinómetro y brújula
- Radio y teléfono móvil
- Materiales para socialización
- Documentos de identificación

En cuanto a las herramientas y utensilios para la apertura y señalamiento de la calicata:

- Palas y azadones
- Cinta métrica
- Cintas de señalización

Por último, se debe llevar ropa adecuada correspondiente al clima (frío, lluvia, sol), protección contra insectos y animales (vacunaciones), y comida y bebida (para no interrumpir el trabajo).

4.2.4 Fase de descripción de calicatas

Se lleva a cabo por el equipo de suelos, que es el encargado de caracterizar las unidades edáficas mediante la descripción de los perfiles abiertos, su clasificación y la recogida de muestras para su posterior análisis en el laboratorio.

Este equipo está compuesto por un edafólogo y su asistente, cuenta con una Tablet PC compacta, que utiliza tanto para el posicionamiento como para el registro de información y toma de fotografías. Para ello, la Tablet PC está equipada con cámara fotográfica y GPS, y el software que lleva incorporado es el visor geográfico GeoMap, incluido en la suite tecnológica Geobide. El GPS está activado en todo momento, de manera que los tracks que genera en los recorridos se guardan al final de la jornada de trabajo en la carpeta del Proyecto o del paquete de datos de trabajo.

4.2.4.1 Funciones del equipo de suelos

La función de este equipo consiste, esencialmente, en la descripción de los perfiles del suelo, que se puede organizar en las siguientes fases:

- El edafólogo evalúa la idoneidad de la calicata abierta y su representatividad para la geoforma sobre la que se realiza. En el supuesto de que el edafólogo considere que la calicata no sea idónea y/o representativa, procede a su cierre y apertura de una nueva calicata.
- Caracterización del entorno: de acuerdo a la ficha de campo (consultar Anexo 2). Asimismo, se realizan dos fotografías del paisaje que circunda la calicata, para representar a la unidad edáfica que se quiere caracterizar; estas fotografías deben tomarse desde el lugar adecuado para mostrar una visión general de la localización del muestreo, evitando imágenes parciales o imprecisas.
- Limpieza: para facilitar la visualización de los horizontes, la cara del perfil del suelo que se va a describir se limpia, en toda su anchura y profundidad, utilizando un cuchillo o martillo. En la esquina izquierda, a unos 15 cm de la pared lateral, se coloca la cinta métrica, con el extremo inicial en la parte superior del perfil.
- Señalización del perfil: en la superficie, por encima de la cara del perfil, se coloca un cartel con el código del perfil.
- Realización de la foto del perfil: de buena calidad, con su cartel de identificación y la cinta métrica o flexómetro, evitando la aparición de las paredes laterales en la foto. No se deben realizar fotos con sombras parciales, de manera que siempre estén totalmente iluminadas o sombreadas, para lo que se utilizan parasoles. Todas las fotografías se vinculan al punto de observación a través del visor geográfico desarrollado.
- Descripción del perfil: según la Guía para Descripción de Suelos de la FAO (2009) y siguiendo un orden descendente en la descripción de horizontes. Las distintas variables que se definen se recogen en la ficha de campo (consultar Anexo 2), que está implementada en el aplicativo Geomap. La información se incluye mediante la Tablet PC, preparada para su uso en campo, de forma que la transcripción sea correcta, su ingreso sea sistemático y el tratamiento sea más eficiente.
- Incorporar características relevantes identificadas que no tienen espacio en los campos de la ficha en observaciones
- Mediciones analíticas: se realizan las siguientes pruebas de campo y en el siguiente orden:
 - HCl: prueba para confirmar el contenido de carbonatos. Se coloca una pequeña muestra de suelo encima de un tablero y se ponen algunas gotas de ácido clorhídrico al 10%. La presencia de carbonatos provoca efervescencia de un grado acorde al contenido y distribución: si es muy bajo (<2%) y disperso sólo se escucha la efervescencia, pero no es visible; si es alto (>10%) se observa una fuerte efervescencia (FAO, 2009).
 - NaF: prueba para confirmar propiedades ándicas. Se coloca una pequeña muestra de suelo en un papel filtro impregnado con fenolftaleína y se adicionan unas gotas de fluoruro de sodio (NaF) 1M (ajustado a pH 7,5). Se considera una reacción fuerte cuando se observa un rápido cambio de color a rosa-violeta en menos de 15 segundos; y una reacción media cuando el cambio de color se produce en menos de 45 segundos (Adaptado para el presente proyecto de la FAO, 2009).
 - H₂O₂: prueba para confirmar materia orgánica. Se coloca una pequeña muestra de suelo encima de un tablero, se ponen algunas gotas de H₂O₂ al 6%; la efervescencia indica la presencia de materia orgánica en contra del manganeso (Mn) que provoca efervescencia más intensa (Porta y López-Acevedo, 2005).
 - pH: prueba para estimar la reacción del suelo. Se coloca una pequeña muestra de suelo en un recipiente, poniendo dos veces y media de agua destilada neutra (1 parte de

suelo/2,5 partes de H₂O), se agita y se deja reposar unos minutos. Se coloca después una cinta embebida en un reactivo en el líquido sobrenadante, por un tiempo indicado de 0,5 a 1 minuto, hasta que cambia su color. Se compara con una escala estandarizada del fabricante. Se registra el rango establecido en la Tablet PC. Este tipo de métodos colorimétricos están recomendados por la FAO (2009).

Todos los reactivos se llevan en frascos de plástico, dentro de otro recipiente de protección. Hay que manejarlos con cuidado, no poner los goteros en contacto con el suelo, para que ni los reactivos ni el agua destilada se contamine. Estas mediciones no se hacen en la propia pared del perfil, para no impactar eventualmente en las muestras que se toman para el laboratorio.

- Clasificación provisional: se establece una clasificación taxonómica preliminar del suelo según *Soil Taxonomy* (SSS-USDA, 2006), a nivel de Subgrupo.
- Muestreo: el edafólogo es el responsable de la toma de muestras en el perfil, en número suficiente para sustentar la clasificación del suelo. La descripción de esta fase del procedimiento se detalla en el epígrafe siguiente.
- Almacenamiento de datos: la información levantada en campo por los edafólogos se guarda directamente en la Tablet PC. El equipo de edafología debe asegurarse cada día de que toda la información de campo esté completa y correcta dentro del aplicativo GeoMap (fotos, clasificación de campo, etc.).
- Realización de la prueba de infiltración de minidisco, para ello se sigue la metodología explicada en el apartado 4.3.

Para el caso de que fallase el sistema digital, siempre se deben llevar fichas de campo en papel. De ser el caso, estas fichas se deben introducir en la Tablet PC al finalizar el día, con las coordenadas registradas por el equipo de avanzada.

Toda la información que se genera en campo se guarda como una Geodatabase; la transferencia de información se lleva a cabo desde la herramienta desarrollada para GeoMap. Adicionalmente, es necesario guardar la información diariamente en memorias flash, que se entregan para el desarrollo normal de los trabajos.

Al final la jornada de campo y tras la revisión de las fichas de campo generadas ese día, los edafólogos de una misma base se reúnen para intercambiar las particularidades edáficas encontradas y resolver de forma conjunta las posibles dudas surgidas durante la jornada con el fin de dar mayor homogeneidad y robustez a los mapas generados.

4.2.4.2 Herramientas y utensilios de trabajo

Las herramientas y utensilios para describir la calicata con los que cuenta el equipo de suelos son:

- Tablet PC
- Fichas en papel + lápiz/esfero
- Guía FAO y Taxonomía 2006
- Tablero y marcador
- Cinta métrica
- Cuchillo, martillo, brocha
- Tablas de código Munsell

- Lupa(x10)
- Reactivos: NaF +papel impregnado de fenoftaleina, HCl, H₂O₂
- Cinta medidora de pH + recipiente + agua destilada
- Barreno de tubo abierto (Pürckhauer)

Los utensilios para muestrear la calicata:

- Fundas plásticas, etiquetas, cuerdas, marcador permanente
- Cilindros con tapa y martillo de caucho
- Sacos para guardar las muestras

Van equipados también con herramientas para limpiar, profundizar y cerrar la calicata (pala o azadón).

4.2.4.3 Toma de muestras

De cada perfil descrito se toman dos muestras, como mínimo, con análisis completos (tipo A, definidos en el epígrafe referente a los análisis de muestras en el laboratorio), recogiendo las muestras necesarias para sustentar la clasificación taxonómica. Se exceptúan los suelos superficiales o muy superficiales, en los que se toma sólo una muestra, con análisis tipo A. El objetivo es conseguir que queden bien caracterizados los primeros 50 cm de suelo.

El orden de muestreo siempre es desde el horizonte más profundo hacia arriba, para no contaminar las muestras con restos de otros horizontes, y se toma aproximadamente 1 Kg de suelo. Las muestras disturbadas de suelo se sacan de la mitad del horizonte a lo largo de todo su ancho, evitando incluir en la funda elementos gruesos, tales como gravas, piedras, raíces u otros. Hay que prever que los terrones grandes, secos y duros no rompan la funda.

Cada muestra se identifica con el código de referencia del perfil, al que se añade el número de horizonte y el tipo de análisis que se va a realizar, información que se adjunta a la funda de la muestra. Todas las muestras de un mismo perfil deben ser colocadas en una bolsa, con el código de la calicata registrado en el exterior con cinta autoadhesiva visible.

Es posible también considerar las siguientes peticiones de análisis con fines taxonómicos (ver los distintos tipos de análisis en el epígrafe referente a los análisis de muestras en el laboratorio):

- El Tipo A puede tener las siguientes combinaciones: A, AC, AOx, AP APF2
- El Tipo B puede tener las opciones: B, BC, BOx
- El tipo F1

En cada horizonte que se muestrea se toma una sola muestra, en la que se realizan todos los tipos de análisis solicitados, excepto para el caso de la densidad aparente, donde se toma una muestra aparte.

La reacción positiva a la prueba de NaF es el factor que determina la necesidad de tomar muestras de densidad aparente. El análisis de densidad aparente se solicita en los suelos identificados, potencialmente, como Andisoles o con propiedades ándicas. Este muestreo, en el que se realizan tres repeticiones, se lleva a cabo en el horizonte superficial verticalmente, mediante cilindros de 100 cm³, de forma que la muestra que se toma no esté disturbada. El contenido se transfiere a una bolsa de plástico con su correspondiente etiqueta identificada para este tipo de análisis (F1).

En ningún caso se eliminarán muestras tomadas por el edafólogo sin su consentimiento.

Para su análisis se proponen los siguientes ejemplos:

Typic Hapludolls	Tipo muestra	
A	Tipo A	60 cm
Bw	Tipo A	
BC	NO muestra	
C	NO muestra	

Typic Haplustolls	Tipo muestra	
Ap	Tipo A	60 cm
Bk	Tipo AC	
C	NO muestra	

Typic Haplosaprist	Tipo muestra	
Oap	Tipo A	60 cm
Oa1	Tipo A	
Oa2	NO muestra	
Oa3	NO muestra	
C	NO muestra	

Typic Ustipsamments	Tipo muestra	
A	Tipo A	60 cm
AC	Tipo A	
C1	NO muestra	
C2	NO muestra	

Typic Udifluvents	Tipo muestra	
A	Tipo A	60 cm
C1	Tipo B	
Ab	Tipo A	
C2	NO muestra	
2Bw	Tipo B	a 125 cm

Andic Ustorthents Tipo muestra

Ap	Tipo AF1	60 cm
A	Tipo AF1	
C	NO muestra	

EutricFulvudands Tipo muestra

Ap	Tipo A F1 P	60 cm
2BA	Tipo A F1 P	
2Bw1	NO muestra	

Typic Hydrudands Tipo muestra

A1	Tipo A F1 F2 P	60 cm
A2	Tipo A F1 F2 P	
BC	NO muestra	

Typic Dystrudepts Tipo muestra

Ap	Tipo A	60 cm
Bw	Tipo A	
Bt	Tipo B	
BC	NO muestra	

Typic Dystrusteps Tipo muestra

Ap	Tipo A	60 cm
Bw1	Tipo A	
Bw2	NO muestra	
C	NO muestra	

Typic Haplusterts Tipo muestra

Ap	Tipo A	60 cm
Bss	Tipo A	
BCss	NO muestra	

Typic Haplustalfs Tipo muestra

Ap	Tipo A	60 cm
Bt1	Tipo A	
Bt2	Tipo B	

Typic Fragiudalfs	Tipo muestra	
A	Tipo A	60 cm
E	Tipo B	
Bt1	Tipo A	
Bt2	Tipo B	

UsticHaplocalcids	Tipo muestra	
Ap1	Tipo A	60 cm
Bk1	Tipo AC	

Typic Hapludox	Tipo muestra	
A	Tipo AOx	60 cm
Bo1	Tipo AOx	

Acrudoxic Plinthic Kandiudult	Tipo muestra	
A	Tipo A	60 cm
Bw	Tipo B	
Bt1	Tipo A	
Bt2	Tipo A	a 130-150 cm

Las muestras que se recogen en campo se trasladan al centro de acopio, un lugar seco y cerrado, donde se comprueba que estén todas las muestras que se han generado y que estén bien identificadas. En caso de no ser así se identifica el error y, si fuera necesario, se debe volver al lugar de muestreo.

Cada 2 ó 3 días se envían las muestras recogidas hasta la fecha al laboratorio correspondiente. La decisión sobre el laboratorio al que se destinan las muestras se toma por hojas, de acuerdo a la capacidad de procesamiento de cada laboratorio; en torno al 20% se remiten a Agrocalidad y el 80% a Eurofins.

4.2.5 Fase de control de calidad

En esta etapa el personal de CC geopedológico revisa en campo la idoneidad de, al menos, un 25% de las calicatas abiertas con visitas a campo. Teniendo como función principal supervisar el desarrollo de los trabajos de campo y garantizar la calidad de dichos trabajos.

Las funciones del equipo de CC son, en concreto:

- Cooperación con el edafólogo descriptor en la comprobación de la idoneidad de la localización de la calicata, corroborando que el suelo no se encuentre disturbado y sea el más representativo de la unidad edáfica. En caso de que el sitio haya sido modificado, comprobación de los argumentos.
- Revisión de la fase de descripción del perfil, verificando la funcionalidad técnica de los equipos de edafólogos.
- La descripción del perfil es rigurosamente revisada, inicialmente, para verificar la funcionalidad técnica de los equipos de edafólogos. En caso de no cumplir con los

requisitos o conocimientos mínimos en la descripción del perfil, se comunica al edafólogo. De no establecer medidas correctoras, se solicita la substitución de este último.

- Acompañamiento en la descripción del perfil.
- Revisión de los procedimientos seguidos para la realización de las pruebas de velocidad de infiltración.
- Comparación de los informes de muestras de suelos tomadas que se van a enviar a los laboratorios (manifiestos) con la información de las fichas de campo, para ver su concordancia.
- Envío diario de hojas de seguimiento de las calicatas realizadas, así como de la planificación prevista para el día siguiente.
- Envío diario de los manifiestos generados para el laboratorio, una vez finalizados los trabajos de campo de ese día y revisadas las muestras. Estos manifiestos, generados en la Tablet PC, se envían tanto al personal clave del CTN, como al equipo de logística, así como al laboratorio correspondiente.
- Toma de muestras de suelo, con el objeto de controlar la calidad del trabajo de los laboratorios. Además de las muestras que se toman para caracterizar los perfiles, se realiza un control de calidad sobre el 5% de las calicatas muestreadas. Este control se realiza sobre todas las muestras de la calicata, numerándolas con el código del responsable de CC y en orden correlativo desde el 1 (por ejemplo, si el responsable de CC tiene asignado el código 101, los códigos de las calicatas para el control de calidad son, para la calicata NV_E3-81-0020, el NV_E3-101-0001; para la calicata NV_E3-82-0040 sería NV_E3-101-0002 y así sucesivamente).
- Canalizar las observaciones realizadas por fiscalización a los edafólogos

Paralelamente a los trabajos de campo y, a medida que los equipos desplazados envían información, el personal de oficina se encarga de verificar esta información generada, de detectar incoherencias y de la resolución de dudas con los técnicos de campo.

4.3 PROCEDIMIENTO PARA EL DESARROLLO DE LOS TRABAJOS DE INFILTRACIÓN EN CAMPO

El equipo de infiltración está compuesto por un técnico especializado y los jornaleros contratados como apoyo. El técnico de infiltración es el encargado de:

- Seleccionar los puntos donde se realiza la prueba de infiltración de doble anillo, teniendo en cuenta los criterios de pendiente y representatividad de la prueba en la hoja, en función de la planificación.
- Reportar al asistente del edafólogo los datos de la prueba de infiltración para que éste pueda introducir la información en la correspondiente ficha dentro del aplicativo GeoMap.
- Comunicar diariamente las pruebas de infiltración realizadas, así como las programadas para el día siguiente.
- Informar de cualquier problema surgido en el transcurso de su trabajo en campo, así como de aquellas mejoras o aportaciones realizadas.

El procedimiento que se sigue, en el caso de la medición de la velocidad de infiltración con el método del doble anillo, es el siguiente:

- Un grupo especializado del equipo realiza las mediciones de infiltración con el método de doble anillo (según Müntz), únicamente en el 10% de los sitios muestreados, según la

planificación inicial. Este método se aplica sólo en pendientes de hasta un 12%, en la cercanía de la calicata (<25 m) y se busca para realizarlo un sitio no disturbado lo más plano posible. No se prepara la superficie, en todo caso, se corta la vegetación herbácea, teniendo siempre la precaución de no alterar la estructura del suelo.

- Se introduce el cilindro en el suelo hasta una profundidad no superior a los 2/3 de la altura total del cilindro (Imagen 4.1). Simultáneamente, se vacía agua en la poceta o en el cilindro exterior que actúan como área tampón.
- Se procede a la toma de datos, para lo que se usa como referencia una regla y se anotan las lecturas del nivel de agua observadas en los distintos intervalos de tiempo. La velocidad de infiltración tiende a hacerse constante alrededor de las dos horas después del inicio de la medición (velocidad de infiltración básica) (Holzapfel y Matta, 2001), por esta razón se recomienda realizar las lecturas en los siguientes tiempos: los primeros cinco minutos se realiza una lectura cada minuto; desde entonces hasta la media hora, el tiempo de lectura se alarga a 5 minutos; a partir de este momento y hasta alcanzar la hora, se recomienda tomar lecturas cada 10 minutos; y a partir de la hora y hasta las dos horas, se mide cada 15 minutos.
- Recopilación de la información en las fichas preestablecidas.
- Se debe tomar una fotografía del equipo de doble anillo instalado y otra fotografía panorámica donde se visualice la vegetación y relieves existentes en la zona.



Imagen 4.1. Instalación de los cilindros



Imagen 4.2. Medición en los cilindros

- Paralelamente es posible la realización de una medición con el minidisco.
- Realización de un control de calidad del llenado de las fichas después de la jornada diaria de trabajo.
- Al final del día, el técnico de infiltración debe entregar a cada asistente de edafología la información tomada de doble anillo y de forma inmediata debe ser ingresada en la TabletPC del edafólogo correspondiente.
- Realización de un control de unidades edáficas intervenidas; esta información se registra en unas hojas de control, alas que se adicionan las previsiones de trabajo para el siguiente día.

El procedimiento que se sigue en la medición con el minidisco es el siguiente:

- Simultáneamente a la descripción del punto de muestreo, el equipo de infiltración realiza la prueba con el infiltrómetro de membrana permeable (minidisco), sobre la superficie no disturbada del suelo cercano a la calicata. En caso de vegetación (pasto) se debe cortar con cuidado, para que el disco tenga contacto con la tierra. Si se ubica el perfil en un talud, se aplica esta medición hasta una pendiente de 40%.

- En el momento de la instalación del equipo, ambas cámaras se llenan de agua y se cierran herméticamente, colocando verticalmente el dispositivo sobre la superficie del suelo. Con el fin de lograr un buen contacto hidráulico entre el infiltrómetro y el suelo, se coloca un anillo de 2 mm de grosor relleno de arena de 0,5 mm de diámetro.
- La peculiaridad que presenta el minidisco es que, en el momento de hacer las lecturas, ofrece la posibilidad de ajustar la velocidad de succión para adaptarse mejor al tipo de suelo que se está midiendo. Así, en la mayoría de los suelos, la tasa de succión que se utiliza es la determinada por una altura de agua de 2 cm en la cámara inferior. En situaciones particulares, como en el caso de suelos arenosos con altas tasas de infiltración (texturas arenosas y areno-francosas); o cuando el suelo es más compacto y con una infiltración mucho más lenta (texturas arcillosas, arcillas pesadas y arcillo-limosas), ésta se ajusta a una altura de 6 cm y 0,5 cm, respectivamente.
- Las lecturas de los volúmenes de agua infiltrada se realizan a intervalos de tiempo prefijados en función de la textura del suelo. En el caso de suelos arenosos las lecturas se miden cada cinco segundos; en suelos de textura media cada 30 segundos y en suelos arcillosos las lecturas se efectúan cada 30 minutos (Decagon Devices, 2012). El gasto volumétrico será de un mínimo de 200 mL de agua o bien hasta la estabilización de tres lecturas.
- Durante la prueba, el técnico asistente registra la información de la infiltración de minidisco en la Tablet PC en los campos respectivos.



Imagen 4.3. Medición con el infiltrómetro de minidisco

- Una vez que cada técnico de apoyo de edafología tiene el respaldo de su trabajo diario de minidisco, debe comprimir la información y entregársela al técnico de infiltración para que se realice el control de calidad, tanto de la infiltración de doble anillo como de la determinada con minidisco. Se pone énfasis en revisar que las unidades de tiempo sean minutos, las unidades de volumen sean milímetros, la descarga de volumen esté en un orden secuencial y lógico y que se cumplan los condicionantes para que una prueba de infiltración de minidisco culmine; es decir, verificar al final de la prueba que se hayan descargado 20 mL o se encuentren registrados tres valores constantes. Esta labor se realiza bajo la supervisión del edafólogo.

Durante la campaña de campo se llena una ficha de seguimiento de las actividades realizadas día a día; este reporte se entrega al coordinador de la carta y al coordinador del equipo de infiltración en medio digital. Asimismo, se llena también un cuadro de registro, donde se coloca el total de pruebas de doble anillo realizadas, dudas, códigos designados y la textura de campo del primer horizonte

5 FASE DE POSTCAMPO

5.1 GESTIÓN DE LA INFORMACIÓN GEOPEDOLÓGICA

5.1.1 Organización y análisis de la información de campo

Una vez finalizados los trabajos de campo y ya en gabinete, la información recogida se descarga, se prepara y se organiza. Este procedimiento se estructura en cinco etapas:

Etapas 1. Descarga de la información de campo

- Revisión de las fichas de campo. En esta revisión se comprueba fundamentalmente que todas las fichas tengan asignadas sus correspondientes fotografías, y la calidad de las mismas, y que el número de infiltraciones realizadas coincida con el número de fichas en las que existen ensayo de infiltración.
- Tras comprobar la coherencia y completitud de los datos, estos se transfieren a la base de datos del Proyecto, la Geodatabase SDE, donde se guarda toda la información generada, utilizando para ello la herramienta desarrollada para GeoMap en este Proyecto. Se van completando de esta forma las diferentes tablas que componen la base de datos (ver Anexo 3, estructura de la base de datos). La conexión entre la Tablet PC y la Geodatabase se realiza mediante una FTP.
- Descarga de documentos informativos sobre el trabajo desempeñado en campo, incidencias, calicatas, manifiestos, etc. En concreto, se elaboran los siguientes documentos:
 - Hoja de control de campo, en la que se detalla toda la información de la salida de campo, como el número de carta, número del punto duda, coordenadas geográficas de la calicata, si se ha tenido o no acceso a la misma, fecha de apertura y de descripción del perfil, ensayos de infiltración realizados, código de la ficha, si se han tomado contra-muestras y codificación de las mismas, etc.
 - Detalle de las calicatas en las que se han tomado contra-muestras, especificando el código del perfil correspondiente y el de la contra-muestra.
 - Manifiestos generados para todas las calicatas abiertas en la salida de campo, con el tipo de análisis solicitado en cada caso.
 - Informe de calidad, en el que se redactan de forma sucinta todos los aspectos de la salida de campo. En concreto, se recoge la planificación a lo largo de la campaña; una evaluación de los diferentes técnicos que han participado, con el objetivo de determinar el grado de cumplimiento de sus funciones y desarrollar acciones de mejora en el futuro; un reporte de cumplimiento en el que se detallan las calicatas planificadas en gabinete y las finalmente descritas, así como aquellas que ha sido necesario reubicar, con la correspondiente justificación. Por último, se incluye también una propuesta de mejoras para las próximas campañas.

Etapas 2. Generación de nuevos ficheros a partir de la información de campo

Con la información de campo ya organizada se elaboran dos nuevos archivos:

- Un shape con las calicatas finalmente abiertas en campo, vinculadas a los “puntos duda” inicialmente planificados. En este archivo también se identifican los autores de la descripción de la calicata.

- Un shape con la ubicación de los puntos en los que se han realizado ensayos de infiltración, indicando el código de la calicata a la que se vinculan.

Etapas. Exportación de la información para su visualización

Una vez organizada la información recopilada en campo y ya con los datos completos del bloque muestreado, se realiza un extracto y transformación de dicha información para que pueda ser visualizada a través de un visor web diseñado para tal efecto. Mediante este visor se tiene acceso a las fotografías tomadas en campo y a la información de las fichas generadas.

Etapas. Interpretación del área de estudio

Basándose en las observaciones del entorno geomorfológico y las características edáficas del área estudiada, el grupo de técnicos de CC que ha asistido a la campaña de campo redacta un informe en el que se resumen las características más destacables de los suelos, propiedades diagnósticas más frecuentemente identificadas, materiales geológicos a los que se asocian, etc.

Etapas. Incorporación de los resultados analíticos de los laboratorios

Paralelamente a las etapas anteriores, los laboratorios empiezan a generar resultados analíticos y el equipo de edafólogos al completo participa en los trabajos de gabinete, con las siguientes tareas:

- Revisión de los resultados analíticos de los laboratorios comparándolos con los valores esperados y revisión de errores o incoherencias en los resultados. Una vez revisados los resultados analíticos se ingresan en la Geodatabase SDE.
- Interpretación de los informes de laboratorio junto con los datos obtenidos en campo y cumplimentación, bajo el criterio del edafólogo, de las variables que caracterizan cada perfil y cada unidad edáfica, atendiendo al catálogo de objetos vigente en este Proyecto. La cumplimentación de las variables que no requieren interpretación por parte del técnico se automatizan para agilizar su labor (cálculos automáticos como suma de bases, claras incoherencias entre variables relacionadas, etc.).
- Clasificación definitiva del perfil atendiendo a sus variables características utilizando las claves del *Soil Taxonomy* de 2006 y 2010. Todas las variables necesarias para la clasificación, tanto derivadas de campo, del análisis del paisaje, y resultados de laboratorio, se visualizan conjuntamente para ser evaluadas y llegar a la clasificación definitiva del perfil de suelo a nivel de Subgrupo. Esta es la clasificación que caracteriza a la unidad edáfica y se debe comparar con las descripciones y clasificaciones de calicatas próximas. Esta revisión la realiza el mismo edafólogo que participó en la descripción de la calicata en campo. El equipo de CC realizará el control de calidad de las clasificaciones definitivas para su validación.

5.1.2 Caracterización de las unidades edáficas

Una vez que se dispone de toda la información de los perfiles descritos, cada una de estas calicatas se utiliza para caracterizar las unidades edáficas que fueron diferenciadas en la fase de precampo.

Cuando la unidad edáfica contiene calicata, la asignación de la información edáfica es directa. Pero existen situaciones diversas en las cuales no se posee información directa de campo, entonces se procede a la asignación de la información con calicatas de otras unidades edáficas similares, aplicando criterios de similitud.

Todo este proceso de asignación de información a las unidades edáficas se realiza por hoja 50M en Zonas de semidetalle y por bloque en Zonas de reconocimiento.

5.1.2.1 Asignaciones directas

En este Proyecto se aplica un enfoque geopedológico, por lo que, con carácter general, se realiza al menos una calicata en cada una de las unidades edáficas definidas en la fase de precampo. Esta calicata se emplea para caracterizar dicha unidad. Se trata de la situación más frecuente y la más sencilla de gestionar, aunque pueden darse diferentes circunstancias que se comentan a continuación.

- El caso más sencillo es, por tanto, cuando sólo se ha descrito una calicata en la unidad edáfica, constituida ésta por un único polígono o por varios. La asignación se realiza entonces de forma directa, transfiriendo la información de la calicata a la totalidad de los polígonos que constituyen dicha unidad edáfica.
- Otra opción posible es que en una misma unidad edáfica se haya realizado más de una calicata, debido a problemas de reubicación de calicatas no accesibles o porque se trate de polígonos muy extensos. En estos casos, con carácter general y tras hacer un análisis del entorno edáfico, se selecciona la calicata que sea más representativa, dejando el resto como “calicatas secundarias”, que permiten representar la variabilidad edáfica de esa unidad. En los casos en los que una sola calicata no recoja la variabilidad de la unidad edáfica y el entorno edáfico así lo requiera, se utiliza más de una calicata para asignar diferentes geoformas de una misma unidad edáfica.
- Debido a que en este Proyecto todo el trabajo de caracterización de las unidades edáficas se realiza por hojas 50M, es lógico que se dé la situación de que alguno de los polígonos que constituyen la unidad aparezca representado entre dos hojas adyacentes. Obviamente este polígono tiene que estar caracterizado en su totalidad por una sola calicata, que es aquella que se asigna de forma directa a la unidad edáfica a la que pertenece, y que no puede aparecer cortado por la división entre hojas. Como consecuencia, se da la circunstancia de que un polígono de una hoja puede estar caracterizado por una calicata localizada en la hoja adyacente.

5.1.2.2 Asignaciones en unidades edáficas sin información directa

Tal y como se viene comentando, en campo se caracterizan todas las unidades edáficas con una calicata. Sin embargo, en ciertos casos esto no es posible por problemas de accesibilidad o por falta de permisos. Aunque este número es minimizado en cada intervención en campo, subsisten unidades edáficas, generalmente únicas y de tamaño menor, que deben adquirir datos de las unidades más similares en el entorno edáfico.

Para poder realizar estas asignaciones se establecen una serie de criterios, claros y homogéneos, con el fin de caracterizar aquellas unidades edáficas que carecen de información de suelos, diferenciando entre Zonas de semidetalle y Zonas de reconocimiento.

En cualquier caso, la premisa es realizar un análisis del entorno edáfico, criterio fundamental y de partida, y seleccionar la mejor opción posible. Se prioriza siempre el criterio de proximidad y se analiza también la información secundaria para sustentar y mejorar la decisión tomada.

En la asignación de suelo se tiene en cuenta la cartografía de referencia de PRONAREG-ORSTOM, principalmente, porque al completar las zonas sin información, el entorno edáfico debe guardar coherencia.

En las memorias, salidas gráficas y en la base de datos, se identifican las unidades que han sido asignadas con una calicata no perteneciente a su unidad edáfica.

Criterios de asignación en Zonas de semidetalle

- Unidad edáfica con todos los factores iguales situadas en Zonas de reconocimiento, primero dentro de la misma hoja, después en las ocho adyacentes.

- Unidad edáfica que se diferencia únicamente en su RHS údico y perúdico, con entorno edáfico similar. En el caso de los Hydrudands y grupos Hydric las asignaciones se hacen analizando cuidadosamente el entorno, tomando como base la información secundaria.
- Unidad edáfica con un grado de pendiente menor o mayor, siempre inmediatos, y resto de factores idénticos. Se priorizan unidades edáficas con un grado de pendiente menor.
- Unidad edáfica con todos los factores iguales en las ocho hojas circundantes, buscando siempre las más cercanas. En zonas de borde de carta este criterio será utilizado en orden 3.
- Unidad edáfica con geoforma similar en su génesis y dinámica, con el resto de factores idénticos (a determinarse según las características del entorno edáfico).
- Unidad edáfica con recubrimiento de cenizas volcánicas, con el resto de factores idénticos (dentro de un mismo contexto morfológico), siempre y cuando se indique una misma procedencia.
- Unidad edáfica con distinto RTS (un solo grado) y que estén en el límite entre dos regímenes (siempre entre dos regímenes consecutivos, sin saltos) teniendo en cuenta la coherencia con el entorno edáfico.
- Unidad edáfica con todos los factores idénticos (dominio fisiográfico, contexto morfológico, geoforma, rango de pendiente permitido, litología, RTS, RHS) localizada en hojas distantes, considerando que no distorsione el entorno edáfico de la zona.
- Unidad edáfica con igual dominio fisiográfico, distinto contexto morfológico y resto de factores idénticos, con lógica de similitud, considerando que no distorsione el entorno edáfico de la zona. No se aplica a geoformas de origen aluvial.

Para las unidades que después de la aplicación de estos criterios aún no hayan recibido asignación, se toma la mejor decisión basada en el análisis del entorno edáfico.

Criterios de asignación en Zonas de reconocimiento

- Misma unidad edáfica muestreada en semidetalle dentro de la misma carta.
- Misma unidad edáfica muestreada en semidetalle existente en las ocho cartas circundantes.
- Unidad edáfica que se diferencia únicamente en su RHS údico y perúdico, con entorno edáfico similar. En el caso de los Hydrudands y grupos Hydric las asignaciones se hacen analizando cuidadosamente el entorno, tomando como base la información secundaria.
- Unidad edáfica con un grado de pendiente menor o mayor siempre inmediatos y resto de factores idénticos. Se priorizan las unidades edáficas con un grado de pendiente menor.
- Unidad edáfica con igual dominio fisiográfico, distinto contexto morfológico y resto de factores idénticos, considerando que no distorsione el entorno edáfico de la zona dentro de una misma carta y que responda en coherencia a la información del PRONAREG.
- Unidad edáfica con geoforma similar en su génesis y dinámica, con el resto de factores idénticos (a determinarse según las características del entorno edáfico).
- Unidad edáfica con distinto RTS y que esté en el límite entre dos regímenes, teniendo en cuenta el entorno edáfico. No se agrupan regímenes que no sean contiguos. Además, se tiene en cuenta la clasificación taxonómica en cada uno de los RTS.

Las unidades que no hayan podido ser asignadas con estos criterios, deben adquirir la información de la cartografía secundaria de insumo de PRONAREG-ORSTOM.

El caso de las Zonas de reconocimiento por pendiente (>70%) se trata de manera diferente:

- Con la calicata de una unidad edáfica idéntica en todos los factores excepto en la pendiente y que la misma sea de un grado menor: 40-70%.
- Para las unidades edáficas con pendiente mayor a 100% se sigue el mismo criterio, pero considerando, además, el entorno edáfico con más detalle.

5.2 GESTIÓN DE LOS DATOS ANALÍTICOS DE LOS LABORATORIOS

5.2.1 Preparación de las muestras de suelo

Las muestras enviadas desde campo llegan al laboratorio correspondiente junto con sus manifiestos, generados en la Tablet PC, en los que se indican los códigos de cada una de las muestras y el tipo de análisis que se solicita. En una copia de estos manifiestos el laboratorio certifica la recepción de las muestras. La persona encargada del CC en laboratorios, ingeniero agrónomo con experiencia en procesos de análisis de suelos en laboratorio, junto con uno o dos ayudantes, realiza la entrega y control de estas muestras.

Comienza entonces la fase de laboratorio, con la preparación de la muestra, consistente en:

- Secado en estufa: se secan a 40°C durante dos días
- Molienda
- Tamizado: se realiza con un tamiz de 2 mm de luz, que separa la fracción gruesa de la muestra de la tierra fina. La totalidad de los análisis solicitados se lleva a cabo sobre esta fracción fina.

5.2.2 Análisis de muestras en el laboratorio

El listado de parámetros que se analizan en cada una de las muestras viene indicado, tal y como ya se ha comentado, en el manifiesto de laboratorio entregado junto con las muestras de suelos. Así, dependiendo del tipo de horizonte, el edafólogo asigna un tipo de análisis conforme a las necesidades para clasificación. Los diferentes tipos de análisis se pueden consultar en la Tabla 5.1.

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 5.1. Diferentes tipos de análisis que pueden realizarse en los laboratorios

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	meq/100 g de suelo
	Calcio disponible	Olsen pH 8.5	meq/100 g de suelo
	Magnesio disponible	Olsen pH 8.5	meq/100 g de suelo
	Materia Orgánica	Walkley-Black	%
	Suma de Bases	Acetato de Amonio a pH 7	meq/100 g de suelo
	Saturación de bases	Cálculo	%
	NaClC	Acetato de Amonio a pH 7	meq/100 g de suelo
	KClC	Acetato de Amonio a pH 7	meq/100 g de suelo
	CaClC	Acetato de Amonio a pH 7	meq/100 g de suelo
	MgClC	Acetato de Amonio a pH 7	meq/100 g de suelo
	CIC	Acetato de Amonio a pH 7	meq/100 g de suelo
	Textura % arcilla	Bouyoucus (Hidrómetro)	%
	Textura % limo	Bouyoucus (Hidrómetro)	%
	Textura % arena	Bouyoucus (Hidrómetro)	%

Tipo de Análisis en el laboratorio	Parámetros	Método	Unidad de reporte
	Clase textural	Cálculo	Nombre
	Conductividad eléctrica	Conductimétrico en agua (1:2.5)	dS/m
	Acidez libre**	Volumetrico (titulación)	meq/100 g de suelo
	Aluminio intercambiable***	Volumetrico (titulación)	meq/100 g de suelo
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	meq/100 g de suelo
	Calcio disponible	Olsen pH 8.5	meq/100 g de suelo
	Magnesio disponible	Olsen pH 8.5	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
Tipo S* * Se realizará cuando en muestras tipo A (o B): - CE 1:2.5 sea mayor a 1.0 dS/m	pH	Potenciométrico en extracto pasta saturada	pH
	Conductividad eléctrica	Conductimétrico en extracto pasta saturada	dS/m
	Cationes: Sodio	Extracto de Pasta Saturada	meq/l
	Cationes: Potasio	Extracto de Pasta Saturada	meq/l
	Cationes: Calcio	Extracto de Pasta Saturada	meq/l
	Cationes: Magnesio	Extracto de Pasta Saturada	meq/l
	Aniones: Carbonatos	Extracto de Pasta Saturada	meq/l
	Aniones: Bicarbonatos	Extracto de Pasta Saturada	meq/l
	Aniones: Sulfatos	Extracto de Pasta Saturada	meq/l
	Aniones: Cloruros	Extracto de Pasta Saturada	meq/l
	PSI	Cálculo	%
	RAS	Cálculo	%
Tipo C	Carbonatos totales	titulación	%
Tipo F1	Densidad aparente	Estufa/volumen cilindro	g/cm3
Tipo F2	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 Ox	pH para Oxisoles	Potenciométrico en KCl 1N (1:2.5)	pH
Tipo P Retención de fosfato	Equilibrio con 1000 mg/kg de solución de fósforo	Olsen	%

** Se realiza cuando el pH < 5,5

*** Se realiza cuando el pH < 4,5

Los laboratorios reportan progresivamente los resultados que van obteniendo, datos que se gestionan y controlan a través de la bases de datos (consultar Anexo 3. Estructura de la base de datos). La calidad de los resultados analíticos es controlada tanto por los propios laboratorios, antes de la entrega, como por el equipo técnico del CTN, como parte del proceso de control de calidad que se realiza en el Proyecto (explicado con mayor detalle en el epígrafe 7).

Las muestras que se van recibiendo permiten la creación de una biblioteca de suelos, en continuo estado de ampliación y actualización, en la que se almacena una parte de la muestra en envases de plástico etiquetados adecuadamente con el número de perfil y su ubicación.

5.2.3 Metodologías de análisis de laboratorio

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.

A continuación se resumen las metodologías empleadas:

pH

Se determina el pH del suelo con un electrodo de pH en una solución 1:2,5 en masa (1 parte de suelo en 2,5 de agua)(Chapman y Pratt, 1961).

N amoniacal

Se determina por el método Olsen, que consiste en una extracción con NaHCO_3 0,5 M a pH 8,5, para posteriormente determinarlo por espectrofotometría ICP-OES (espectrometría de emisión óptica por plasma de acoplamiento inductivo).

P, K, Ca y Mg disponible

Se determinan por el método Olsen, que consiste en una extracción con NaHCO_3 0,5 M a pH 8,5, para posteriormente determinarlo por espectrofotometría.

Materia orgánica

Determinada por el método de Walkey y Black (1934). Consiste en una oxidación química del carbono orgánico con dicromato en combinación con ácido sulfúrico, seguida de la medida del consumo de oxidante requerido.

Cationes de cambio (Ca, Mg, Na, K)

Para su determinación se hace una extracción previa de los cationes con una solución neutra 1 N de acetato amónico (Schollenberger y Simons, 1945). En este extracto se determinan las bases por espectrofotometría.

Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC)

Su determinación se basa en la saturación del suelo con acetato amónico 1N tamponado a pH 7. Se lava el exceso con etanol y se determina el amonio retenido (el adsorbido en el complejo de cambio) por destilación (Kjeldahl, 1883), desplazándolo con una solución de cloruro sódico.

La solución inicial que ha percolado con acetato amónico en el primer paso es la misma en la que se determinan los cationes (Na, K, Ca, Mg).

Suma de bases y saturación

La primera resulta de la suma de los cationes Ca, Mg, Na, K. La segunda es el resultado de dividir esta suma entre la CIC.

Como concepto teórico, la saturación en bases no debería ser superior al 100%, pero en los datos reportados por los laboratorios sí aparecen este tipo de valores. Estas situaciones simplemente indican que el complejo de cambio está saturado en bases y que en la extracción con acetato amónico se han arrastrado cationes al percolar a través del suelo, ya que el acetato amónico disuelve los carbonatos y los yesos (Porta et al., 1999; Carter y Gregorich, 2007). Citando a estos mismos autores, Henderson et al., (1999) en Carter y Gregorich (2007):

los "errores debidos a la disolución de carbonato de calcio y yeso resultaran en un exceso de Ca^{2+} extractado con NH^+ y un decrecimiento en el contenido de NH_4^+ retenido debido a la competencia entre Ca^{2+} y NH_4^+ durante la equilibración en el paso de saturación. En suelos conteniendo estos minerales, el Ca intercambiable será demasiado alto y la CIC total demasiado baja (...)".

Se interpreta, por lo tanto, que si las bases pueden ser sobreestimadas y la CIC subestimada, el cálculo de la saturación de bases resultará en un valor demasiado alto. Sin embargo, esto no quiere decir que la determinación sea incorrecta o errónea, sino que, por las características del método utilizado, los valores están sujetos a desviaciones.

Textura

El análisis granulométrico se realiza por el método de medición indirecta con densímetro de Bouyoucos. El fundamento de este método es el fenómeno físico descrito en la ley de Stokes, que relaciona el radio de la partícula con su velocidad de sedimentación, dentro de un determinado fluido.

El método se basa en la utilización de un hidrómetro o densímetro en una suspensión de tierra fina en agua destilada, previamente dispersada con ayuda de hexametáfosfato sódico, donde se van haciendo lecturas a intervalos de tiempo. La pérdida de densidad según van depositándose las partículas de mayor tamaño permite la determinación de los porcentajes de arena, limo y arcilla.

En este Proyecto se utiliza el método de Bouyoucos modificado (Bouyoucos, 1962).

Clase textural

Obtenida a partir del diagrama textural USDA.

Conductividad eléctrica

Se determina con un conductímetro a partir de una solución 1:2,5 de suelo en agua (Bower y Wilcox, 1965).

Acidez libre

Se debe obtener cuando el pH (1:2,5) sea menor de 5,5. Se determina por titulación.

Aluminio intercambiable

Se debe obtener cuando el pH (1:2,5) sea menor de 5,5. Se determina por titulación del aluminio intercambiable extraído con KCl 1N.

Salinidad

Cuando en muestras tipo A o tipo B la conductividad eléctrica de una solución de suelo en agua (1:2,5) es mayor de 1,0 dS/m, se realiza un extracto de pasta saturada y en él se determina la conductividad, el pH, los cationes (Ca, Mg, K, Na) y aniones (cloruros, sulfatos, carbonatos y bicarbonatos). Se calcula también la relación de absorción de sodio (RAS) y el porcentaje de sodio intercambiable (PSI).

Carbonatos totales

Se miden por titulación ácido-base (Guitián y Carballas, 1976). Se debe requerir este tipo de análisis siempre que se detecte que hay reacción al HCl en algún horizonte.

Densidad aparente

Su determinación se realiza en los suelos susceptibles de ser clasificados como Andisoles o en subgrupos Andic. Se mide pesando una muestra de suelo seca tomada con un cilindro de volumen conocido y calculando entonces la densidad aparente (FAO, 2009).

Retención de agua

Se utiliza para determinar características hídricas en Andisoles. Se mide el agua retenida por gravimetría al potencial de 33 kPa (capacidad de campo) y 1500 kPa (punto de marchitez permanente) mediante la utilización de ollas de presión y placas de porcelana (Guitián y Carballas, 1976).

pH en Oxisoles

Para la correcta clasificación de algunos grandes grupos del orden Oxisoles se necesita este parámetro, que consiste en la medición del pH de una solución de suelo en KCl 1 N en relación 1:2,5.

P retenido

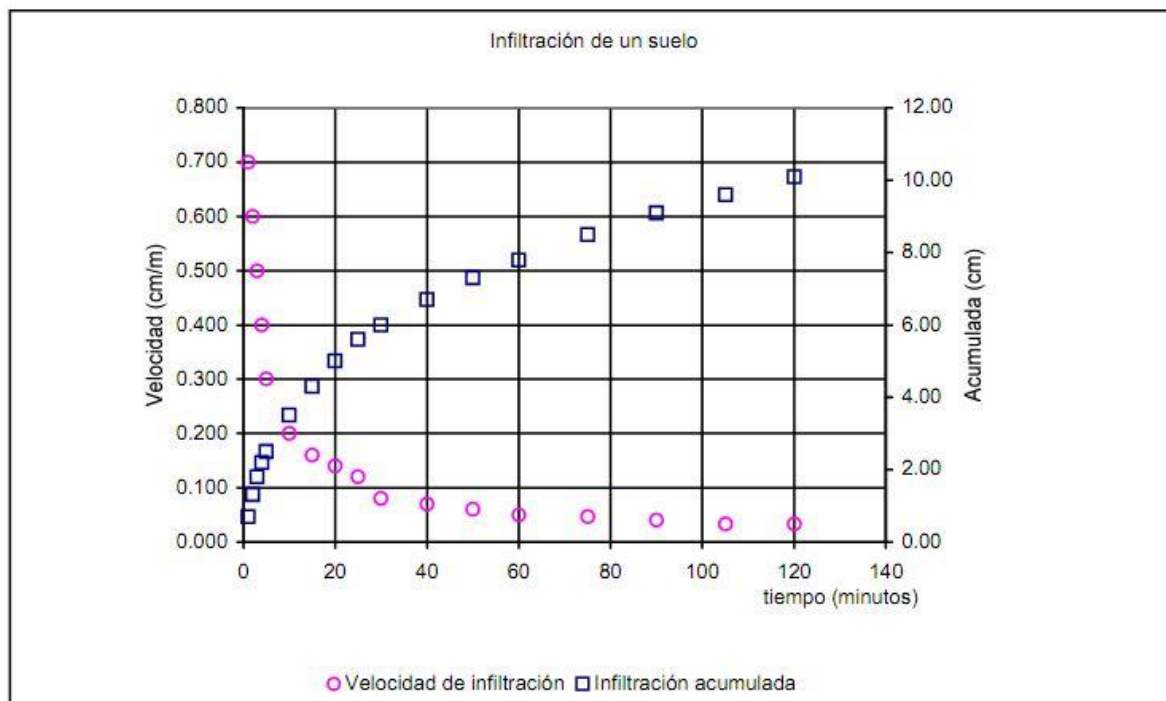
Se determina por espectrofotometría el P Olsen retenido por el suelo después de dejarlo 24 h en contacto con una solución de fósforo de 1.000 mg kg⁻¹ (Olsen et al., 1954).

5.3 GESTIÓN DE LOS DATOS DE VELOCIDAD DE INFILTRACIÓN

5.3.1 Infiltrómetro de doble anillo

Con los datos obtenidos en campo se evalúa la infiltración de los suelos estudiados. Los parámetros disponibles son el intervalo de tiempo transcurrido entre lecturas, la altura de agua que infiltra en ese intervalo, la infiltración acumulada y, finalmente, se calcula la velocidad de infiltración a partir de la lámina de agua infiltrada por unidad de tiempo.

La altura de agua que se ha infiltrado desde el comienzo del riego (infiltración acumulada) siempre aumentará, variando solamente la pendiente de la curva de infiltración. Estos valores se pueden representar de forma gráfica como se observa en la Ilustración 5.1.



Elaboración: Modificado de Kutilek y Nielsen, 1994. Soil Hidrology.

Ilustración 5.1. Representación de la curva de infiltración e infiltración acumulada de un suelo en función del tiempo

5.3.2 Infiltrómetro de minidisco

Con los datos obtenidos en campo se procede a calcular la velocidad de infiltración. Existen diferentes métodos para determinar la conductividad hidráulica del suelo no saturada, pero se propone el método desarrollado por Zhang (1997), debido a su simplicidad.

Este método requiere la medición de la infiltración acumulada en función del tiempo y utiliza los parámetros de Van Genuchten para 12 tipos de textura de suelo (calculados por Carsel y Parrish, 1988), teniendo en cuenta el tamaño del disco y la succión.

5.3.3 Correlación de datos

El proceso se inicia con la organización de toda la información recopilada en campo en hojas de cálculo. Es importante recalcar que para tener un cálculo definitivo se espera el ingreso de los resultados de laboratorio sobre la textura del suelo; estas hojas de cálculo se almacenan por lotes.

Posteriormente se prepara una carpeta de información, que contiene las subcarpetas por cada prueba de infiltración. Estas carpetas llevan la ficha de doble anillo con su respectiva ficha de

minidisco y dos fotografías. Además, se debe adjuntar una tabla resumen donde se coloca la información de doble anillo frente a la del minidisco por bloque.

Una vez que se cuenta con toda esta información se realiza el análisis estadístico, con el software Statgraphics Centurion XVI, Versión 16.1.03. Se lleva a cabo una comparación de modelos entre las dos metodologías de medida de la velocidad de infiltración mediante el módulo SnapsStats, de forma que cuando intervienen dos o más niveles de un factor categórico, clases texturales en el presente estudio, pueden obtenerse modelos de regresión relacionados con las variables de interés para cada clase y analizar su contribución al modelo general. En este caso se recurre al procedimiento de “comparación de líneas de regresión”.

El estudio se establece siguiendo los pasos que se listan a continuación:

- Recopilación de la información: Se utilizan datos de infiltración de doble anillo y minidisco, de los cuales se eliminan datos atípicos (*outlier*).

Variables identificadas:

- Ida: datos de infiltración obtenidos por el método del doble anillo
- lmd: datos de infiltración obtenidos por el método del minidisco
- C_text: Clases texturales
- Se determinan los puntos de influencia (*outlier*), en dependencia del análisis pueden ser excluidos. Los puntos de influencia son valores atípicos (las estadísticas derivadas de los conjuntos de datos que incluyen valores atípicos son frecuentemente engañosas), luego se determina la linealidad, normalidad, homoscedasticidad e independencia de las poblaciones resultantes.
- Se determina la ecuación de regresión interpretativa, para estimar los valores de la infiltración bajo el método de doble anillo, basándose en los valores del método del minidisco. Se utiliza de igual manera el procedimiento de comparación de rectas.
- Con el fin de obtener una información más robusta, se establecen las regresiones respectivas dentro de cada clase textural.
- A partir de un análisis de varianza de la regresión por grupos texturales, se determina si todos ellos tienen la misma pendiente o si se manifiesta una diferente; además, se determina si la regresión para cada grupo es significativa.
- Interpretación de los incrementos de la infiltración dentro de la ecuación de regresión de cada grupo textural.
- Si los coeficientes de determinación son similares en cada grupo o clase textural, y el análisis de varianza para la regresión es altamente significativo o si manifiestan similar pendiente, la ecuación de regresión interpretativa es catalogada como muy funcional.

Con los resultados del análisis estadístico se genera un cuadro final, denominado “Cálculo de la velocidad de infiltración del método de Doble anillo vs Minidisco”; a partir del cual se elabora un informe estadístico de las pruebas de infiltración y una memoria técnica.

6 ELABORACIÓN DEL MAPA GEOPEDOLÓGICO

6.1 GENERACIÓN DE LA CARTOGRAFÍA DIGITAL

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 26 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* (SSS-USDA, 2006 y 2010).
- 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 (identificado a través del campo numérico único "OrigOID") las variables vinculadas a ella.
- La herramienta implementada en ArcGIS que se ha creado en este Proyecto para unir estas dos tablas genera un archivo de errores y alarmas, que permite comprobar y controlar las posibles incoherencias en la generación de la cartografía.
- De manera similar se crea otra tabla, UNIDAD_EDAFICA_SEC, en la que se resume la información de las calicatas que han quedado definidas como secundarias y que, por tanto, sirven para informar sobre la variabilidad de la unidad edáfica, aunque no la caractericen directamente. Para estas calicatas secundarias se vinculan también las 26 variables, incluida la clasificación definitiva del suelo a nivel Subgrupo según la *Soil Taxonomy*. Para elaborar esta tabla se parte de una lista en la que cada calicata secundaria se relaciona con su correspondiente calicata principal.
- Se incorporan los datos de velocidad de infiltración a la tabla UNIDAD_EDAFICA_CUT, para las calicatas de las que se disponga de esta información. De igual forma, la información de la velocidad de infiltración se incorpora a la tabla de las calicatas secundarias.
- Una nueva herramienta creada para este Proyecto, implementada en ArcGIS, permite realizar el cálculo de la capacidad de uso de las tierras e incorporar los resultados a esta misma tabla, UNIDAD_EDAFICA_CUT. Para ello se utiliza la información disponible en la propia tabla y se recurre, para ciertos datos como la pendiente y los regímenes de humedad y temperatura, a los valores contenidos en los polígonos de la Geodatabase SDE, realizándose la vinculación gracias al identificador único de cada polígono del campo "OrigOID". Respecto a las calicatas secundarias, debido a que su información no se refleja

directamente en la representación cartográfica, sino que únicamente se describe en las memorias, no se realiza para ellas el cálculo de la capacidad de uso de las tierras.

- Finalmente, se genera la cartografía digital, en forma de Geodatabase por hojas 50M. Cada una de ellas contiene todas las tablas de dominios, las tablas con la información asociada a las calicatas, la representación cartográfica de las unidades edáficas de la hoja (*Featureclass* geopedológico) con la información de las 26 variables asociadas, otro *Featureclass* con las calicatas abiertas en la hoja, unas vistas que permiten ver la información resumida y una carpeta que incluye todas las fotografías asociadas a los perfiles descritos.
- 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 rellenados 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” (los eriales y las geoformas excluidas), “No aplicable” (las masas de agua) o “Suelo alterado, zona urbana”. 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”.

6.2 INTERPRETACIÓN DE LAS VARIABLES QUE INFORMAN EL MAPA GEOPEDOLÓGICO

Se describen a continuación las variables seleccionadas.

6.2.1 Perfil (cft)

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 la siguiente forma:

Proyecto (C)+Temática (S)	Carta	Personal	Ordinal
CSp(Suelos – Perfil)	NVI_B3	97	0001

Un ejemplo de código de perfil es: CSp-NVI_B3-97-0001

6.2.2 Clave taxonómica (sgt simb)

Este campo contiene la clave taxonómica de la *SoilTaxonomy* (SSS-USDA, 2006), que para el nivel de Subgrupo se registra como 4 dígitos en letras mayúsculas.

Tabla 6.1. Ejemplo de tabla para selección de subgrupos taxonómicos y códigos

Id_subgrupo	cod_subgrupo	des_subgrupo
0	-	No aplica
80	DHBA	AquicDurudands
81	DHBB	EutricDurudands
82	DHBC	AcrudoxicDurudands
83	DHBD	HydricDurudands
84	DHBE	PachicDurudands
85	DHBF	TypicDurudands
86	DHEA	EutricLithicFulvudands
87	DHEB	LithicFulvudands
88	DHEC	AquicFulvudands
89	DHED	OxyaquicFulvudands
90	DHEE	HydricFulvudands

Id_subgrupo	cod_subgrupo	des_subgrupo
91	DHEF	AcraquoxicFulvudands
92	DHEG	UlticFulvudands
93	DHEH	EutricPachicFulvudands
94	DHEI	PachicFulvudands
95	DHEJ	ThapticFulvudands
96	DHEK	TypicFulvudands
97	DHFA	LithicHapludands
98	DHFB	AnthraquicHapludands
99	DHFC	AquicDuricHapludands
100	DHFD	DuricHapludands

6.2.3 Clasificación a nivel de subgrupo (sgt etiq)

En este campo consta la clasificación a nivel de Subgrupo de acuerdo a la *Soil Taxonomy* (SSS-USDA, 2006).

6.2.4 Clave taxonómica (s10 simb)

Este campo contiene la clave taxonómica de la *Soil Taxonomy* (SSS-USDA, 2010), que para el nivel de Subgrupo se registra como 4 dígitos en letras mayúsculas.

6.2.5 Clasificación a nivel de subgrupo (s10 etiq)

En este campo consta la clasificación a nivel de Subgrupo de acuerdo a la *Soil Taxonomy* (SSS-USDA, 2010).

6.2.6 Textura superficial (tsu)

La textura superficial corresponde a la 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, tomando el valor de la textura del primer horizonte que tenga un espesor mayor o igual a 10 cm.

Tabla 6.2. Clases y subclases texturales de los suelos (textura superficial y a profundidad)

Etiqueta	Símbolo FAO	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.
Areno francoso	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.

Etiqueta	Símbolo FAO	Descripción
Sin suelo	Sin	Roca, Afloramientos rocosos.
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. *Guía para la Descripción de Suelos*.

6.2.7 Textura a profundidad (tpr)

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.

6.2.8 Drenaje natural (dna)

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).

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) (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 y que se anota en la ficha de descripción de perfiles.

Tabla 6.3. 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.
Sin suelo	Sin	Roca, Afloramientos rocosos

Etiqueta	Símbolo	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: Porta y López-Acevedo, 2005. *Agenda de Campo*.

MAG y MIRENEM, 1995. *Metodologías para la Determinación de la Capacidad de Uso de las Tierras de Costa Rica*.

6.2.9 Profundidad efectiva (pef)

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 -duripan-, 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 6.4. 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.
Sin suelo	Sin	Roca, Afloramientos rocosos
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.

Adaptado de: MAGAP-PRAT, 2008. *Metodología de Valoración de Tierras*.

UMACPA (Unidad de Manejo de la Cuenca del río Paute), 1985. *Manejo de la cuenca del río Paute*.

6.2.10 Pedregosidad (ped)

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

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.

Tabla 6.5. Categorías de pedregosidad de los suelos

Etiqueta	Símbolo	Descripción
Sin	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).

Etiqueta	Símbolo	Descripción
Frecuentes	F	26 a 50 % de fragmentos gruesos, existe dificultad para el laboreo, es posible la producción de pasto.
Abundantes	A	51 a 75 % de fragmentos gruesos, no es posible el uso de maquinaria agrícola.
Pedregoso o 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. *Guía para la Descripción de Suelos*.

Porta y López-Acevedo. 2005. *Agenda de Campo*.

6.2.11 Afloramiento rocoso (ar)

La exposición de la roca madre puede limitar el uso de equipamiento moderno de mecanización agrícola (FAO, 2009).

Este campo se rellena a partir del registro realizado en la ficha de descripción de perfiles en el campo referente a la cobertura de afloramiento rocoso.

Tabla 6.6. Categorías de los afloramientos rocosos de los suelos

Etiqueta	Símbolo	Descripción
Sin	S	Sin afloramientos rocosos: no hay interferencia con el laboreo.
Muy Pocas	MP	Menor a 10 % ligeramente rocoso: interferencia con el laboreo, es posible el cultivo de plantas de escarda.
Poca	P	10 a 25 % moderadamente rocoso: laboreo dificultado, es posible la producción de heno y pastos mejorados.
Frecuente	F	26 a 50 % muy rocoso: impracticable el uso de maquinaria agrícola pesada, sólo se puede utilizar máquinas livianas y herramientas manuales.
Abundantes	A	51 a 75 % excesivamente rocoso: no se puede utilizar maquinaria.
Pedregoso o Rocosos	R	Mayor a 75 % extraordinariamente rocoso.

Adaptado de: FAO, 2009. *Guía para la Descripción de Suelos*.

Porta y López-Acevedo. 2005. *Agenda de Campo*.

6.2.12 Elementos gruesos (eg)

Los elementos gruesos son fragmentos de roca o de mineral de diámetro aparente superior a 2 mm. Se pueden hallar distribuidos en todo el perfil o concentrados en algún horizonte (Porta y López-Acevedo, 2005).

La presencia de fragmentos rocosos influye en el estado de los nutrientes del suelo, el movimiento del agua, uso y manejo del suelo. También refleja el origen y estado de desarrollo del suelo (FAO, 2009).

Este campo se rellena a partir del registro realizado en la ficha de descripción de perfiles en el campo referente a Fragmentos gruesos/Abundancia del primer horizonte.

Tabla 6.7. Categorías de los elementos gruesos de los suelos

Etiqueta	Símbolo	Descripción
Ninguno	N	No posee elementos gruesos
Muy pocos	V	0 a 2 % de elementos gruesos, no interfieren con el laboreo
Pocos	F	3 a 5 % de elementos gruesos, no interfieren con el laboreo
Común	C	6 a 15 % de elementos gruesos, ligera interferencia con el laboreo
Muchos	M	16 a 40 % de elementos gruesos, existe interferencia con el laboreo
Abundante	A	41 a 80 % de elementos gruesos, fuerte interferencia con el laboreo

Etiqueta	Símbolo	Descripción
Dominante	D	Mayor a 80 % de elementos gruesos, no es posible el uso de maquinaria agrícola
Línea rocosa	S	No es posible el uso de maquinaria agrícola

Adaptado de: FAO, 2009. *Guía para la Descripción de Suelos*.

Porta y López-Acevedo, 2005. *Agenda de Campo*.

6.2.13 Toxicidad (Tox)

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 6.8 y en las tablas Tabla 6.9 y Tabla 6.10.

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

Tabla 6.8. Categorías de toxicidad de los suelos

Etiqueta	Símbolo	Rango	Descripción
Sin o nula	S	0 meq Ca/100 ml p pH mayores a 5,50	Ausencia de acidez de aluminio e hidrógeno intercambiable aplicable tanto para la Costa como para la Sierra. Ausencia de carbonatos, sin reacción al HCl
Ligera (ac ¹)	La	< 0,50 meq/100ml	Ligera acidez de aluminio e hidrógeno intercambiable aplicable tanto para la Costa como para la Sierra.
Media (ac)	Ma	0,50 - 1,5 meq/100ml	Media acidez de aluminio e hidrógeno intercambiable aplicable tanto para la Costa como para la Sierra.
Alta (ac)	Aa	> 1,5 meq/100ml	Alta acidez de aluminio e hidrógeno intercambiable aplicable tanto para la Costa como para la Sierra.
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.
Sin suelo	Sin		Afloramientos Rocosos, áreas con fuertes procesos erosivos.
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. *Guía para la Descripción de Suelos*.

INIAP, 2009. *Niveles para la interpretación de análisis de suelos. (Hoja de interpretación oficial)*.

¹ac= Acidez.

²car= Carbonatos.

Tabla 6.9. Niveles de toxicidad del suelo (acidez)

NIVEL DE TOXICIDAD	Aluminio e Hidrógeno Intercambiable(meq/100 ml)	Aluminio Intercambiable (meq/100 ml)
Sin o nula	0	0
Ligera	< 0,5	< 0,3
Media	0,5 a 1,0	0,3 a 1,0
Alta	> 1,5	> 1,0

Fuente: INIAP, 2009. Niveles para la interpretación de análisis de suelos. (Hoja de interpretación oficial)

Tabla 6.10. Niveles de toxicidad del suelo (carbonatos) en la matriz del suelo

NIVEL DE TOXICIDAD	Reacción al HCl	% de Carbonatos (CaCO ₃)
Sin o nula	Ninguna burbuja se forma	0
Ligera	Numerosas o pocas burbujas se forman	1- 10
Media	Burbujas con espuma baja	11- 25
Alta	Burbujas con espuma alta	> 25

Fuente: FAO, 2009. Guía para la Descripción de Suelos.

6.2.14 Potencial hidrógeno (pH)

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 y Troeh, 1988; Porta et al., 2008).

El dato de pH superficial que se registra en el campo de las variables del Mapa Geopedológico, parte del dato del laboratorio del horizonte o capa superficial previamente categorizado según los rangos de la Tabla 6.11. Se toma el dato del primer horizonte y/o capa que tenga un espesor mayor a los 15 cm, dentro de los primeros 50 cm de profundidad.

Tabla 6.11. Rangos de pH de los suelos

Etiqueta	Símbolo	Descripción
Muy ácido	Mac	0,0 a < 5,0: Condiciones desfavorables para los cultivos; posible toxicidad de Al y Mn; deficiencia de cationes divalentes intercambiables
Ácido	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 ácido	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 ácido	Lac	>6,0 a 6,5: Condición adecuada para el crecimiento de la mayoría de los cultivos.
Prácticamente 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.

Etiqueta	Símbolo	Descripción
Alcalino	Al	> 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.
Sin suelo	Sin	Se considera áreas de afloramientos rocosos.
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. Niveles para la interpretación de análisis de suelos. (Hoja de interpretación oficial).
Porta et al., 2003. Edafología para la Agricultura y el Medio Ambiente.

6.2.15 Salinidad (sal)

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 considera como tales aquellas más solubles que el yeso SO₄Ca·2H₂O, 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 Ca²⁺, magnesio Mg²⁺, sodio Na⁺, potasio K⁺, y aniones, los cloruros Cl⁻, sulfatos (SO₄)²⁻, bicarbonatos (HCO₃)⁻ y carbonatos (CO₃)²⁻ (Fuentes, 1999).

La salinidad se registra a partir del dato de laboratorio de conductividad eléctrica, categorizado según los niveles descritos en la Tabla 6.12, del horizonte o capa superficial o subsuperficial que tenga el mayor valor dentro de los primeros 50 cm de suelo.

Tabla 6.12. 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
Sin suelo	Sin	Se considera áreas de afloramientos rocosos
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. Niveles para la Interpretación de Análisis de Suelos (Hoja de interpretación oficial).
UMACPA (Unidad de Manejo de la Cuenca del río Paute), 1985. Manejo de la Cuenca del río Paute.

6.2.16 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.

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.

Tabla 6.13. Categorías de profundidad del nivel freático del suelo

Etiqueta	Símbolo	Descripción
Muy superficial	S	Es superficial si el nivel freático se encuentra entre el rango de (0 a10 cm).
Superficial	S	Es superficial si el nivel freático se encuentra entre el rango de (11 a20 cm).
Poco profundo	Pp	Es poco profundo cuando el nivel freático se encuentra entre el rango de (21 a50 cm).
Medianamente profundo	M	Es medianamente profundo si el nivel freático se encuentra entre el rango de (51 a100 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.

Adaptado de: MAGAP-PRAT, 2008. Metodología de Valoración de Tierras.

UMACPA (Unidad de Manejo de la Cuenca del Río Paute), 1985. Manejo de la Cuenca del río Paute

6.2.17 Régimen de temperatura del suelo (rts)

Es descrito por la temperatura media anual del suelo, las fluctuaciones estacionales promedio con respecto a la media anual y el gradiente de temperatura más caliente y más fría por estación dentro de la zona de enraizamiento (100 cm; FAO, 2009).

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

Tabla 6.14. Categorías de régimen de temperatura del suelo

Etiqueta	Símbolo	Descripción
Isofrígido	IF	Suelo con temperatura de menos de 10 °C, entre 50 y 100 cm de profundidad, durante todo el año.
Isomésico	IM	Suelo con temperatura de 10 a13 °C, entre los 50 y 100 cm de profundidad, durante todo el año.
Isotérmico	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.
Isohipertérmico	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 la Soil Taxonomy (SSS-USDA, 2006) para Ecuador.

El término “iso” quiere decir que no existe una variación mayor a 5°C a lo largo de todo el año.

6.2.18 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 (Winckellet *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 geoclima, información procedente de los datos climáticos de INAMHI y el IEE.

Tabla 6.15. Categorías de régimen de humedad del suelo

Etiqueta	Símbolo	Descripción
Árido	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.
Ústico	US	Este régimen de humedad es intermedio entre el régimen árido y el ústico. 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.
Údico	U	El suelo no está seco en todo el perfil más de tres meses consecutivos la mayoría de los años.
Perúdico	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.
Ácuico	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: SSS-USDA, 2006. Claves para la Taxonomía de Suelos.

FAO, 2009. Guía para la Descripción de Suelos.

6.2.19 Materia orgánica (mos)

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).

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).

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 6.16, 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.

Tabla 6.16. 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 Amazonía con un contenido de materia orgánica menor a 3,0 %
Medio (amazonia)	AmM	Suelos de la Amazonía con un contenido de materia orgánica entre 3,0 - 6,0 %
Alto (amazonia)	AmA	Suelos de la Amazonía 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: INIAP, 2009. Niveles para la Interpretación de Análisis de Suelos. (Hoja de interpretación oficial).

6.2.20 Capacidad de intercambio catiónico (ci1)

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).

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).

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 6.17.

Tabla 6.17. Niveles de valoración de la CIC

Etiqueta	Símbolo	Descripción
Muy bajo	Mb	< a 5cmol/kg de suelo seco
Bajo	B	5 a 10cmol/kg de suelo seco
Medio	M	11 a 20cmol/kg de suelo seco
Alto	A	21 a 30cmol/kg de suelo seco
Muy alto	Ma	> a 30cmol/kg de suelo seco

Fuente: Fuentes, 1999. El suelo y los Fertilizantes.

6.2.21 Saturación de Bases (sab)

Se define la saturación de bases como la proporción relativa de cationes intercambiables adsorbidos al complejo coloidal del suelo. Es el resultado de dividir la suma de las bases (Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^{+} y Na^{+}) entre la capacidad de intercambio catiónico total (CIC) (IGAC, 1973).

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).

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 6.18.

Tabla 6.18. Niveles de saturación de bases del suelo

Etiqueta	Símbolo	Descripción
Bajo	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, 2006. Metodologías de Química de suelos.

6.2.22 Fertilidad (fet)

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

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 pueden tener efectos negativos. Es decir, la fertilidad potencial depende de la capacidad de intercambio catiónico, el nivel de nutrientes, el pH, el contenido en materia orgánica, el porcentaje de saturación de bases y la salinidad.

Para el registro de la fertilidad se utilizan los rangos definidos en la Tabla 6.19, que parte del análisis de la Tabla 6.20, Tabla 6.21y Tabla 6.22, que responden a cada una de las regiones de Sierra, Costa y Amazonía, divididas así por las marcadas diferencias climáticas, de uso y cobertura del suelo, relieve y geología que presentan unas con otras.

Para el cálculo de la fertilidad se utilizan estas tablas (Tabla 6.20, Tabla 6.21y Tabla 6.22), 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 6.19. Niveles de fertilidad natural (interpretación de las tablas 20, 21 y 22)

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, de 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 areno francoso. Además pueden presentar limitaciones de salinidad con niveles salinos media.
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.

Tabla 6.20. 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 10 (≤10)	Muy ácido a ácido o Alcalino (< 5,5 ó > 8,5)	Menor a 35	Menor a 3 (≤3)	Arenosa Areno francosa	Muy salino a extremadamente salino (>8)
Baja	Menor a 10 (≤10)	Medianamente ácido o medianamente alcalino (>5,5-6,0 ó >8,0-8,5)	Menor a 35	Menor a 3 (≤3)		Salino (4-8)
Mediana	Entre 10 y 20 (>10 y ≤20)	Ligeramente ácido o ligeramente alcalino (>6,0-6,5 o >7,5-8,0)	Entre 35 y 50	Entre 3,0 y 5,0 (>3 y ≤5)	Arcillosa Arcillo-limosa Arcillo-arenosa Limosa Franco arcillo-limosa	No salino o ligeramente salino (0-4)
Alta	Mayor a 20 (>20)	Prácticamente neutro o neutro (6,5-7,5)	Mayor de 50	Mayor a 5,0 (>5)	Franco arcillosa Franco limosa Franco arenosa Franco arcillo-arenosa Franca	No salino (0-2)

Adaptado de:

INIAP, 2009. Niveles para la Interpretación de Análisis de Suelos (Hoja de interpretación oficial).

Porta et al., 2008. Introducción a la Edafología, Uso y Protección del Suelo.

INPOFOS, 1997. Manual Internacional de Fertilidad de Suelos.

Fuentes, 1999. El Suelo y los Fertilizantes.

De la Rosa, 2008. Evaluación Agroecológica de Suelos.

Tabla 6.21. 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 10 (≤10)	Muy ácido a ácido o Alcalino (< 5,5 ó > 8,5)	Menor a 35	Menor a 1 (≤1)	Arenosa Areno francosa	Muy salino a extremadamente salino (>8)
Baja	Menor a 10 (≤10)	Medianamente ácido o medianamente alcalino (>5,5-6,0 ó >8,0-8,5)	Menor a 35	Menor a 1 (≤1)		Salino (4-8)
Mediana	Entre 10 y 20 (>10 y ≤20)	Ligeramente ácido o ligeramente alcalino (>6,0-6,5 o >7,5-8,0)	Entre 35 y 50	Entre 1,0 y 2,0 (>1 y ≤2)	Arcillosa Arcillo-limosa Arcillo-arenosa Limosa Franco arcillo-limosa Franco arcillosa Franco limosa Franco arenosa Franco arcillo-arenosa Franca	No salino o ligeramente salino (0-4)
Alta	Mayor a 20 (>20)	Prácticamente neutro o neutro (6,5-7,5)	Mayor de 50	Mayor a 2,0 (>2)		No salino (0-2)

Adaptado de:

INIAP, 2009. Niveles para la Interpretación de Análisis de Suelos (Hoja de interpretación oficial).

Porta et al., 2008. Introducción a la Edafología, Uso y Protección del Suelo.

INPOFOS, 1997. Manual Internacional de Fertilidad de Suelos.

Fuentes, 1999. El Suelo y los Fertilizantes.

De la Rosa, 2008. Evaluación Agroecológica de Suelos.

Tabla 6.22. Estimación de la fertilidad natural para suelos de la Amazonía

FERTILIDAD NATURAL	CIC (meq/100g)	pH	Saturación de Bases (%)	Materia Orgánica (%)	Textura	Salinidad (dS/m a 25° C)
Muy baja	Menor a 10 (≤10)	Muy ácido a ácido o Alcalino (< 5,5 ó > 8,5)	Menor a 35	Menor a 3 (≤3)	Arenosa	Muy salino a extremadamente salino (>8)
Baja	Menor a 10 (≤10)	Medianamente ácido o medianamente alcalino (>5,5-6,0 ó >8,0-8,5)	Menor a 35	Menor a 3 (≤3)		Salino (4-8)
Mediana	Entre 10 y 20 (>10 y ≤20)	Ligeramente ácido o ligeramente alcalino (>6,0-6,5 o >7,5-8,0)	Entre 35 y 50	Entre 3,0 y 6,0 (>3 y ≤6)	Arcillosa Arcillo-limosa Arcillo-arenosa Limosa Franco arcillo-	No salino o ligeramente salino (0-4)

FERTILIDAD NATURAL	CIC (meq/100g)	pH	Saturación de Bases (%)	Materia Orgánica (%)	Textura	Salinidad (dS/m a 25° C)
Alta	Mayor a 20 (>20)	Prácticamente neutro o neutro (6,5-7,5)	Mayor de 50	Mayor a 6,0 (>6)		No salino (0-2)

Adaptado de:

INIAP, 2009. Niveles para la Interpretación de Análisis de Suelos (Hoja de interpretación oficial).

Porta et al., 2008. Introducción a la Edafología, Uso y Protección del Suelo.

INPOFOS, 1997. Manual Internacional de Fertilidad de Suelos.

Fuentes, 1999. El Suelo y los Fertilizantes.

De la Rosa, 2008. Evaluación Agroecológica de Suelos.

6.2.23 Inundabilidad (inu)

Es la permanencia del agua o anegamiento causado por estancamiento o por las 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 (SSS-USA, 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).

Las inundaciones se clasifican de acuerdo al número de meses que permanecen inundados, lo cual constituye un factor importante para los cultivos (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. Con esta información se determina el rango y los datos del campo Periodo quedan almacenados en el campo Inundación, para las variables del mapa.

Tabla 6.23. Duración de inundaciones

Periodo	Símbolo	Tiempo	Descripción
Sin o muy corta	O	0 a 1 mes	Suelos con ninguna presencia de agua o máximo durante un mes.
Corta	C	1 a 3 meses	Suelos con presencia de agua durante uno a tres meses.
Mediana	M	3 a 6 meses	Suelos con presencia de agua durante tres a seis meses.
Larga	L	6 a 9 meses	Suelos con presencia de agua durante seis a nueve meses.
Permanente	P	> 9 meses	Suelos permanentemente inundados, más de 9 meses cubiertos de agua

Fuente: Adaptado de Yugcha, 1992. Mapa de Aptitudes Agrícolas.

6.2.24 Velocidad de infiltración

Es la tasa de entrada de agua en el suelo en cada instante o cantidad de agua infiltrada por unidad de superficie y tiempo. Disminuye muy rápidamente a lo largo de los primeros momentos del proceso, partiendo de unas condiciones de suelo seco que tiende a estabilizarse asintóticamente a lo largo del tiempo. La velocidad de infiltración básica o final corresponde a una fase relativamente estabilizada, donde se asemeja a Ks (Porta et al., 1999).

Se realizan los cálculos para determinar la clase de velocidad de infiltración según la Tabla 6.24.

Tabla 6.24. Clasificación e interpretación de la velocidad de infiltración

CLASE	DENOMINACIÓN	RANGO (mm/h)	INTERPRETACIÓN
1	MUY LENTA	< 1	Adecuado para cultivo de arroz. Con el fangueo se debe conseguir una capa impermeable con una infiltración inferior a 0,2 mm/h. Riesgo de erosión elevado en laderas.
2	LENTA	1 a 5	Riesgo de erosión importante. Se pierde una parte considerable del agua de riego. Puede haber falta de aireación para las raíces en condiciones de exceso de humedad.
3	MODERADAMENTE LENTA	5 a 20	Óptima para riego de superficie.
4	MODERADA	20 a 60	Adecuada para riego de superficie.
5	MODERADAMENTE RÁPIDA	60 a 125	Demasiado rápida para riego de superficie, provoca pérdidas de nutrientes por lavado. Baja eficiencia del riego de superficie. Se requiere riego localizado o riego por aspersión.
6	RÁPIDA	125 a 250	Marginal para riego de superficie. Se requiere riego localizado o riego por aspersión.
7	MUY RÁPIDA	> 250	Excesiva para riego de superficie. Se requiere riego localizado o riego por aspersión.

Fuente: Landon, 1984.

6.2.25 Características (cge)

Este campo recoge un resumen de las características principales de la unidad edáfica. En él se incluye la textura superficial, la textura a profundidad, clase de drenaje, profundidad, pH, nivel de fertilidad y, en caso de ser necesario, muestra características de pedregosidad o toxicidad, entre otros parámetros.

6.2.26 Código suelo

Es un campo adicional de utilidad para el mapa de salida. En éste se asigna un código a cada unidad edáfica, por cada forma de relieve.

6.3 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 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.
- Al completar cada cantón se genera el correspondiente Mapa Geopedológico y su Memoria Cantonal.
- Elaboración de los mapas temáticos y las memorias referenciales (incluidas en la memoria geopedológica cantonal).
- Incorporación de los metadatos y generación de la entrega en formato abierto de base de datos geoespacial PostgreSQ-PostGIS.

La Leyenda Geopedológica que acompaña al mapa debe estar bien estructurada, ser coherente, sencilla, fácil de leer y adaptada al objetivo del mapa. Así, la leyenda adoptada es de carácter explicativo y de tipo fisiográfico, de forma que el lector entienda el entorno donde se desarrollan los suelos. Esta leyenda está estructurada y jerarquizada de la siguiente manera:

- Dominio Fisiográfico
- Contexto Morfológico
- Régimen de temperatura del suelo
- Formación geológica o superficial
- Geoforma
- Pendiente
- Características del suelo
- Perfil representativo
- Clasificación taxonómica a nivel de Subgrupo y Clave

7 CONTROL DE CALIDAD

7.1 INTRODUCCIÓN

Durante el desarrollo del Proyecto de Cartografía Temática y para una correcta garantía de la calidad del mismo, el Consorcio TRACASA-NIPSA, en la temática de Geopedología, establece un control de calidad de las diferentes etapas y componentes del Proyecto.

El objetivo principal del control de calidad es asegurar un mapa coherente, que cumpla estándares de calidad técnica, así como la búsqueda de la máxima eficiencia por parte del CTN. Esto implica la realización de un control de forma sistemática y transparente en el conjunto de las actividades y tareas que constituyen la cartografía temática de Geopedología. Además, el objeto de este control de calidad es conseguir una mejora constante de todos los procesos y agentes que intervienen en la generación del mapa. Los mapas que se generan y se evalúan son los siguientes:

- Mapa Geopedológico
- Mapa de Capacidad de uso de las tierras (CUT)
- Mapa de Dificultad de labranza (DL)
- Mapa de Velocidad de infiltración (VI)
- Mapa de Amenaza a erosión hídrica (AEH)

7.2 RESPONSABLES

El control de calidad del Mapa Geopedológico y Mapas Temáticos derivados, del que todo el equipo de trabajo está informado y actualizado de sus posibles modificaciones, está implementado por los cuatro miembros del equipo clave en Geopedología y se ejecuta por un equipo de 14 personas, formadas por el equipo clave y diez edafólogos contratados para tal efecto.

Este equipo diseña, coordina, ejecuta y documenta los procesos de calidad realizados y es el responsable de, a la vista de los controles realizados, introducir las mejoras que considere oportunas para garantizar la optimización de los procesos con el fin de que se corrijan los errores detectados lo más pronto posible en el avance del Proyecto.

7.3 FASES DE CONTROL DE CALIDAD

Las fases en el control de calidad están definidas por el Proyecto de acuerdo a las fases de trabajo en precampo, campo y postcampo. Estas fases y los puntos de control de calidad quedan reflejados en Figura 7.1.

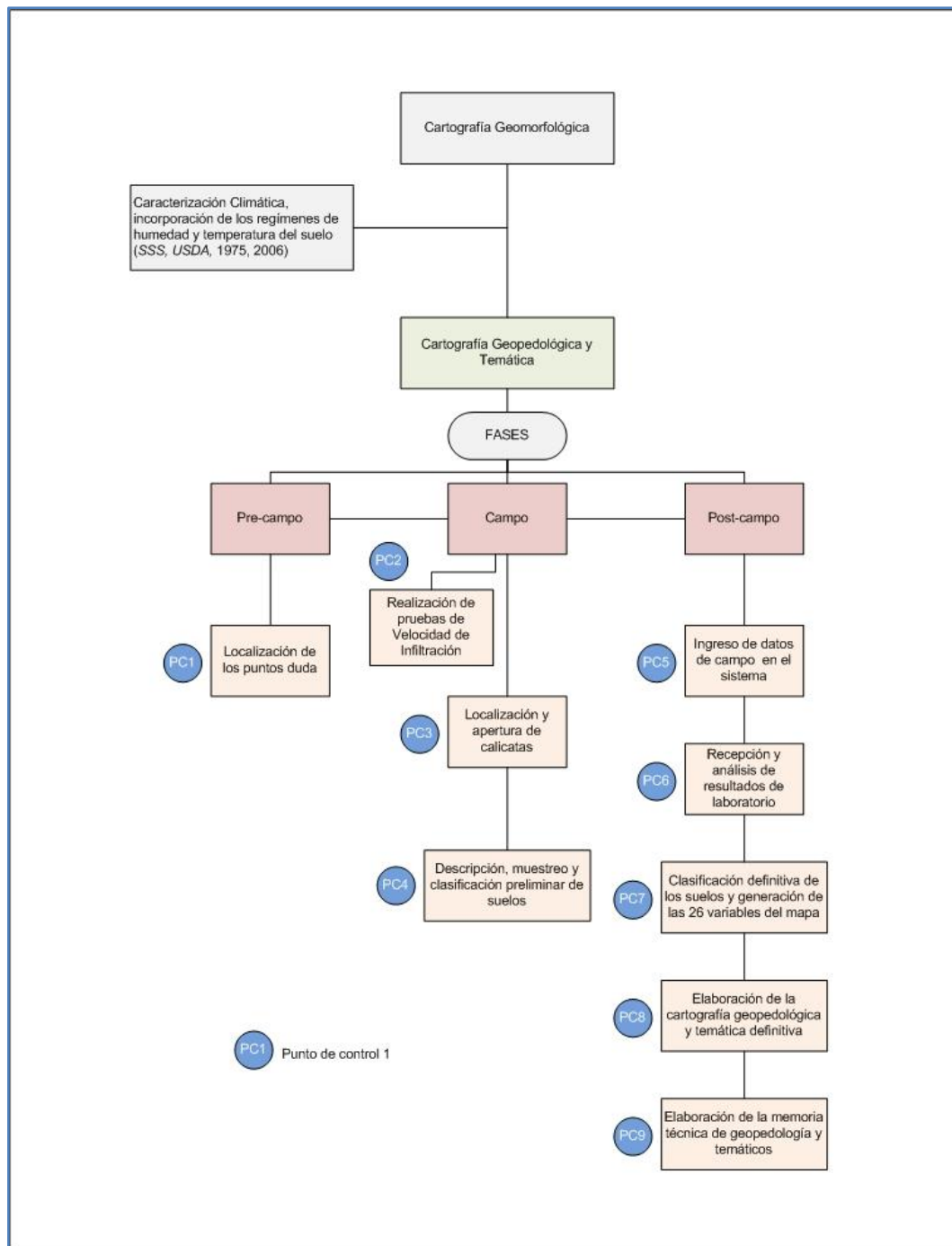


Figura 7.1. Esquema sobre las fases del Proyecto y puntos de control de calidad

Cada una de las fases de control de calidad del mapa geopedológico se describen a continuación.

7.3.1 Fase de precampo

7.3.1.1 Localización de los puntos duda (PC1)

Los puntos duda son las futuras calicatas en campo, se planifican en gabinete y se debe verificar que cumplan con las siguientes especificaciones:

- Los perfiles de suelo (calicatas) deben estar ubicados en zonas representativas dentro de las unidades edáficas que representan (de ser posible en el centro de las mismas). La unidad edáfica es la unidad mínima de muestreo y considera las variables Contexto

Morfológico, Geoforma, Formación Geológica, Pendiente, Régimen de humedad y de temperatura del suelo.

- Se debe planificar, por lo menos, un perfil de suelo por cada unidad edáfica.
- Los puntos de duda deben ser accesibles.

7.3.2 Fase de campo

7.3.2.1 Realización de las pruebas de Velocidad de Infiltración (PC2)

En las pruebas de velocidad de infiltración se revisa la ubicación y el cumplimiento de la metodología establecida.

7.3.2.2 Localización y apertura de calicatas (PC3)

En campo los equipos de avanzada realizan la localización y apertura de las calicatas. Esta fase es muy importante porque la calicata debe representar a la unidad edáfica y a todos los polígonos asociados que pertenecen a la misma. Una vez localizada la geoforma y el punto en cuestión, se debe verificar su representatividad, en cuanto a la geoforma y a la pendiente. Posteriormente se procede a su apertura, en las dimensiones y orientación establecidas. Ésta debe quedar convenientemente señalada para evitar accidentes hasta que no se produzca su cierre.

7.3.2.3 Descripción, muestreo y clasificación preliminar de suelos (PC4)

En esta fase el edafólogo debe verificar la correcta ubicación y dimensiones de la calicata, antes de proceder a su descripción. La descripción debe realizarse según la metodología de la FAO (2009) y la clasificación preliminar según la *Soil Taxonomy* (SSS-USDA, 1975, 2006). En la descripción y clasificación debe prestarse especial atención al entorno geológico y geomorfológico, intentando buscar relaciones suelo-paisaje. Se procede también a un control del número de muestras tomadas, incluidas en los manifiestos, en su correspondencia a los análisis requeridos. Si el RHS o el RTS registrados previamente en la ficha de descripción de la calicata no coinciden con los observados en el terreno, se debe indicar como una observación en la ficha, para su ajuste posterior en la fase de postcampo.

7.3.3 Fase de postcampo

7.3.3.1 Ingreso de datos de campo en el sistema (PC5)

Este proceso comprende desde la verificación de la correcta entrada de datos en la Tablet PC de trabajo de campo, hasta las correspondientes entradas en la base de datos del Proyecto.

7.3.3.2 Recepción y análisis de resultados de laboratorio (PC6)

En la recepción de los resultados de laboratorio se verifica primero su completitud, seguidamente sus posibles incoherencias, realizando análisis de los propios valores, así como su relación con otros parámetros de laboratorio. Para su correcto control de calidad se toman contra-muestras, que se analizan y comparan, para ver su grado de coherencia y fiabilidad. En este sentido se elabora un informe específico sobre este control de calidad.

7.3.3.3 Clasificación definitiva de los suelos y generación de las variables del mapa (PC7)

Con la recepción de los resultados analíticos y subsanadas las observaciones encontradas en el punto de control 6, los edafólogos que estuvieron en campo realizan la clasificación final de los suelos y generan las variables del mapa. Esta información se revisa en gabinete de forma que haya coherencia en la clasificación final, los resultados analíticos y el contexto geoclimático.

7.3.3.4 Elaboración de la Cartografía Geopedológica y Temática definitiva (PC8)

La base de datos que contiene la información de clasificación y las variables del mapa se vincula a la información espacial de los puntos de muestreo. Una vez asociada esta información a cada unidad edáfica prospectada, se realiza la asignación definitiva de información edáfica a aquellas unidades edáficas que están sin información. Con todo ello se realizan los mapas finales. El equipo de CC revisa esta información, chequeando la coherencia y correspondencia de datos entre las salidas cartográficas, el edafo-paisaje y las unidades edáficas.

7.3.3.5 Elaboración de la memoria técnica de geopedología y temáticos (PC9)

En este último punto se elaboran las memorias técnicas de geopedología y de los diferentes temáticos. Los edafólogos de campo supervisan y participan directamente en la realización de la memoria geopedológica y de velocidad de infiltración, mientras que el resto de temáticas son elaboradas por el CTN. En este punto, la memoria debe reflejar coherencia y completitud de los datos generados, cumpliendo con la estructura y definición aprobada previamente por las partes.

7.4 METODOLOGÍA

7.4.1 Introducción

En la metodología del control de calidad del Proyecto se deben considerar las tres fases que comprende, tal como se indica en la figura anterior: precampo, campo y postcampo. Cada una de ellas tiene sus particularidades y es por ello que merecen una diferenciación y tratamiento distinto.

7.4.2 Precampo

En precampo se realiza la localización de los puntos de duda, verificando que cumplan las especificaciones de acceso, representatividad y completitud requeridas. Mediante herramientas de cálculo, posicionamiento y visualización sobre ortofoto y mapa, se verifica su idoneidad.

En esta fase, el CTN realiza revisiones internas con el fin de que se completen las observaciones de campo con acceso. En este sentido no hay errores de completitud. Con la revisión del equipo fiscalizador se completa el proceso de planificación de dudas.

7.4.3 Campo

En campo se realizan controles de calidad en los procesos que se detallan a continuación:

- Localización y apertura de calicatas
- Descripción de suelos en campo
- Completitud y coherencia de fichas
- Completitud y consistencia de pruebas de velocidad de infiltración

El desarrollo de esta fase de control de calidad es efectuada por un equipo de seis personas y se reporta tras finalizar la etapa de campo.

7.4.4 Postcampo

En esta fase se distinguen varias etapas, que se citan a continuación:

- Revisión de fichas de campo
- Revisión de las variables del mapa
- Revisión de resultados analíticos

- Revisión de clasificaciones finales
- Revisión de las asignaciones a unidades edáficas sin información

En esta etapa el proceso metodológico de control de calidad es el de revisar y evaluar los procedimientos posteriores al levantamiento de información de campo. En los análisis de control de calidad se detectan errores y se establecen las medidas correctoras, que consisten en corregir los errores detectados y reforzar las deficiencias sobre los edafólogos que presentan mayor tipo de errores en los diversos análisis de elementos de calidad.

Existen dos tipos de muestreo: total (100%) de las fichas y parcial (15%) de los elementos de calidad establecidos, que son las variables fertilidad y clasificación final.

El análisis de consistencia entre muestra-contramuestra se trata en otro informe adicional específico.

7.5 INFORMES DE CONTROL DE CALIDAD

Los resultados finales obtenidos por parte del equipo de CC se plasman en varios documentos, según la fase del Proyecto de que se trate. El contenido de estos documentos se detalla a continuación.

7.5.1 Informe de control de calidad en la fase de campo

El objetivo del control de calidad en esta fase de campo es asegurar un correcto desarrollo del Proyecto en lo referente a la homogeneización de criterios, buenas prácticas y cumplimiento de los objetivos en cada hoja 50M. Se trata de identificar problemas, sus causas y planificar la solución adecuada.

En esta fase de control de calidad se presta especial atención a los siguientes aspectos:

- Ubicación del sitio de estudio, con visitas a, al menos, un 25% de las calicatas.
- Funcionalidad del equipo de edafología: introducción de datos, descripción y muestreo.
- Chequeo de muestras de laboratorio y contra-muestras.

En el informe de calidad que elabora cada técnico responsable de CC tras finalizar la fase de campo, se recogen los siguientes apartados:

- Planificación. Con las fechas de trabajo de los equipos encargados de cada una de las actividades previstas en campo y los responsables de ellas.
- Aspectos técnicos y humanos. Evaluación del personal participante en la campaña de campo. Los objetivos de esta evaluación son determinar el cumplimiento del desempeño de las funciones, aumentar la comunicación y la información, desarrollar acciones de mejora orientadas al futuro, así como reforzar y fijar objetivos individuales a través de una crítica constructiva. En el documento se detallan, para los distintos equipos, los siguientes aspectos:
 - Equipo de logística: responsable; desempeño de funciones; trabajo en equipo; iniciativa y disposición; carencias; potencial; oportunidad es de mejora; cumplimiento.
 - Equipo de avanzada: responsable; desempeño de funciones; trabajo en equipo; iniciativa y disposición; carencias; potencial; oportunidades de mejora; cumplimiento.
 - Equipo de infiltración: responsable; desempeño de funciones; trabajo en equipo; iniciativa y disposición; carencias; potencial; oportunidades de mejora; cumplimiento.

- Equipo de edafólogos: responsable; desempeño de funciones; trabajo en equipo; iniciativa y disposición; carencias; potencial; oportunidades de mejora; cumplimiento.
- Equipo de asistentes: responsable; desempeño de funciones; trabajo en equipo; iniciativa y disposición; carencias; potencial; oportunidades de mejora; cumplimiento.

En este apartado también se indica si se ha producido algún cambio en el personal durante la campaña de campo.

- Reporte cumplimiento: se incluye un resumen de las calicatas planificadas en gabinete y las finalmente realizadas, indicando las eliminadas y las reubicadas, así como los motivos que justifican los cambios.
- Propuestas de mejoras para las siguientes campañas.

7.5.2 Informe de control de calidad en la fase de postcampo

7.5.2.1 Revisión de fichas de campo

Se realiza la revisión postcampo del 100% de las fichas de los siguientes elementos de calidad:

- Completitud. Se revisan y detectan errores de campos vacíos en el total de fichas. Con este reporte se mejora su relleno para futuras salidas.
- Relación en la designación de la simbología de horizontes con sus horizontes diagnósticos. Se detectan inconsistencias relacionadas con los horizontes genéticos y los horizontes diagnósticos, para su corrección. El reporte de estas inconsistencias debe mejorar estas relaciones en futuras salidas.
- Coherencia entre textura, estructura y consistencia: en este elemento de calidad se detectan errores entre la textura, la estructura y la consistencia. Los reportes de errores son enviados para su corrección. En conjunto, este reporte ayuda a mejorar las inconsistencias de esta tipología en las futuras salidas de campo.
- Coherencia en la determinación de la profundidad efectiva del suelo con las características descritas en el perfil. En este elemento de calidad se detectan errores entre la profundidad efectiva del suelo y las características del perfil relacionadas. Los reportes de errores son enviados para su corrección. En conjunto, este reporte ayuda a mejorar las inconsistencias de esta tipología en las futuras salidas de campo.

Adicionalmente, se reportan los edafólogos que cometen más errores, para que el equipo establezca sus correcciones pertinentes.

7.5.2.2 Revisión de resultados analíticos

En esta revisión se analiza la coherencia de los resultados de laboratorio con los datos encontrados en campo. Normalmente se toma en cuenta la textura, el pH, la saturación de bases y la CIC, parámetros de gran importancia en la clasificación de suelos según *Soil Taxonomy* (2006).

Se seleccionan todos aquellos valores que presentan desviaciones anormales entre pH, SB, CIC y clasificación de campo. Se consideran valores anormales aquellos que no son esperables con la clasificación de campo. Con ello, se solicita al laboratorio la repetición de las muestras que sean necesarias.

7.5.2.3 Revisión de las variables del mapa

Con la recepción de los resultados analíticos, los edafólogos que estuvieron en campo realizan la clasificación final de suelos y se generan las variables del mapa. Esta información se revisa en

gabinete de forma que haya coherencia en las variables del mapa, los resultados analíticos, el análisis del edafopaisaje y el contexto geoclimático.

La revisión se centra en las variables de nueva generación u otras que hayan sido susceptibles a cambios, estas son: régimen de humedad del suelo (ácuico), drenaje, profundidad efectiva y fertilidad. La revisión del RHS está implícita en la clasificación del suelo, el drenaje también, la profundidad efectiva y la fertilidad se revisan mediante consultas de Access. Específicamente, en la profundidad efectiva se realizan revisiones sobre los limitantes establecidos y se realizan consultas para detectar errores; en cuanto a la fertilidad, se revisan los cálculos en aquellos suelos en los que se sospechan incorrecciones como baja fertilidad en Mollisoles.

7.5.2.4 Revisión de clasificaciones finales

Este es un control que se realiza en un 15% de los casos, se reportan los errores y se analizan los tipos de errores para dar recomendaciones de corrección para el resto.

7.5.2.5 Revisión de las asignaciones a unidades edáficas sin información

En todo este proceso anterior el equipo de CC va realizando las asignaciones a las unidades edáficas sin información. Después de las revisiones del RHS y las clasificaciones finales, se requiere un proceso de revisión en el que se busca la coherencia con el entorno edáfico. Finalmente, con las asignaciones hechas, se realiza una revisión buscando errores de incoherencia entre la distribución de suelos y el entorno geoclimático.

7.5.3 Informe de control de calidad. Resultados analíticos de los laboratorios

7.5.3.1 Introducción

Dentro de las actividades a las que se ha comprometido el Consorcio TRACASA-NIPSA con su Cliente SIGTIERRAS se encuentra el control de calidad de los resultados analíticos de las muestras de suelos reportados por los laboratorios. El objeto de este control de calidad es conseguir una mejora constante de los datos que permita la clasificación óptima de cada perfil descrito en campo a nivel de Subgrupo taxonómico (SSS-USDA, 2006 y 2010), así como la elaboración del resto de cartografía temática propuesta en este Proyecto.

La metodología utilizada para la evaluación de las inconsistencias de las operaciones de laboratorio es el contramuestreo. Este método consiste en la realización de una serie de repeticiones de los análisis de laboratorio mediante contra-muestras ciegas, esto es, identificadas con un código que no permite conocer la muestra a la que duplican. Hay que tener en cuenta que no se trata de repeticiones de análisis sobre una misma muestra o submuestra, sino que los datos que se están comparando tienen procedencia diferente, siempre dentro de un mismo horizonte, pero que se verán afectados por la innegable variabilidad que caracteriza a la matriz del suelo.

Ha quedado establecido por acuerdo entre las partes la toma de muestras de control de calidad en un 5% de los casos.

El objetivo de este estudio es evaluar la calidad de los resultados analíticos que reportan los laboratorios que participan en el Proyecto. Para ello es posible utilizar distintas técnicas estadísticas, en las que es siempre recomendable contar con el mayor número de datos de partida. El análisis estadístico se centra en las variables más representativas y que disponen de más información; en concreto, se analiza el pH, la MO, las fracciones texturales, la capacidad de intercambio catiónico y la suma de bases.

7.5.3.2 Tipos de error

Los errores cometidos en el procedimiento de laboratorio pueden ser de varios tipos:

- Error de etiquetado de muestras: se trata de un error difícil de evaluar, pues en general no tendrá pauta alguna o carácter sistemático. La existencia de contraanálisis con valores muy distintos en más de uno de los parámetros analizados suele ser indicador de este tipo de errores; en estos casos, las muestras con estos errores deben ser desechadas por falta de fiabilidad. En este caso el criterio del edafólogo es esencial para decidir con qué datos se clasifica el perfil. Esta calicata quedaría de referencia pero no será utilizada para la cartografía.
- Errores de pesaje y manipulación: estos errores, salvo que algún operario del laboratorio trabaje con instrucciones incorrectas, no tienen carácter sistemático. Son errores aleatorios sin distribución predecible, deben evaluarse de forma conjunta con los errores de lectura.
- Errores de lectura: estos errores se deben a oscilaciones en las lecturas de los aparatos; si el aparato está correctamente calibrado, la distribución de los errores será aleatoria con tendencia a la normalidad. En caso de que el aparato no esté bien calibrado, al error aleatorio se le deberá añadir un error sistemático. En caso de duda sobre este tipo de error se debe repetir el análisis.

7.5.3.3 Técnica de análisis

Para detectar los posibles errores de lectura y aquellos de menor cuantía en cuanto al pesaje y la manipulación se aplica el método de Bland Altman.

En el informe que se elabora se representa el gráfico de Bland Altman para las distintas variables analizadas, utilizando para ello el paquete estadístico SPSS. Se trata de un gráfico de dispersión donde en el eje de abscisas se colocan las medias de los valores registrados por la muestra y la contramuestra, y en el eje de ordenadas se refleja la diferencia entre ambas medidas. En el gráfico se incluyen también los límites a un 95% de confianza para las diferencias medias, que se asumen que deben ser cero.

Para cada variable estudiada se incorpora una tabla con la media de las diferencias entre los valores contramuestra-muestra y la desviación estándar de esas diferencias, valores que se representan en el gráfico. Este valor de la desviación estándar se multiplica por 2 para definir de esta forma los límites superior e inferior del intervalo de confianza (media, que se supone debe ser 0 $\pm$ el doble de la desviación estándar); entre estos dos valores se encuentra la media poblacional al 95% de probabilidad. Si las diferencias observadas en este gráfico caen dentro de los límites establecidos, se asume esta diferencia como confirmación de que las pruebas tienen concordancia y las fluctuaciones son debidas a variaciones aleatorias alrededor de la media.

Los resultados que se obtienen de este análisis son indicadores para la toma de decisiones. Si ocurre algún tipo de anomalía, se trata de identificar el origen y se analiza la situación con detalle. En caso de que proceda, se reporta la situación al laboratorio afectado para la toma de soluciones.

8 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Bouyoucos, G.S. 1962. Hydrometer method improved for making particle size analysis of soils. *Agronomy Journal* 54, 464–465.
2. Bower, C.A., Wilcox, L.V. 1965. Chemical and Microbiological Properties. En: Klute A (Ed.). *Methods of Soil Analysis. Parte 2.* American Society of Agronomy and Soil Science Society of America, Madison, WI, pp. 933–951.
3. Carsel, R.F., Parrish R.S. 1988. Developing joint probability distributions of soil water retention characteristics. *Water Resources Research* 24, 755–769
4. Carter, M.E., Gregorich, E.G. 2007. *Soil Sampling and Methods of Analysis.* 2nd Ed. Canadian Society of Soil Science. CRC, Boca Raton, FL.
5. Chapman, H.D., Pratt, P.F. 1961. *Methods of Analysis for Soil, Plants and Water.* University of California, Division of Agricultural Science, Riverside.
6. De La Rosa, D. 2008. *Evaluación Agro-Ecológica de Suelos para un Desarrollo Rural Sostenible.* Ediciones Mundi-Prensa, Madrid, ES, 404 pp.
7. Dorronsoro, C. 2003. Clasificación y Cartografía de Suelos. Departamento de Edafología y Química Agrícola. Universidad de Granada. España. En: <http://www1.universia.net/catalogaxxi/pub/>
8. FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 2009. *Guía para la Descripción de Suelos.* Roma, Trad. R. Vargas. 1ª ed., Roma, IT, 99 pp.
9. 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, NY. 51 pp.
10. Fuentes, J. 1999. *El Suelo y los Fertilizantes.* Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación, Ediciones Mundi-Prensa, 5ª ed., Madrid, ES.
11. Guitián F, Carballas T, 1976. *Técnicas de Análisis de Suelos.* Pico Sacro, Santiago de Compostela, ES.
12. Holzapfel, E.A., Jara, J., Matta, R. 2001. Nivel de agua aplicado y fertirrigación bajo riego por goteo en cítricos. *Agro-Ciencia*, 20–31.
13. IEE (Instituto Espacial Ecuatoriano), MAGAP (Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca)-SINAGAP (Sistema de Información Nacional de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca). 2012. *Generación de Geoinformación para la Gestión del Territorio a Nivel Nacional Escala 1:25.000.* Geopedología. Cantón Sucre Sur, 108 pp.
14. IGAC (Instituto Geográfico Agustín Codazzi de Colombia). 1973. *Métodos Analíticos del Laboratorio de Suelos.* Ministerio de Hacienda y Crédito Público, 3ª ed., Bogotá, CO, 153 pp.
15. INIAP (Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias de Ecuador). 2009. *Niveles para la Interpretación de Análisis de Suelos.* Quito, Estación Experimental Santa Catalina, Laboratorio del Departamento de Manejo de Suelos y Aguas (Hoja de interpretación oficial).
16. INIAP (Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias de Ecuador). 2008. *Metodologías de Física de suelos.* Estación Experimental Santa Catalina, Departamento de Manejo de Suelos y Aguas. Quito, EC, pp. 31–33

17. INIAP (Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias de Ecuador). 2006. *Metodologías de Química de Suelos*. Estación Experimental Santa Catalina, Departamento de Manejo de Suelos y Aguas. Quito, EC, 51 pp.
18. INPOFOS (Instituto de la Potasa y el Fósforo), SECS (Sociedad Ecuatoriana de la Ciencia del Suelo). 1998. *Memorias del Seminario Internacional de Fertirrigación*. Espinosa, J. Ed. Quito, INPOFOS-SECS, 180–193.
19. INPOFOS (Instituto de la Potasa y el Fósforo). 1997. Manual Internacional de Fertilidad de Suelos. Norcross, Potash&PhosphateInstitute, USA, pp. 1–9.
20. Kjeldahl, J. 1883. NeueMethodezurBestimmung des Stickstoffs in organischenKörpern. ZeitschriftfürAnalytischeChemie 22, 366–382.
21. Landon, J.R. 1984. Tropical Soil Manual. Booker Agriculture International Limited, Londres, UK, 450 pp.
22. Luzuriaga, C. 2001. Curso de Edafología General. Instituto Agropecuario Superior Andino, Facultad de Ciencias Agrícolas. Quito, EC, pp. 33–34.
23. MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería de Costa Rica), IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura); CLIRSEN (Centro de Levantamientos Integrados de Recursos Naturales por Sensores Remotos del Ecuador). 2002. Proyecto de Generación de Información Georeferenciada para el Desarrollo Sustentable del Sector Agropecuario. Quito, EC. (Informe Final).
24. MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería de Costa Rica), MIRENEM (Ministerio de Recursos Naturales Energía y Minas de Costa Rica). 1995. Metodología para la Determinación de la Capacidad de Uso de las Tierras de Costa Rica.
25. MAGAP (Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca de Ecuador); PRAT (Programa de Regulación y Administración de Tierras Rurales). 2008. Metodología de Valoración de Tierras. Quito.
26. Mejía, L. 1997. Mapa General de Clasificación por Capacidad–Fertilidad: Suelos del Ecuador. Quito, EC, Fundación Peña Durini, INPOFOS, IGM, IPGH. 57 pp.
27. Navarro, G., Navarro, S. 2003. Química Agrícola: El Suelo y los Elementos Químicos Esenciales para la Vida Vegetal. Ediciones Mundi-Prensa, 2ª ed., Madrid, ES, pp. 53–79.
28. Olsen, S.R., Cole, C.V., Watanabe, F.S., Dean, L.A. 1954. Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate. USDA Circular 939:1–19. GovernmentPrinting Office, Washington D.C., USA.
29. Porta, J., López-Acevedo, M. 2005. *Agenda de campo de suelos*. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, ES, 541 pp.
30. Porta, J., López-Acevedo, M. y Roquero, C. 2003. Edafología para la Agricultura y el Medio Ambiente. Ed. Mundi-Prensa, 3ª ed., Madrid, ES, 960 pp.
31. Porta, J., López-Acevedo, M., Poch, R. 2008. *Introducción a la Edafología: Uso y Protección del Suelo*. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, ES.
32. Porta, J., López-Acevedo, M., Roquero, C. 1999. Edafología para la Agricultura y el Medio Ambiente. Ed. Mundi-Prensa, 2ª ed., Madrid, ES, 849 pp.
33. PRONAREG–ORSTOM, 1982. *Leyenda de los Mapas Morfopedológicos del Ecuador*. Quito, Esc. 1: 200 000.

34. Rossiter, D.G. 2000. Methodology for Soil Resource Inventories. Lecture Notes and Reference. 2nd revised version. Soil Science Division, International Institute for Aerospace Survey and Earth Science (ITC). Enschede, The Netherlands, 145 pp.
35. Schollenberger, C.J., Simons, R.H. 1945. Determination of exchange capacity and exchangeable bases in soils. *Soil Science* 59, 13–24.
36. SSS-USDA (*Soil Survey Staff, United States Department of Agriculture*). 2006. Claves para la Taxonomía de Suelos (Keysto Soil Taxonomy traducida en español), 10th ed. USDA-Natural Resources Conservation Service, Washington, DC, USA, 330 pp.
37. SSS-USDA (*Soil Survey Staff, United States Department of Agriculture*). 2010. Claves para la Taxonomía de Suelos. 11^a ed. en español (Trad. Ortiz, C.A., Gutiérrez-Castorena, M.C. y Gutiérrez-Castorena, E.V.). Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, Servicio de Conservación de Recursos Naturales. 365 pp.
38. SSS-USDA (*Soil Survey Staff, United States Department of Agriculture*). 1993. Soil Survey Manual. Handbook 18. Soil Conservation Service. U.S. Department of Agriculture, pp. 24.
39. Thompson, L., Troeh, F. 1988. Los Suelos y su Fertilidad. Editorial Reverté S.A. 4 ed. Barcelona, ES, 649 pp.
40. UMACPA (Unidad de Manejo de la Cuenca del Río Paute). 1985. Manejo de la Cuenca del Río Paute. Ecuador. 151 pp.
41. Walkley, A., Black, A. 1934. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Science* 37, 29-38.
42. Winckell, A., Marocco, R., Winter, T., Huttel, C., Pourrut, P., Zebrowski, C., Sourdat, M., 1997b. Los Paisajes Naturales del Ecuador: las Condiciones del Medio Natural. CEDIG-IPGH-ORSTOM-IGM. V.1 (Geografía Básica del Ecuador), Tomo 4 (Geografía Física), Quito, EC, 159 pp.
43. Winckell, A., Zebrowski, C., Sourdat, M. 1997. Los Paisajes Naturales del Ecuador: las Regiones y Paisajes del Ecuador. CEDIG-IPGH-ORSTOM-IGM. V.2 (Geografía Básica del Ecuador), Tomo 4 (Geografía Física), Quito, EC, 417 pp.
44. Yugcha, T. 1992. Mapa de Aptitudes Agrícolas. Ministerio de Agricultura y Ganadería. Programa Nacional de Regionalización Agraria PRONAREG. Quito, EC.
45. Zhang, R. 1997. Determination of soil sorptivity and hydraulic conductivity from the disk infiltrometer. *Soil Science Society of America Journal* 61, 1024–1030.

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Plan de socialización y materiales de difusión

- Protocolo de socialización

- Materiales de difusión

Anexo 2. Fichas de campo

- Fichas de perfil de suelo

- Ficha de infiltración

Anexo 3. Estructura de la base de datos

ANEXO 1. PLAN DE SOCIALIZACIÓN Y MATERIALES DE DIFUSIÓN

- 1.- PROTOCOLO DE SOCIALIZACIÓN
- 2.- MATERIALES DE DIFUSIÓN

Antecedentes

El Proyecto de Levantamiento de Cartografía Temática (LCT) ejecutado por el Consorcio Tracasa-Nipsa, tiene como objetivos específicos la creación de cartografía sobre las siguientes temáticas:

- Cobertura y usos de la tierra
- Sistemas Productivos
- Zonas homogéneas de cultivos
- Geomorfología
- Cartografía Geopedológica
- Capacidad de usos de labranza
- Dificultad de labranza

De las anteriores temáticas, los componentes de Sistemas Productivos y Geopedología son los más sensibles, pues requieren de la cooperación y del apoyo directo de los productores agropecuarios. No obstante, la cantidad necesaria de productores no es masiva; todo lo contrario, la muestra necesaria es pequeña comparada con el tamaño y población rural de las zonas de interés a ser investigadas.

Características del trabajo de campo

El componente Sistemas Productivos requiere realizar encuestas directamente a productores líderes y actores que cuenten con una visión general de la producción generada en las zonas de interés. El componente de Geopedología requiere el consentimiento de los productores para tomar muestras de suelo en algunos predios³ de la zona de interés. La zona de interés geopedológico puede ser tan grande que abarque varias parroquias, mientras que el número de muestras no represente un porcentaje significativo de la población asentada en dicha zona.

Por lo tanto, el número de productores que serán involucrados en el trabajo de campo del Proyecto LCT, es muy reducido comparado con el número total de habitantes de las zonas de interés. No obstante, su participación es en extremo importante para lograr los objetivos específicos del Proyecto.

Contexto del trabajo de campo

Además de las características inherentes al trabajo de campo que debe realizarse, debe tenerse en cuenta el contexto en el que se ejecutará, imprescindible para dimensionar las necesidades de socialización del Proyecto LCT.

Tal vez las zonas de interés más importantes, desde el punto de vista comunicacional, para el Proyecto LCT son los territorios con alta población indígena y las zonas cercanas a la frontera norte. Esto es porque las comunidades indígenas cuentan con sistemas de organización social y de sus territorios muy establecidos; y porque la frontera norte se ha convertido en un escenario de actividades irregulares e ilícitas durante las últimas décadas.

Para el resto del país, las condiciones de contexto pueden resultar más o menos relevantes (como veremos en el presente protocolo), pero para hacer frente al contexto, se contrata personal local

³Por las características técnicas del procesamiento de información geopedológica, los sitios de muestreo y la cantidad de muestras a ser recogidas, no pueden ser determinados sino muy pocos días antes de la salida de campo. Una aproximación a nivel de cantón se genera con un poco más anticipación, para poder preparar la logística general de viaje.

para la movilización y mano de obra, transporte del equipo y herramientas, así como para algunas otras tareas operativas.

Aun así, es necesario contar con un protocolo de socialización acorde a las necesidades y características del trabajo de campo a ser realizado.

Protocolo para la socialización del Proyecto: consideraciones preliminares

Como se explicó en las secciones anteriores, por la naturaleza y contexto del trabajo de campo, la naturaleza de la socialización del Proyecto LCT no debe realizarse de manera masiva. Así, una exposición general de los trabajos que van a realizarse en campo a toda la población de la zona de interés, podría generar expectativas que no pueden ser cubiertas por el Proyecto. Por ejemplo, los productores de la zona de interés geopedológico pueden demandar la toma de muestras de suelo de todos los productores de la parroquia, pues pueden estar interesados de manera personal en conocer la calidad de sus suelos. Evidentemente no sería posible y tampoco es el objetivo del trabajo tomar muestras de suelo de todas las parcelas o fincas de la zona.

Por lo tanto, la socialización requerida para el trabajo de campo del Proyecto LCT no será masiva sino focalizada en actores específicos. Por otro lado, para el caso de sistemas productivos, basta con informantes clave que conozcan la realidad productiva de la zona.

Pasos a seguir para la socialización del Proyecto LCT

De acuerdo con las consideraciones preliminares, los pasos generales a seguir para la socialización del Proyecto LCT, son los siguientes:

- Revisión del PDyOT de las zonas a ser intervenidas para ubicar actores importantes y/o representativos (si los hubiere).
- Contratación de personal operativo local para realizar el trabajo de campo. Este personal deberá conocer la realidad y a los principales actores de la localidad. Los conocimientos de estas personas deberán ser complementados y contrastados con:
- Visita de socialización del Proyecto a las autoridades de la parroquia en donde se realizará el trabajo de campo.
 - Presentación general del Proyecto y de las actividades a realizarse en la zona,
 - Reparto de folletos informativos del Programa, para las autoridades de la Junta,
 - Solicitud de apoyo para identificar a los productores ubicados en los lugares de muestreo y a las personas conocedoras de la realidad productiva de la zona (nombres, datos/formas de contacto, etc.),
 - En caso de no conocerlos, solicitarles los datos de los líderes de recintos y/o comunas,
 - En caso de existir, preguntar por el técnico de “hombro a hombro” (ex-escuela de la revolución agraria) asignado a la parroquia⁴,
 - En caso de no tener técnico de “hombro a hombro” en la parroquia, pedir su colaboración para que alguno de ellos pueda acompañarlos durante los trabajos de campo.

En función de la información y facilidades proporcionadas, se debe pasar a la etapa siguiente de socialización. Si se asigna personal de la Junta para facilitar el trabajo de campo y existe algún técnico del MAGAP que tenga conocimiento sobre el trabajo realizado con los productores, esto puede ser suficiente y no sería necesario realizar mayor socialización en la zona.

Para el caso de territorios indígenas, los pasos a seguir serán los siguientes:

⁴Dado el trabajo de las ERAs, este puede ser un actor clave que facilite el trabajo de campo.

- Revisión del PDyOT de las zonas a ser intervenidas para ubicar asociaciones clave y organizaciones indígenas existentes en el territorio a ser intervenido.
- Visitas de socialización a organizaciones indígenas para socializar el Proyecto
 - Presentación general del Proyecto y de las actividades a realizarse en la zona.
 - Reparto de folletos informativos del Programa, para las autoridades de la organización.
 - Solicitud de apoyo para identificar a los productores ubicados en los lugares de muestreo y a las personas conocedoras de la realidad productiva de la zona (nombres, datos/formas de contacto, etc.).
 - En caso de existir, preguntar por el técnico de “hombro a hombro” (ex-escuela de la revolución agraria) asignado a la parroquia⁵.
 - En caso de no tener técnico de “hombro a hombro” en la parroquia, pedir su colaboración para que alguno de ellos pueda acompañarlos durante los trabajos de campo.

En función de la información y facilidades proporcionadas, se debe pasar a la etapa siguiente de socialización. Si se asigna personal de la Junta para facilitar el trabajo de campo y existe algún técnico del MAGAP que tenga conocimiento sobre el trabajo realizado con los productores, esto puede ser suficiente y no sería necesario realizar mayor socialización en la zona.

Finalmente, para el resto del territorio en donde se desarrollará el trabajo de campo será necesario identificar particularidades (si las hubiere) que deberán ser analizadas para determinar si el protocolo de socialización deberá modificarse.

⁵Dado el trabajo de las ERAs, este puede ser un actor clave que facilite el trabajo de campo.

2.- MATERIALES DE DIFUSIÓN

Cartografía Temática a escala 1:25.000

LA COLABORACIÓN DE LOS HABITANTES Y AUTORIDADES ES FUNDAMENTAL ¡POVO NUESTRAS LABORES!

El Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca (MAGAP), a través de su proyecto Sigtierras, está elaborando, en las diferentes regiones del Ecuador, mapas con información sobre varios temas fundamentales para el desarrollo rural del país.

Estos mapas permitirán que las instituciones públicas nacionales, los gobiernos locales y los ciudadanos interesados identifiquen las potencialidades, vulnerabilidades, necesidades y recursos naturales del territorio, para administrarlo responsable y sustentablemente.

Alcance y objetivos

El levantamiento de Cartografía Temática cubrirá aproximadamente **122.000 km²** del Ecuador, recopilando datos en campo orientados a:

- Identificar las características y potencialidades del suelo en todo el país.
- Caracterizar diversos usos y prácticas agropecuarias.
- Disponer de mapas sobre 12 temas.

Con el fin de:

- Sustentar la toma de decisiones de autoridades y gobiernos.
- Apoyar procesos de planificación y ordenamiento territorial.
- Incentivar el uso eficiente de la información y la tecnología para el diseño de estrategias y programas en el sector rural.

Mapas temáticos para la gestión del territorio

Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca

Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca SIGTIERRAS

¿Qué es la Cartografía Temática?

Es la representación gráfica de las características de un territorio. Muestra particularidades de la región estudiada como: **vegetación, pendientes, tipos de suelos, vías, entre otros.**

Sigtierras, al concluir el levantamiento de cartografía temática, entregará a los gobiernos: nacional, provinciales, municipales, juntas parroquiales, entidades públicas, organizaciones locales y ciudadanos **los mapas temáticos para un mejor manejo del territorio.**

Trabajamos en 12 tipos de mapas temáticos

¡Cuidamos y usamos bien lo que conocemos!

A Suelos
Este proceso determina las aptitudes, limitaciones y la calidad de los suelos.

¿Cómo se hace?
El área representada en Sigtierras muestra vocaciones (calidades) con las que se clasifican los suelos y se comparten resultados para su análisis.

B Cobertura vegetal y uso de la tierra
Sirve para identificar los cultivos y la vegetación existentes para determinar su aprovechamiento.

¿Cómo se hace?
Mediante observaciones en campo, registramos el uso de la tierra y los tipos de cultivos.

C Tipos de producción
Determina las principales prácticas agropecuarias, es decir, la manera en que el productor maneja y aprovecha la tierra.

¿Cómo se hace?
Realizamos encuentros a los productores sobre prácticas y recursos que usan en la producción.

Nuestro personal siempre está debidamente uniformado. Tus respuestas y ayuda facilitan su trabajo.

¡Saludo amigable y tarjeta de identificación!

Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca

Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca SIGTIERRAS

¿Qué es una calicata y cuáles son los pasos para realizarla?

Calicata es una excavación que se hace en el suelo de 1m de ancho x 1m de alto y x 1,5mts de profundidad.

Permite apreciar las características del suelo para determinar su capacidad productiva.

Se realizarán de 2 a 3 visitas con una duración aproximada de 2 a 5 horas.

Av. Eloy Alfaro N30-350 y Av. Amazonas, Quito - Ecuador
Tel: (593) 250 4680
Fax: (593) 250 2004
www.magap.gob.ec

Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca

Con la autorización del propietario procedemos a:

Realizar una calicata. este proceso determina claramente: aptitudes, limitaciones y calidad del suelo.

- Selección de un sitio representativo y excavación de la calicata.**
- Arribo del personal de técnicos, equipos e instrumentos a utilizar.**
- Descripción del suelo y registro de los datos.**
- Recolección de muestras para su análisis posterior.**

Beneficios:

- Los procedimientos para este estudio del suelo no tiene ningún costo para el propietario del predio intervenido.
- Nuestros técnicos explicarán, a medida que avance el trabajo, las características del suelo al propietario del predio intervenido.
- Los resultados de los análisis de suelo estarán a disposición del propietario y permitirán construir los mapas de suelos de su zona.

Importante

Las calicatas se realizan en **sectores y predios representativos** de la zona rural donde trabaja Sigtierras.

Nuestro personal siempre está debidamente uniformado (chaqueta amarilla y tarjeta de identificación).

Cada calicata que se realice, será debidamente cerrada por nuestro personal.

ANEXO 2. FICHAS DE CAMPO

1.- FICHA DE PERFIL DEL SUELO

2.- FICHA DE INFILTRACIÓN

LEVANTAMIENTO DE CARTOGRAFÍA TEMÁTICA
ESCALA 1 : 25 000

DESCRIPCIÓN DEL PERFIL DEL SUELO



1. UBICACIÓN

1.1. DIVISIÓN POLÍTICO ADMINISTRATIVA

PROVINCIA
CANTÓN
PARROQUIA
SITIO

1.2. LOCALIZACIÓN (UTM, WGS84 Zona 17S)

COORD. X: m
COORD. Y: m
ALTITUD m.snm.
Punto GPS

2. REGISTRO DE LA OBSERVACIÓN

2.1. CÓDIGO:

2.3. AUTORES:

2.2. FECHA DE DESCRIPCIÓN:

2.4. NOMBRE DE
CARTA Y/O ORTOFOTO

FOTO PANORÁMICA

FOTO DEL PERFIL

3. FACTORES DE FORMACIÓN DEL SUELO

3.1. REGÍMENES CLIMÁTICOS DEL SUELO

3.1.1. TEMPERATURA

IF ☐ Isotrigido
IM ☐ Isomésico
IT ☐ Isotérmico
IH ☐ Isohipotérmico

3.1.2. HUMEDAD

A ☐ Acuico
P ☐ Perúctico
U ☐ Úctico
US ☐ Úctico
AR ☐ Aridico (Tórrico)

3.2. INUNDACIÓN

3.2.1. MES DE INICIO

3.2.2. DURACIÓN (en meses)

3.3. PERÍODO DE LLUVIA 1

3.3.1. MES DE INICIO

3.3.2. MES DE FIN

3.4. PERÍODO DE LLUVIA 2

3.4.1. MES DE INICIO

3.4.2. MES DE FIN

3.4. GEOMORFOLOGÍA

3.4.1. MORFOLOGÍA

3.4.3. GEOLOGÍA

PENDIENTE LOCAL

3.4.2. PENDIENTE

GENERAL

1 ☐ Plana 0 a 2 %
2 ☐ Muy suave 2 a 5 %
3 ☐ Suave 5 a 12 %
4 ☐ Media 12 a 25 %
5 ☐ Media a Fuerte 25 a 40 %
6 ☐ Fuerte 40 a 70 %
7 ☐ Muy fuerte 70 a 100 %
8 ☐ Escarpada > a 100 %
9 ☐ Muy Escarpada 150 a 200 %
10 ☐ Abrupta > a 200 %

3.5. USO DE LA TIERRA Y VEGETACIÓN

3.5.1. USO DE LA TIERRA

3.5.2. CULTIVOS

3.5.3. INFLUENCIA HUMANA

3.5.4. VEGETACIÓN

4. DESCRIPCIÓN DEL SUELO

4.1. CARACTERÍSTICAS DE LA SUPERFICIE

4.1.1. AFLORAMIENTO ROCOSO

Cod Cobertura (%)
S ☐ Sin 0
MP ☐ Muy pocas <10
P ☐ Poca 10-25
F ☐ Frecuente 25-50
A ☐ Abundantes 50-75
R ☐ Pedregoso o rocoso >75

Cod Distancia (m)
1 ☐ > 50
2 ☐ 20-50
3 ☐ 5-20
4 ☐ 2-5
5 ☐ < 2

Cod Dureza
1 ☐ Duro
2 ☐ Moderado
3 ☐ Blando

4.1.2. FRAGMENTOS GRUESOS (PEDREGOSIDAD)

Cod Clases de tamaño (cm)
F ☐ Grava fina 0,2-0,6
M ☐ Grava media 0,6-2,0
C ☐ Grava gruesa 2,0-6,0
S ☐ Piedras 6,0-20,0
L ☐ Cantos 20,0-60,0
B ☐ Cantos grandes > a 60

Cod Cobertura (%)
S ☐ Sin 0
MP ☐ Muy pocas <10
P ☐ Poca 10-25
F ☐ Frecuente 25-50
A ☐ Abundantes 50-75
R ☐ Pedregoso o rocoso >75

Cod Dureza
1 ☐ Duro
2 ☐ Moderado
3 ☐ Blando

4.1.3. EROSIÓN

CATEGORÍA

GRADO

S ☐ Ligero
M ☐ Moderado
V ☐ Severo
E ☐ Extremo

SUPERFICIE

Cod %
0 ☐ 0
1 ☐ 0-5
2 ☐ 5-10
3 ☐ 10-25
4 ☐ 25-50
5 ☐ > 50

GRADO

1 ☐ Baja
2 ☐ Media
3 ☐ Alta
4 ☐ Muy Alta

Aspectos Antropicos

1 ☐ Uso Inadecuado de maquinaria
2 ☐ Quema
3 ☐ Deforestación
4 ☐ Urbanización - Uso residencia
5 ☐ Uso Industrial
6 ☐ Otros

4.1.4. ENCOSTRAMIENTO

Cod Grosor (mm)

N ☐ Ninguno
F ☐ Delgado < 2
M ☐ Medio 2-5
C ☐ Grueso 5-20
V ☐ Muy grueso > 20

Cod Consistencia

S ☐ Ligeramente duro
H ☐ Duro
V ☐ Muy duro
E ☐ Extremadamente duro

4.1.5. GRIETA

Cod Ancho (cm)

N ☐ Ninguno 0
F ☐ Fino < 1
M ☐ Medio 1-2
W ☐ Ancho 2-5
V ☐ Muy ancho 5-10
E ☐ Extremadamente ancho >10

Cod Distancia entre grietas (cm)

C ☐ Muy estrechamente espaciado < 20
D ☐ Estrechamente espaciado 20-50
M ☐ Moderadamente espaciado 50-200
W ☐ Ampliamente espaciado 200-500
V ☐ Muy espaciado > 500

Cod Profundidad (cm)

S ☐ Superficial < 20
D ☐ Media 20-50
V ☐ Profundo > 50

4.1.6. PERMEABILIDAD

ESCORRENTÍA

L ☐ Lento
N ☐ Normal
R ☐ Rápido

DRENAJE NATURAL

E ☐ Excesivo
B ☐ Bueno
M ☐ Moderado
X ☐ Mal drenado

4.1.7. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA SUPERFICIE

4.2. HORIZONTES Y/O CAPAS

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

	POROSIDAD			Raíces	ACT. BIOLÓGICA	Frag. Gruesos	pH	T °C	C.E. dS/m	Reacción al NaF	Reacción al H ₂ O ₂	Reacción al HCl	ACUMULACIONES DE CALCIO Y/O YESO			FORMACIONES ESPECIALES			LÍMITES		Tipo de horizonte	Tipo de análisis
	Abundancia	Tamaño	Tipo (forma)		Otros Rasgos								Cantidad	Forma	Composición	Revestimientos	Cementación Compacta	Con. Minerales	Distinción	Topografía		
1				Abundancia	Tipo	Tipo										Abundancia	Naturaliza	Tipo			Epipedón u Horizonte diagnóstico	Tipos de análisis
				Abundancia												Naturaliza	Naturaliza	Naturaliza				
				Abundancia												Localización	Continuidad	Abundancia				
				Abundancia																		
2				Abundancia	Tipo	Tipo										Abundancia	Naturaliza	Tipo			Epipedón u Horizonte diagnóstico	Tipos de análisis
				Abundancia												Naturaliza	Naturaliza	Naturaliza				
				Abundancia												Localización	Continuidad	Abundancia				
				Abundancia																		
3				Abundancia	Tipo	Tipo										Abundancia	Naturaliza	Tipo			Horizonte diagnóstico	Tipos de análisis
				Abundancia												Naturaliza	Naturaliza	Naturaliza				
				Abundancia												Localización	Continuidad	Abundancia				
				Abundancia																		
4				Abundancia	Tipo	Tipo										Abundancia	Naturaliza	Tipo			Horizonte diagnóstico	Tipos de análisis
				Abundancia												Naturaliza	Naturaliza	Naturaliza				
				Abundancia												Localización	Continuidad	Abundancia				
				Abundancia																		
5				Abundancia	Tipo	Tipo										Abundancia	Naturaliza	Tipo			Horizonte diagnóstico	Tipos de análisis
				Abundancia												Naturaliza	Naturaliza	Naturaliza				
				Abundancia												Localización	Continuidad	Abundancia				
				Abundancia																		

4.3. OTRAS CARACTERÍSTICAS

--

4.4. PROFUNDIDAD NIVEL FREÁTICO

Etiqueta
cm

4.5. PROFUNDIDAD EFECTIVA

Etiqueta
cm

4.6. CLASIFICACIÓN EN CAMPO

Soil Taxonomy 2006
Código del Perfil Modal

FIRMA DE RESPONSABILIDAD

FIRMA DE SUPERVISIÓN

1. UBICACIÓN

1.1. DIVISIÓN POLÍTICO ADMINISTRATIVA

PROVINCIA
CANTÓN
PARROQUIA
SITIO

1.2. LOCALIZACIÓN (UTM, WGS84 Zona 17S)

COORD. X: m
COORD. Y: m
ALTITUD m.snm.
Punto GPS

2. REGISTRO DE LA OBSERVACIÓN

2.1. CÓDIGO:
2.2. FECHA DE DESCRIPCIÓN:
2.3. AUTORES:
2.4. NOMBRE DE CARTA Y/O ORTOFOTO

MÉTODO DEL DOBLE ANILLO O DE MUNTZ

[illegible]

MÉTODO DEL MINI DISCO

[illegible]

FIRMA DE RESPONSABILIDAD

FIRMA DE SUPERVISIÓN

ANEXO 3. ESTRUCTURA DE LA BASE DE DATOS

Introducción

La cartografía digital generada en este Proyecto recoge la información de la Base de Datos Geográfica del Consorcio Tracasa-Nipsa, donde se recopila toda la información de la temática de Geopedología del Proyecto de Levantamiento de Cartografía a escala 1:25.000, Lotes 1 y 2.

La entrega se realiza en formato de Geodatabase para cada una de las hojas 50M, constituida por una serie de tablas, entre las que cabe distinguir varios tipos:

- **Tablas de datos brutos:** contienen la información recopilada en campo y la del laboratorio.
- **Tabla de datos para cartografía temática:** contiene la información de las 26 variables vinculadas a cada una de las calicatas realizadas que se emplean para dar contenido a la cartografía generada (Mapa Geopedológico y resto de mapas temáticos).
- **Tablas de atributos o dominios:** Cada uno de los datos obtenidos en campo y en laboratorio vienen definidos por códigos numéricos, de forma que su traducción se realiza a través de tablas de dominios, incluidas también en la Geodatabase. Así, se presenta un largo listado de tablas que traducen los campos tanto de la base de datos de la temática de Geopedología como de las temáticas de Geomorfología y Cobertura y uso de la tierra.

A continuación se detalla la relación de tablas de datos y las relaciones existentes entre ellas.

Tablas de datos brutos

VW_FICHA_SUELO

La tabla VW_FICHA_SUELO contiene la información general referente a la calicata, tanto la heredada de la capa geomorfológica como aquella tomada en campo.

El campo referencial de esta tabla es “CodigoFicha”, que se refiere al código asignado a la calicata. A partir de este campo es posible vincular esta tabla con la capa de puntos de los perfiles descritos mediante los campos referenciales “CodigoFicha” ↔ “Id”.

Cada campo lleva asociado una tabla de atributos, en la que se presentan las opciones posibles para cada atributo y la codificación numérica-alfanumérica. La descripción de cada uno de los campos se detalla en el Excel adjunto (Descripción_Tablas_CD).

VW_FICHA_SUELO
CodigoFicha
fechan
Responsable
coord_x
coord_y
altitud
DES_PROVINCIA
DES_CANTON
DES_PARROQUIA
Foto_Panoramica
Foto_Panoramica2
Foto_PerfilCampo
Foto_PerfilCampo2
Tem_descripcion
Hum_descripcion
mes_inun_ocurrencia
DesInundacion
RanInundacion
mesPeriodoLluvia
mesDuracionLluvia
FORMA DE RELIEVE
des_forGeologica
pen_local
des_PendienteGeneral
Uso
Cultivo
Des_Influencia
Des_Tipo_Vegetacion
Des_Vegetacion
des_ARCobertura
por_ARCobertura
por_ARDistancia
cod_ARDureza
des_ARDureza
des_FGCTamano
ran_FGCTamano
des_FGCobertura
ran_FGCobertura
cod_FGDureza
cat2_Ecategoria
des_EGrado
ran_ESuperficie
des_EGrado Antropico
des_EAntropico

VW_FICHA_SUELO
des_ENGrosor
mm_ENGrosor
des_ENConsistencia
des_GAncho
ran_GAncho
des_GDistancia
ran_GDistancia
des_GProfundidad
ran_GProfundidad
PermeabilidadEscorrentia
PermeabilidadDrenajeNatural
DescripGeneralSup
Etiqueta
Descripcion
ProfundidadNivelFreaticoValor
OtrasCaracteristicas
ProfundidadEfectiva
DescripciónPE
ProfundidadEfectivaValor
Orden1
Suborden1
GranGrupo1
SubGrupo1
Clave1
Orden2
Suborden2
GranGrupo2
SubGrupo2
Clave2
Orden3
Suborden3
GranGrupo3
SubGrupo3
Clave3
Observaciones
Edafólogo



VW FICHA HORIZONTES SUELOS

La tabla VW_FICHA_HORIZONTES_SUELOS contiene la información levantada en campo referente a los horizontes del perfil. Esta tabla se relaciona con la tabla anterior, VW_FICHA_SUELO, a través del campo "CodigoFicha" ↔ "CodigoFicha". En este caso la relación será de uno a muchos (una calicata con varios horizontes).

Cada campo lleva una tabla de atributos asociada, en la que se presentan las opciones posibles para cada atributo y la codificación numérica-alfanumérica. La descripción de cada uno de los campos se detalla en el Excel adjunto (Descripción_Tablas_CD).

VW_FICHA_HORIZONTES_SUELOS
CodigoFicha
No_Horizonte
simbolo
profundidad
ColorEnCampoPrincipalSClave
ColorEnCampoPrincipalSDescripcion
ColorEnCampoSecundarioSClave
ColorEnCampoSecundarioSDescripcion
ColorEnCampoPrincipalHClave
ColorEnCampoPrincipalHDescripcion
ColorEnCampoSecundarioHClave
ColorEnCampoSecundarioHDescripcion
MoteadosPrincipalColorClave
MoteadosPrincipalColorDescripcion
MoteadosPrincipalAbundancia
MoteadosPrincipalTamano
MoteadosPrincipalContraste
MoteadosPrincipalLimites
MoteadosSecundarioColorClave
MoteadosSecundarioColorDescripcion
MoteadosSecundarioAbundancia
MoteadosSecundarioTamano
MoteadosSecundarioContraste
MoteadosSecundarioLimites
tip_OCTipo
Tam_descripcion
Des_EstGrado
Des_Textura
tip_OCConsistencia S
des_OCConsistencia S
tip_OCConsistencia H
des_OCConsistencia H
tip_OCConsistencia MA
des_OCConsistencia MA
tip_OCConsistencia MP
des_OCConsistencia MP
des_Compacid
Crite_Compacid
des_OCHSuelo
PorosidadAbundanciaDes
PorosidadAbundanciaRan

VW_FICHA_HORIZONTES_SUELOS
PorosidadTamanoDes
PorosidadTamanoRan
des_PTipo
RaicesVF
RaicesF
RaicesM
RaicesC
OtrosRasgosTipo
OtrosRasgosAbundancia
des_CPFAbundancia
ran_CPFAbundancia
des_CPFTipo
cla_CPFMeteorizacion
des_CPFMeteorizacion
pH
TC
CE
cla_naf
des_naf
EtiquetaAgua
DesAgua
ran_CCarbonatos
des_CContenido
ran_CCantidad
des_CFormas
des_YContenido
des_YFormas
des_LSDistincion
ran_LSDistincion
des_LSTopografia
des_CRAbundacia
ran_CRAbundacia
des_CRNaturaleza
Des_CRLocalizacion
des_OCCCompacta3
tip_OCCCompacta
des_CMinerales2
des_CMinerales3
Des_CRAbundancia
des_Hdiagnostico

VW_FICHA_SUELO_INFILTRACIÓN y VW_FICHA_SUELO_INFILTRACIÓN DOBLEANILLO

La tabla VW_FICHA_SUELO_INFILTRACION contiene información general del entorno donde se realiza la prueba de infiltración de doble anillo, mientras que la tabla VW_FICHA_SUELO_INFILTRACIÓN DOBLEANILLO contiene los datos recogidos durante el ensayo de infiltración en campo.

La Tabla VW_FICHA_SUELO_INFILTRACION se relaciona con la tabla VW_FICHA_SUELO a través del campo "CodigoFicha_Suelo" $\leftrightarrow$ "CodigoFicha" y esta, a su vez, se relaciona con la Tabla VW_FICHA_SUELO_INFILTRACIÓN DOBLEANILLO mediante el campo "CodigoFicha" $\leftrightarrow$ "CodigoFicha_Suelo_Infiltracion".

Cada campo lleva una tabla de atributos asociada, en la que se presentan las opciones posibles para cada atributo y la codificación numérica-alfanumérica. La descripción de cada uno de los campos se detalla en el Excel adjunto (Descripción_Tablas_CD).

VW_FICHA_SUELO_INFILTRACION
CodigoFicha
CodigoFicha_Suelo
fechan
Responsable
Coor_X
Coor_Y
altitud
DES_PROVINCIA
DES_CANTON
DES_PARROQUIA
FORMA DE RELIEVE
des_forGeologica
des_PendienteGeneral
pen_local
des_FGCobertura
ran_FGCobertura
des_FGCTamano
ran_FGCTamano
cod_FGDureza
des_ENGrosor
mm_ENGrosor
des_ENConsistencia
des_GAncho
ran_GAncho
des_GDistancia
ran_GDistancia
des_GProfundidad
ran_GProfundidad
PermeabilidadEscorrenti
PermeabilidadDrenajeNatura
Des_Textura
Cod_Succion
des_Compacid
Crite_Compacid
Observaciones

VW_FICHA_SUELO_INFILTRACION DOBLEANILLO
CodigoFicha_Suelo_Infiltracion
Id
TiempoAcumulado
NivelAgua
NivelRecuperacionAgua

VW FICHA SUELO MINIDISCO

La tabla VW_FICHA_SUELO_MINIDISCO contiene las lecturas de infiltración en campo realizadas con el infiltrómetro de Minidisc para cada calicata.

La Tabla VW_FICHA_SUELO_MINIDISCO se relaciona con la Tabla VW_FICHA_SUELO mediante el campo “CodigoFicha” ↔ “CodigoFicha”.

La descripción de cada uno de los campos se detalla en el Excel adjunto (Descripción_Tablas_CD).

VW_FICHA_SUELO_MINIDISCO
CodigoFicha
Tiempo
Volumen
Infiltracion

VW_FICHA_SUELO_HORIZONTES_MUESTRAS

La Tabla VW_FICHA_SUELO_HORIZONTES_MUESTRAS contiene información básica sobre las muestras de suelo que se han tomado en campo y en ella se especifica el tipo de análisis solicitado.

La tabla VW_FICHA_SUELO_HORIZONTES_MUESTRAS se relaciona con la Tabla VW_FICHA_SUELO mediante el campo "CodigoFicha" $\leftrightarrow$ "CodigoFicha".

La descripción de cada uno de los campos se detalla en el Excel adjunto (Descripción_Tablas_CD).

VW_FICHA_SUELO_HORIZONTES_MUESTRAS
CodigoFicha
No_Horizonte
Codigo_muestra
AnalisisTipoA
AnalisisTipoB
AnalisisF1
AnalisisF2
AnalisisTipoC
AnalisisOx
AnalisisP
AnalisisTipoS

VW_SUELO_MUESTRAS_LABORATORIO

La tabla VW_SUELO_MUESTRAS_LABORATORIO contiene la información procedente de los análisis de suelos realizados en los laboratorios. Esta tabla se relaciona con la tabla VW_FICHA_SUELO a través del campo "CodigoFicha" $\leftrightarrow$ "CodigoFicha".

Al igual que las otras tablas de datos, existen campos que llevan asociada una tabla de atributos en la que se presentan las opciones posibles y la codificación numérica-alfanumérica. Los campos que contienen lecturas del laboratorio no presentan tablas de atributos asociadas, ya que se trata de valores numéricos y no de rangos.

La descripción de cada uno de los campos se detalla en el Excel adjunto (Descripción_Tablas_CD).

VW_SUELO_MUESTRAS_LABORATORIO		VW_SUELO_MUESTRAS_LABORATORIO
CodigoFicha	→	CC
Codigo_muestra		PMP
Codigo_laboratorio		Retencion_P
Profundidad		EPS_Ph
pH		EPS_CE
CE		EPS_Na
MO		EPS_K
OLSEN_N		EPS_Ca
OLSEN_P		EPS_Mg
OLSEN_K		EPS_Carbonatos
OLSEN_Ca		EPS_Bicarbonatos
OLSEN_Mg		EPS_Sulfatos
AcNH4_SaturacionBases		EPS_Cloruros
AcNH4_CIC		EPS_PSI
AcNH4_Na		EPS_RAS
AcNH4_K		Ox_Ph
AcNH4_Ca		AnalisisTipoA
AcNH4_Mg		AnalisisTipoB
AcNH4_SumaBases		AnalisisTipoS
Acidez_Libre		AnalisisTipoC
Aluminio_Intercambiable		AnalisisOx
Carbonatos_Totales		AnalisisP
Arena		AnalisisF1
Limo		AnalisisF2
Arcilla		Laboratorio
Clase_Textural		
Da_r1		
Da_r2		
Da_r3		

Tabla de datos para cartografía temática

[Hoja] Geopedologia

La tabla [Hoja]_Geopedologia contiene las 26 variables de cada una de las calicatas realizadas que se emplean en la generación de la cartografía. Algunas de estas variables se heredan directamente de las tablas de datos brutos (VW_FICHA_SUELO, VW_FICHA_HORIZONTES_SUELOS y VW_SUELO_MUESTRAS_LABORATORIO); mientras que otras se calculan a partir de los datos, como son la toxicidad y la fertilidad.

Además, esta tabla contiene también la información referente a la cartografía temática generada en el Proyecto sobre capacidad de uso de las tierras (cag), dificultad de labranza (cla), amenaza a erosión hídrica (aeh) y velocidad de infiltración (vicc).

El campo referencial de esta tabla es "cft", que se refiere al código asignado a la calicata y coincide con el campo "CodigoFicha" de las tablas de datos brutos.

La descripción de cada uno de los campos se detalla en el Excel adjunto (Descripción_Tablas_CD).

Esta tabla es descriptiva por sí misma, es decir, la explicación de los códigos empleados para cada una de las variables viene en la columna adyacente, de manera que tendremos, para cada una de las variables, las cuatro columnas siguientes:

- var1 → código numérico asignado a la variable
- var1_simb → símbolo asignado a la clasificación de la variable
- var1_etiq → descripción del valor de la variable
- var1_desc → explicación del valor de la variable

[Hoja]_Geopedología	[Hoja]_Geopedología
OBJECTID	cft
Shape	sgt_simb
Region	sgt_etiq
Geoforma	s10_simb
Formacion	s10_etiq
Litologia	tsu
Pendiente	tsu_simb
DesnivelRelativo	tsu_etiq
LongitudVertiente	tsu_desc
DensidadDrenaje	tpr
FormaDrenaje	tpr_simb
FormaValle	tpr_etiq
FormaCima	tpr_desc
FormaVertiente	dna
DominioFisiografico	dna_simb
ContextoMorfologico	dna_etiq
Genesis	dna_desc

[Hoja]_Geopedología
ci1
ci1_simb
ci1_etiq
ci1_desc
sab
sab_simb
sab_etiq
sab_desc
fet
fet_simb
fet_etiq
fet_desc
inu
inu_simb
inu_etiq
inu_desc
vic
vic_simb
vic_etiq
vic_desc
vic_valor
vicc
cge
ard
txt
vir
vir_simb
vir_etiq
vir_desc
vimd
vimd_simb
vimd_etiq
vimd_desc
cag
cag_simb
cag_etiq
cag_desc
fla
udm
cob_aeh
tex_aeh
pef_aeh
pen_aeh
mos_aeh

[Hoja]_Geopedología
pef
pef_simb
pef_etiq
pef_desc
ped
ped_simb
ped_etiq
ped_desc
ar
ar_simb
ar_etiq
ar_desc
eg
eg_simb
eg_etiq
eg_desc
tox
tox_simb
tox_etiq
tox_desc
phs
phs_simb
phs_etiq
phs_desc
sal
sal_simb
sal_etiq
sal_desc
pnf
pnf_simb
pnf_etiq
pnf_desc
rts
rts_simb
rts_etiq
rts_desc
rhs
rhs_simb
rhs_etiq
rhs_desc
mos
mos_simb
mos_etiq
mos_desc

[Hoja]_Geopedología
lye_aeh
fve_aeh
gpv_aeh
ise_aeh
ise_etiq
lmf_aeh
lmf_etiq
aeh
scla
ula
cla
fcode
descripcion
OID
vicc_simb
vicc_etiq
vicc_desc
cla_simb
cla_etiq
cla_desc
Shape_Length
Shape_Area
C_indirect

UEDAFICA_SEC

La tabla UEDAFICA_CUT_SEC es similar a la anterior, [Hoja]_Geopedologia, ya que contiene las 26 variables empleadas en la generación de la cartografía temática; sin embargo, en vez de estar referida a las calicatas principales, es decir, a aquellas que caracterizan las unidades edáficas del mapa, contiene información de las llamadas “calicatas secundarias”, perfiles que no informan la cartografía pero sí se utilizan para indicar la variabilidad que existe en la unidad edáfica.

En este caso, como estas calicatas no se emplean ni para la generación de la cartografía geopedológica, ni para la cartografía temática (velocidad de infiltración, capacidad de uso de las tierras, dificultad de labranza y amenaza de erosión hídrica), los campos que contienen información a este respecto aparecen sin información.

Un campo importante de esta tabla es el campo adicional “CalicataPrin”, en el que se hace referencia a la calicata principal a la que se asigna cada una de las calicatas secundarias.

La descripción de cada uno de los campos de esta Tabla, si bien son prácticamente los mismos que los de la Tabla [Hoja]_Geopedologia, se encuentran detallados en el Excel adjunto (Descripción_Tablas_CD).

UEDAFICA_CUT_SEC
OBJECTID
Origoid
fcode
descripcion
Tipo
cue
cft
sgt_simb
sgt_etiq
s10_simb
s10_etiq
tsu
tsu_simb
tsu_etiq
tsu_desc
tpr
tpr_simb
tpr_etiq
tpr_desc
dna
dna_simb
dna_etiq
dna_desc
pef
pef_simb
pef_etiq
pef_desc

UEDAFICA_CUT_SEC
ped
ped_simb
ped_etiq
ped_desc
ar
ar_simb
ar_etiq
ar_desc
eg
eg_simb
eg_etiq
eg_desc
tox
tox_simb
tox_etiq
tox_desc
phs
phs_simb
phs_etiq
phs_desc
sal
sal_simb
sal_etiq
sal_desc
pnf
pnf_simb
pnf_etiq

UEDAFICA_CUT_SEC
pnf_desc
rts
rts_simb
rts_etiq
rts_desc
rhs
rhs_simb
rhs_etiq
rhs_desc
mos
mos_simb
mos_etiq
mos_desc
ci1
ci1_simb
ci1_etiq
ci1_desc
sab
sab_simb
sab_etiq
sab_desc
fet
fet_simb
fet_etiq
fet_desc
inu
inu_simb
inu_etiq
inu_desc
vic
vic_simb
vic_etiq
vic_desc
vic_valor
vicc
cge
ard
txt
vir
vir_simb
vir_etiq

UEDAFICA_CUT_SEC
vir_desc
vimd
vimd_simb
vimd_etiq
vimd_desc
cag
cag_simb
cag_etiq
cag_desc
fla
udm
IdCalicata1
IdCalicata2
cob_aeh
tex_aeh
pef_aeh
pen_aeh
mos_aeh
lve_aeh
fve_aeh
gpv_aeh
ise_aeh
ise_etiq
lmf_aeh
lmf_etiq
aeh
cla
cla_simb
cla_etiq
cla_desc
scla
ula
vicc_simb
vicc_etiq
vicc_desc
C_indirect
CalicataPrin

Tablas de atributos o dominios

En el documento final de la cartografía digital se presentan también una serie de tablas de dominios que permiten traducir los códigos numéricos empleados en algunas de las tablas. Entre todas estas

En el siguiente cuadro se presenta un listado de las tablas de dominios, los datos de la tabla [Hoja]_Geopedologia. que verdaderamente pueden ser necesarias, así como el tipo de información que traducen.

Tablas de atributos o dominios	Contenido de las tablas
D_AEH	Dominios para definir las clases de amenaza a erosión hídrica
D_AR	Dominios para definir la abundancia de los afloramientos rocosos
D_CAG	Dominios para definir las clases de capacidad de uso de las tierras
D_CI1	Dominios para definir la capacidad de intercambio catiónico
D_CLA	Dominios para definir las clases de dificultad de labranza
D_DNA	Dominios para definir el tipo de drenaje
D_EG	Dominios para definir la abundancia de elementos gruesos
D_FET	Dominios para definir la clasificación de la fertilidad
D_IMF	Dominios para definir el Índice Modificado de Fourier
D_INU	Dominios para definir los periodos de inundación
D_ISE	Dominios para definir el Índice de Susceptibilidad a la Erosión
D_MOS	Dominios para definir el contenido en materia orgánica
D_PED	Dominios para definir la pedregosidad
D_PEF	Dominios para definir la profundidad efectiva
D_PHS	Dominios para definir los suelos en función de sus valores de pH
D_PNF	Dominios para definir la profundidad del nivel freático
D_RHS	Dominios para definir el régimen de humedad del suelo
D_RTS	Dominios para definir el régimen de temperatura del suelo
D_SAB	Dominios para definir la saturación en bases en el complejo de cambio
D_SAL	Dominios para definir la salinidad
D_TOX	Dominios para definir la toxicidad
D_TPR	Dominios para definir la textura en profundidad
D_TSU	Dominios para definir la textura del horizonte superficial
D_VIC	Dominios para definir la velocidad de infiltración calculada
D_VIMD	Dominios para definir la velocidad de infiltración del minidisco
D_VIR	Dominios para definir la velocidad de infiltración real del doble anillo
Edafólogos	Código numérico asignado a cada edafólogo
GEO_CONTEXTOMORFOLOGICO	Dominios para definir los diferentes Contextos Morfológicos
GEO_DEPOSITOS_SUPERFICIALES	Dominios para definir los depósitos superficiales
GEO_DESNIVEL_RELATIVO	Dominios para definir el desnivel relativo del terreno
GEO_FORMA_CIMA	Dominios para definir las formas de las cima
FORMA_VALLE	Dominios para definir las formas de valle
FORMA_VERTIENTE	Dominios para definir las formas de vertiente
GEO_LITOLOGIA	Dominios para definir la litología del terreno
GEO_LONGITUD_VERTIENTE	Dominios para definir la longitud de las vertientes

Tablas de atributos o dominios	Contenido de las tablas
Laboratorios	Código asignado a cada uno de los laboratorios
S_ACT_BIOLOGICA_OTROS_RASGOS	Dominios para definir la cantidad de actividad biológica del suelo
S_ACT_BIOLOGICA_OTROS_RASGOS2	Dominios para definir el tipo de actividad biológica del suelo
S_ACT_BIOLOGICA_RAICES_ABUNDANCIA	Dominios para definir la cantidad de raíces en el suelo
S_AGUAOXIGENADA	Dominios para definir el tipo de reacción al agua oxigenada
S_AR_COBERTURA	Dominios para definir la abundancia de los afloramientos rocosos
S_AR_DISTANCIA	Dominios para definir la distancia entre los afloramientos rocosos
S_AR_DUREZA	Dominios para definir la dureza de los afloramientos rocosos
S_CANTON	Códigos asignados a los distintos cantones
S_CARBONATOS_CANTIDAD	Dominios para definir la cantidad de carbonatos secundarios
S_CARBONATOS_FORMAS	Dominios para definir la forma en que se presentan los carbonatos secundarios
S_COLOR_CAMPO	Dominios para definir el color de los horizontes de suelo
S_COMPACID	Dominios para definir la compacidad
S_CON_CEMENTACION_CONTINUIDAD	Dominios para definir la continuidad de los horizontes cementados
S_CON_CEMENTACION_NATURALEZA	Dominios para definir la naturaleza de los materiales cementantes
S_CON_MINERALES_ABUNDANCIA	Dominios para definir la abundancia de las concreciones minerales
S_CON_MINERALES_NATURALEZA	Dominios para definir la naturaleza de las concreciones minerales
S_CON_MINERALES_TIPO	Dominios para definir el modo en que se presentan las concreciones minerales
S_CON_REVESTIMIENTO_ABUNDANCIA	Dominios para definir la abundancia de los revestimientos
S_CON_REVESTIMIENTO_LOCALIZACION	Dominios para definir la localización de los revestimientos
S_CON_REVESTIMIENTO_NATURALEZA	Dominios para definir la naturaleza de los revestimientos
S_CP_FRAGMENTOS_ABUNDANCIA	Dominios para definir la abundancia de fragmentos rocosos
S_CP_FRAGMENTOS_METEORIZACION	Dominios para definir el grado de meteorización de los fragmentos rocosos
S_CP_FRAGMENTOS_TIPO	Dominios para definir el tipo (tamaño) de los fragmentos rocosos
S_CULTIVOS	Código asignado a cada tipo de cultivo
S_EANTROPICO	Dominios para definir el tipo de erosión antrópica
S_EANTROPICO_GRADO	Dominios para definir el grado de erosión antrópica
S_ENCONSTRAMIENTO_CONSISTENCIA	Dominios para definir la consistencia de los encostramientos
S_ENCOSTRAMIENTO_GROSOR	Dominios para definir el grosor de los encostramientos
S_EROSION_CATEGORIA	Dominios para definir el tipo de erosión al que está sometido el suelo
S_EROSION_GRADO	Dominios para definir el grado de erosión al que está sometido el suelo
S_EROSION_SUPERFICIE	Dominios para definir la superficie de suelo erosionada
S_FG_CLASETAMANO	Dominios para definir el tamaño de los fragmentos gruesos
S_FG_COBERTURA	Dominios para definir la abundancia de los fragmentos gruesos
S_FG_DUREZA	Dominios para definir la dureza de de los fragmentos gruesos
S_FORMACION_GEOLOGICA	Código asignado a las distintas formaciones geológicas descritas

Tablas de atributos o dominios	Contenido de las tablas
S_GEOMORFOLOGIA	Código asignado a las diferentes geoformas
S_GRIETA_ANCHO	Dominios para definir el ancho de las grietas del suelo
S_GRIETA_DISTANCIA	Dominios para definir la distancia que separa a las grietas del suelo
S_GRIETA_PROFUNDA	Dominios para definir la profundidad de las grietas del suelo
S_HDIAGNOSTICO	Código asignado a cada uno de los horizontes diagnóstico
S_INFILTRACION_RANGO	Dominios para definir la velocidad de infiltración de agua en el suelo
S_INFLUENCIA_HUMANA	Dominios para definir el tipo de influencia humana
S_INUNDACION	Dominios para definir la duración de los períodos de inundación del suelo
S_LS_DISTINCION	Dominios para definir la tipología del límite inferior del horizonte
S_LS_TOPOGRAFIA	Dominios para definir la topografía del límite inferior del horizonte
S_MOTEADOS_ABUNDANCIA	Dominios para definir la abundancia de los moteados
S_MOTEADOS_CONTRASTE	Dominios para definir el contraste de color de los moteados
S_MOTEADOS_LIMITES	Dominios para definir el tipo de límites de los moteados
S_MOTEADOS_TAMANO	Dominios para definir el tamaño de los moteados
S_NIVEL_FREATICO	Dominios para definir la profundidad del nivel freático
S_OC_CONSISTENCIA_H	Dominios para definir la consistencia en húmedo de los agregados
S_OC_CONSISTENCIA_MA	Dominios para definir la adhesividad del suelo
S_OC_CONSISTENCIA_MP	Dominios para definir la plasticidad del suelo
S_OC_CONSISTENCIA_S	Dominios para definir la consistencia en seco de los agregados
S_OC_ESTRUCTURA_GRADO	Dominios para definir el grado de estructura
S_OC_ESTRUCTURA_TAMANO	Dominios para definir el tamaño de los agregados
S_OC_ESTRUCTURA_TIPO	Dominios para definir el tipo de estructura
S_OC_HUMEDAD_SUELO	Dominios para definir el estado de humedad del suelo
S_PARROQUIA	Código asignado a cada parroquia
S_PENDIENTE_GENERAL	Dominios para definir la pendiente general de la geoforma
S_PER_DRENAJE_NATURAL	Dominios para definir la capacidad de drenaje del suelo
S_PER_ESCORRENTIA	Dominios para definir la escorrentía del suelo
S_PH	Dominios para definir el pH del suelo
S_POROSIDAD_ABUNDANCIA	Dominios para definir la cantidad de poros
S_POROSIDAD_TAMANO	Dominios para definir el tamaño de los poros
S_POROSIDAD_TIPO	Dominios para definir el tipo de poros
S_PROFUNDIDA_EFECTIVA	Dominios para definir la profundidad efectiva del suelo
S_PROVINCIA	Código asignado a cada una de las provincias
S_REACCION_HCL	Dominios para definir el tipo de reacción al HCl
S_REACCION_NAF	Dominios para definir el tipo de reacción al NaF
S_REGIMEN_HUMEDAD	Dominios para definir el régimen de humedad del suelo
S_REGIMEN_TEMPERATURA	Dominios para definir el régimen de temperatura del suelo
S_SUBGRUPO_2006	Clave alfanumérica asignada a cada uno de los Subgrupos de suelos (SSS, 2006)
S_SUBGRUPO_2010	Clave alfanumérica asignada a cada uno de los Subgrupos de suelos (SSS, 2006)
S_SUCCION	Código asignado a los diferentes potenciales de succión utilizados durante las pruebas de infiltración con minidisco

Tablas de atributos o dominios	Contenido de las tablas
S_TEXTURA	Dominios para definir la clase textural
S_USOTIERRA_VEGETACION	Dominios para definir los diferentes tipos de cultivos
S_VEGETACION	Dominios para definir el tipo de vegetación
S_YESO_CANTIDAD	Dominios para definir la cantidad de yeso
S_YESO_COMPOSICION	Dominios para definir la composición del yeso
S_YESO_FORMAS	Dominios para definir la forma en que se presenta el yeso
SimboloHorizonte	Código asignado a cada símbolo de horizonte genético