



MEMORIA TÉCNICA

**PROYECTO: "GENERACIÓN DE GEOINFORMACIÓN PARA
LA GESTIÓN DEL TERRITORIO Y VALORACIÓN DE
TIERRAS RURALES DE LA CUENCA DEL RÍO GUAYAS
ESCALA 1: 25 000"**

MÓDULO 2: "SUELOS"

CANTÓN NARANJITO

Diciembre 2009

PERSONAL PARTICIPANTE

La ejecución del proyecto (módulo de suelos) demandó la participación de un grupo multidisciplinario integrado por funcionarios de CLIRSEN y SIGAGRO, así como profesionales contratados para este efecto, con amplia experiencia y conocimiento en edafología, geología, geomorfología, sensores remotos y sistemas de información geográfica.

CLIRSEN:

Ing. Agr. Augusto Rafael González Artieda.
Ing. Agr. Víctor Julio Moreno Izquierdo.
Ing. Agr. Gustavo Fernando Sevillano Vásquez.
Ing. Geog. Sandra González.
Lcda. Amariles Rodríguez.

SIGAGRO:

Ing. Agr. Edmundo Maldonado.

Personal contratado:

Ing. Agrop. José Merlo.
Ing. Agrop. Gina Cruz.
Ing. Agr. Darwin Sánchez.
Ing. Agr. Darwin Yáñez.
Ing. Agr. Lorena Lasso.
Ing. Agr. David González.
Ing. Agr. Patricio Moncayo.
Ing. Agric. Giovanni Segarra.
Ing. Agr. Edison Lagos.
Ing. Agr. Santiago Sghirla.
Ing. Agr. Verónica Loayza.
Ing. Agr. Oscar Ayala.
Ing. Agr. Carlos Montúfar.
Ing. Agr. Renato Haro.
Ing. Agrop. Rodrigo Yépez.
Ing. Geol. Galo Guamán.
Ing. Geol. Santiago Monge.
Ing. Geol. Xavier Andrade.
Ing. Geog. Francisco Cabrera.
Sra. Gabriela Bedón.
Sr. Fernando Bedón.

ÍNDICE

1. ANTECEDENTES	1
2. OBJETIVOS.....	1
2.1. Objetivo general	1
2.2. Objetivos específicos	2
3. RESUMEN GENERAL.....	2
4. ASPECTOS CONCEPTUALES.....	3
4.1. Definición de términos.....	3
4.1.1. El pedón.....	4
4.1.2. Polipedón	4
4.1.3. Suelos enterrados.....	5
4.1.4. Unidad cartográfica o de mapeo	5
4.1.5. Áreas misceláneas	6
4.1.6. Unidad cartográfica homogénea	6
4.1.6.1. Consociaciones	6
4.1.6.2. Grupos Indiferenciados	6
4.1.7. Unidad cartográfica compuesta o heterogénea	7
Asociaciones y Complejos	7
4.1.8. Inclusiones	7
4.2. El sistema USDA (Soil Taxonomy)	7
4.2.1. Unidades taxonómicas vs. Unidades de mapeo	8
4.2.2. Normas de nomenclatura según la Soil Taxonomy	8
4.2.3. Algunas consideraciones adicionales	9
4.2.3.1. Intergrados	9
4.2.3.2. Extragrados.....	10
4.3. Unidades Ambientales	10
4.3.1. La Llanura Aluvial Reciente	10
4.3.2. La Llanura Aluvial Antigua	12
4.3.3. Cordillera Chongón Colonche.....	13
4.3.4. Relieves Estructurales y Colinados Terciarios.....	13
4.3.5. Piedemonte Andino	15
4.3.6. Vertientes Externas de la Cordillera Occidental	17
4.4. Formaciones geológicas y litología	17
4.5. Unidad genética.....	20
4.6. Formas de relieve	20
4.7. Métodos de levantamiento de información	40

4.7.1.	Métodos sintéticos	40
4.7.2.	Métodos analíticos	40
4.7.3.	Breve descripción de algunos métodos	41
4.7.3.1.	Levantamiento no-sistemático	41
4.7.3.2.	Levantamiento en grilla.....	41
4.7.3.3.	Levantamiento continuo	41
4.7.3.4.	Levantamiento fisiográfico	41
4.7.3.5.	Levantamiento libre.....	41
4.8.	El mapa y el reporte general de levantamiento de suelos	42
4.8.1.	Tipos de leyendas	42
4.8.1.1.	Leyenda de mapeo	42
4.8.1.2.	Leyenda descriptiva	43
4.8.1.3.	Leyenda interpretativa	43
4.8.2.	Tipos de mapas	43
4.8.2.1.	Por su Escala	43
4.8.2.1.1.	Escalas pequeñas 1: 5 000 000 a 1: 250 000	43
4.8.2.1.2.	Escalas medias 1: 100 000 a 1: 25 000	44
4.8.2.1.3.	Escalas grandes 1: 25 000 a 1: 5 000	44
4.8.2.2.	Por sus Objetivos	44
4.8.2.2.1.	Básicos	44
4.8.2.2.2.	De propiedades.....	44
4.8.2.2.3.	Temáticos	45
4.8.3.	Elaboración del mapa	45
4.8.4.	Evaluación de la calidad del mapa.....	45
4.8.5.	Elaboración del informe final	48
5.	EL ENFOQUE GEO-PEDOLÓGICO	49
5.1.	Definición	49
5.2.	El enfoque geo-pedológico comparado con otros enfoques	52
6.	METODOLOGÍA DE TRABAJO	53
6.1.	Fase 1: Recopilación de información.....	53
6.1.1.	Fuentes de información	53
6.1.2.	Estudios y documentación referencial para geomorfología.....	53
6.1.3.	Estudios y documentación referencial para suelos.....	56
6.1.4.	Análisis, evaluación y tratamiento de la información secundaria ..	57
6.2.	Fase 2: Cartografía temática geomorfológica	59
6.2.1.	Fotointerpretación	61
6.2.1.1.	Criterios delimitadores	63
6.2.1.2.	Criterios caracterizadores	66
6.2.2.	Digitalización y revisión	67
6.2.2.1.	Ortorectificación.....	69
6.2.2.2.	Digitalización	76
6.2.2.3.	Validación en campo.....	79
6.3.	Fase 3: Caracterización climática.....	82
6.3.1.	Cartografía climática	82
6.3.2.	Cartografía del régimen climático del suelo	82

6.4. Fase 4: Cartografía de suelos (Preliminar)	85
6.4.1. Insumos.....	85
6.4.1.1. Mapa Geomorfológico	85
6.4.1.2. Cartografía PRONAREG-ORSTOM	86
6.4.1.3. Modelo digital de elevación (MDE) obtenido del SRTM	87
6.4.1.3.1. Modelo Digital de Elevación (MDE).....	87
6.4.1.3.2. La Misión SRTM (Shuttle Radar Topography Mission)	87
6.4.1.4. Cartografía Base	89
6.4.1.5. Mapas detallados de los ingenios azucareros.....	89
6.4.1.6. Imágenes de satélite	90
6.4.2. Selección de los sitios de muestreo	91
6.4.2.1. Etapa 1: Análisis de insumos disponibles	91
6.4.2.2. Etapa 2: División del área de estudio	92
6.4.2.3. Etapa 3: Creación de archivos digitales	93
6.4.2.4. Etapa 4: Cruce de información	93
6.4.2.5. Etapa 5: Ubicación de los sitios de muestreo dirigido	94
6.4.3. Generación de la cartografía preliminar de suelos	95
6.5. Fase 5: Trabajos de campo	96
6.5.1. Objetivos del trabajo de campo	97
6.5.2. Equipos y materiales.....	97
6.5.3. Tipo de observaciones	98
6.5.3.1. Observaciones en calicata (perfil).....	98
6.5.3.2. Observaciones detalladas de comprobación (barrenaciones)	99
6.5.4. Ubicación de los sitios de observación en campo.....	101
6.5.5. Descripción de las observaciones	102
6.5.6. Toma de muestras.....	104
6.5.6.1. Toma de muestras de suelos en calicata (perfil)	104
6.5.6.2. Toma de muestras de suelos en barrenaciones	105
6.6. Fase 6: Laboratorio.....	108
6.6.1. Tipos de análisis de laboratorio de suelos	108
6.6.1.1. Análisis "Tipo A".....	108
6.6.1.2. Análisis "Tipo B".....	108
6.6.1.3. Análisis "Tipo C".....	108
6.6.2. Determinaciones e interpretaciones	109
6.6.2.1. Textura.....	109
6.6.2.1.1. Determinación analítica.....	110
6.6.2.1.2. Interpretación.....	110
6.6.2.2. Densidad aparente	111
6.6.2.2.1. Determinación analítica.....	112
6.6.2.2.2. Interpretación.....	112
6.6.2.3. Potencial Hidrógeno (pH)	113
6.6.2.3.1. Determinación analítica.....	113
6.6.2.3.2. Interpretación.....	113
6.6.2.4. Salinidad	115
6.6.2.4.1. Determinación analítica.....	115
6.6.2.4.2. Interpretación.....	115
6.6.2.5. Toxicidad	116
6.6.2.5.1. Determinación analítica.....	117
6.6.2.5.2. Interpretación.....	117
6.6.2.6. Capacidad de Intercambio Catiónico C.I.C.	119
6.6.2.6.1. Determinación analítica.....	119
6.6.2.6.2. Interpretación.....	120
6.6.2.7. Saturación de Bases	120
6.6.2.7.1. Determinación analítica.....	120
6.6.2.7.2. Interpretación.....	121

6.6.2.8.	Materia Orgánica	121
6.6.2.8.1.	Determinación analítica	122
6.6.2.8.2.	Interpretación	122
6.6.2.9.	Determinación de nutrientes (asimilables)	123
6.6.2.10.	Determinación de la fertilidad	124
	Interpretación	124
6.7.	Cartografía de suelos definitiva	126
6.7.1.	Interpretación de resultados de análisis de suelos	126
6.7.1.1.	Textura	127
6.7.1.2.	Potencial Hidrógeno (pH)	127
6.7.1.3.	Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC)	128
6.7.1.4.	Porcentaje de saturación de bases	128
6.7.1.5.	Carbono orgánico (C)	128
6.7.1.6.	Nitrógeno total	128
6.7.2.	Elaboración de la cartografía definitiva de suelos	129
6.7.2.1.	Recolección de los datos definitivos	130
6.7.2.2.	Llenado de la base de datos en EXCEL	130
6.7.2.3.	Cortes definitivos de las unidades geomorfológicas	131
6.7.2.4.	Unión de bases de datos	131
6.7.2.5.	Extrapolación de las observaciones de campo	132
6.7.3.	Mapa impreso	134
6.7.3.1.	Unidad Ambiental	135
6.7.3.2.	Formación geológica o superficial	135
6.7.3.3.	Forma del relieve	135
6.7.3.4.	Clave (Suelos)	135
6.7.3.5.	Subgrupo (Suelos)	135
6.7.3.6.	Características	135
6.7.4.	Reporte estandarizado para descripción de perfiles de suelos	136
6.7.4.1.	Aspectos generales del perfil	136
6.7.4.2.	Clasificación del suelo	136
6.7.4.3.	Ubicación	136
6.7.4.4.	Forma general del terreno	136
6.7.4.5.	Uso de la tierra y vegetación	137
6.7.4.6.	Descripción de los horizontes del suelo	137
6.7.4.7.	Resultados de los análisis de laboratorio	137
6.7.4.8.	Observaciones	137
6.8.	Sistema de Información de Suelos	137
6.8.1.	Cartografía de suelos	138
6.8.2.	Cartografía digital de suelos	138
6.8.3.	Base de datos	138
6.8.4.	Base de datos geográfica de suelos	139
6.8.4.1.	Textura Superficial (Texp) y Textura Profunda (Texp)	139
6.8.4.2.	Drenaje Natural (Drena)	140
6.8.4.3.	Profundidad Efectiva (ProfE)	141
6.8.4.4.	Pedregosidad (Pedre)	142
6.8.4.5.	Toxicidad (Toxi)	142
6.8.4.6.	Potencial Hidrógeno (pH)	143
6.8.4.7.	Salinidad (Salini)	144
6.8.4.8.	Profundidad Nivel Freático (PNF)	145
6.8.4.9.	Régimen de Temperatura del Suelo (RTS)	145
6.8.4.10.	Régimen de Humedad del Suelo (RHS)	146
6.8.4.11.	Materia Orgánica (MO)	147
6.8.4.12.	Saturación de Bases (SatB)	147
6.8.4.13.	Fertilidad (FER)	148

6.8.5.	Metadatos	149
6.9.	Módulo para la gestión de bases de datos de suelos	149
7.	CONTROLES DE CALIDAD	150
7.1.	Con respecto a la etapa de recolección de información.....	150
7.2.	Para la elaboración del mapa geomorfológico	150
7.3.	Para la fase de pre-campo	152
7.3.1.	Revisión de los materiales, equipos y herramientas.....	152
7.3.2.	Control de los vehículos.....	154
7.3.3.	Revisión de los puntos de muestreo	155
7.3.4.	Designación del centro de operaciones	156
7.3.5.	Verificación de los archivos digitales	156
7.3.6.	Coordinaciones con el módulo de hidrología	156
7.3.7.	Requerimientos elementales	157
7.4.	Para la fase de campo.....	157
7.4.1.	Reuniones previas	157
7.4.2.	Ubicación del sitio de muestreo	157
7.4.3.	Excavación de calicata.....	157
7.4.4.	Fotografía del perfil.....	158
7.4.5.	Descripción del perfil.....	158
7.4.6.	Recolección y toma de muestras.....	158
7.4.7.	Clasificación taxonómica.....	159
7.4.8.	Entrega de muestras.....	159
7.4.9.	Entrega de materiales y herramientas	160
7.5.	Para la fase de post-campo.....	160
7.5.1.	Revisión del registro fotográfico.....	160
7.5.2.	Ingreso de fichas de campo	160
7.5.3.	Comparación de los sitios de muestreo.....	160
7.5.4.	Análisis de las geoformas	160
7.5.5.	Reportes de laboratorio	160
7.5.6.	Control de clasificación	161
7.5.7.	Validación y espacialización de las bases de datos	162
7.5.8.	Control de las bases de datos.....	162
7.5.9.	El mapa de suelos.....	162
7.5.10.	Extrapolación de unidades	163
7.5.11.	Control topológico del mapa.....	163
7.5.12.	Verificación de tamaño de polígonos	163
7.5.13.	Unión de los segmentos de mapa	163
7.5.14.	Topología del mapa definitivo.....	163
7.5.15.	Revisión final de base de datos	163
7.5.16.	Revisión de la leyenda y cuerpo del mapa.....	164
8.	PRODUCTOS OBTENIDOS	165
8.1.	Perfiles y Barrenaciones	165

8.2. Geomorfología y Suelos	165
8.2.1. Unidad Ambiental: Llanura Aluvial Reciente	165
8.2.1.1. Nivel ligeramente ondulado (No)	165
8.2.1.1.1. Fluventic Hapludolls.....	166
8.2.1.1.2. Humic Dystrudepts.....	166
8.2.1.2. Dique o banco aluvial (D)	167
8.2.1.2.1. Fluventic Hapludolls.....	167
8.2.1.2.2. Fluventic Eutrudepts	168
8.2.1.2.3. Typic Ustipsamments.....	168
8.2.1.2.4. Typic Udifluvents.....	169
8.2.1.3. Meandro abandonado (M).....	169
Vertic Endoaquepts	169
8.2.2. Unidad Ambiental: Piedemonte Aluvial	170
8.2.2.1. Superficie de cono de esparcimiento (Ces)	170
8.2.2.1.1. Inceptic Haplustalfs	171
8.2.2.1.2. Humic Dystrustepts	171
8.2.2.1.3. Humic Dystrudepts.....	172
8.2.2.1.4. Aerico Endoaquepts.....	172
8.2.2.1.5. Typic Ustipsamments.....	173
8.2.2.1.6. Mollic Ustifluvents	173
8.2.2.1.7. Typic Ustifluvents	174
8.2.2.1.8. Aquic Udifluvents	174
8.2.2.2. Cauce abandonado (Ca)	175
Aquic Ustipsamments	175
8.2.2.3. Terraza baja y cauce actual (Tb)	176
Typic Ustifluvents	176
8.2.2.4. Terraza media (Tm).....	177
8.2.2.4.1. Typic Udipsamments.....	177
8.2.2.4.2. Typic Ustifluvents.....	178
8.2.2.5. Terraza alta (Ta)	178
Typic Ustifluvents	179
8.2.2.6. Terrazas indiferenciadas (Ti).....	179
8.2.2.6.1. Typic Ustipsamments.....	180
8.2.2.6.2. Typic Ustifluvents.....	180
8.2.2.6.3. Typic Ustorthents, Esquelética-Arenosa.....	181
8.3. Capacitación y transferencia de tecnología.....	182
9. CONCLUSIONES.....	183
10. RECOMENDACIONES.....	186
11. BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA	187
12. ANEXOS.....	191

LISTA DE CUADROS

Cuadro 4.8a.	Evaluación de la calidad en la ejecución del mapa de suelos.	47
Cuadro 4.8b.	Criterios para evaluar la calidad de un mapa de suelos.	47
Cuadro 6.1a.	Cartas topográficas escala 1: 50 000.	55
Cuadro 6.1b.	Diferentes tipos de imágenes utilizadas.....	55
Cuadro 6.1c.	Resumen de la información secundaria de suelos recopilada.	58
Cuadro 6.2a.	Desniveles relativos utilizados.....	63
Cuadro 6.2b.	Categorización de cimas y vertientes.	64
Cuadro 6.2c.	Categorización de cimas y vertientes.	64
Cuadro 6.2d.	Categorización de formas de relieve.	65
Cuadro 6.2e.	Categorización de la variable geológica.	66
Cuadro 6.2f.	Categorización de la variable Unidad genética.	67
Cuadro 6.2g.	Ingreso de datos generada periódicamente.	67
Cuadro 6.2h.	Ficha de campo, utilizado para levantamiento de información.	80
Cuadro 6.3a.	Zonas de humedad y régimen de humedad del suelo.	83
Cuadro 6.3b.	Zonas de temperatura y régimen de temperatura del suelo.	83
Cuadro 6.6a.	Escala de las clases texturales para caracterización de suelos.	111
Cuadro 6.6b.	Escala del potencial hidrógeno para caracterización de suelos.	114
Cuadro 6.6c.	Escala de salinidad para caracterización de suelos.	116
Cuadro 6.6d.	Escala de toxicidad para caracterización de suelos.....	118
Cuadro 6.6e.	Escala de Capacidad de Intercambio Catiónico CIC.	120
Cuadro 6.6f.	Escala de saturación de bases para caracterización de suelos.....	121
Cuadro 6.6g.	Escala de Materia Orgánica para caracterización de suelos.	122
Cuadro 6.6h.	Escala de contenido de nutrientes.	123
Cuadro 6.6i.	Escala de fertilidad para caracterización de suelos.	125
Cuadro 6.7a.	Niveles para la interpretación de análisis de suelos. 2008.	129
Cuadro 6.8a.	Clases texturales de los suelos.....	139
Cuadro 6.8b.	Niveles de retención de agua en los suelos.	140
Cuadro 6.8c.	Categorías de profundidad efectiva de los suelos.	141
Cuadro 6.8d.	Categorías de pedregosidad de los suelos.....	142
Cuadro 6.8e.	Categorías de toxicidad de los suelos.	142
Cuadro 6.8f.	Niveles de Toxicidad del suelo (Acidez).	143
Cuadro 6.8g.	Niveles de Toxicidad del suelo (Carbonatos).	143
Cuadro 6.8h.	Rangos de pH de los suelos.	144
Cuadro 6.8i.	Niveles de Salinidad del suelo.	145
Cuadro 6.8j.	Categorías de profundidad del nivel freático del suelo.	145
Cuadro 6.8k.	Categorías de régimen de temperatura del suelo.....	146

Cuadro 6.8l.	Categorías de régimen de humedad del suelo.	146
Cuadro 6.8m.	Niveles de contenido de materia orgánica del suelo.	147
Cuadro 6.8n.	Niveles de saturación de bases del suelo.	147
Cuadro 6.8ñ.	Niveles de Capacidad de Intercambio Catiónico.	148
Cuadro 6.8o.	Niveles de fertilidad del suelo.	148

LISTA DE FIGURAS

Figura 4.3a.	Llanura aluvial reciente.	11
Figura 4.3b.	Llanura aluvial antigua.	11
Figura 4.3c.	Relieves colinados.	14
Figura 4.3d.	Mesas.	14
Figura 4.3e.	Frente de Cuesta.	14
Figura 4.3f.	Cerro Testigo.	15
Figura 4.3g.	Vista en 3D de los conos de deyección y esparcimiento.	16
Figura 6.2a.	Modelo conceptual para elaborar el mapa geomorfológico.	60
Figura 6.2b.	Estereoscopio utilizado en la interpretación geomorfológica.	62
Figura 6.2c.	Ejemplo de líneas de vuelo.	63
Figura 6.2d.	Sistema de proyección.	70
Figura 6.2e.	Sistema de unidades.	70
Figura 6.2f.	Ingreso de altura media.	70
Figura 6.2g.	Adición de fotografías aéreas.	71
Figura 6.2h.	Orientación interna.	71
Figura 6.2i.	Parámetros para las cámaras RC-10 y RC-30.	72
Figura 6.2j.	Parámetros de orientación externa.	73
Figura 6.2k.	Distribución de puntos de control.	73
Figura 6.2l.	Generación DTM.	74
Figura 6.2m.	Generación de Ortofoto.	74
Figura 6.2n.	Ajuste de la ortofoto con respecto a la ortoimagen.	75
Figura 6.2ñ.	Rectificación de la fotografía.	75
Figura 6.2o.	Cartografía base y ortofotos.	76
Figura 6.2p.	Ejemplo de la digitalización de una unidad.	77
Figura 6.2q.	Llenado de atributos en la base de datos.	77
Figura 6.2r.	Must Not overlap.	78
Figura 6.2s.	Must Not Have Gaps.	78
Figura 6.2t.	Extracto de la base de datos.	81
Figura 6.4a.	Mapa geomorfológico.	85
Figura 6.4b.	Carta morfo-pedológica (PRONAREG/ORSTOM. 1982).	86
Figura 6.4c.	Penetración de bandas en diferentes longitudes de onda.	88
Figura 6.4d.	Ejemplo de mapa base.	89
Figura 6.4e.	Mapa de suelos del ingenio San Carlos.	90
Figura 6.4f.	Imagen del satélite SPOT (tamaño de píxel 5x5 m).	90
Figura 6.4g.	Discriminación de la cobertura vegetal.	91
Figura 6.4h.	Interpretación de las geformas.	92

Figura 6.4i.	División del mapa geomorfológico.	92
Figura 6.4j.	Comparación mapa geomorfológico vs. información secundaria.....	93
Figura 6.4k.	Análisis geomorfología, información secundaria e imagen satelital. ...	94
Figura 6.4l.	Análisis geomorfología, imagen satelital y MDT.	94
Figura 6.4m.	Planificación de campo para la realización de perfiles.	95
Figura 6.5a.	Perfiles en calicata.....	99
Figura 6.5c.	Barrenaciones realizadas con el barreno tipo EDELMAN.	100
Figura 6.5d.	Planificación de perfiles y barrenaciones.....	101
Figura 6.5e.	Equipo básico para la ubicación de los sitios de observación.	102
Figura 6.5f.	Plantilla informática con información del perfil del suelo.	103
Figura 6.5g.	Personal uniformado militar dando seguridad al trabajo de campo.	104
Figura 6.5h.	Personal técnico en plena labor de recolección de muestras.....	105
Figura 6.5i.	Proceso de muestreo de suelos.	106
Figura 6.5j.	Guía de muestreo o manifiesto.....	107
Figura 6.5k.	Muestras de suelos listas para ser ingresadas al laboratorio.....	107
Figura 6.6a.	Triángulo de texturas.....	110
Figura 6.7a.	Reporte de análisis de suelos.	127
Figura 6.7b.	Esquema general de la hoja de cálculo de Microsoft EXCEL.	130
Figura 6.7c.	Tabla de atributos.	132
Figura 6.7d.	Extrapolación de información edafológica.	132
Figura 6.7e.	Flujograma para la obtención final del mapa de suelos.....	133
Figura 6.7f.	Encabezado de la leyenda jerárquica.	134
Figura 7.3a.	Vehículo en condiciones óptimas para trabajo de campo.	154
Figura 7.3b.	Puntos de perfiles y barrenaciones definitivos para su ejecución....	155
Figura 7.3c.	Ubicación de la ciudad que será centro de operaciones.....	156
Figura 8.2a.	Caña en nivel ligeramente ondulado.	166
Figura 8.2b.	Caña sembrada en superficie de cono de esparcimiento	170
Figura 8.2c.	Terraza baja del río Chimbo.....	176
Figura 8.2d.	Terraza media del río Chimbo	177
Figura 8.2e.	Terraza alta del río Chimbo.....	179
Figura 8.2f.	Terrazas indiferenciadas.....	180

LISTA DE ANEXOS

Anexo 6.5a.	Ficha de descripción de perfiles de suelo.	191
Anexo 6.5b.	Instructivo de la ficha de descripción de perfiles de suelos.....	193
Anexo 6.6a.	Glosario de términos técnico de suelos.....	202
Anexo 6.6b.	Unidades de suelos y equivalencias.	211
Anexo 8.1a.	Fichas de perfiles y barrenaciones.	212

1. ANTECEDENTES

En el marco de la ejecución del proyecto "Generación de Geoinformación para la Gestión del Territorio y Valoración de Tierras Rurales de la Cuenca del Río Guayas, escala 1:25 000," que se realiza bajo la coordinación y soporte de la Secretaria Nacional de Planificación y Desarrollo-SENPLADES, está considerado el estudio semidetallado de suelos de la cuenca, que se lo desarrolla con la participación de CLIRSEN y el MAGAP a través del SIGAGRO.

Este estudio es un levantamiento semidetallado de suelos con fines de caracterización edáfica, a fin de identificar las características morfológicas, físicas y químicas; factores determinantes de las potencialidades y limitaciones de este recurso natural, especialmente considerado bajo el aspecto de productividad del sector agropecuario y forestal.

Está sustentado en el uso de modernas técnicas de sensores remotos y sistemas de información geográfica, con el objetivo primordial de generar una base cartográfica e información temática especializada multipropósito actualizada, como insumo fundamental para la planificación territorial, valoración de tierras rurales, evaluación de recursos naturales, mejoramiento de la productividad, atención a desastres, uso y protección del suelo, producción sostenible, seguridad alimentaria, entre otros.

Cabe mencionarse que la metodología planteada en el presente documento es una adaptación del "Manual para el Levantamiento semidetallado de Suelos en la Cuenca del Río Guayas. Un enfoque fisiográfico.", realizado por el Ing. Luis Mejía Vallejo, M.Sc. (2009).

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

Determinar en base a una caracterización actualizada de los suelos, considerando aspectos físicos y químicos, la potencialidad de los mismos, especialmente para usos agropecuarios y forestales, clasificados según el Sistema Norteamericano de Clasificación de Suelos, *Soil Taxonomy* 2006, así como también, para seleccionar las mejores áreas agro-productivas de esta importante región del país, para su uso y aprovechamiento sostenible, buscando una mayor productividad y seguridad alimentaria.

2.2. Objetivos específicos

- Establecer una infraestructura organizacional, con la participación de entidades o funcionarios con experiencia en la generación de este tipo de información para su uso y manejo.
- Proponer una metodología local, acondicionada a nuestro medio, con suficiente sustento científico para el nivel del levantamiento propuesto.
- Establecer las condiciones actuales de los suelos y proponer sistemas de uso y manejo integral a nivel de cuencas hidrográficas.
- Proporcionar los lineamientos para alcanzar un mejoramiento en la productividad del sector agropecuario.
- Entregar los resultados de este estudio, para el ingreso estandarizado y normalizado en coordinación con el CONAGE, al Sistema Nacional de Información –SIN-.
- Establecer los protocolos para la generación, uso y entrega de la información.
- Formar a un grupo de nuevos edafólogos, profesionales de tercer nivel, con opciones de optar por cursos de especialización en el exterior, bajo el auspicio de la SENACYT.

3. RESUMEN GENERAL

El levantamiento de suelos, es una técnica de la Edafología que estudia y describe sistemáticamente este recurso natural, por lo tanto, constituye el procedimiento más rápido y preciso para generar información edafológica, que permite hacer predicciones de su comportamiento bajo diferentes usos y niveles de manejo.

Esta técnica está basada principalmente en el estudio del terreno y la descripción de perfiles de suelos. Al comparar los perfiles de suelos de un área dada, unos resultarán muy semejantes y otros mostrarán diferencias en varias características, de tal forma que es posible clasificar los suelos en varios niveles de generalización.

Cabe destacarse, en base a las experiencias obtenidas en los levantamientos de suelos ejecutados en el país, que el alto costo y tiempo que requiere la realización de dichos levantamientos utilizando los métodos tradicionales, obliga a buscar alternativas para su ejecución, sin perder de vista el debido sustento técnico y científico.

Con esta premisa se han revisado experiencias en otros países latinoamericanos, en donde se han estructurado propuestas

metodológicas de bajos costos y tiempos, tales como, la identificación de las formas del relieve bajo el enfoque geo-pedológico.

Este método se lo ha adoptado para el presente estudio buscando la optimización de los recursos humanos, económicos y de tiempo.

El enfoque geo-pedológico tiene la particularidad de aplicar el uso intensivo de la fotointerpretación geomorfológica, fundamentado en la alta correlación que tienen las geoformas de la tierra con los tipos de suelos. Con este método la selección y muestreo de perfiles de suelos, es mucho menor que el requerido con los métodos tradicionales, reduciéndose la colección de muestras y los análisis de laboratorio, manteniendo el rigor científico para el nivel del estudio.

De esta manera, es posible utilizar esta herramienta como un marco de referencia para propósitos prácticos, como es el de dar recomendaciones para el mejor uso y manejo de las tierras.

4. ASPECTOS CONCEPTUALES

4.1. Definición de términos

Un nuevo concepto de suelo fue introducido en la escuela Rusa por Dokuchaiev (Glinka, 1927), concibiendo a los suelos como cuerpos naturales independientes, cada uno con una morfología única, resultando de una sola combinación climática, materia orgánica, material parental, relieve y tiempo de las formas de la tierra.

La morfología de cada suelo es expresada a través de la sección vertical de los diferentes horizontes, reflejados por la combinación de efectos y particularmente del grupo de factores responsables del desarrollo.

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

Para propósitos de clasificación, el límite más bajo es arbitrariamente fijado a 200 cm, en los suelos donde se presenta actividad biológica o procesos pedogénicos actuales, la profundidad se extiende a más de 200 cm, el límite se mantiene hasta los 2 metros para propósitos de clasificación. En áreas donde los suelos presentan un horizonte delgado cementado que es impermeable para las raíces, los suelos se extienden tan profundos como el horizonte cementado y no hasta los 200 cm (USDA, Soil Taxonomy, 1999).

4.1.1. El pedón

Pocas propiedades del suelo pueden ser determinadas desde la superficie, Para conocer la naturaleza del suelo, se debe estudiar los horizontes o capas, estos estudios requieren que se realicen calicatas, tomar muestras de los materiales desde la superficie hasta la parte más profunda.

Las propiedades visibles y palpables pueden ser estudiadas en campo, la humedad del suelo y los regímenes de temperatura son estudiados por observaciones de cambios a través del tiempo.

Un pedón tiene el volumen más pequeño en el cual uno debería describir y muestrear un suelo para representar la naturaleza y arreglo de horizontes y variabilidad en base a las propiedades preservadas en las muestras. Un pedón es comparable en muchas formas a una unidad de celda de cristal.

El pedón tiene 3 dimensiones, el límite inferior es el lugar más profundo entre el suelo y el "no suelo", en el caso de la dimensión lateral es lo suficientemente largo para representar la naturaleza de cualquier horizonte y variabilidad que pueda presentarse. Un horizonte puede variar en grosor, composición o ser discontinuo. El área mínima horizontal de un pedón se ha establecido de manera arbitraria a 1 m², pero el rango es de 10 m², dependiendo con la variabilidad del suelo. Cuando ocurren en el suelo horizontes intermitentes o cíclicos, que reaparecen en intervalos lineales de 2 a 7 m², el pedón abarca la mitad del ciclo (USDA, ST, 1999).

4.1.2. Polipedón

Se define como un grupo de pedones similares y continuos que tienen propiedades que oscilan dentro de los límites de las propiedades conceptuales de una serie de suelos. Un polipedón puede rodear a otros en la misma forma que el agua rodea una isla, pero los límites de un polipedón se localiza en el lugar en donde no hay suelo, o donde los pedones tienen características que varían significativamente. Las características que difieren tienen alguna relación con la naturaleza y el arreglo de los horizontes, si estos

están presentes. Si no hay horizontes, las características que diferencian están relacionadas con la naturaleza del suelo en mineralogía, estructura, consistencia, textura, entre otras (MALAGÓN, 1983).

El polipedón por la extensión que ocupa, puede tener representación cartográfica en mapas de suelo a escala grande, constituyendo una unidad cartográfica. Ahora bien, dentro de un polipedón puede haber cierta variabilidad entre los pedones que lo integran. Dentro de los polipedones pueden existir pedones variables que ocupan superficies demasiado pequeñas para ser representadas a la escala de mapa a la que se trabaja, constituyéndose en inclusiones o impurezas. En mapas a escala grande no llegan a superar un 15 a 20% de la superficie de la unidad cartográfica representada (PORTA, 2003).

4.1.3. Suelos enterrados

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

4.1.4. Unidad cartográfica o de mapeo

Una unidad de mapeo de un mapa tipo "área-clase" es un juego de delineaciones, todas supuestamente compuestas por las mismas propiedades exceptuando su posición geográfica. Se requiere la capacidad de nombrar las unidades de manera consistente, de forma que los usuarios puedan entender dicha nomenclatura (VARGAS, R. ITC, 2004).

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

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

categoricamente detallado, es decir que depende del nivel de detalle del levantamiento.

4.1.5. Áreas misceláneas

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

4.1.6. Unidad cartográfica homogénea

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

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

4.1.6.1. Consociaciones

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

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

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

4.1.6.2. Grupos Indiferenciados

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

4.1.7. Unidad cartográfica compuesta o heterogénea

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

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

Asociaciones y Complejos

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

4.1.8. Inclusiones

Se ha demostrado que en realidad casi no existen unidades de mapeo verdaderamente homogéneas a niveles categóricos de detalle y semi-detalle, sin embargo se puede mantener una distinción entre unidades "predominantes" homogéneas y unidades compuestas verdaderas, con el concepto de inclusiones (VARGAS, R. ITC, 2004).

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

4.2. El sistema USDA (Soil Taxonomy)

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

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

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

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

4.2.1. Unidades taxonómicas vs. Unidades de mapeo

La clasificación taxonómica agrupa individuos; una unidad de mapeo es una asociación geográfica. Los límites de la Taxonomía de Suelos están definidos para agrupar individuos "similares", los límites de una unidad de mapeo están en la práctica definidos geográficamente (VARGAS, R. 2004).

4.2.2. Normas de nomenclatura según la Soil Taxonomy

Ejemplos de nomenclatura:

- Homogéneos (SSM, 1993).
Consociación: "Dystric Eutrudepts"
Grupo indiferenciado: "Suelos Humic Eutrudepts, Typic Udifluvents y Vertic Haplustepts"
- Compuestos (SSM, 1993)
Asociación: "Asociación Fluvetic Eutrudepts-Aquic Hapluderts"

Complejo: "Complejo Fluvetic Eutrudepts-Aquic Hapluderts"

- Horizontes intermitentes (L. *ruptum*, roto) (USDA ST, 1999)

Se lo utiliza como nombre de subgrupo. El adjetivo es formado por los nombres de los tipos de suelo que tienen menor área, precedido por el adjetivo *Ruptic*, conectado por un guión. Si el suelo X es dominante y Y es menor, el suelo es nombrado Ruptic-Yic X, ejemplo: Ruptic-Litic Haplustolls.

- Suelos enterrados (Gr. *Thapto*, enterrado) (USDA ST, 1999)

Si en un subgrupo, el suelo enterrado tiene importancia, se incluye el prefijo *thapto* a manera de modificador del nombre del suelo enterrado. Se utiliza el guión para conectar *Thapto* con el nombre del suelo enterrado. Esto se aplica a todos los órdenes, exceptuando al orden Andisoles, donde el nombre de suelos enterrados es omitido. En los subgrupos *Thaptic* de Andisoles, no se utiliza porque los suelos son normalmente enterrados. Así, los Suelos X que son enterrados por suelos Y, son denominados *Thapto-Yic X*, por ejemplo: Un humaquepts que posee un epipedón hístico, es denominado como el subgrupo *Histic Humaquepts*, pero cuando el Histosol o epipedón hístico ha sido enterrado por un Fluvaquents, se denominaría *Thapto-Histic Fluvaquents*.

4.2.3. Algunas consideraciones adicionales

Los subgrupos *typic*'s: No son necesariamente los subgrupos más frecuentes, ni necesariamente representan el concepto central del gran grupo. En muchas taxas el subgrupo *typic* simplemente manifiesta la no presencia de otras características definidas por otro subgrupo (ST USDA, 1999).

4.2.3.1. Intergrados

Las propiedades que posee actualmente un suelo, puede ser el resultado de varios procesos que han dado como resultado ese tipo de suelo. Con propiedades desde o hacia otro tipo de suelo o de lo contrario poseen propiedades intermedias entre 2 o 3 grandes grupos. Las propiedades usadas para definir los intergrados pueden ser: (ST USDA, 1999):

- Se adicionan horizontes a los grandes grupos definitivos, incluyendo a un horizonte argílico que subyace a un horizonte spódico y a un horizonte enterrado, así como a una gruesa capa de materiales orgánicos que han sido enterrados por un delgado suelo mineral.
- Horizontes intermitentes.
- Una o más de las propiedades de otros grandes grupos que son expresados en algunos de los suelos, pero son subordinados de

las propiedades de los grandes grupos y de las cuales los subgrupos son miembros. Un ejemplo son las diferentes profundidades de los horizontes, saturación y reducción, entre otros. Un ejemplo puede ser un alfisol que posee un epipedón ócrico pequeño y delgado, o también un epipedón mólico pequeño y de color claro. Esta característica puede resultar a partir de una pradera invalidada por árboles o un bosque que es invadido por pastizales, o simplemente por erosión causada por actividad humana.

4.2.3.2. Extragrados

Estos subgrupos poseen algunas propiedades que no son representativas del gran grupo, pero tampoco indican transición hacia ningún otro tipo de suelo conocido. Un ejemplo puede ser un epipedón mólico extremadamente grueso, o suelos muy superficiales sobre roca (Litic), o un suelo que tenga muy altas cantidades de carbón orgánico (humic) (ST USDA, 1999).

4.3. Unidades Ambientales

Son áreas homogéneas por sus características físicas, bióticas y por su relación con procesos ecológicos; donde el criterio básico utilizado para la delimitación es el del paisaje, entendido como la interrelación o articulación de los elementos: relieve, litología, suelos, uso del suelo y vegetación. El paisaje no es la simple suma de elementos geográficos separados, sino que es el resultado de las combinaciones dinámicas, a veces inestables de elementos físicos, biológicos y antropológicos, que concatenados hacen del paisaje un cuerpo único, indisociable, en perpetua evolución.

Los mapas morfopedológicos de PRONAREG, nos sirvieron de base para la división en cuanto a las unidades ambientales, que en dicho caso eran llamadas unidades morfo- pedológicas.

Las principales unidades ambientales se describen a continuación (tomado de "Unidades Ambientales de La Cuenca Del Río Guayas" realizado por Acosta J., Martínez, M. y Bedón G, 2009).

4.3.1. La Llanura Aluvial Reciente

Corresponde a una extensa área geográfica plana o ligeramente ondulada. Las altitudes son menores a 20 m, pero la mayoría de ellas no sobrepasan los 5 m. Las formas del relieve presentes son el nivel plano, cuya pendiente no sobrepasa el 2 % y es utilizado típicamente para la siembra de arroz; el nivel ondulado con presencia de agua, que en su superficie presenta pequeñas ondulaciones de amplitud métrica que han sido mecanizadas para la siembra de arroz; el nivel

ligeramente ondulado, con un suelo y vegetación más desarrollados, donde aparecen cultivos como la caña de azúcar, banano, soya.



Figura 4.3a. Llanura aluvial reciente.



Figura 4.3b. Llanura aluvial antigua.

Existen además diques, basines, cauces y meandros abandonados. De estas unidades, los diques quizás son los que revisten mayor importancia ya que controlan las inundaciones y presentan un rico ecosistema y suelo de buenas características que permite la existencia de arboricultura tropical, incluyendo cacao, mango y banano, entre otros. La Llanura Aluvial Reciente predomina en los cantones de Yaguachi, Samborondón, Baquerizo Moreno y Babahoyo, y cubre parte de los cantones Simón Bolívar, Naranjito, Lomas de Sargentillo, Santa Lucía, Palestina, Pueblo Viejo, Colimes y Vinces.

- Ecología: Bosque seco tropical.
- Geoformas: Niveles planos y ondulados, bancos, basines, meandros y cauces abandonados.
- Geología: Depósitos aluviales.
- Edafología: Suelos muy arcillosos, arcillo-limosos y limo-arenosos.
- Uso actual de las tierras: Cultivos de ciclo corto, pastos; autoconsumo y, comercio local y regional.

- Infraestructura vial y poblacional: Vía arterial Jujan-Los Ríos. Vía colectora Babahoyo Palmar. El Progreso-Salitre. Centros poblados: Samborondón, Milagro, Eloy Alfaro, Guayaquil.
- Peligros naturales: Inundaciones por desbordamiento y anegamiento.

4.3.2. La Llanura Aluvial Antigua

Dadas las características del relieve, suelo, clima y paisaje es una de las unidades con mayores posibilidades de desarrollo; lo que obliga que a futuro se realicen análisis integrados más detallados de su paisaje y, de otra parte, impulsar un crecimiento controlado de centros poblados y una buena articulación vial. En esta unidad se halla la represa Daule-Peripa, cuyas aguas deben regar las tierras de esta unidad. Está ubicada en la parte central de la cuenca.

Corresponde a una llanura aluvial que ha sufrido procesos de degradación y se caracteriza por la presencia de superficies con diferentes grados de disectamiento. Estas superficies están relacionadas con cimas redondeadas anchas o estrechas, con altitudes máximas de 15 m pero que típicamente no sobrepasan los 5 m. Las pendientes oscilan entre 2 y 40 % y usualmente se asocian con valles indiferenciados, inundados parte del año y aprovechados para cultivos de arroz. Las superficies mas disectadas están ligadas a la presencia de gargantas con presencia de valles indiferenciados y terrazas, también parcialmente aprovechados para el cultivo de arroz. Sobre las superficies disectadas la cobertura está caracterizada por los cultivos de teca, mango, y vegetación arbustiva de clima seco. Las limitaciones del recurso hídrico en ciertas zonas dificulta el desarrollo agrícola dentro de esta unidad morfológica. Esta unidad ha sido identificada en los cantones de Daule, Lomas de Sargentillo, Santa Lucía, Palestina, Vinces, Colimes y Balzar.

- Ecología: Bosque seco tropical.
- Formas del relieve: Superficies onduladas, pequeños encañonamientos, valles aluviales e indiferenciados.
- Geología: Arenas mas o menos compactadas, limos, arcillas y cantos de origen volcánico.
- Edafología: Cobertura total y parcial de cenizas volcánicas recientes; suelos arcillo-limosos, limosos.
- Cobertura natural: Pequeñas manchas de bosque húmedo muy intervenido.
- Uso actual de las tierras: Plantaciones permanentes, arboricultura tropical, pastos, cultivos de ciclo corto; autoconsumo y, comercio local y regional.
- Infraestructura vial y poblacional: Vía colectora Palestina-Empalme. Vía arterial límite Los Ríos-Guayas. Centros poblados: Vinces, San Jacinto, Quevedo, Ventanas.

- Peligros naturales: Erosión hídrica.

4.3.3. Cordillera Chongón Colonche

Esta Cordillera está conformada por rocas antiguas del Paleoceno y del Cretáceo, las mismas que están sometidas a procesos erosivos intensos desde aproximadamente el Eoceno superior. En este macrodominio están comprendidas las rocas de las formaciones Cayo y Piñón. Se halla formando relieves de diverso desnivel vertical y pendientes, y se ubica principalmente hacia el Noroeste de la cuenca.

La mayoría de afloramientos rocosos pertenecen a la formación Piñón, principalmente en los cantones de Samborondón y Yaguachi. En el cantón Babahoyo se determinó la existencia de un cerro testigo de la Unidad Macuchi.

Sus características son:

- Ecología: Bosque muy seco tropical
- Formas del relieve: Relieves montañosos y colinados muy altos, moderadamente disectados.
- Geología: Rocas volcánicas y volcano-sedimentarias del Cretáceo.
- Edafología: Suelos de textura arcillosa.
- Cobertura natural: Manchas de bosque seco.
- Uso actual de las tierras: Pastos, cultivos de ciclo corto, frutales; autoconsumo y comercio local.
- Infraestructura vial y poblacional: Vía arterial Guayaquil; una parte de la ciudad de Guayaquil.
- Peligros naturales: Erosión hídrica.

4.3.4. Relieves Estructurales y Colinados Terciarios

Los relieves estructurales y colinados terciarios se caracterizan por presentar remanentes de vegetación arbórea y una cobertura antropogénica relacionada con plantaciones permanentes, arboricultura tropical, pastos plantados y cultivos de ciclo corto. En general el estado de conservación de la unidad es relativamente bueno.

Pueden tener un origen tectónico erosivo en cuyo caso están representados por relieves colinados bajos y medios con desniveles de hasta 100 m, con cimas agudas y vertientes cóncavas o cimas redondeadas y vertientes convexas.

También pueden tener un origen estructural, presentando mesas, que son plataformas horizontales formadas por el

levantamiento de capas sedimentarias; o cuestas que son formas del relieve modeladas por erosión diferencial levantadas en series monoclinales de escaso buzamiento.



Figura 4.3c. Relieves colinados.



Figura 4.3d. Mesas.

Estos relieves se encuentran al Oeste de los cantones Balzar, Colimes y Santa Lucía. Son aprovechados en las partes bajas para pastizales y cultivos diversos, o tienen vegetación remanente. Las partes altas se caracterizan por la presencia de vegetación natural arbustiva, herbácea y arbórea.



Figura 4.3e. Frente de Cuesta.



Figura 4.3f. Cerro Testigo.

- Ecología: Bosque seco tropical.
- Formas del relieve: Relieves de mesas, cuevas y vertientes colinadas.
- Geología: Areniscas, conglomerados, arcillas, limolitas.
- Edafología: Suelos limo-arcillosos, arenosos.
- Cobertura natural: Bosquetes de vegetación arbórea húmeda.
- Uso actual de las tierras: Plantaciones permanentes, arboricultura tropical, pastos, cultivos de ciclo corto; autoconsumo y, comercio local y regional.
- Infraestructura vial y poblacional: Vía colectora Jipijapa-Pedro Carbo. Vía arterial Calceta-El Empalme. Poblados: Flavio Alfaro, pichincha, Pedro Carbo.
- Peligros naturales: Movimientos en masa, erosión hídrica.

4.3.5. Piedemonte Andino

Formando una franja longitudinal bajo las vertientes de la Cordillera Occidental, se encuentra la unidad identificada como piedemonte, constituida por abanicos aluviales de diferente edad. Por el relieve, suelos y clima, también es considerada una unidad con gran potencial de desarrollo. Solamente aquellos conos de deyección o esparcimiento recientes, de topografía plana a ondulada, podrían ser afectados por crecidas torrenciales que se originarían en la unidad superior y que estarían relacionadas con la degradación de subcuencas y micro cuencas y la ocurrencia de lluvias extraordinarias.

Al este de la zona de estudio aparecen los conos de deyección y esparcimiento (Figura 4.3g), ubicados al pie de la cordillera occidental. Los conos de deyección son cuerpos de depósitos aluviales cuya superficie se asemeja al segmento de un cono, que se extiende radialmente ladera abajo desde el punto en el que el curso del agua abandona el área montañosa como consecuencia de la fuerte reducción de la pendiente y de la disminución de velocidad del flujo.

Los conos de deyección se caracterizan por la presencia de superficies disectadas y abruptos de fuertes pendientes, debido a que han sido sometidos durante un largo intervalo de tiempo a la acción de procesos de remodelación. Esta condición ha significado que sobre esta forma exista una infraestructura vial limitada y un escaso desarrollo económico de sus habitantes. Los conos de esparcimiento, por otro lado, son superficies de menor pendiente (inferiores al 12 %) que se presentan como superficies bastante planas o con ondulaciones amplias y rebajadas cuyos desniveles relativos no exceden los 5 m. Usualmente son aprovechados para cultivos de banano, caña de azúcar, maíz y arboricultura tropical. Además presentan vegetación remanente de gran diversidad.

Espacialmente están localizados en el extremo este del cantón Babahoyo, Simón Bolívar y en casi todo Naranjito.

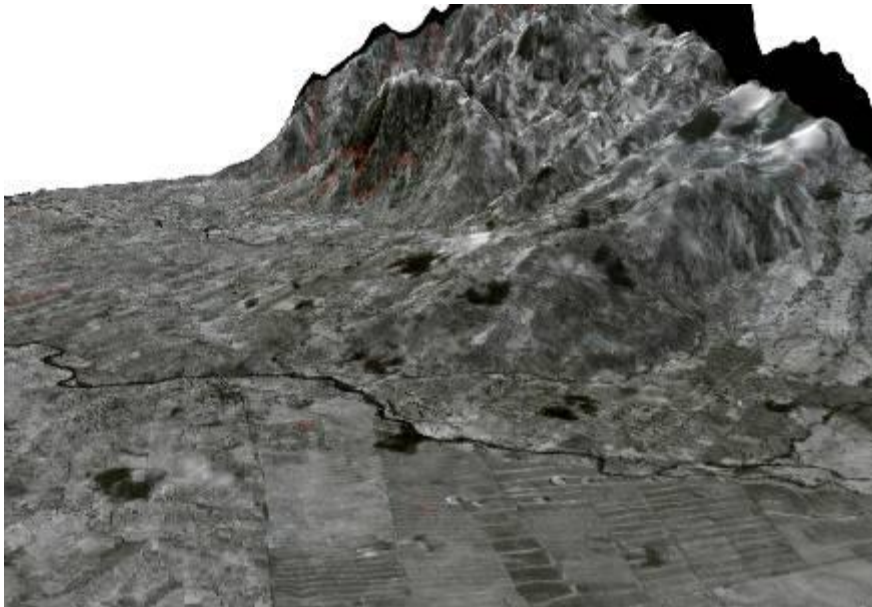


Figura 4.3g. Vista en 3D de los conos de deyección y esparcimiento.

- Ecología: Bosque húmedo tropical.
- Geoformas: Conos de esparcimiento y deyección antiguos y recientes, planos a moderadamente disectados.
- Geología: Depósitos aluviales de tipo torrencial.
- Edafología: Suelos derivados de cenizas volcánicas; otros, areno-arcillosos y pedregosos.
- Cobertura natural: Pequeñas manchas de bosque húmedo muy intervenido.
- Uso actual de las tierras: Plantaciones permanentes, arboricultura tropical, pastos, cultivos de ciclo corto; autoconsumo y, comercio local y regional.

- Infraestructura vial y poblacional: Vía arterial Luz de América-Patricia Pilar. Los Ríos-La Maná. Vía colectora Naranjito-Bucay. Centros poblados: Echeandía, Naranjito.
- Peligros naturales: En conos de deyección recientes, peligro de torrencialidad.

4.3.6. Vertientes Externas de la Cordillera Occidental

Se caracterizan por presentar laderas heterogéneas y escarpadas, con una alta fragilidad física, especialmente si estos territorios son sometidos (como es el caso) a una sobre utilización del recurso suelo, es decir, si se ocupan tierras con aptitud forestal para labores agropecuarias. El uso inadecuado de las tierras en esta unidad, repercute automáticamente en las unidades: pie de monte y llanura aluvial reciente; en esta última se produce la colmatación de los sedimentos a lo largo de los principales cauces, disminuyendo su capacidad portante, volviéndose más susceptibles a desbordamientos. Sus características son:

- Ecología: Bosque muy húmedo pre-montano, bosque húmedo montano bajo.
- Formas del relieve: Relieves montañosos, escarpados y muy disectados.
- Geología: Materiales volcánicos y volcano-sedimentarios Cretácicos, localmente cuerpos intrusivos.
- Edafología: Suelos derivados de proyecciones volcánicas recientes (en su mayor parte), andosoles desaturados.
- Cobertura natural: Manchas de bosque húmedo (degradación del recurso)
- Uso actual de las tierras: Pastizales y cultivos de ciclo corto; autoconsumo y comercio local.
- Infraestructura vial y poblacional: Panamericana, vía colectora Alausí- Sibambe-Bucay-Pallatanga, vía arterial El Tingo; centros poblados: Pallatanga, Alausí, Guaranda.
- Peligros naturales: Movimientos en masa, erosión hídrica.

4.4. Formaciones geológicas y litología

La geología de la zona de estudio se relaciona con aquella del pie occidental de la Cordillera de los Andes y de la parte baja que corresponde a una zona de depósitos aluviales cuaternarios. La parte montañosa en el este, está constituida por depósitos volcánicos y sedimentos del cretácico superior.

Las principales formaciones geológicas que se encuentran en la zona de estudio se analizan a continuación:

- a. *Depósitos aluviales*: Son depósitos cuaternarios compuestos generalmente de arcillas, limos y arenas acarreados por cuerpos aluviales.
- b. *Depósitos coluviales*: Son depósitos cuaternarios compuestos por detritos de diferente diámetro, aunque su composición varía de acuerdo a la unidad ambiental a la que pertenece. Se acumulan al pie de laderas, cuando se desprenden debido a la gravedad.
- c. *Depósitos coluvio-aluviales*: corresponden a depósitos formados por la acción de la deposición de materiales aluviales por corrientes fluviales sumados a los aportes gravitacionales laterales de los relieves que la rodean.
- d. *Formación Pichilingue (Terrazas Indiferenciadas -Pleistoceno)*: Están formadas por bancos de arcillas y arenas poco o nada consolidados (separados en partes) provenientes de la erosión de la Cordillera de los Andes, acarreados por aguas torrenciales y fluviales. Son sedimentos que ahora integran la base de la mayor parte de los terrenos fértiles de la planicie litoral. El espesor es desconocido, pero posiblemente pasa los mil metros.
- e. *Formación Balzar (Plio_B)* El afloramiento típico se encuentra en el corte dejado por el Río Daule entre Balzar y Pichincha donde se presenta desde abajo hacia arriba en capas de conglomerados, areniscas de grano fino a medio, arcillas laminadas de color café con moluscos, restos de plantas silicificadas y mantos de arena y toba. El contacto con la formación Onzole es discordante, y con la Formación Borbón está interdigitada, dando esta evidencia las areniscas de grano medio a grueso que se observan tanto en la Formación Borbón como en la Formación Balzar (pueblo de Pichincha). Con las extensas terrazas pleistocénicas el contacto es normal. Se sugiere una edad pliocénica para la Formación Balzar.
- f. *Formación Borbón (Plio_{Bb})* (Stainforth, 1948) La localidad tipo está en el Río Santiago, en el oriente de la Provincia de Esmeraldas, junto a Borbón. En la base es un conglomerado que descansa discordantemente sobre las formaciones Onzole y Playa Grande. Sigue luego una arenisca de grano grueso en bancos compactos con abundantes megafósiles en bolsones irregulares. Según los moluscos corresponde a una fácies marina. Bristow, 1976, la considera equivalente a la Formación Progreso en el sur. La edad varía según la posición relativa a la playa en la cuenca de sedimentación.
- g. *Formación Onzole, (Mio_{Oz})* (Stainforth, 1948) El afloramiento tipo se encuentra en el curso medio del Río Onzole, afluente del Cayapas. Consiste preponderantemente de limolitas azules, lutitas limosas y raramente areniscas y conglomerados. En sectores es rica en moluscos. Su espesor es variable (de 0 a 550 m). Descansa concordantemente sobre la Formación Angostura y, cuando ésta está ausente, sobre el Miembro

Villingota de la Formación San Pedro aparentemente también en forma concordante. La micro-fauna presente no ayuda en la determinación de la edad. Bristow y Hoffstetter, 1977, estiman que es una unidad cuya edad varía según la posición relativa a la playa en la cuenca de sedimentación.

- h. *Formación Cayo, (K_{3y}):* (Olsson, 1942). La localidad tipo está ubicada en la orilla sur de la Bahía de Puerto Cayo. Está expuesta ampliamente en la Cordillera Chongón Colonche y muy esporádicamente al Norte de Jama. Tiene un espesor de 3000 m en el sur y se adelgaza progresivamente al norte. La base de la formación está compuesta por brecha volcánica de composición intermedia a básica y toda la parte inferior está dominada por arenisca verde tobácea. Más arriba se presenta menos volcánica y en el tope de la formación las rocas dominantes son argilitas y pedernal. Subyace al material terciario que rellena las Cuencas Progreso y Manabí, descansando con una aparente discordancia sobre la Formación Piñón
- i. *Formación Piñón, (K_{3p}):* (Landes en Tschopp, 1948). Los afloramientos más extensos ocurren en la Cordillera Chongón Colonche. A lo largo de la Costa central del Ecuador aflora como un cinturón discontinuo. Desde Guayaquil es delineable a través de la Cordillera Chongón Colonche hasta Manta. Exposiciones esporádicas en la Península de Santa Elena son consideradas olistolitos, hacia el Norte una serie de afloramientos discontinuos se presentan cerca de la costa al Oeste de Portoviejo. En la localidad tipo, en el río Piñón, la formación está expuesta sobre una distancia de 3 km. Comprende principalmente rocas ígneas básicas: diabasa, basalto equigranular de grano fino, aglomerado basáltico, toba, escasos lentes capas delgadas de argilita, y complejos de diques. También se han observado pillow lavas, hialoclastitas y metabasaltos. Subyace a la Formación Cayo a través de un contacto variable que va de gradual a discordante angular.
- j. *Unidad Macuchi: (PalEocM)* (BGS - CODIGEM, 1993). Corresponde a una secuencia de arco submarino, volcanoclástica, predominantemente sedimentaria, con volcánicos intercalados, posiblemente lavas u hojas subvolcánicas. Litológicamente está compuesta por areniscas volcánicas de grano grueso, brechas, tobas, hialoclastitas, limolitas volcánicas, microgabros/diabasas, basaltos subporfiríticos, lavas en almohadillas y escasas calcarenitas con características geoquímicas relacionadas a subducción. Consecuentemente, la Unidad Macuchi se considera del Eoceno temprano a medio o más antigua, y teniendo en cuenta que no se observa su base, es probable que parte de la secuencia sea de edad Paleocena. La mayor parte de las facies de la Unidad Macuchi son productos de actividad volcánica efusiva submarina, ya sean



productos eruptivos o material re TRABAJADO depositado por procesos de flujo de masas.



4.5. Unidad genética



El origen de las formas del relieve puede deberse a uno de los siguientes:

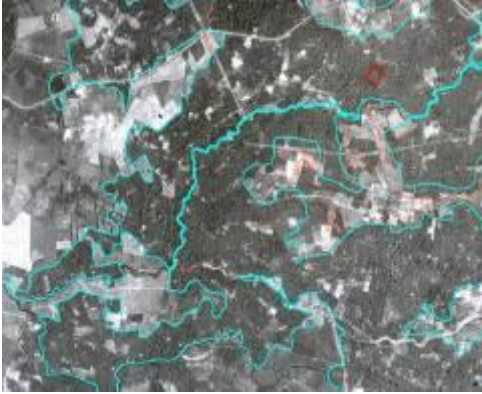

- *Denudativo*: incluye un grupo de procesos de desgaste de la superficie terrestre. En este contexto, las principales forma del relieve identificable son los coluviones y coluvio aluviales, formas originadas en la acción de la gravedad en combinación con el transporte de las aguas.
- *Deposicional*: se refiere a formas originadas por el depósito de material transportado por agentes erosivos como el agua, el hielo o el viento, que constituyen medios de acarreo.
- *Estructural*: obedece a un patrón estructural del buzamiento de los estratos y al plegamiento de rocas sedimentarias consolidadas y metamórficas de origen sedimentario.
- *Tectónico erosivo*: corresponde a levantamientos tectónicos que generan formas montañosas y colinadas de diversa altura y pendientes, y que aún conservan rasgos reconocibles de las estructuras originales a pesar de haber sido afectadas en grado variable por los procesos erosivos.



4.6. Formas de relieve



Código	Origen	Forma del Relieve	Descripción
Nb	Deposicional	Nivel plano	Considerado como el nivel base de la llanura. Presenta una topografía rigurosamente plana y pendientes siempre inferiores al 2 %, nunca sobrepasa los 5 m de altitud absoluta. (<i>Los Paisajes Naturales del Ecuador, Winckell A., Pág. 314</i>).
 <p>Fotografía aérea, Cantón Samborondón</p>			 <p>Fotografía. Samborondón, sector La Resistencia</p>

Código	Origen	Forma del Relieve	Descripción
Na	Deposicional	Nivel ondulado con presencia de agua	Esta compuesto por una asociación de muy suaves ondulaciones de amplitud métrica (3 a 5 m como máximo) y de depresiones permanentemente inundadas. Es el aspecto típico de un modelado ondulado del cual solo las cimas emergen de las aguas. (<i>Los Paisajes Naturales del Ecuador, Winckell A., Pág. 315</i>).
 <p>Fotografía aérea, Cantón Samborondón</p>			 <p>Fotografía. Samborondón, sector Cerro Samborondón</p>

Código	Origen	Forma del Relieve	Descripción
No	Deposicional	Nivel ligeramente ondulado	Compuesto por extensiones casi planas a ligeramente onduladas de depósitos aluviales recientes, con desniveles que no sobrepasan los 2 m y pendientes inferiores al 5 %.
 <p>Fotografía aérea, Cantón Yaguachi</p>			 <p>Fotografía. Yaguachi, sector Las Mercedes</p>

Código	Origen	Forma del Relieve	Descripción
D	Deposicional	Dique o banco aluvial	Son bandas de sedimentos en forma de cuña que bordean los canales fluviales, los diques buzan suavemente del borde del canal hacia el borde externo de la llanura de inundación, estos alcanzan un mayor desarrollo sobre los lados cóncavos del canal. <i>(Geomorfología, Gutiérrez M, Pág. 305).</i>
 <p>Fotografía aérea, Cantón Milagro</p>			 <p>Fotografía. Yaguachi, sector San Gerardo</p>

Código	Origen	Forma del Relieve	Descripción
B	Deposicional	Basín	Depresión que favorece el estancamiento tanto de las aguas de desborde, como de las aportadas por pequeños tributarios y de las mismas lluvias lo cual facilita a su vez la decantación de las partículas mas finas. <i>(Geomorfología aplicada a levantamientos edafológicos, Villota H., Pág. 183).</i>
 <p>Fotografía aérea, Cantón Yaguachi (Límite en celeste)</p>			 <p>Fotografía. Samborondón, sector El Deseo</p>

Código	Origen	Forma del Relieve	Descripción
Ca	Deposicional	Cauce abandonado	Tramos abandonados del lecho de un río, pueden aparecer cubiertos con agua, con aspecto de pantanos o secos, inicialmente son cóncavos y cubiertos con sedimentos de lecho como arenas y talvez gravas, cuando llegan a colmatarse los sedimentos de la superficie son mas finos, poco permeables y a menudo cubiertos con vegetación herbácea adaptada a condiciones de drenaje restringido. <i>(Geomorfología aplicada a levantamientos edafológicos. Villota H., Pág. 184)</i>
 <p>Fotografía aérea, Cantón Samborondón</p>			 <p>Fotografía. Yaguachi, sector Pedro Menéndez</p>

Código	Origen	Forma del Relieve	Descripción
M	Deposicional	Meandro abandonado	Tramos del lecho de un río correspondientes a una curva de meandro abierta o cerrada, cuyo corte o aislamiento ocurre cuando la corriente puede acortar su curso, incrementando localmente su pendiente. El taponamiento de sus extremos es rápido y tiene lugar por la acumulación de sedimentos del propio lecho. <i>(Geomorfología aplicada a levantamientos edafológicos. Hugo Villota, Pág. 177)</i>



Fotografía aérea, Cantón Balzar



Fotografía. Yaguachi, sector Cerritos San Juan

Código	Origen	Forma del Relieve	Descripción
Va	Deposicional	Valle fluvial	Forma de relieve alargada con pendiente, relativamente plana del 2 al 5 % y de sección transversal estrecha en algunos casos, intercalada entre áreas de relieve más alto y que tiene como eje a un río que fluyen generalmente en forma sinuosa y son inundables en épocas de invierno.

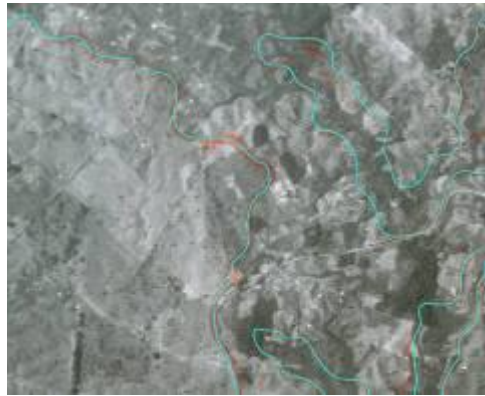


Fotografía aérea, Cantón Balzar



Fotografía. Santa Lucia, sector Loma Larga

Código	Origen	Forma del Relieve	Descripción
L1	Deposicional	Superficie poco disectada	Superficie constituida por terrenos planos a ondulados con escasa disección, las pendientes dominantes son del 2-5 % y desnivel vertical de 0-5 m, están limitados por valles indiferenciados.



Fotografía aérea, Cantón Vinces



Fotografía. Balzar, sector San Andres

Código	Origen	Forma del Relieve	Descripción
Vi	Deposicional	Valle indiferenciado	Corresponden a valles de fondo plano, que permanecen inundados gran parte del año y que se caracterizan por la ausencia de una dinámica fluvial permanente convirtiéndose en zonas hidromórficas que atestiguan la intensidad del relleno reciente con ríos o esteros prácticamente estancados.

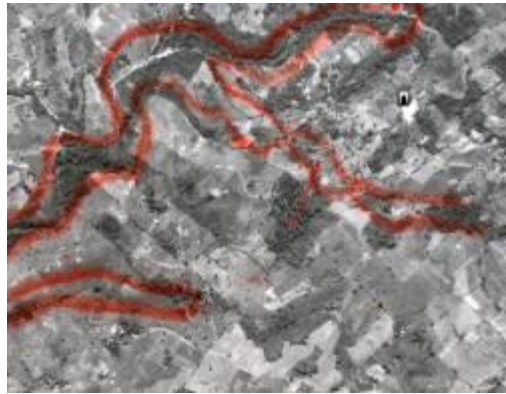


Fotografía aérea, Cantón Santa Lucia



Fotografía. Balzar, sector Hda San Honorato

Código	Origen	Forma del Relieve	Descripción
Tb	Deposicional	Terraza baja y cauce actual	Corresponde al lecho del río y a un nivel superior. Está formado por depósitos aluviales. Constituyen remanentes de anteriores niveles de sedimentación y representa la superficie más baja a partir del nivel actual de depositación. Por lo tanto está sujeta a las crecidas del río.

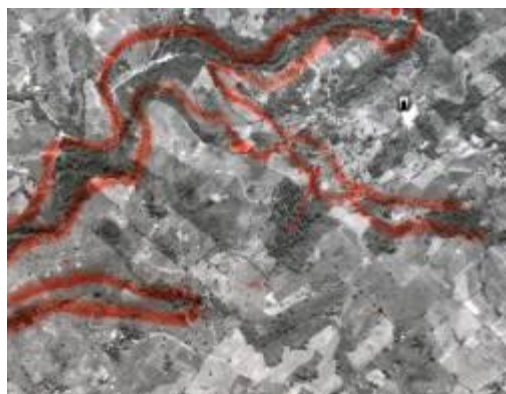


Fotografía aérea, Cantón Balzar



Fotografía. Balzar, sector San Andrés

Código	Origen	Forma del Relieve	Descripción
Cr, Can	Denudativo	Coluvión reciente y antiguo	Forma de relieve de carácter denudativo, compuesto por materiales detríticos, transportados desde las partes altas de las laderas por acción de la gravedad y depositados en las partes intermedias o al pie de las laderas. Los materiales depositados son de carácter angular poco clasificados y sin estratificación, con pequeñas cantidades de material de grano fino. El coluvión puede mostrar cierto grado de disección cubierto con vegetación pionera muy desarrollada, que indica cierto grado de madurez o antigüedad (coluvión antiguo)

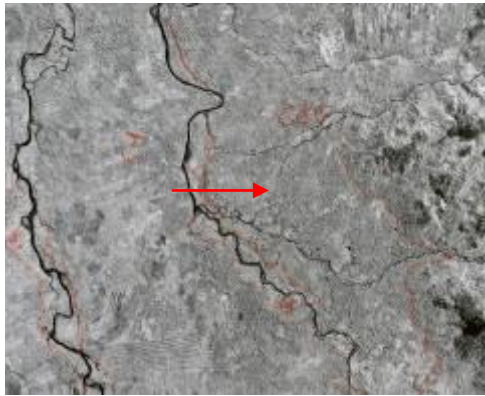


Fotografía aérea, Cantón Balzar



Fotografía. Balzar, sector San Andrés

Código	Origen	Forma del Relieve	Descripción
Ct	Tectónico - erosivo	Cerro Testigo	Forma de relieve de tipo residual y de carácter aislado, formado como resultado de los procesos erosivos de relieves colinados o montañosos primarios.

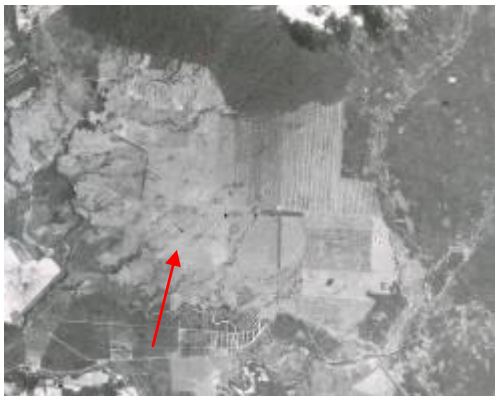


Fotografía aérea, Cantón Babahoyo



Fotografía. Babahoyo, sector Lucha

Código	Origen	Forma del Relieve	Descripción
Cds	Deposicional	Superficie de cono de deyección antiguo	Superficie de cono de deyección caracterizada por la presencia de superficies disectadas que han sido sometidas durante un largo intervalo de tiempo a la actuación de procesos de remodelación secundarios, principalmente el de la escorrentía superficial, que modifican la morfología derivada de la acción de los procesos de alimentación o primarios. Sus pendientes alcanzan el 25 % mientras que su desnivel relativo puede alcanzar los 50 m (<i>Geomorfología, Gutiérrez M, Pág. 306 y 309</i>).

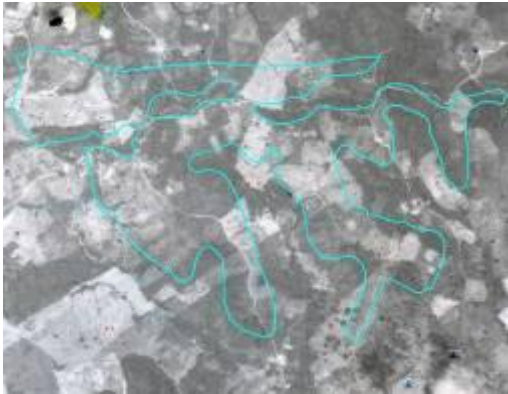



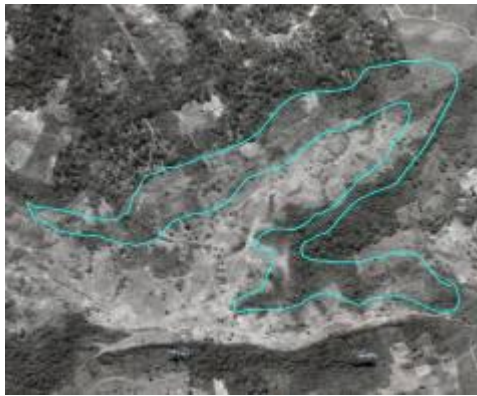

Fotografía aérea, Cantón Babahoyo

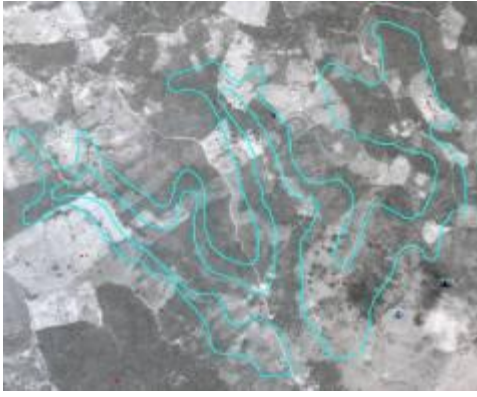



Fotografía. Babahoyo, sector Matilde Esther

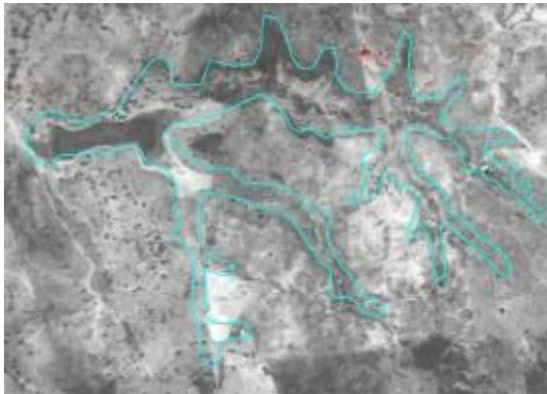
Código	Origen	Forma del Relieve	Descripción
Cda	Deposicional	Abrupto de cono de deyección antiguo	Forma de relieve caracterizada por la presencia de vertientes de pendientes fuertes en el frente y zonas distales del cono de deyección
 <p>Fotografía aérea, Cantón Babahoyo</p>			 <p>Fotografía. Babahoyo, sector Nueva América</p>



Código	Origen	Forma del Relieve	Descripción
S1	Estructural	Superficie de mesa	Las mesas son relieves residuales, de carácter estructural sobre lechos sedimentarios de rocas duras con estratificación horizontal, resultado de la erosión diferencial. Es así que la superficie de mesa se refiere a la extensión plana o tabular ubicada en la parte superior de la mesa.
 <p>Fotografía aérea, Cantón Balzar</p>			 <p>Fotografía. Colimes, sector Punta Alta</p>

Código	Origen	Forma del Relieve	Descripción
S2	Estructural	Cornisa de mesa	Corresponde al desnivel escarpado que limita la superficie de mesa, tiene pendientes mayores al 100 %, y está formado por afloramientos rocosos más resistentes a la erosión.
 <p>Fotografía aérea, Cantón Colimes</p>			 <p>Fotografía. Colimes, sector Punta Alta</p>

Código	Origen	Forma del Relieve	Descripción
S3	Estructural	Vertiente de mesa	Elemento lateral inclinado de una mesa, correspondiente a sus laderas, con pendientes principalmente fuertes, que van desde la cornisa de mesa hasta el pie.
 <p>Fotografía aérea, Cantón Colimes</p>			 <p>Fotografía. Balzar, sector Tachuela del medio</p>

Código	Origen	Forma del Relieve	Descripción
S4	Estructural	Encañonamiento de mesa	Forma de relieve de paredes escarpadas, formada por procesos de erosión gradual de los estratos horizontales de una mesa., generalmente tienen un fondo plano con pendientes del 2 al 5 % y paredes abruptas con pendientes del 40 al 70 %, tienen desniveles relativos de 6 a 15 m de altura.

	
Fotografía aérea, Cantón Colimes	

Código	Origen	Forma del Relieve	Descripción
S5	Estructural	Testigo de cornisa de mesa	Forma de relieve de tipo residual, resultante de los procesos de erosión a los que ha sido sometida la cornisa de mesa, generalmente son relieves de cimas agudas y vertientes rectilíneas o cóncavas.
			
		Fotografía aérea, Cantón Balzar	Fotografía. Santa Lucia, sector La Ceiba

Código	Origen	Forma del Relieve	Descripción
C1	Estructural	Superficie de cuesta	Ladera estructural de una cuesta, la cual esta formada por series monoclinales de escaso buzamiento, formada como consecuencia de la degradación parcial de los estratos sedimentarios suavemente plegados



Fotografía aérea, Cantón Balzar



Fotografía. Balzar, sector La Isabel

Código	Origen	Forma del Relieve	Descripción
C2	Estructural	Frente de cuesta	Se considera frente de cuesta a la forma de relieve correspondiente a la vertiente escarpada de una cuesta con pendientes mayores al 70 %, y desnivel relativo de 50 a 100 m. Esta ubicada en el frente de la cuesta con respecto a su superficie (superficie de cuesta).

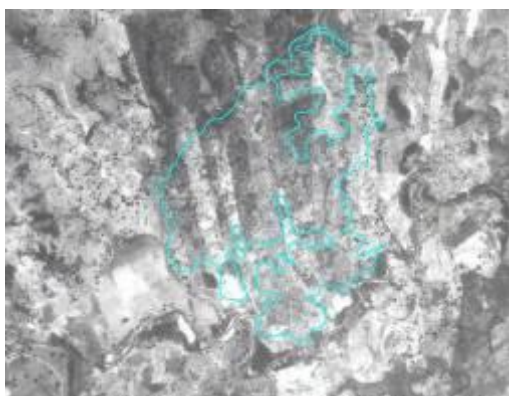


Fotografía aérea, Cantón Balzar



Fotografía. Balzar, sector Tachuela del Medio

Código	Origen	Forma del Relieve	Descripción
C3	Estructural	Vertiente de cuesta	Constituyen las laderas inferiores de una cuesta estructural. Sus pendientes oscilan entre el 12 y 40 % con desniveles relativos de hasta 50 m.



Fotografía aérea, Cantón Balzar



Fotografía. Balzar, sector Los Boyales

Código	Origen	Forma del Relieve	Descripción
R3	Tectónico Erosivo	Relieve colinado medio	Constituyen elevaciones naturales del terreno de cimas redondeadas con vertientes convexas. Sus pendientes alcanzan el 70 %, mientras que sus desniveles relativos llegan a los 100 m.



Fotografía aérea, Cantón Balzar



Fotografía. Colimes, sector El Limón

Código	Origen	Forma del Relieve	Descripción
R4	Tectónico Erosivo	Relieve colinado alto	Constituyen elevaciones naturales del terreno de cimas redondeadas y/o agudas con vertientes cóncavas, convexas o rectilíneas. Sus pendientes alcanzan el 100 %, mientras que sus desniveles relativos llegan a los 200 m.

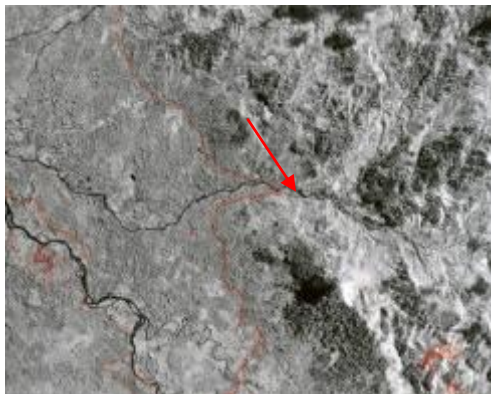


Fotografía aérea, Cantón Daule



Fotografía. Samborondón, sector El Paraíso

Código	Origen	Forma del Relieve	Descripción
R6	Tectónico Erosivo	Relieve montañoso	Constituyen elevaciones naturales del terreno más altas que los relieves colinados. Sus cimas agudas con vertientes rectilíneas, las pendientes alcanzan el 100 %, mientras que sus desniveles relativos sobrepasan los 300 m.



Fotografía aérea, Cantón Babahoyo



Fotografía. Babahoyo, sector El Placer

Código	Origen	Forma del Relieve	Descripción
E	Tectónico Erosivo	Encañonamiento	Forma de relieve formado por un curso de aguas que a través de un proceso de erosión, excava en terrenos blandos de origen sedimentario una incisión lineal de tendencia rectilínea con vertientes casi verticales y desniveles de hasta 50 m Posee carácter estructural, dirigido por levantamientos tectónicos y por descensos del nivel de base.



Fotografía aérea, Cantón Balzar



Fotografía. Balzar, sector Boca del Tigre

4.7. Métodos de levantamiento de información

La principal limitante en el levantamiento de suelos se refiere a que al realizar el estudio en campo se observa una fracción muy pequeña de suelo y el mecanismo de muestreo es usualmente destructivo, ya que se altera las características originales. Algunas prácticas, insumos y herramientas ayudan a la interpretación de las características de suelo como son la teledetección, la interpretación del uso del suelo y la más destacada la geomorfología (adaptado de VARGAS, J. 2004).

4.7.1. Métodos sintéticos

Es el método en el cual primero se realizan las observaciones en campo, luego se analizan y grafican las observaciones, entonces se agrupan las observaciones con características similares, intentando separar las que tengan mayor variabilidad. Es decir que se forman las unidades espaciales a partir de puntos ya observados en campo.

4.7.2. Métodos analíticos

Primero se separa el paisaje en cuerpos de suelo "naturales", utilizando características externas como la geoforma, vegetación y la superficie del suelo, y finalmente se caracterizan las unidades resultantes a través del estudio y muestreo en campo. En otras palabras, el análisis es la separación de cuerpos de suelo "naturales" basados en indicios externos.

4.7.3. Breve descripción de algunos métodos

4.7.3.1. Levantamiento no-sistemático

Los límites de las unidades de suelo se determinan a partir de otros mapas como de Geología y Fisiografía. Chequeos en campo ampliamente espaciados se utilizan para determinar las propiedades típicas de los suelos. No se estima la variabilidad interna. No deberían ser utilizados a escalas mayores a 1: 500 000 y de hecho, es preferible que no sean considerados mapas reales, sino mas bien bocetos.

4.7.3.2. Levantamiento en grilla

Se parte de un muestreo sistemático, diseñado en base al rango de auto-correlación espacial. Los puntos de muestreo son ubicados y caracterizados en el campo. Métodos estadísticos y geo-estadísticos estándar son utilizados para estimar la variabilidad del área de estudio.

4.7.3.3. Levantamiento continuo

Este método es apoyado en el uso de la teledetección, analizando la variabilidad de la información adquirida por el sensor, analizando las diferentes tonalidades, vegetación, rendimiento de cultivos, entre otras.

4.7.3.4. Levantamiento fisiográfico

La metodología se basa fundamentalmente en la interpretación de geoformas, seguida de una verificación en campo de la composición de unidades de mapeo, pero en algunos casos no todas las delineaciones son visitadas. El muestreo es sesgado a través de posiciones "típicas" en el paisaje, solo así se estima la variabilidad interna. La adaptación de este método es utilizado en el presente proyecto, por ello, se ampliará más adelante.

4.7.3.5. Levantamiento libre

Esta metodología es una extensión del levantamiento fisiográfico, inicia con la interpretación fisiográfica detallada, pero en este caso los límites deben ser verificados y posiblemente modificados después del chequeo en campo. El investigador, quien es libre de escoger los puntos de muestreo, debe recorrer la mayoría del paisaje en campo, usualmente a través de transectos, concentrándose en las áreas problema. En zonas con correlación pobre entre la geomorfología y los suelos, las observaciones de campo son utilizadas para ubicar los límites. Existen observaciones

suficientes, algunas para obtener un buen estimado de la variabilidad interna.

Esta metodología depende mucho de la experiencia del investigador, para dirigir la mayor cantidad de esfuerzo a las zonas problema.

4.8. El mapa y el reporte general de levantamiento de suelos

Para una mayor comprensión geográfica, las entidades naturales que contienen los suelos tienen necesariamente que ser delineadas o cartografiadas. Su configuración y dinámica interna presenta estrecha relación con los factores y procesos que van a determinar, en cierta medida, la homogeneidad de la unidad cartográfica de suelos, a partir de los atributos asociados (Jaimes, 1988) (adaptado de DE LA ROSA, D. 2008).

Un mapa de suelos representa la distribución de los tipos de suelos en el paisaje. Para ello, debe definir las diferentes unidades cartográficas de suelos y delimitar las extensiones geográficas que ocupan (PORTA, J. 2005. Agenda de campo de suelos).

La elaboración de un mapa de suelos comprende un proceso, que puede ser lento y laborioso, dado que contempla, a grandes rasgos, un inventario morfológico de los suelos, la determinación de la superficie que ocupan, su clasificación, el estudio de sus propiedades o atributos asociados, la relación con los factores formadores o componentes del medio y finalmente la elaboración del documento cartográfico (PORTA, J. 2008. Introducción a la edafología).

El objetivo del levantamiento cartográfico de los suelos es describir las características y propiedades de los suelo de una área determinada, clasificar los suelos y situar sus límites en un mapa. Con ello se conocerá la distribución en el paisaje y se podrá hacer predicciones acerca de su comportamiento y establecer cómo se puede utilizar (VARGAS, R. 2004 ITC).

4.8.1. Tipos de leyendas

Cada una de las áreas más o menos homogéneas en el mapa deberán tener un nombre y sus propiedades deberán ser descritas (VARGAS, R. 2004, ITC).

4.8.1.1. Leyenda de mapeo

El conjunto de los nombres de las unidades de mapeo es la leyenda de mapeo. Esta nos provee de los nombres para referirnos a

las áreas dentro del mapa. Ejemplo: Es decir que la unidad de color amarillo corresponde a un Vertic Eutrodepts.

4.8.1.2. Leyenda descriptiva

El conjunto de descripciones de sus propiedades corresponde a la leyenda descriptiva. Este es el vínculo entre el mapa y la teoría científica acerca de la unidad de mapeo. Ejemplo: la descripción de un Vertic Dystrustepts, Suelos moderadamente profundos, arcillosos, pH prácticamente neutro, mal drenado y fertilidad media.

4.8.1.3. Leyenda interpretativa

Una frase o juicio acerca de la unidad de mapeo con propósitos específicos, es decir el resultado de la evaluación de tierras, por ejemplo: "Área es apta para cultivos de ciclo corto con muy pocas a ninguna limitación para el manejo mecanizado y riego".

4.8.2. Tipos de mapas

Los tipos de mapas nos sirven para hacer predicciones acerca de comportamiento esperable de los suelos en una determinada zona y poder asignar de este modo usos al territorio y aplicar técnicas de gestión de suelos con una mayor base científica (PORTA, J. 2008).

Los mapas de suelos se pueden clasificar según sus objetivos y según sus escalas de trabajo (PORTA, J. 2008).

4.8.2.1. Por su Escala

La escala depende de: los objetivos perseguidos, del presupuesto, del tiempo disponible, de la complejidad de la zona y de los antecedentes cartográficos previos.

4.8.2.1.1. Escalas pequeñas 1: 5 000 000 a 1: 250 000

Tienen fines de reconocimiento, información preliminar, para estudios generales o didácticos, para seleccionar áreas de interés para estudios más profundos.

Representan países, comunidades autónomas, regiones o provincias.

Son mapas de síntesis. Muy baja densidad de observaciones. Las unidades cartográficas empleadas son complejas. Clases taxonómicas de máximos niveles, Grupos Principales en FAO y Órdenes y subórdenes en Soil Taxonomy.

4.8.2.1.2. *Escalas medias 1: 100 000 a 1: 25 000*

Mapas semidetallados. Con baja o media densidad de observaciones. Aportan ya importantes datos sobre los suelos y sus relaciones con los factores formadores. Las unidades cartográficas están constituidas por clases taxonómicas a 2º y 3º nivel, Unidades de Suelos en FAO, Subórdenes, Grandes Grupos y Subgrupos en Soil Taxonomy. Pueden servir de base para elaborar otros mapas interpretativos.

4.8.2.1.3. *Escalas grandes 1: 25 000 a 1: 5 000*

Mapas detallados. Estudios a nivel de finca. Necesitan de una muy alta densidad de observaciones, con constantes controles de campo. Aportan mucha información sobre los suelos de la zona. Sus clases taxonómicas son de un nivel categórico bajo Subunidades FAO, Subgrupos, familias y series en Soil Taxonomy. Dentro de las unidades cartográficas son frecuentes las consociaciones. Son mapas elaborados con fines prácticos, para evaluaciones de capacidades de uso y para ordenaciones del territorio.

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

4.8.2.2. Por sus Objetivos

4.8.2.2.1. *Básicos*

Son mapas elaborados con fines exclusivamente científicos, no buscan aplicaciones. Para establecer las unidades cartográficas se utiliza una de las muchas clasificaciones de suelos aceptadas por la comunidad científica. En general, se usan muchas propiedades y características de los suelos, en especial aquellas que están directamente relacionadas con la génesis del suelo.

4.8.2.2.2. *De propiedades*

Representaciones de cualquier propiedad del suelo: mapa de textura, de nitrógeno, de pH, de contenido en carbonatos, de materia orgánica, profundidad del suelo, etc. Se representan áreas en las que la propiedad elegida está dentro de un margen establecido. En ocasiones estos mapas pueden estar conformados por un conjunto de isolíneas (agrupación de puntos con igual valor para una determinada propiedad).

4.8.2.2.3. *Temáticos*

Mapas aplicados, frecuentemente extraídos a partir de un mapa básico. Del mapa básico se seleccionan aquellas propiedades que sean relevantes para un fin determinado y se definen unas clases en función del grado de idoneidad para ese fin (por ejemplo: "sin limitaciones", "limitaciones moderadas", "severas limitaciones", "no apto"). A partir de un mismo mapa básico se pueden confeccionar numerosos mapas aplicados. Mapas de este tipo son los mapas de evaluación de capacidades de uso, mapas de aptitudes para fines específicos, mapas de erosión, de contaminación, niveles de salinidad, de riesgos, de vertidos, etc.

4.8.3. *Elaboración del mapa*

Una vez elaborada toda la información de campo y laboratorio, se procede a correlacionar los datos de los sondeos con los de los perfiles, sobre la base cartográfica trazada a partir de la foto interpretación e imágenes satelitales. De esta forma con la ayuda de los Modelos Digitales del Terreno DTM, se consigue un modelo conceptual que integra la distribución de los suelos con las características del paisaje. Tras la verificación posterior de las líneas entre unidades cartográficas y del contenido de estas unidades, se traza el definitivo mapa de suelos con su correspondiente leyenda y memoria explicativa.

El Mapa representa la realidad de los suelos estudiados, de una manera simplificada y abstracta. El grado de simplificación y abstracción depende de la escala de estudio, por lo que los errores e incertidumbres son componentes propios de cada mapa. La evaluación de los errores del mapa, se la suele realizar mediante estudios de exactitud y precisión. La exactitud se refiere a las diferencias existentes entre la realidad y su representación en un mapa concreto; mientras que la precisión se refiere a las diferencias relativas que existen entre diversos mapas que representan la misma realidad. Sobre todos estos aspectos y las metodologías para desarrollarlos, Davidson (1992) lleva a cabo un estudio detallado con el fin de investigar la calidad de los reconocimientos de suelos (DE LA ROSA, 2008).

4.8.4. *Evaluación de la calidad del mapa*

Hay que tener en cuenta que los suelos constituyen una parte de la información, y que las técnicas de manejo de suelos y otros aspectos deben tener en cuenta para hacer predicciones a partir de la información de los suelos. La utilización de los mapas de suelos, deben tener en cuenta los siguientes aspectos (PORTA, J. 2005. Agenda de campo de suelos):

- La escala del mapa, ya que determina la densidad de observaciones y el conocimiento de la realidad de terreno que da soporte al mapa y el porcentaje de superficie ocupada por impurezas.
- El grado de abstracción o nivel de generalización del mapa, que puede haber hecho perder una gran cantidad de observación y hacer aumentar el porcentaje de impurezas.
- Los límites entre delineación nunca son tan abruptos como la línea que los indica en el mapa podría hacer creer, y como fueron identificados.

Criterios para evaluar la calidad de un mapa de suelos

Al tener que utilizar información cartográfica de suelos puede resultar conveniente considerar el grado de fiabilidad de la misma. La fiabilidad está relacionado con: la profesionalidad del equipo, la metodología de trabajo y forma de presentar la información

La calidad de un mapa suele hacer referencia a:

- Calidad de la información contenida en el mapa: para evaluar se requiere volver al campo y con la barrenación hacer un sondeo en un lugar ya cartografiado y observar si el suelo encontrado corresponde al mismo en el mapa.
- Utilización del mapa para los objetivos de los usuarios: la escala, la que detalla con que se presenta la información, eficiencia para hacer predicciones y la leyenda.

Para poder tomar decisiones a partir de la información contenida en un mapa de suelos, resulta muy conveniente tomar en cuenta los criterios de calidad referidos a la ejecución del mapa, que pueden concretarse en los siguientes:

Cuadro 4.8a. Evaluación de la calidad en la ejecución del mapa de suelos.

Densidad de observaciones (observaciones/ha)	<ul style="list-style-type: none"> • Función de la finalidad del mapa y escala optima de representación.
Tipo de observaciones	<ul style="list-style-type: none"> • Relación calicatas/sondeos
Precisión y significado de los límites	<ul style="list-style-type: none"> • Forma de situar los límites ente unidades cartográficas. • Inferidos por interpretación • Determinados por observaciones de campo y seguidos en toda su longitud • Interpolados entre los puntos observados
Uniformidad de las unidades cartográficas	<ul style="list-style-type: none"> • Pureza de las unidades cartográficas (puede variar del 65 al 90%) • Coeficientes de variación de una propiedad individual del suelo (raramente un 20% y para propiedades químicas pueden llegar al 70%) • Porcentaje y tipo de inclusiones en cada unidad. • Valor predictivo de una unidad cartográfica
Análisis realizados	<ul style="list-style-type: none"> • Ensayos preliminares de campo • Número y tipo de muestras tomadas • Análisis de laboratorio • Identificación del laboratorio
Formación y experiencia del equipo	<ul style="list-style-type: none"> • Nombre del director del equipo • Nombre de los prospectores y su formación

Fuente: PORTA, J. Edafología para la agricultura y el medio ambiente. 2003.

Además los mapas deben ser fáciles de utilizar, por lo que la presentación o edición debe cuidar los aspectos de calidad:

Cuadro 4.8b. Criterios para evaluar la calidad de un mapa de suelos.

Cualidades	Observación
Precisión	<ul style="list-style-type: none"> • Depende del error grafico en la localización de las unidades cartográficas en el mapa.
Expresión	<ul style="list-style-type: none"> • Presentación adecuada de la información. El mapa debe ser agradable para leer.
Legibilidad	<ul style="list-style-type: none"> • Factibilidad con que es percibida la información • Un exceso de información puede dificultar la utilización del mapa • El mapa debe ser claro • El manejo del color y el poner su símbolo a cada delineación del mapa mejora la lectura
Eficacia	<ul style="list-style-type: none"> • El mapa debe ser útil y veraz • La información contenida en el mapa debe permitir predecir las propiedades del suelo en cualquier unidad del suelo, depende la pureza de cada unidad cartográfica y de la escala
Leyenda	<ul style="list-style-type: none"> • Presentarse de forma organizada las unidades cartográficas • Debe ser corta y comprensible • Puede incluir indicadores sobre las fuentes de documentación, método de trabajo y precisión.

Fuente: Adaptado de PORTA, J. Agenda De campo de suelos. 2005.

4.8.5. *Elaboración del informe final*

El informe del Levantamiento de suelos, conocido también como la memoria del estudio, es una etapa del trabajo que comienza durante la fase de campo y se concluye en la oficina, una vez que el equipo de edafólogos reconocedores ha regresado a la base central. Generalmente se considera que el informe debe realizarse de inmediato, pero la experiencia ha demostrado que no es recomendable porque, en primer lugar se pierde tiempo, en segundo lugar, al analizar los reportes de laboratorio, describir las unidades de mapeo y elaborar la leyenda de mapeo, surgen dudas y estas deben ser resueltas desde las bases, por lo que hay que cambiar en algunas ocasiones desde la interpretación geomorfológica.

Un informe debe contener la descripción jerárquica de cada una de las unidades, iniciando desde lo general a lo particular. Debe también contener la superficie de cada una de las unidades y el porcentaje que ocupa cada de las unidades en relación al total.

La descripción debe ser de lo más sencilla, ya que este documento será leído por el público, por lo tanto servirá para comunicar tanto a edafólogos como a no especialistas que utilizan el recurso suelo.

5. EL ENFOQUE GEO-PEDOLÓGICO

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

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

Finalmente, por la necesidad del proyecto, se ha adaptado de la metodología original de un enfoque fisiográfico a un **Enfoque Geo-Pedológico**, con un tipo de **muestreo dirigido**, lo que permite realizar una caracterización de suelos con el detalle necesario para cumplir con los estándares de una cartografía 1: 25 000, bajar los costos del levantamiento de suelos, con el mismo criterio de utilizar el perfil de suelo como base de análisis y el uso intensivo de la fotointerpretación para identificar las unidades morfológicas.

5.1. Definición

Se ha tomado algunas definiciones desde el documento "Establecimiento de Geoparques en México", contratado por el Instituto Nacional de Ecología INE, donde se manifiesta que:

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

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

La geopedología definida por Zinck (1988), es la integración de la geomorfología y la pedología usando como herramienta a la

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

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

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

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

El método geopedológico opera a través de un sistema el cual comprende seis niveles jerárquicos: Unidad Ambiental, Litología, Origen, Morfología, Morfometría y Subgrupo taxonómico USDA Soil Taxonomy. Estos diferentes niveles se utilizan para fragmentar al espacio geográfico a partir de su expresión geomorfológica y de acuerdo a sus rasgos homogéneos los cuales permiten establecer áreas semejantes y que derivarán en unidades geopedológicas.

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

El enfoque geo-pedológico se ha adaptado para el estudio a semi-detalle (escala 1: 25 000), esto porque el material y

herramientas utilizadas cumplen con las especificaciones necesarias para cubrir los estándares cartográficos de precisión.

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

La metodología utilizada en el marco del proyecto, se amplía brevemente a continuación según los niveles del sistema jerárquico del enfoque geopedológico (adaptado de VARGAS R. ITC, 2004 e INE, 2004).

- a. Identificación de las **Unidades Ambientales** (nivel 1 de jerarquía), son áreas homogéneas, caracterizadas por propiedades físicas, bióticas y por su relación con procesos ecológicos; donde el criterio básico utilizado para la delimitación es el del paisaje, entendido como la interrelación o articulación de los elementos: relieve, litología, suelos, uso del suelo y vegetación. El paisaje no es la simple suma de elementos geográficos separados, sino que es el resultado de las combinaciones dinámicas, a veces inestables de elementos físicos, biológicos y antropológicos, que concatenados hacen del paisaje un cuerpo único, indisociable, en perpetua evolución.
- b. Dentro de cada Unidad ambiental se debe identificar el origen parental de las unidades, para luego dividir las unidades del nivel por la **litología** (tipo de roca). Esto puede derivar de información secundaria e interpretación de fotografías.
- c. Dentro de cada Unidad litológica se debe identificar las unidades genéticas del relieve, la cuales se encuentran en una larga lista, en este enfoque se identificó como **Morfología**.
- d. Por el nivel de detalle de este estudio, y las características de los insumos disponibles, las unidades morfológicas son susceptibles de ser subdivididas en base al desnivel relativo y pendientes dominantes. A la cual se la denomina **Morfometría**, resultando así una subdivisión de las unidades morfológicas.

- e. Finalmente se identifica las **áreas de muestreo** a ser intervenidas en campo, vale la pena aclarar que originalmente se sugirió delimitar transectos, pero como se dispone de información generada por PRONAREG-ORSTOM ha servido para focalizar los sitios de muestreo, por lo que se optó por un **sistema de muestreo dirigido**. Con lo cual se ha caracterizado cada una de las unidades morfológicas, dirigiendo los esfuerzos a zonas con mayor dificultad.
- f. Se debe ubicar en campo los **sitios de muestreo** dirigidos, los cuales estarán en zonas representativas, en lo posible tratando de cubrir todas las unidades morfológicas. El levantamiento de información en campo se lo realiza llenando un ficha, en la que se registra la mayor cantidad de información tanto del paisaje local como de los suelos y al mismo tiempo se realizan observaciones suplementarias con un barreno con 2 objetivos: El primero es corroborar en otro sitio de la misma unidad que corresponda al perfil modal y el segundo es verificar los límites de las unidades.
- g. Si los suelos encontrados dentro de una unidad morfológica son **significativamente diferentes**, en ese momento el equipo técnico determina si los suelos pueden ser mapeados separadamente a la escala de mapeo, esto ayudado con insumos como fotografías aéreas o imágenes de satélite, que permiten identificar cambios de el tipo en la cobertura vegetal o uso del suelo, lo cual le permite al técnico discernir con mayor criterio.
- h. De ser el caso, la información puede ser **extrapolada** a unidades que no han sido visitadas y que cumplen con las características de la zona donde se levantó la información. También deben ser resueltos problemas en las zonas donde existe incapacidad para delimitar como unidad homogénea, entonces se la clasifica como el tipo de unidad a la que corresponde.

5.2. El enfoque geo-pedológico comparado con otros enfoques

La leyenda geo-pedológica es estructurada de acuerdo a 6 niveles jerárquicos, esto contrasta con la forma libre del enfoque fisiográfico en el análisis de los elementos, el cual busca combinaciones únicas de estos, sin una estructura de leyenda rígida. Algunas veces puede parecer que el enfoque geopedológico está forzando una estructura que está en ventaja con el análisis fisiográfico local (VARGAS, ITC, 2004).

6. METODOLOGÍA DE TRABAJO

6.1. Fase 1: Recopilación de información

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

6.1.1. Fuentes de información

Las siguientes instituciones y/o dependencias fueron identificadas como generadoras de información en relación con levantamientos de suelos y de geomorfología en el área de estudio, estas son:

- Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca (MAGAP): SIG AGRO (Quito-Pichincha).
- Corporación de Estudios para el Desarrollo de la Cuenca del Río Guayas: CEDEGE (Guayaquil-Guayas).
- Secretaria Nacional del Agua: ex INERHI (Quito-Pichincha).
- Centro de Reconversión Económica de Manabí: CRM (Portoviejo-Manabí).
- CORPECUADOR (Guayaquil-Guayas).
- Ingenios azucareros San Carlos y Valdez.

6.1.2. Estudios y documentación referencial para geomorfología

En esta etapa se recopiló toda la información referencial para la fotointerpretación. Además se obtuvo la fotografía del IGM, se establecieron estándares de trabajo, se definió una leyenda preliminar de acuerdo a la escala de trabajo, y se diseñaron los equipos de trabajo y sus responsabilidades.

Los insumos básicos para el estudio que se recopilaron se detallan a continuación:

- *Fotografía aérea:* Identificadas en el foto índice del Instituto Geográfico Militar (IGM) las fotografías escala 1: 60 000 más

actuales disponibles se procedió a su adquisición. Cabe señalarse que en esta primera etapa del proyecto se ha debido utilizar esta escala debido a la inexistencia de fotografía 1: 30 000 para toda la zona de estudio, y a la inconveniencia técnica de la mezcla de fotografías de diferentes escalas.

- Las características de las fotografías aéreas utilizadas son:
 - Procedencia: IGM (préstamo del archivo).
 - Proyecto: Carta Nacional.
 - Emulsión: Pancromática.
 - Escala: 1: 60 000.
 - Fechas de toma: 1974, 1978, 1983, 1987, 1994, 2000 (lo más actual disponible para cada zona).
 - Calidad: Heterogénea (diversos estados, materiales y ciertos casos no existen las marcas fiduciales).

- *Mapas morfopedológicos y geomorfológicos:* escala 1: 200 000 de PRONAREG – ORSTOM, de los años 1979 a 1984, que es el principal referente debido a la riqueza de información que provee, y que se busca detallar y actualizar.

Los materiales recopilados que se utilizaron como referencia en la elaboración de la información geomorfológica son los siguientes:

- *Cartas geológicas:* Elaboradas por la ex CODIGEM escala 1: 100 000, editadas en 1979 con un total de 12 cartas geológicas, y del mapa escala 1: 500 000 "Geological and Metal Occurrence Maps of The Southern Cordillera Real and El Oro Metamorphic Belts, Ecuador", producido por la Misión Británica BGS y la DINAGE en el año 1994.

- *Cartas topográficas:* Escala 1: 50 000 del IGM, producidas en diferentes años.

- *Imágenes satelitales:* De diversos sensores, según el área en estudio, y de resolución mejores a 7,5 m.

- *Modelos digitales del terreno:* Debido a la inexistencia de modelos de resolución adecuada para la escala de trabajo, se recopilaron aquellos disponibles (SRTM), que a pesar de no concordar con la escala de trabajo, se usan como referencia, en especial en aquellos sitios en los que el relieve tiene desniveles relativos significativos. El SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) tiene tamaño de celda de 90 m y fue generado por la NASA y la National Imagery and Mapping Agency (NIMA) (http://www.src.com/datasets/SRTM30_Info_Page.html).

Cuadro 6.1a. Cartas topográficas escala 1: 50 000.

Código	Cartas Topográficas
MIV-D4	Colimes
NIV-C3	Palestina
NIV-C4	Pueblo Viejo
NIV-D3	Catarama
MIV-F2	Pedro Carbo
NIV-E1	Santa Lucía
NIV-E2	Babahoyo
NIV-F1	Juan Montalvo
MIV-F4	Isidro Ayora
NIV-E3	Daule
NIV-E4	Samborondón
MIV-F3	Simón Bolívar
NV-A1	Pascuales
NV-A2	Milagro
NV-B1	Naranjito
NV-A4	Gral. Pedro J. Montero
NIV-A4	Mocache
MIV-B4	San Pablo de Pueblo Nuevo
MIV-D2	Olmedo
MIV-D3	Pajan
NIV-A1	Pichincha
NIV-A2	Velasco Ibarra
NIV-A3	San Vicente
NIV-C1	Balzar
NIV-C2	Puerto Pechiche
NV-B2	Matilde Esther
NV-B3	El Triunfo

Cuadro 6.1b. Diferentes tipos de imágenes utilizadas.

CANTÓN	SENSOR	RESOLUCIÓN	CÓDIGO	FECHA
MILAGRO	RC-30 (Ortofotomosaico_Milagro)	1 m	-	2005
	KOMPSAT	4 m	14_abril_2009_e_georef	14/04/2009
BAQUERIZO MORENO	RC-30 Ortofotomosaico_Milagro	1 m	-	2005
SAMBORONDÓN	RC-30 Ortofotomosaico Milagro	1 m	-	2005
	RC-30 Ortofotomosaico Daule	1 m	-	1998, 2000,2002 14/04/2009
	KOMPSAT	4 m	14_abril_2009_c_georef	14/04/2009
	KOMPSAT	4 m	14_abril_2009_d_georef	
YAGUACHI	RC-30 Ortofotomosaico Milagro	1 m	-	2005
	RC-30 Ortofotomosaico Daule	1 m	-	1998, 2000,2002 14/04/2009
	KOMPSAT	4 m	14_abril_2009_d_georef	14/04/2009
	KOMPSAT	4 m	14_abril_2009_e_georef	14/04/2009
	KOMPSAT	4 m	14_abril_2009_f_georef	
DAULE	RC-30 Ortofotomosaico Daule	1 m	-	1998, 2000,2002.

CANTÓN	SENSOR	RESOLUCIÓN	CÓDIGO	FECHA
LOMAS DE SARGENTILLO	RC-30 Ortofotomosaico Daule	1 m	-	1998, 2000,2002
NARANJITO	RC-30 Ortofotomosaico Daule	1 m	-	2005
	SPOT	5 m	K638J354	20/03/2008
BABAHOYO	SPOT	5 m	K638J354	20/03/2008
SANTA LUCIA	SPOT	5 m	K637J354	17/06/2007
	SPOT	5 m	K637J353	05/04/2007
	SPOT	5 m	K637J353	24/09/2007
PALESTINA	SPOT	5 m	K637J353	05/04/2007
	SPOT KOMPSAT	5 m 4 m	K637J353 14_abril_2009_ a_georef	24/09/2007 14/04/2009
COLIMES	SPOT	4 m	K637J353	05/04/2007
	SPOT	5 m	K637J353	24/09/2007
	SPOT KOMPSAT	5 m 4 m	K636J353 2009_02_02_k 2_vinces	03/04/2008 02/02/2009
BALZAR	SPOT	5 m	K637J353	05/04/2007
	SPOT	5 m	K637J353	24/09/2007
	SPOT	5 m	K637J352	13/04/2009
	KOMPSAT	4 m	2009_02_02_k 2_vinces	02/02/2009
VINCES	SPOT	5 m	K637J353	05/04/2007
	SPOT	5 m	K637J353	24/09/2007
	SPOT KOMPSAT	5 m 4 m	K637J352 2009_02_02_k 2	13/04/2009 02/02/2009
	KOMPSAT	4 m	_vinces 14_abril_2009_ a_georef	14/04/2009
SIMÓN BOLIVAR	RC-30 Ortofotomosaico Milagro	1 m	-	2005
	SPOT	5 m	K638J354	20/03/2008

6.1.3. Estudios y documentación referencial para suelos

Los estudios y documentos cartográficos considerados importantes para ser analizados con propósitos de ser utilizados como insumos para alcanzar los objetivos propuestos en el presente estudio fueron los siguientes:

- Cartografía de suelos de la sierra ecuatoriana a escala 1:50 000 (PRONAREG/ORSTOM.1980-1982): SIGAGRO-MAGAP.
- Leyenda de suelos para la Sierra Ecuatoriana a escala 1: 50 000. PRONAREG-ORSTOM. 1983: SIGAGRO-MAGAP.

- Cartografía morfopedológica de la costa ecuatoriana a escala 1: 200 000 (PRONAREG/ORSTOM): SIGAGRO-MAGAP.
- Cartografía de aptitudes agrícolas de la costa ecuatoriana a escala 1: 200 000 (PRONAREG/ORSTOM): SIG AGRO-MAGAP.
- Estudio detallado de suelos con fines de riego. Proyecto Nuevos Ingenios Azucareros en la zona de Vinces. Escala 1: 25 000.
- Estudio detallado de suelos con fines de riego para el Proyecto Catarama. MAG-JIICA. Escala 1: 25 000.
- Estudios detallados de suelos para el Proyecto PRATT.
- Cartografía base topográfica a escala 1: 50 000. SIG AGRO-MAGAP.
- Estudio y mapas de suelos a nivel detallado de la cuenca del Río Guayas CEDEGE.
- Levantamientos de suelos de los ingenios San Carlos (2006) y Valdez (2007), realizados por dichas compañías azucareras, a escala 1: 30 000.

6.1.4. *Análisis, evaluación y tratamiento de la información secundaria*

Este proceso consideró la aplicación de cuatro criterios que permitieron calificar la información para su posterior selección.

Estos criterios de calificación son (Mejía L., 2009):

- Nivel de detalle: criterio definido por la profundidad e intensidad de los estudios existentes y que deben estar acorde a los exigidos en los términos de referencia del proyecto.
- Actualidad: criterio relacionado con la fecha de ejecución de los estudios, la vigencia y la necesidad de complementar los datos presentados.
- Cobertura geográfica: este criterio tiene que ver con el cubrimiento espacial que tienen los estudios existentes en relación al área de interés, es decir, el área que comprende la cuenca del río Guayas.
- Escala: criterio referido a la escala de los documentos cartográficos existentes en los estudios recopilados, y relacionados con la escala que exigen los términos de referencia

del presente proyecto de acuerdo con el nivel del levantamiento semidetallado, escala 1: 25 000.

Cuadro 6.1c. Resumen de la información secundaria de suelos recopilada.

Información secundaria	Nivel de estudio	Escala	Año	Cobertura geográfica	Unidades de mapeo	Sistema de clasificación taxonómico	Unidad taxonómica
Cartas de suelos. Sierra	Semi detalle	1:50.000	1980-1983	Parcial	Consociaciones y Asociaciones	Soil Taxonomy USDA 1975	Subgrupo
Cartas morfopedológicas. Costa	Reconocimiento	1:200.000	1983	Total	Consociaciones y Asociaciones	Soil Taxonomy USDA 1975	Grande grupo
Proyecto Vinces	Detallado	1:25.000		Parcial 30.000 ha	Consociaciones	Soil Taxonomy USDA 1975	Serie
Proyecto Catarama	Detallado	1:25.000		Parcial 35.000 ha	Consociaciones	Soil Taxonomy USDA 1977	Serie
Proyecto Catastro Rural-PRAT	Semi detalle	1:50.000	2008	Parcial 35.000 ha	Consociaciones	Soil Taxonomy USDA 1977	Subgrupo
Ingenio azucarero San Carlos	Detallado	1:30.000	2006	Parcial 20.000 ha	Consociaciones	Soil Taxonomy USDA 2003	Serie
Ingenio azucarero Valdez	Detallado	1:30.000	2007	Parcial 13.511 ha	Consociaciones	Soil Taxonomy USDA 2003	Serie

Fuente: Adaptado de Mejía L., 2009.

Después de este análisis se utilizó principalmente, las fotografías aéreas (1: 60 000), cartas topográficas (1: 50 000) y ortofotomosaicos (1 m) del I.G.M., imágenes satelitales SPOT (5 m) y KOMSAT (4 m), las cartas morfopedológicas del PRONAREG-ORSTOM de la costa, los estudios de suelos de los ingenios azucareros San Carlos y Valdez, los estudios del proyecto Vinces y las cartas geológicas a escala 1: 100 000 de la Ex CODIGEM.

6.2. Fase 2: Cartografía temática geomorfológica

La metodología presentada a continuación surge como una alternativa para realizar el levantamiento de suelos con una optimización de los recursos en cuanto a personal, tiempo de intervención en campo, y dinero.

El levantamiento geomorfológico es la subdivisión del territorio de acuerdo a las formas del relieve. Una forma del relieve la entendemos como una porción del paisaje constituida por una misma roca o material superficial y con características similares en cuanto a su pendiente, desnivel relativo, forma de cima y pendiente.

La fortaleza de este enfoque estriba en la estrecha correlación geomorfología-suelo; es decir que, la mayor parte de las características de la superficie de la tierra están de alguna manera relacionada a las condiciones del suelo.

De esta manera, el proceso metodológico para la cartografía edafológica, busca identificar las clases de suelos predominantes dentro de las formas de relieve a ser definidas en la cuenca del río Guayas a través de la cartografía geomorfológica.

La metodología se basa en la generación de información primaria mediante la interpretación de fotografías aéreas, tomando como material de referencia las cartas geológicas, topográficas, DTMs, entre otros, y principalmente las cartas morfopedológicas y geomorfológicas escala 1: 200 000 de PRONAREG-ORSTOM.

El estudio en sí incluye la elaboración del mapa y documento geomorfológico, el mismo que se realiza a través de diversas etapas, la primera de las cuales consiste en la recopilación, estudio y evaluación de la información bibliográfica y cartográfica. Ya en la ejecución del trabajo se procede a la interpretación de las fotografías aéreas, a la digitalización y estructuración de las unidades geomorfológicas; y en la tercera etapa se realiza la verificación de campo, ajuste de los mapas y elaboración de los mapas finales y la memoria técnica. En la Figura 6.2a explora estas diferentes fases de la metodología.

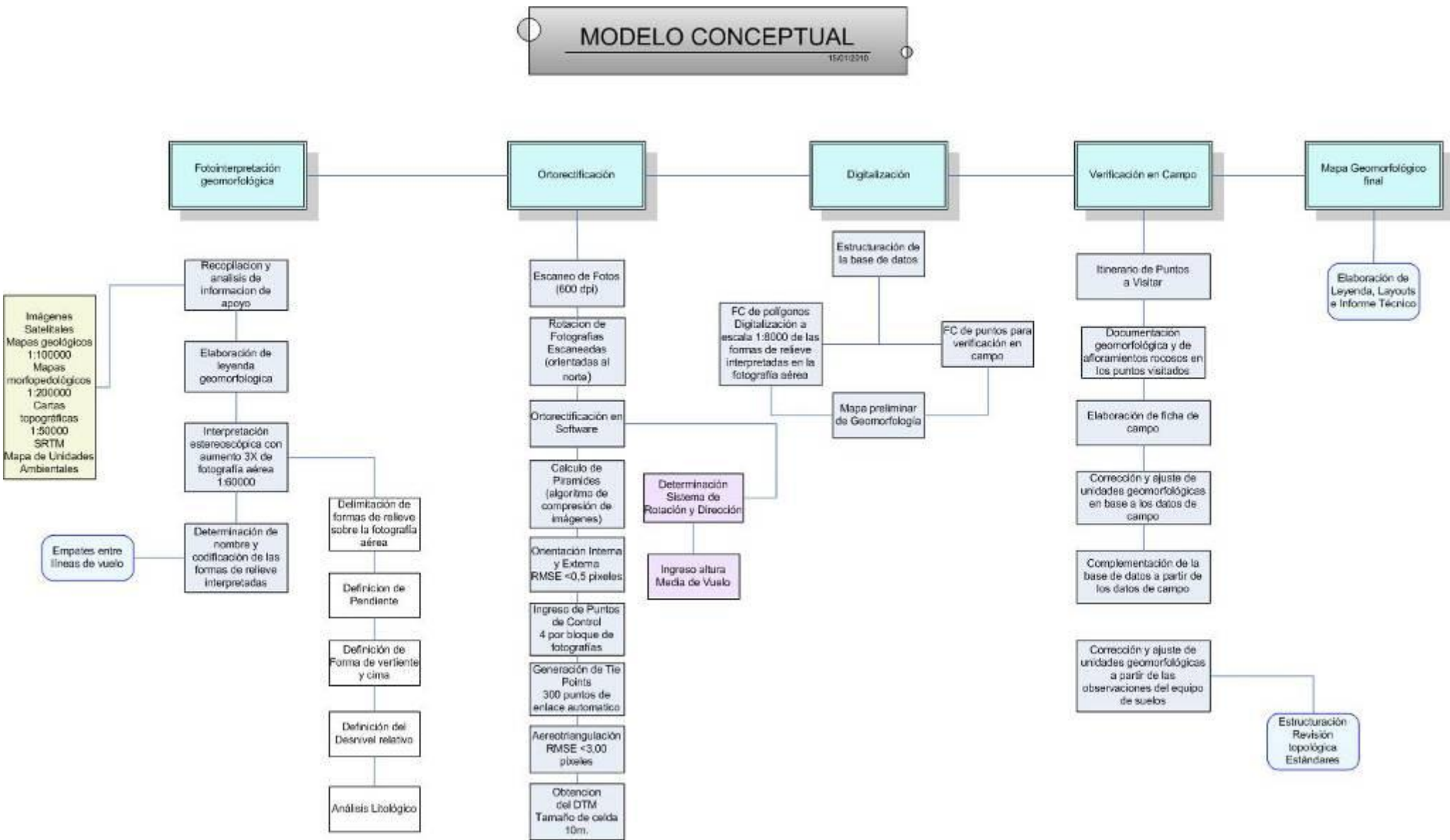


Figura 6.2a. Modelo conceptual para elaborar el mapa geomorfológico.

A detalle estos pasos se amplían a continuación:

6.2.1. Fotointerpretación

La interpretación de fotografías aéreas se basa principalmente en el análisis de los rasgos u objetos exhibidos o reflejados por la superficie terrestre, los cuales son observados en tres dimensiones o estereoscopia. La misma requiere de conocimientos integrales sobre la ciencia en la cual se quiere utilizar esta herramienta auxiliar, en este caso, la geomorfología, aprovechando el potencial del detalle de la foto, la visión en tres dimensiones y la posibilidad que existe para realizar el análisis sistemático de manera contextual. Por ejemplo, si se observa una zona plana junto a un río, se analiza su forma, pendiente, desnivel relativo, los alrededores y otros datos proveídos por la fotografía como cobertura, infraestructura y ubicación relativa, (tomando en cuenta además la información referencial) para determinar si puede tratarse de una terraza, un valle, un nivel plano, o alguna otra forma del relieve. La unidad así obtenida guarda una coherencia con su entorno, estando rodeada por otras unidades de similar génesis, dinámica, y características. Es decir, se llega al entendimiento de la existencia de esa unidad con sus determinadas condiciones en su respectiva ubicación.

Así, la importancia de esta técnica estriba en la obtención de información primaria, bajo la premisa de que los fenómenos geológicos (litología, formaciones superficiales, tectónica), geomorfológicos (morfología, morfometría, morfodinámica), hidrográficos (densidad y forma del drenaje), uso de suelo, susceptibilidad a los movimientos en masa, erosión e infraestructura (vial, poblacional), son claramente identificados e interpretados y más aún analizados, a través de la observación estereoscópica.



Figura 6.2b. Estereoscopio utilizado en la interpretación geomorfológica.

La base fundamental de esta metodología la constituye el análisis integral, que correlaciona las variables para identificar una unidad ligada a su forma, pendiente, forma de cima y vertiente, y desnivel relativo. Para ello ha sido fundamental iniciar por entender lo que se ha definido como "unidad ambiental", que no es más que un espacio físico geográfico que comparte un mismo origen, dinámica, y similares material constitutivos, clima, suelos, vegetación y por lo tanto acción antrópica, que le brindan uniformidad como unidad macro, en donde las formas del relieve que la componen pertenecen a unas ciertas características y se enmarcan en un rango de variabilidad determinado.

Ya en la práctica, la interpretación estereoscópica de las fotografías aéreas se realiza por cantón, nombrando un responsable por cada línea de vuelo. Se toma en cuenta toda la información recopilada y estudiada para obtener un producto consistente y de calidad.

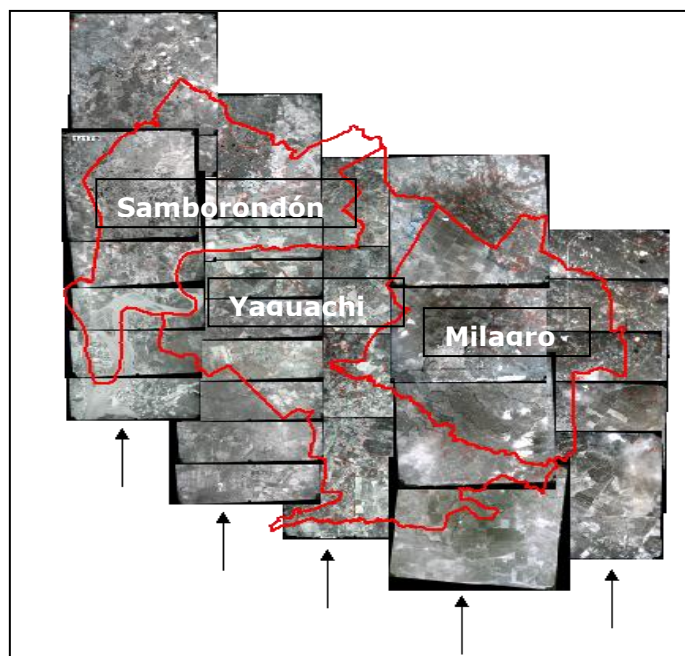


Figura 6.2c. Ejemplo de líneas de vuelo.

La unidad mínima de mapeo corresponde a 1 ha, y para alcanzar dicho requerimiento se utilizan estereoscopios con aumentos 3x en todo momento, obteniendo el detalle de interpretación adecuado para la escala de trabajo.

Adicionalmente junto a la interpretación se realiza la identificación de puntos de comprobación en campo, en los sitios donde existen problemas en la delimitación o caracterización.

Las variables utilizadas de manera holística en la interpretación se explican a continuación:

6.2.1.1. Criterios delimitadores

Las unidades se han definido en base a los siguientes criterios, al momento de ser delimitadas.

Desnivel relativo (DR)

Este parámetro corresponde a la altura existente entre el cauce de los ríos o quebradas (nivel base) y la parte más alta de las formas del relieve. Se mide en metros y los rangos que se asumieron se representan en la siguiente tabla.

Cuadro 6.2a. Desniveles relativos utilizados.

Tipo	Cod
0 a 5 m	1
6 a 15 m	2
16 a 50 m	3

Tipo	Cod
51 a 100 m	4
101 a 200 m	5
201 a 300 m	6
>300 m	7

Fuente: Adaptados de PRONAREG-ORSTOM 1982.

Forma de la Cima y Vertiente (FC)

Se refiere a la forma de las cimas y de las laderas o vertientes; estos parámetros se utilizan para conocer o deducir la litología. Además proveen mayor información como, por ejemplo, la relación existente entre las partes convexas del terreno y una mayor susceptibilidad a erosión laminar y en surcos, haciendo que el espesor de las zonas meteorizadas en estas áreas sea delgado. Las condiciones en las partes cóncavas del terreno, al contrario, permiten que el material acumulado genere un mejor desarrollo de la vegetación y la formación de suelos. El contenido de agua se incrementa considerablemente y puede conducir a un tipo de erosión en canalillos o cárcavas. La descripción que se utilizó fue la siguiente.

Cuadro 6.2b. Categorización de cimas y vertientes.

Tipo	Cod
Cima aguda y vertiente rectilínea	A
Cima redondeada y vertiente convexa	R
Cima plana	P
Inexistente	I
Cima aguda y vertiente convexa	Ax
Cima aguda y vertiente cóncava	Ac
Cima redondeada y vertiente cóncava	Ar
Cima redondeada y vertiente rectilínea	Rr
No aplicable	NA

Fuente: Adaptados de PRONAREG-ORSTOM 1982.

Pendiente (P)

Se refiere al grado de inclinación de las vertientes con relación a la horizontal; está expresado en porcentaje. La siguiente tabla muestra los rangos de pendientes utilizados y que han sido tomados y modificados de acuerdo a PRONAREG (1982).

Cuadro 6.2c. Categorización de cimas y vertientes.

Tipo	Descripción	Cod
Plana	0 a 2 %	(1)
Muy suave	2 a 5 %	(2)
Suave	5 a 12 %	(3)
Media	12 a 25 %	(4)
Media a fuerte	25 a 40 %	(5)

Tipo	Descripción	Cod
Fuerte	40 a 70 %	(6)
Muy fuerte	70 a 100 %	(7)
Escarpada	> a 100 %	(8)

Fuente: Adaptados de PRONAREG-ORSTOM 1982.

Forma del relieve

En base a los criterios anteriormente definidos, y al análisis holístico y de la información secundaria, se define el tipo de forma del relieve, que puede corresponder a:

Cuadro 6.2d. Categorización de formas de relieve.

Forma del relieve	Cod
Valle fluvial	Va
Valle indiferenciado	Vi
Terraza baja y cauce actual	Tb
Terraza media	Tm
Terraza alta	Ta
Terrazas indiferenciadas	Ti
Testigo de cono de deyección	Tcy
Superficie de cono de deyección reciente	Cy
Superficie de cono de deyección antiguo	Cds
Abrupto de cono de deyección antiguo	Cda
Superficie de cono de esparcimiento	Ces
Nivel plano	Nb
Nivel ondulado con presencia de agua	Na
Nivel ligeramente ondulado	No
Asociación de niveles planos y niveles ondulados	Na/Nb Nb/Na
Dique o banco aluvial	D
Cauce abandonado	Ca
Basin	B
Meandro abandonado	M
Superficie poco disectada	L1
Superficie disectada	L2
Superficie muy disectada	L3
Garganta con presencia de valles indiferenciados	Grp
Garganta con presencia de terrazas	Grt
Depresión de decantación	Dc
Coluvión reciente	Cr
Coluvión antiguo	Can
Coluvio aluvial reciente	Cv
Coluvio aluvial antiguo	Co
Encañonamiento	E
Superficie de mesa	S1
Cornisa de mesa	S2
Vertiente de mesa	S3
Encañonamiento de mesa	S4
Testigo de cornisa de mesa	S5
Superficie de cuesta	C1
Frente de cuesta	C2
Vertiente de cuesta	C3
Encañonamiento de cuesta	C4
Relieve ondulado a colinado muy bajo	R1
Relieve colinado bajo	R2

Forma del relieve	Cod
Relieve colinado medio	R3
Relieve colinado alto	R4
Relieve colinado muy alto	R5
Relieve montañoso	R6
Cerro testigo	Ct

6.2.1.2. Criterios caracterizadores

Las unidades ya definidas se caracterizan de acuerdo a:

Geología

Se refiere a la composición de las formas del relieve en cuanto a su sustrato rocoso (litología) o formación superficial. Dependiendo de la litología estarán relacionados fenómenos como disectamiento, patrón de drenaje y movimientos en masa, que se pueden identificar en la fotografía y que se relacionan con la información secundaria obtenida directamente de las cartas geológicas a escala 1: 100 000 de la Ex - CODIGEM.

Las categorías que esta variable puede adquirir se muestran en la tabla siguiente:

Cuadro 6.2e. Categorización de la variable geológica.

GEOLOGIA		Cod
FORMACIONES GEOLOGICAS	Formación Piñón	P
	Formación Cayo	C
	Formación Angostura	A
	Formación Onzole	O
	Formación Borbón	B
	Formación Balzar	Bz
	Formación Daule	D
	Unidad Macuchi	Ma
	Formación Pichilingue	Pch
	Afloramientos metamórficos	M
	Rocas graníticas	G
FORMACIONES SUPERFICIALES	Depósitos aluviales	1
	Depósitos coluviales	2
	Depósitos coluvio aluviales	3

Unidad genética

Describe las formas del relieve según su origen, el cual puede corresponder a cuatro categorías:

Cuadro 6.2f. Categorización de la variable Unidad genética.

Origen	Cod
Denudativo	Den
Deposicional	Dep
Estructural	Est
Tectónico-erosivo	Tec

6.2.2. Digitalización y revisión

Basado en los parámetros antes definidos se elaboró una geodatabase (ver cuadro 4.3i), en la cual de manera sistematizada se ingresó toda la información generada, dicha base de datos se fue actualizando periódicamente.

Cuadro 6.2g. Ingreso de datos generada periódicamente.

Campo	Nombre	Tipo	Dominio
Unidad ambiental	U_Ambiental	Texto, 100	Llanura Aluvial Reciente Llanura Aluvial Antigua Piedemonte Andino Relieves Estructurales y Colinados Terciarios Vertientes Exteriores de la Cordillera Occidental Cordillera Chongón Colonche No aplicable
Unidad genética	Origen	Texto, 100	Deposicional Denudativo Tectónico-erosivo Estructural No aplicable
Morfología	Morfología	Texto, 100	Valle fluvial Valle indiferenciado Terraza baja y cauce actual Terraza media Terraza alta Terrazas indiferenciadas Testigo de cono de deyección Superficie de cono de deyección reciente Superficie de cono de deyección antiguo Abrupto de cono de deyección antiguo Superficie de cono de esparcimiento Nivel plano Nivel ondulado con presencia de agua Nivel ligeramente ondulado Dique o banco aluvial Cauce abandonado Basin Meandro abandonado Nivel plano/Nivel ondulado con presencia de agua Nivel ondulado con presencia de agua/Nivel plano Superficie poco disectada Superficie disectada Superficie muy disectada Garganta con presencia de valles indiferenciados

			<p>Garganta con presencia de terrazas Depresión de decantación Coluvión reciente Coluvión antiguo Coluvio aluvial reciente Coluvio aluvial antiguo Superficie de mesa Cornisa de mesa Vertiente de mesa Encañonamiento de mesa Testigo de cornisa de mesa Superficie de cuesta Frente de cuesta Vertiente de cuesta Encañonamiento de cuesta Relieve ondulado a colinado muy bajo Relieve colinado bajo Relieve colinado medio Relieve colinado alto Relieve colinado muy alto Relieve montañoso Cerro testigo Encañonamiento No aplicable</p>
Pendiente	Pendiente	Texto, 100	<p>0 a 2 % (Plana) 2 a 5 % (Muy suave) 5 a 12 % (Suave) 12 a 25 % (Media) 25 a 40% (Media a fuerte) 40 a 70 % (Fuerte) 70 a 100 % (Muy fuerte) > a 100% (Escarpada) No aplicable</p>
Desnivel relativo	Desnivel_R	Texto, 100	<p>0 a 5 m 6 a 15 m 16 a 50 m 51 a 100 m 101 a 200 m 201 a 300 m > a 301 m No aplicable</p>
Forma de cima y vertiente	Cima_Vert	Texto, 100	<p>Cima aguda y vertiente rectilínea Cima redondeada y vertiente convexa Cima aguda y vertiente convexa Cima aguda y vertiente cóncava Cima plana Cima redondeada y vertiente cóncava Cima redondeada y vertiente rectilínea Inexistente No aplicable</p>
Geología o formación superficial	Geologia	Texto, 100	<p>Formación Piñón Formación Cayo Formación Onzole Formación Borbón Formación Balzar Unidad Macuchi Formación Pichilingue Rocas graníticas Depósitos aluviales Depósitos coluviales Depósitos coluvio aluviales No aplicable</p>

Código de morfología	Cod	Texto, 50	<table border="0"> <tr><td>Va</td><td>M</td><td>S5</td></tr> <tr><td>Vi</td><td>Nb/Na</td><td>C1</td></tr> <tr><td>Tb</td><td>Na/Nb</td><td>C2</td></tr> <tr><td>Tm</td><td>L1</td><td>C3</td></tr> <tr><td>Ta</td><td>L2</td><td>C4</td></tr> <tr><td>Ti</td><td>L3</td><td>R1</td></tr> <tr><td>Tcy</td><td>Grt</td><td>R2</td></tr> <tr><td>Cy</td><td>Grp</td><td>R3</td></tr> <tr><td>Cds</td><td>Dc</td><td>R4</td></tr> <tr><td>Cda</td><td>Cr</td><td>R5</td></tr> <tr><td>Ces</td><td>Can</td><td>R6</td></tr> <tr><td>Nb</td><td>Cv</td><td>Ct</td></tr> <tr><td>Na</td><td>Co</td><td>E</td></tr> <tr><td>No</td><td>S1</td><td>NA</td></tr> <tr><td>D</td><td>S2</td><td></td></tr> <tr><td>Ca</td><td>S3</td><td></td></tr> <tr><td>B</td><td>S4</td><td></td></tr> </table>	Va	M	S5	Vi	Nb/Na	C1	Tb	Na/Nb	C2	Tm	L1	C3	Ta	L2	C4	Ti	L3	R1	Tcy	Grt	R2	Cy	Grp	R3	Cds	Dc	R4	Cda	Cr	R5	Ces	Can	R6	Nb	Cv	Ct	Na	Co	E	No	S1	NA	D	S2		Ca	S3		B	S4	
Va	M	S5																																																				
Vi	Nb/Na	C1																																																				
Tb	Na/Nb	C2																																																				
Tm	L1	C3																																																				
Ta	L2	C4																																																				
Ti	L3	R1																																																				
Tcy	Grt	R2																																																				
Cy	Grp	R3																																																				
Cds	Dc	R4																																																				
Cda	Cr	R5																																																				
Ces	Can	R6																																																				
Nb	Cv	Ct																																																				
Na	Co	E																																																				
No	S1	NA																																																				
D	S2																																																					
Ca	S3																																																					
B	S4																																																					
Simbología	Simb	Texto, 50	Por cada combinación de unidad ambiental, morfología, pendiente, desnivel relativo, forma de cima y vertiente, y geología se creó una variación de cod para cada unidad al interior de cada cantón																																																			

Dentro de este proceso existen los siguientes pasos:

6.2.2.1. Ortorectificación

La ortorectificación de la fotografía interpretada se realizó mediante el siguiente procedimiento (tomado del manual para elaboración de ortofotos, generado como otro subproducto de esta memoria técnica):

- Escaneo de fotografías aéreas, con scanner convencional en el cual la digitalización se realiza a una resolución de 600 dpi en formato tiff.
- Rotación de las fotografías aéreas escaneadas en el software ArcGis 9.2, modulo Georeferencing, con la finalidad de que las mismas estén orientadas al norte. El formato de salida es img.
- Ortorectificación en el Software Erdas 9.x, dentro del módulo OrthoBase, mediante:
 - Creación del proyecto, nombre de acuerdo a la línea de vuelo.
 - Selección de la opción Frame Camera (RC30, RC10), con los datos del respectivo certificado de calibración.
 - Definición del sistema de proyección y del sistema de unidades, que corresponde a:
 - UTM, WGS84, Zona 17 Sur
 - Metros y grados

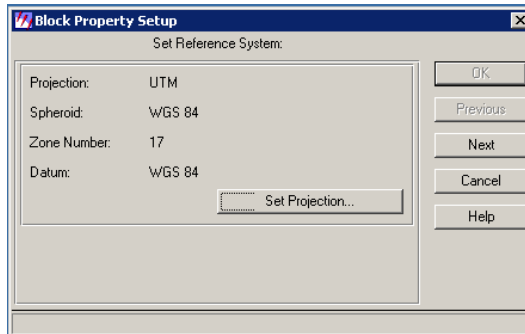


Figura 6.2d. Sistema de proyección.

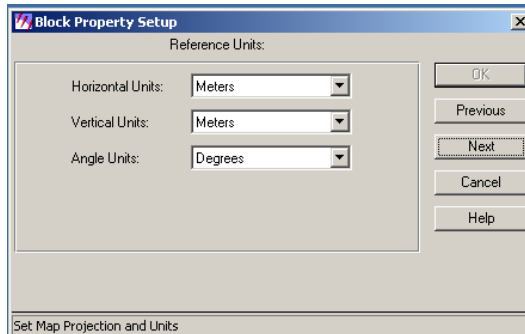


Figura 6.2e. Sistema de unidades.

- Determinación del sistema de rotación y dirección de toma de la fotografía aérea :
 - Omega, Phi, Kappa y Z-axis for normal images (lo cual indica que fue tomada con una cámara aérea).
- Ingreso de la altura media de vuelo, calculada a través de la distancia focal y del factor escala:

$$\text{dist. focal} \times \text{factor de escala} \\ 150 \text{ mm} \times 60\,000 = 9\,000 \text{ (m)}$$

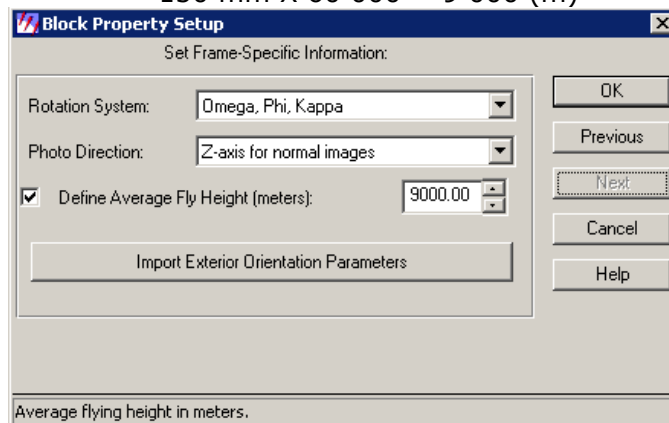


Figura 6.2f. Ingreso de altura media.

Luego de la preparación del proyecto se continúa con el proceso fotogramétrico el cual consta de las siguientes actividades:

- Adición de las fotografías aéreas de una misma línea de vuelo:

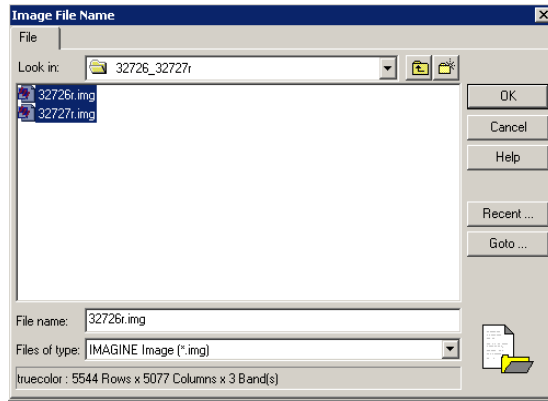


Figura 6.2g. Adición de fotografías aéreas.

- Cálculo de pirámides (algoritmo de compresión de las imágenes) que genera 7 imágenes "mr.zip" por fotografía, cuya finalidad es la reducción del tiempo de procesamiento e incrementar la confiabilidad de la correlación.
- Orientación interna, que utiliza parámetros propios de la cámara como: Posición del punto principal, distancia focal, marcas fiduciales y distorsión de la lente, entre otros. Los mismos se encuentran en los certificados de calibración de cada cámara:

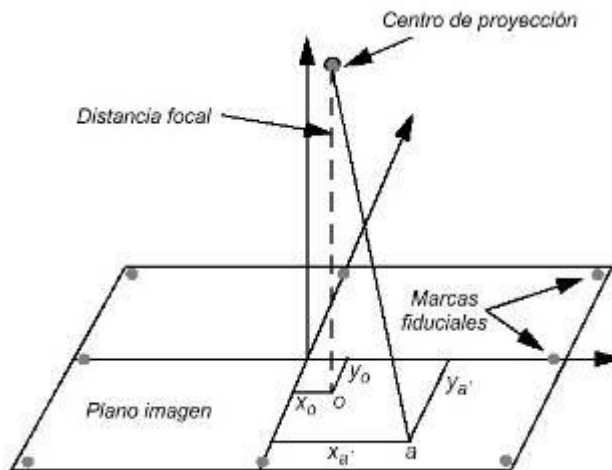
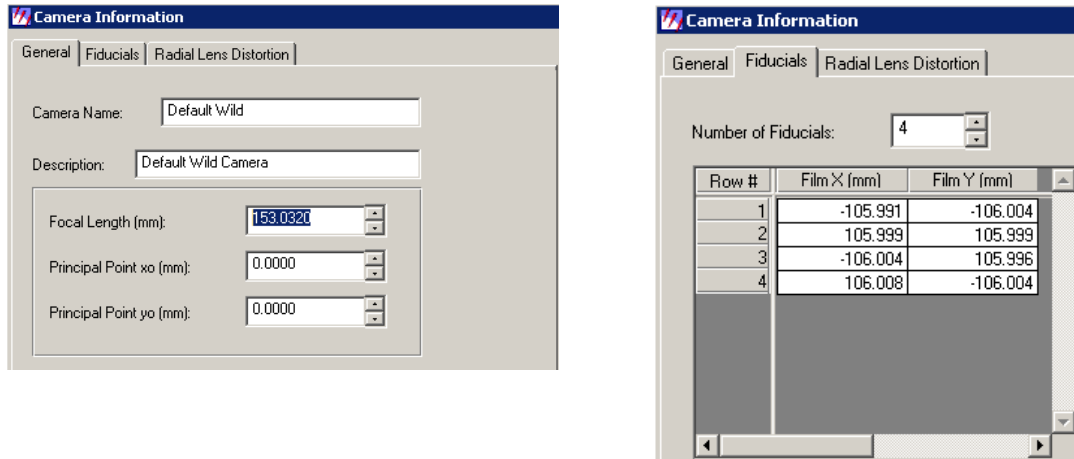


Figura 6.2h. Orientación interna.

CAMARA RC -10



CAMARA RC -30

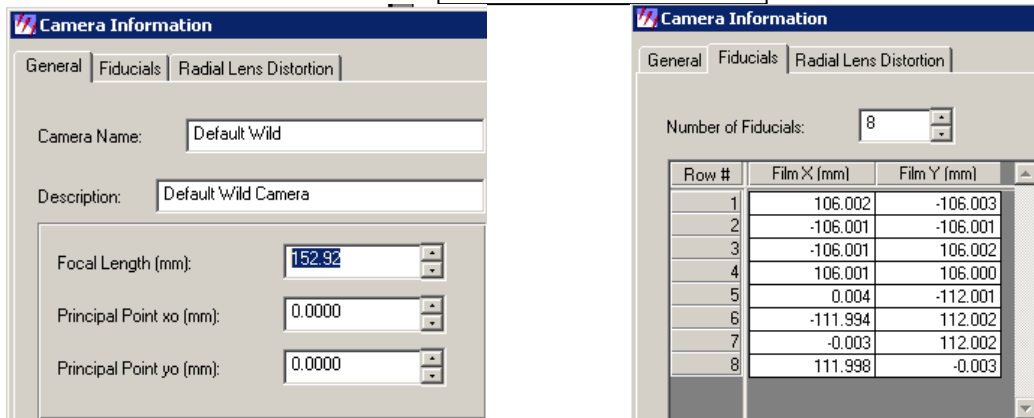


Figura 6.2i. Parámetros para las cámaras RC-10 y RC-30.

La calidad de la transformación se indica mediante el error medio cuadrático (RMS). Si este valor es elevado pueden existir problemas de distorsión de la película o medición incorrecta de la fotografía. Lo óptimo para la escala de trabajo es obtener un RMS máximo de 17,5 micrones o 0,5 píxeles.

En la generación de ortofotos del proyecto de la cuenca del río Guayas se obtuvo un promedio del RMS de 0,1 píxeles.

- Orientación externa, que define la posición y la orientación angular asociada con la imagen. Los parámetros de orientación externa están formados por: las coordenadas del centro de proyección X_o Y_o Z_o y por 3 ángulos independientes que definen la orientación del sistema espacial, omega (ω), phi (ϕ) y kappa (κ):

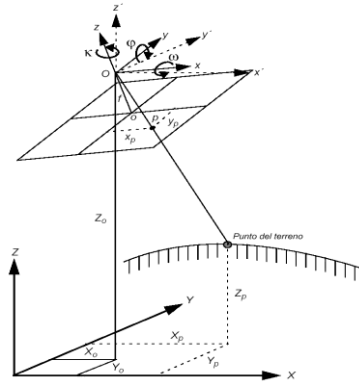


Figura 6.2j. Parámetros de orientación externa.

- Ingreso de puntos de control para la aerotriangulación, se realiza cumpliendo una distribución homogénea. Lo más aconsejable a seguir es tomar primero puntos de control dobles en cada esquina del bloque, a continuación una cadena de puntos de control en cada extremo del bloque, perpendiculares a la línea de vuelo y para finalizar un punto de control cada cuatro modelos:

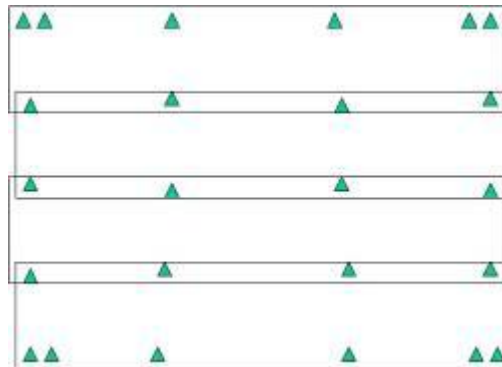


Figura 6.2k. Distribución de puntos de control.

- Generación de puntos de paso o amarre (tie points) en las áreas de traslape de las fotografías. En este proceso se selecciona un número de alrededor de 300 puntos de enlace automático por bloque de fotografías.
- Aerotriangulación, con RMS menor a 3 píxeles, si no se cumple con el mencionado valor se puede mejorar eliminando los puntos que posean una alta distorsión.
- Obtención del Modelo Digital del Terreno (DTM), teniendo en cuenta la resolución del producto final, que depende de la escala de las fotografías con las que se ha trabajado. Para el proyecto la escala de las fotografías es de 1:60 000, entonces la resolución o tamaño de la celda del DTM es de 10 metros:

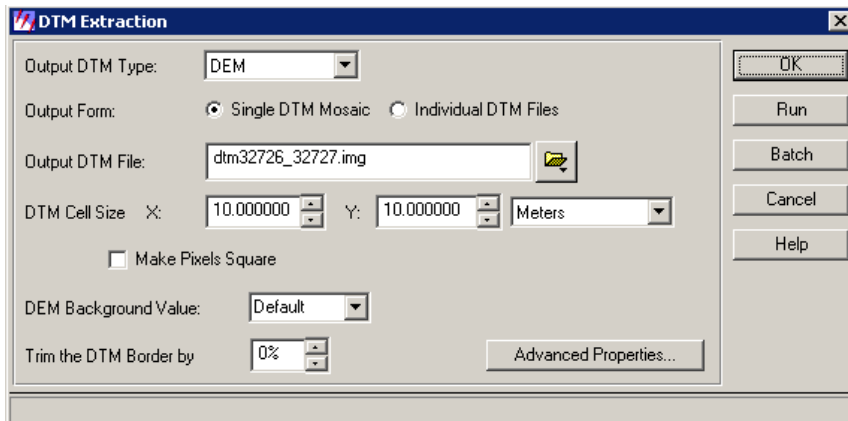


Figura 6.2l. Generación DTM.

- Generación de la ortofotos, donde finalmente se eliminan los efectos de inclinación de la cámara respecto al sistema de referencia establecido. Para generar el algoritmo de rectificación se parte de una imagen vacía, es decir, en la que los píxeles no tienen ningún valor radiométrico asignado, caracterizados por estar referidos al sistema de referencia del terreno y por representar un cierto tamaño físico que constituye la resolución de la ortofoto. Para rellenar cada uno de los píxeles con su valor radiométrico adecuado se plantea en sentido inverso la ecuación de colinealidad:

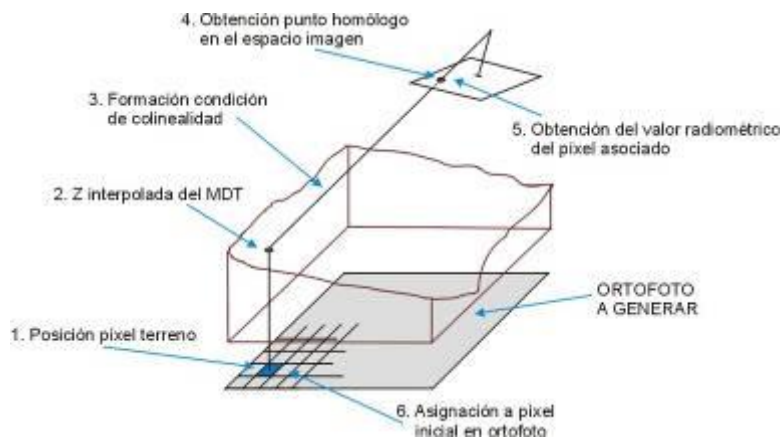


Figura 6.2m. Generación de Ortofoto.

Limitantes:

En la realización del proceso metodológico han existido algunas limitantes, las cuales han debido corregirse con el fin de obtener un producto que cumpla las especificaciones definidas para la escala, estas son:

- Uso de escáner no métrico
- Mal estado de las fotografías aéreas, ya que en algunos casos las marcas fiduciales no se distinguen.
- Uso de los SRTM de 90 m, no adecuado para la escala de trabajo.

Debido a los factores limitantes del proceso existió un desplazamiento en las ortofotos generadas, por lo cual surgió la necesidad de implementar un proceso de georeferenciación en el ArcGis 9.x, mediante la opción Georeferencing. El objetivo es obtener un ajuste adecuado a la escala de trabajo, en este caso, que ningún punto sobrepase la tercera parte de la escala, 8 m, de desplazamiento respecto a la cartografía base. Para ello se siguió el proceso a continuación mencionado.

- Ajuste de la ortofoto con respecto de la ortoimagen, mediante la toma de puntos distribuidos en toda la fotografía. Su número depende de los desplazamientos existentes, que pueden variar según los sectores de la foto. Se toman entre 50 y 300 puntos por lo general.

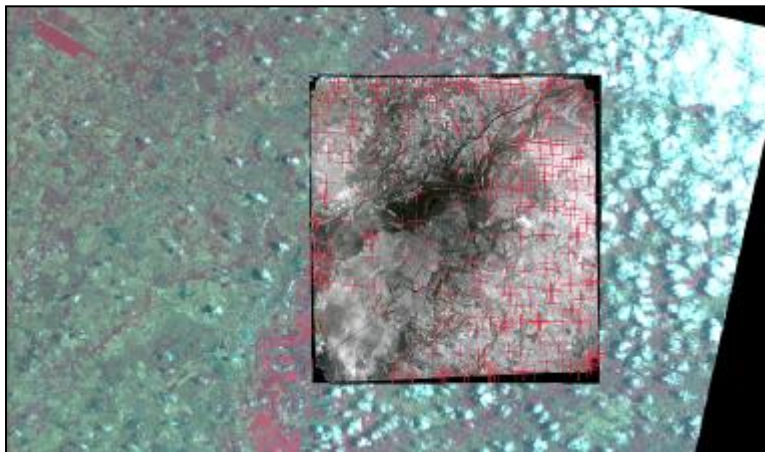


Figura 6.2n. Ajuste de la ortofoto con respecto a la ortoimagen.

- Rectificación de la fotografía aérea a través del método de Nearest Neighbor:

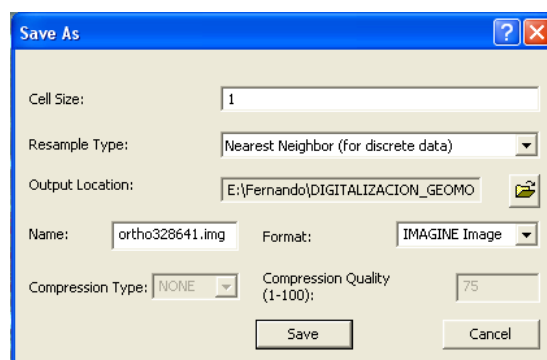


Figura 6.2ñ. Rectificación de la fotografía.

Cabe destacar que el proceso de georeferenciación de las ortofotos se realizó únicamente para las fotografías interpretadas.

6.2.2.2. Digitalización

Se basa en la ortofoto de la fase anterior, y está estrictamente referida a la cartografía base del proyecto. Dicho proceso se realiza por cada cantón utilizando el software ArcGis 9.2. El trabajo se realizó utilizando la geodatabase anteriormente descrita.

El proceso se compone de los siguientes pasos:

- Adición de ortofotos y la cartografía base más imágenes u ortofotomosaicos que cubran la zona. Las principales capas consideradas al momento de digitalizar son los ríos dobles y simples, vías, límite cantonal y zonas urbanas:

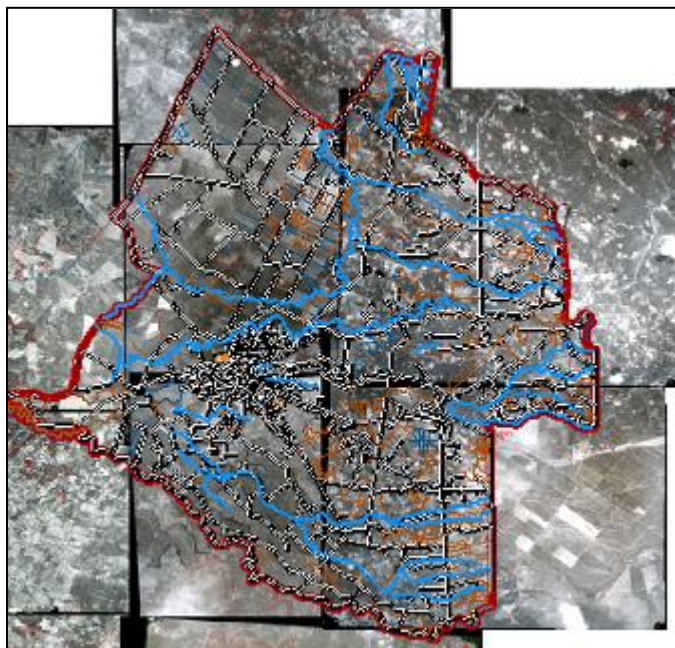


Figura 6.2o. Cartografía base y ortofotos.

- Digitalización de las áreas fotointerpretadas utilizando el módulo Editor del Software ArcGis 9.x, a una escala estándar de 1: 8 000, mediante líneas que aparezcan suavizadas:

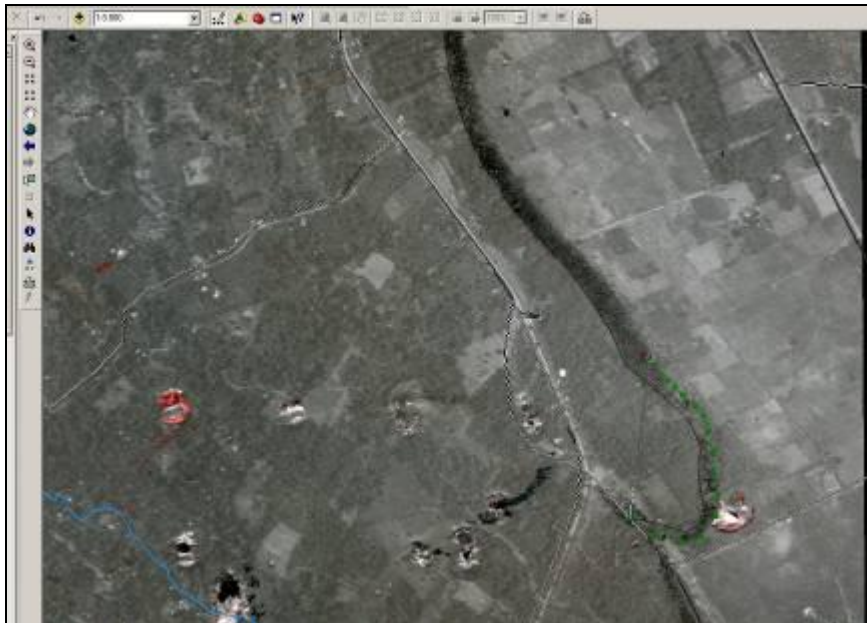


Figura 6.2p. Ejemplo de la digitalización de una unidad.

Como se muestra en la Figura 6.2q, en línea negra la fotointerpretación, en trazado verde la digitalización mediante líneas suavizadas, vistas a escala 1: 8 000.

- Codificación de la unidad utilizando los dominios de la geodatabase:

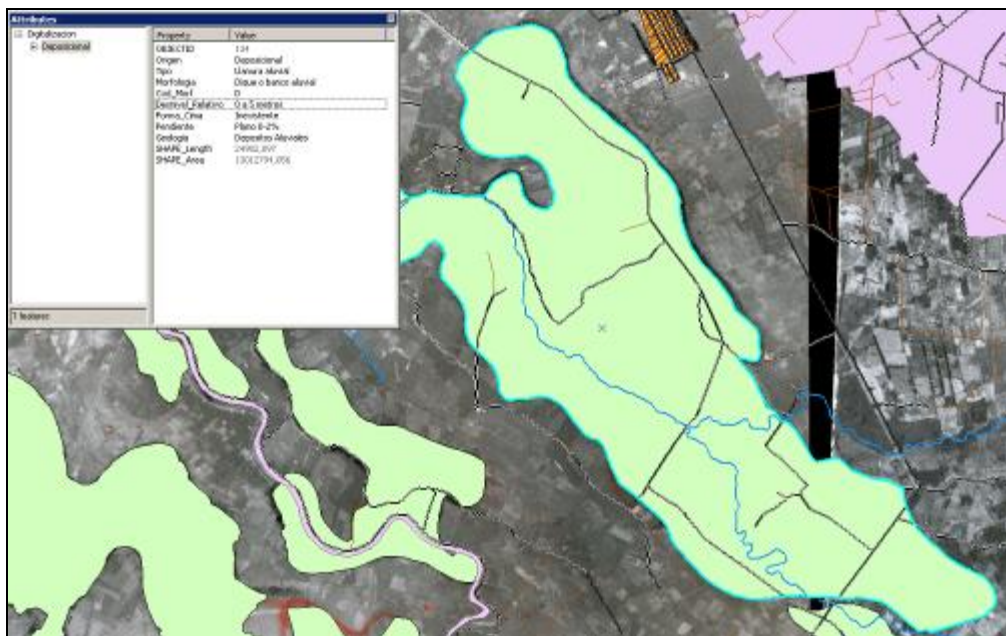


Figura 6.2q. Llenado de atributos en la base de datos.

Por último se realiza la revisión cartográfica de los datos gráficos y alfanuméricos obtenidos, en la cual se analiza que no se tenga error alguno y exista lógica en cada uno de los elementos cartográficos creados. Para ello se realiza:

- Revisión topológica: Las reglas escogidas al momento de hacer la topología son:
 - Must Not overlap para encontrar polígonos sobrepuestos. Existen dos posibles soluciones: Añadir ambos polígonos o substraerlos para que no se sobrepongan:

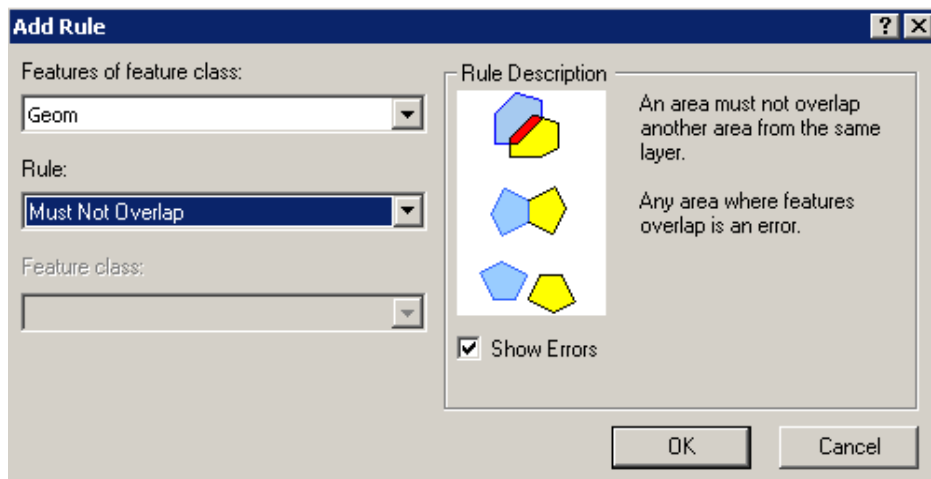


Figura 6.2r. Must Not overlap.

- Must Not Have Gaps que determina huecos ya sea al interior del polígono o en sus uniones. Se soluciona creando una unidad:

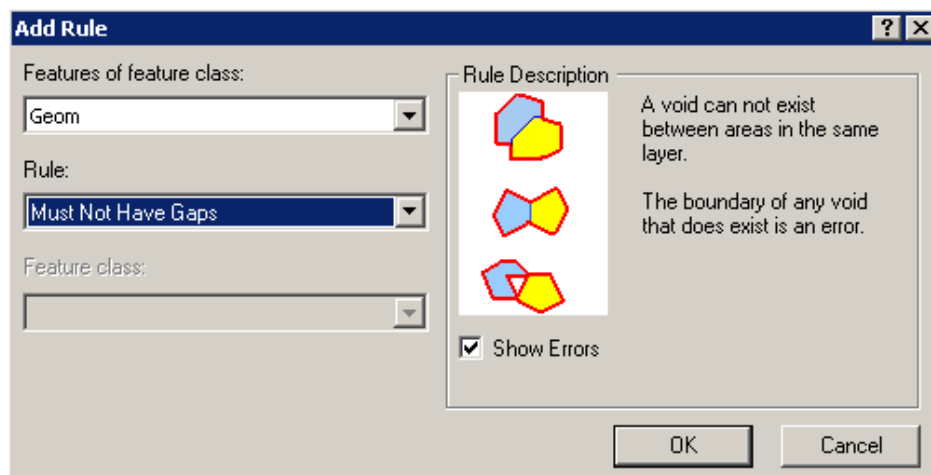


Figura 6.2s. Must Not Have Gaps.

- Revisión temática
 - Se contrasta la interpretación con toda la información secundaria disponible, aprovechando las capacidades del SIG para sobreponer información digital. Se toma en cuenta que se debe incrementar el detalle de los mapas morfo-pedológicos, si no se ha definido una unidad se define la razón por la que no se ha encontrado.
 - Se realizan las correcciones necesarias.

- Revisión del grupo de suelos
 - Se aceptan observaciones, que provienen de las visitas a campo que realiza este grupo de trabajo.
 - Se realizan aclaraciones o correcciones según el caso.

6.2.2.3. Validación en campo

Obtenidos los mapas preliminares, se procede a realizar el trabajo de campo con el objetivo de verificar "in situ" las formas de relieve cartografiadas. Las actividades en el campo consisten en realizar transectos utilizando los ejes viales y cursos de ríos o quebradas, con el objeto de verificar la interpretación efectuada en gabinete. En el caso de puntos no accesibles el equipo se traslada a pie.

Dentro de este proceso existen los siguientes pasos:

- Definición del itinerario, de acuerdo a la localización y número de puntos de comprobación identificados en la fotointerpretación. Se deben visitar todos los tipos de forma del relieve en cada cantón.
- Impresión del mapa preliminar de geomorfología y la cartografía base.
- Preparación de los materiales para la salida: computadores portátiles, adaptadores de carga para vehículo, gps, clinómetro, binoculares, martillo de geólogo, cámara fotográfica, machete. Vehículos y conductor. Material personal: botas de caucho, poncho de aguas.

Ya en campo se realizan los siguientes pasos:

- Visita a los puntos definidos en el itinerario.
- Descripción de los mismos mediante ficha de campo.
- Documentación a través de toma de puntos GPS y fotografía.
- Identificación en campo de unidades no determinadas.
- Verificación de atributos de acuerdo a la leyenda.
- Caracterización rápida del suelo como indicador de la geoforma mediante la realización de barrenaciones (es útil especialmente donde las pendientes y desniveles relativos son mínimos).
- Caracterización de la formación superficial o geológica en cortes existentes.
- Entrevistas a habitantes del sector, lo cual es muy útil cuando la forma del relieve ha sido modificada por el hombre.
- Generación de conocimiento respecto a las formas del relieve mediante un análisis holístico de su génesis, dinámica y características típicas (pendiente, desnivel vertical, forma de cima y vertientes) y su relación con el tipo de cobertura y uso.
- Correlación de las formas del relieve con la fotografía aérea.

Cuadro 6.2h. Ficha de campo, utilizado para levantamiento de información.

Generación de Geoinformación para la Gestión de Territorio y Valoración de las Tierras Rurales Cuenca del Río Guayas, escala 1:25000											
Submódulo Geomorfología											
Punto WGS84		X		Y			Altura				
Cantón				Sector			Fecha				
Geoforma											
Origen			Tipo		Nombre			Cod			
Pendiente			Desnivel vertical				Forma de la cima y vertiente				
Tipo	Descripción		Tipo	Cod			Tipo	Cod			
Plana	0 a 2 %		0 a 5 m	1			Cima aguda y vertiente rectilínea	A			
Muy suave	2 a 5 %		6 a 15 m	2			Cima redondeada y vertiente convexa	R			
Suave	5 a 12 %		16 a 50 m	3			Cima plana	P			
Media	12 a 25 %		51 a 100 m	4			Inexistente	I			
Media Fuerte	25 a 40 %		101 a 200 m	5			Cima aguda y vertiente convexa	Ax			
Fuerte	40 a 70 %		201 a 300 m	6							
Muy fuerte	70 a 100 %		> a 301 m	7			Geología				
Escarpada	> a 100 %						Esquema				
Cob. Vegetal y uso											
Observaciones:											
Fotos											

La información levantada debe ser procesada en gabinete, para ello se realiza:

- Ingreso de los puntos visitados a una base de datos, relacionada al punto GPS y a la fotografía correspondiente a cada uno:

Shap	Origen	Tipo	Morfología	Cod Morf	Forma Cima	Pendiente	Geología	Desnivel R	Altura	y Uso	Fotos
Point	Deposicional	Terraza aluvial	Baja	Tb	Inexistente	Muy suave 2-5%	Depositos Aluviales	0 a 5 metros	27	ARROZ, MANGO, BARBECHO	Bz001A-
Point	Deposicional	Llanura antigua	Relieve colinado	L2	Cima redondeada y vertien	Medio 12-25%	Formacion Pichiling	6 a 15 metro	26	TECA	Bz002A-
Point	Deposicional	Terraza aluvial	Baja	Tb	Inexistente	Plano 0-2%	Depositos Aluviales	0 a 5 metros	30	ARROZ	Bz003A-
Point	Deposicional	Llanura antigua	Relieve colinado	L2	Cima redondeada y vertien	Medio a Fuerte 2	Formacion Pichiling	6 a 15 metro	29	TECA, CIRUELA, VEGETACION	Bz004A-
Point	Tectónico - Erosiv	Relieve	Ondulado a colinado m	R1	Cima plana	Muy suave 2-5%	Formacion Balzar	0 a 5 metros	44	MANGO, ARBUSTOS	Bz005A-
Point	Tectónico - Erosiv	Relieve	Colinado bajo	R2	Cima redondeada y vertien	Medio 12-25%	Formacion Balzar	6 a 15 metro	28	MANGO	Bz006A-
Point	Deposicional	Valle aluvial	Valle fluvial	Va	Inexistente	Plano 0-2%	Depositos Aluviales	0 a 5 metros	22		Bz007A-
Point	Deposicional	Valle aluvial	Valle fluvial	Va	Inexistente	Plano 0-2%	Depositos Aluviales	0 a 5 metros	20	LECHUGINES, AIZ	Bz008A-
Point	Tectónico - Erosiv	Relieve	Ondulado a colinado m	R1	Cima plana	Suave 5-12%	Formacion Balzar	0 a 5 metros	33	MANGO, MATORRAL SECO	Bz009A-
Point	Deposicional	Valle aluvial	Valle fluvial	Va	Inexistente	Plano 0-2%	Depositos Aluviales	0 a 5 metros	24	VEGETACION ARBOREA	Bz010A-
Point	Deposicional	Valle aluvial	Valle fluvial	Va	Inexistente	Plano 0-2%	Depositos Aluviales	0 a 5 metros	8	ARROZ Y VEGETACION ARB	Bz011A-
Point	Deposicional	Llanura aluvial	Basin	B	Inexistente	Plano 0-2%	Depositos Aluviales	0 a 5 metros	33		SIN FOTO
Point	Tectónico - Erosiv	Relieve	Ondulado a colinado m	R1	Cima redondeada y vertien	Medio 12-25%	Formacion Balzar	0 a 5 metros	32	MANGO	Bz013A-
Point	Tectónico - Erosiv	Relieve	Ondulado a colinado m	R1	Cima redondeada y vertien	Suave 5-12%	Formacion Balzar	0 a 5 metros	35	ARBORICULTURA TROPICAL	Bz014A-
Point	Tectónico - Erosiv	Relieve	Ondulado a colinado m	R1	Cima redondeada y vertien	Medio 12-25%	Formacion Balzar	6 a 15 metro	35	ARROZ EN LOS VALLES	Bz015A-
Point	Deposicional	Valle aluvial	Valle fluvial	Va	Cima redondeada y vertien	Plano 0-2%	Depositos Aluviales	0 a 5 metros	-1	PASTIZALES	Bz016A-
Point	Deposicional	Terraza aluvial	Alta	Ta	Inexistente	Muy suave 2-5%	Depositos Aluviales	0 a 5 metros	21	ARROZ	Bz017A-
Point	Deposicional	Terraza aluvial	Baja	Tb	Inexistente	Muy suave 2-5%	Depositos Aluviales	0 a 5 metros	25	PASTIZALES	Bz018A-
Point	Tectónico - Erosiv	Relieve	Colinado bajo	R2	Cima redondeada y vertien	Medio 12-25%	Formacion Balzar	6 a 15 metro	23	MAIZ, MATORRAL, CULTIVO	Bz019A-
Point	Tectónico - Erosiv	Relieve	Ondulado a colinado m	R1	Cima redondeada y vertien	Suave 5-12%	Formacion Balzar	0 a 5 metros	42	MANGOS, VEGETACION ARB	Bz020A-
Point	Deposicional	Valle aluvial	Valle fluvial	Va	Inexistente	Muy suave 2-5%	Depositos Aluviales	0 a 5 metros	39	BOSQUE RIPARIO, YUCA	Bz021A-
Point	Tectónico - Erosiv	Relieve	Colinado bajo	R2	Cima redondeada y vertien	Medio 12-25%	Formacion Balzar	0 a 5 metros	42	PAJONAL SECO	Bz022A-
Point	Deposicional	Valle aluvial	Valle fluvial	Va	Inexistente	Muy suave 2-5%	Depositos Aluviales	0 a 5 metros	31	SIN USO	Bz023A-
Point	Tectónico - Erosiv	Relieve	Ondulado a colinado m	R1	Cima redondeada y vertien	Muy suave 2-5%	Formacion Balzar	0 a 5 metros	47	MATORRAL SECO	Bz024A-
Point	Tectónico - Erosiv	Relieve	Ondulado a colinado m	R1	Cima redondeada y vertien	Suave 5-12%	Formacion Balzar	0 a 5 metros	40	TECA	Bz025A-
Point	Deposicional	Valle aluvial	Valle aluvial indiferenci	Vi	Inexistente	Muy suave 2-5%	Depositos Aluviales	0 a 5 metros	48	MATORRAL SECO	Bz026A-
Point	Tectónico - Erosiv	Relieve	Colinado bajo	R2	Cima redondeada y vertien	Medio 12-25%	Formacion Onzole	6 a 15 metro	55	PAJONAL, PASTIZAL	Bz027A-
Point	Deposicional	Valle aluvial	Valle fluvial	Va	Inexistente	Muy suave 2-5%	Depositos Aluviales	0 a 5 metros	38	VEGETALES, YUCA, PAZTIZ	Bz028A-
Point	Tectónico - Erosiv	Relieve	Colinado bajo	R2	Cima redondeada y vertien	Medio 12-25%	Formacion Onzole	6 a 15 metro	53	PASTIZALES	Bz029A-
Point	Tectónico - Erosiv	Relieve	Colinado medio	R3	Cima redondeada y vertien	Medio a Fuerte 2	Formacion Onzole	16 a 50 metr	88	PASTIZALES	Bz030A-
Point	Tectónico - Erosiv	Relieve	Colinado medio	R3	Cima redondeada y vertien	Medio a Fuerte 2	Formacion Onzole	16 a 50 metr	88	PASTIZAL	Bz031A-
Point	Deposicional	Valle aluvial	Valle fluvial	Va	Inexistente	Plano 0-2%	Depositos Aluviales	0 a 5 metros	63		Bz032A-
Point	Deposicional	Terraza aluvial	Baja	Tb	Inexistente	Muy suave 2-5%	Depositos Aluviales	0 a 5 metros	78	YUCA, BANANO, ARBOLES F	Bz033A-
Point	Tectónico - Erosiv	Relieve	Colinado medio	R3	Cima aguda y vertiente rec	Muy fuerte 70-1	Formacion Onzole	51 a 100 me	140		Bz034A-
Point	Tectónico - Erosiv	Relieve	Colinado medio	R3	Cima aguda y vertiente rec	Fuerte 40-70%	Formacion Onzole	51 a 100 me	140		Bz035A-
Point	Deposicional	Terraza aluvial	Alta	Ta	<Null>	Muy suave 2-5%	Depositos Aluviales	0 a 5 metros	38	ARROZ	Bz036A-
Point	Deposicional	Terraza aluvial	Alta	Ta	Inexistente	Muy suave 2-5%	Depositos Aluviales	0 a 5 metros	41	ARROZ	Bz037A-
Point	Tectónico - Erosiv	Relieve	Ondulado a colinado m	R1	Cima redondeada y vertien	Muy suave 2-5%	Formacion Onzole	0 a 5 metros	52	PASTIZAL	Bz038A-
Point	Estructural	Mesa	Cornisa	S2	Cima aguda y vertiente rec	Medio a Fuerte 2	Formacion Onzole	6 a 15 metro	44	PASTIZAL	Bz039A-
Point	Deposicional	Valle aluvial	Valle aluvial indiferenci	Vi	Inexistente	Muy suave 2-5%	Depositos Aluviales	0 a 5 metros	34		Bz040A-
Point	Tectónico - Erosiv	Relieve	Colinado bajo	R2	Cima redondeada y vertien	Medio a Fuerte 2	Formacion Balzar	6 a 15 metro	32		Bz041A-
Point	Tectónico - Erosiv	Relieve	Colinado bajo	R2	Cima redondeada y vertien	Medio 12-25%	Formacion Balzar	6 a 15 metro	35	PASTIZAL	Bz042A-
Point	Tectónico - Erosiv	Relieve	Colinado bajo	R2	Cima redondeada y vertien	Medio a Fuerte 2	Formacion Balzar	6 a 15 metro	47	PASTIZALES Y VEGETACION	Bz043A-
Point	Tectónico - Erosiv	Relieve	Ondulado a colinado m	R1	Cima plana	Suave 5-12%	Formacion Balzar	0 a 5 metros	51	PASTIZAL	Bz044A-
Point	Tectónico - Erosiv	Relieve	Colinado bajo	R2	Cima plana	Suave 5-12%	Formacion Balzar	6 a 15 metro	55	PASTIZAL	Bz045A-
Point	Tectónico - Erosiv	Relieve	Ondulado a colinado m	R1	Cima plana	Muy suave 2-5%	Formacion Balzar	0 a 5 metros	53		Bz046A-
Point	Estructural	Cuesta	Superficie	C1	Cima aguda y vertiente rec	Medio a Fuerte 2	Formacion Balzar	51 a 100 me	53	PASTIZAL Y VEGETACION A	Bz047A-
Point	Deposicional	Terraza aluvial	Indiferenciada	Ti	Inexistente	Muy suave 2-5%	Depositos Aluviales	0 a 5 metros	55	PASTIZAL Y ARBORICULTUR	Bz048A-
Point	Tectónico - Erosiv	Relieve	Colinado medio	R3	<Null>	Escarpada >100	Formacion Onzole	101 a 200 me	95	PASTO Y BOSQUE SECUNDA	Bz049A-

Figura 6.2t. Extracto de la base de datos.

- Corrección de acuerdo a las características definidas en campo.
- Obtención del mapa final (adecuación de la leyenda y diseño del mapa).

Como pasos finales se vuelve a realizar la revisión topológica, se cuantifican las áreas y se suman para cada cantón por forma del relieve. Se chequea la consistencia entre diferentes capas geomorfológicas (de cada cantón). Con el dato de las áreas se elabora la leyenda geomorfológica a ser incluida en el mapa, y se diseña el formato de salida asignando colores a las formas del relieve en gamas de acuerdo a su unidad ambiental. Además se elabora la memoria técnica explicando lo encontrado en cada cantón, enfatizando en las características morfométricas, génesis, y el uso que le da el hombre, así como la infraestructura con la que se relaciona y los problemas que le aquejan.

6.3. Fase 3: Caracterización climática

En esta fase se identifica y delimita las unidades espaciales que representen las zonas climáticas de humedad y temperatura, al interior de la cuenca del río Guayas.

Esta información permite la caracterización más completa del régimen climático del suelo a través de dos parámetros fundamentales: los regímenes de humedad y temperatura, con base en los rangos definidos en el Soil Taxonomy -Survey Staff- USDA y que fueron ajustados al medio ecuatoriano durante las investigaciones y estudios de levantamientos de suelos realizados a nivel nacional por el PRONAREG-ORSTOM (1983).

6.3.1. Cartografía climática

El procedimiento empleado para la elaboración de la cartografía climática para la cuenca del río Guayas, fue el siguiente:

- Transferencia de la información cartográfica secundaria

La información de zonas climáticas definidas en las cartas de aptitudes agrícolas de la costa ecuatoriana a escala 1: 200 000 elaboradas por PRONAREG/ORSTOM.1983, son transferidas a las cartas bases topográficas a escala 1: 25 000 que forman la cuenca del río Guayas.

- Ajuste cartográfico

Dada la diferencia de escalas, en el proceso de transferencia de información secundaria 1: 200 000, se producen distorsiones en cuanto a la delimitación precisa de las unidades climáticas transferidas al mapa base 1: 25 000; por tanto, fue necesario realizar afinamientos en los límites de las unidades climáticas para que éstos se vayan ajustando al detalle que presenta la cartografía base topográfica a escala 1: 25 000, con lo cual se obtiene una definición más correcta de las zonas climáticas.

Como soporte para el ajuste cartográfico climático se corrió modelos digitales que permitieron obtener isolíneas de precipitación (isoyetas) y de temperatura (isotermas), con series meteorológicas actualizadas.

6.3.2. Cartografía del régimen climático del suelo

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

- Relación del volumen total anual de lluvias con el régimen de humedad del suelo (Cuadro 6.3a).

- Relación entre la temperatura media ambiental y la temperatura media del suelo a 50 cm de profundidad. Se define una diferencia de 1 °C entre la temperatura media anual ambiental (t_{maa}) y la temperatura media anual del suelo (t_{mas}) a 50 cm (Cuadro 4.4b), es decir (Porta et al., 2003):

$$t_{mas} = t_{maa} + 1 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Cuadro 6.3a. Zonas de humedad y régimen de humedad del suelo.

Zona de humedad	Características			Régimen de humedad del suelo
	Precipitación (mm)	Déficit hídrico (mm)	No. meses secos	
Super húmeda	3 000 a 6 500	0	0	Perúdicó
Muy húmeda	2 000 a 4 000	< a 100	1 a 4	Údico-Perúdicó
Húmeda	1 300 a 2 500	250 a 500	4 a 8	Údico
Seca	900 a 1 300	500 a 650	8 a 10	Ústico
Seca a muy seca	300 a 900	850 a 1 000	10 a 12	Áridico

Fuente: Mejía L., 2009.

NOTA IMPORTANTE: El régimen de humedad del suelo se refiere al contenido de humedad disponible en la parte del suelo utilizable por los cultivos durante el año. Se reconocen los siguientes para el área de estudio:

- Régimen Perúdicó: Particular de climas muy húmedos, en donde las precipitaciones mensuales son más altas que la evapotranspiración. Por consecuencia, hay percolación de agua en el perfil durante todo el año y lixiviación de algunos elementos minerales útiles.
- Régimen Údico: Particular de climas húmedos. El suelo está seco en todo el perfil menos de tres meses consecutivos, la mayoría de los años.
- Régimen Ústico: De áreas secas; la parte del suelo utilizable para los cultivos, está seca más de tres meses consecutivos, pero con humedad aprovechable más de seis meses la mayoría de los años. Existe deficiencia de agua.

Pueden darse intergrados entre las 3 categorías para climas transicionales. Ej: Údico-Perúdicó; Ústico-Údico.

Cuadro 6.3b. Zonas de temperatura y régimen de temperatura del suelo.

Zona de temperatura	Características		Régimen de temperatura del suelo
	Altitud (msnm.)	Temperatura media anual (°C)	
Cálida	0 a 1 200	> a 22	Isohipertérmico
Subcálida	1 200 a 2 000	16 a 22	Isotérmico
Temperada	2 000 a 2 800	13 a 16	Isotérmico
Fría	3 200 a 3 600	10 a 13	Isoméxico
Muy Fría	> a 3 600	> a 10	Isofrígido

Fuente: Mejía L., 2009.

NOTA IMPORTANTE: El Régimen de temperatura del suelo, se refiere a la medida del grado de temperatura que presenta el suelo entre 50 y 100 cm. de profundidad durante el año. Es una característica que se puede medir fácilmente y es un reflejo de la temperatura ambiental. En el área de estudio aplican los siguientes:

- Régimen Isofrígido: De climas muy fríos; los suelos presentan temperaturas inferiores a 10 °C. (límite inferior de temperatura para los cultivos).
- Régimen Isomésico: De climas fríos. Los suelos presentan temperaturas entre 10 y 13 °C.
- Régimen Isotérmico: De climas templados y subcálidos. Suelos con temperaturas entre 13 y 22/24 °C.
- Régimen Isohipertérmico: De climas cálidos. Suelos con temperaturas mayores a 20/22 °C.

El término ISO significa que las variaciones de la temperatura durante el año, son inferiores a 5 °C.

Los regímenes de humedad y temperatura del suelo climáticos, permiten destacar diferencias climáticas y por tanto en la definición de potencialidades y limitantes de los suelos; siendo importantes, tanto para el uso del recurso suelo en las actividades agrícolas como para la recomendación de prácticas de manejo.

6.4. Fase 4: Cartografía de suelos (Preliminar)

6.4.1. Insumos

Adelante se detallará brevemente los insumos que han sido utilizados y el proceso al que han sido sometidos algunos de ellos, para la elaboración de la cartografía preliminar de suelos:

6.4.1.1. Mapa Geomorfológico

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

Esta cobertura temática, consta en su leyenda de datos necesarios para la caracterización de los suelos que se encuentren dentro de cada unidad geomorfológica como son: la unidad ambiental, litología, el origen de la geoforma, la morfología y morfometría (desnivel relativo y pendiente); que representan información de relevancia para entender la dinámica de los suelos y la interacción entre los diferentes factores de formación del mismo.

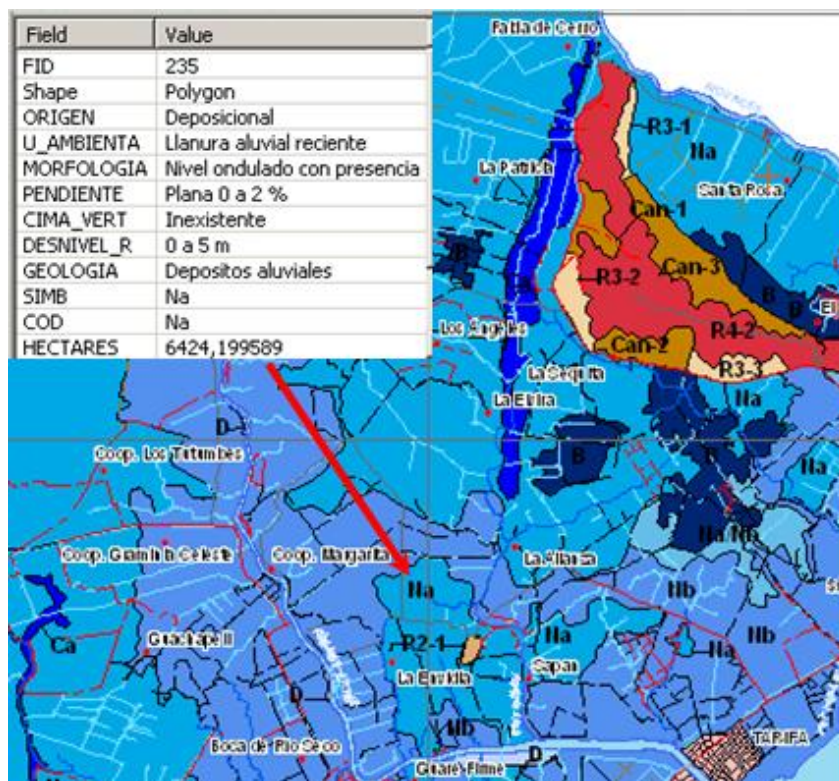


Figura 6.4a. Mapa geomorfológico.

6.4.1.2. Cartografía PRONAREG-ORSTOM

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

Para la planificación del trabajo de campo (elección de sitios de muestreo) y la posterior elaboración de la cartografía temática de suelos, se utilizó como uno de los insumos secundarios principales la información generada por PRONAREG – ORSTOM, como son:

- Cartografía de suelos y morfopedológica de la costa ecuatoriana a escala 1: 200 000 (PRONAREG/ORSTOM. 1982). Cuya escala referida es de representación, pero que fue generada a partir de fotointerpretación de fotografías aéreas 1: 60 000.

Estos estudios comprenden entre otros, insumos clave para la elección de puntos de muestreo en campo que servirán como referencia para la delimitación de las unidades de suelos dentro de las diferentes unidades geomorfológicas.

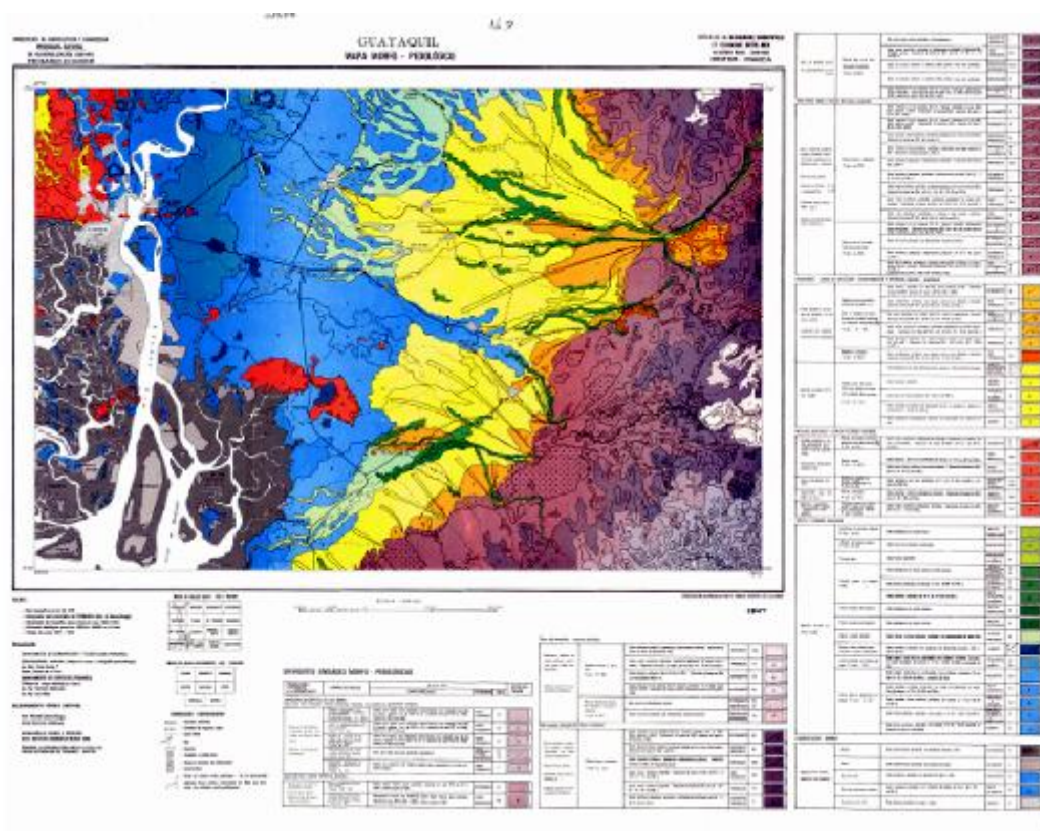


Figura 6.4b. Carta morfo-pedológica (PRONAREG/ORSTOM. 1982).

6.4.1.3. Modelo digital de elevación (MDE) obtenido del SRTM

6.4.1.3.1. *Modelo Digital de Elevación (MDE)*

FELICÍSIMO 2004, propone una definición: un modelo digital de elevaciones (MDE) o MDT (Modelo Digital del Terreno) se define como una estructura numérica de datos que representa la distribución espacial de la altitud de la superficie del terreno.

Los nuevos avances tecnológicos permiten la representación de estos modelos con una mayor precisión combinada con grandes extensiones de superficie. Esto ha ayudado a otras disciplinas, un ejemplo de estos expone FELICÍSIMO (2004), el cual menciona que el clima a escala local, los procesos geomorfológicos y edáficos, el movimiento y la acción de agua y consecuentemente, los numerosos procesos biológicos condicionados por ellos, se encuentran estrechamente asociados a la forma y altitud de la superficie del terreno en los que se desarrollan.

Debido a la inexistencia de modelos de resolución adecuada para la escala de trabajo, se recopilaron aquellos disponibles (SRTM), que a pesar de no concordar con la escala de trabajo, se usan como referencia, en especial en aquellos sitios en los que el relieve tiene desniveles relativos significativos.

6.4.1.3.2. *La Misión SRTM (Shuttle Radar Topography Mission)*

En 1999 la NASA y las agencias espaciales de Alemania e Italia, iniciaron el proyecto SRTM "Shuttle Radar Topography Misión" (<http://www2.jpl.nasa.gov/srtm/>), para elaborar un mapa topográfico de toda la Tierra a partir de interferometría radar. Por lo que, en el año 2000, este proyecto, proporcionó el modelo de elevación digital más completo de gran parte de la Tierra (FARR *et al.*, 2008).

El método de obtención del MDT del proyecto SRTM, es directo ya que se aplicó radarmetría o interferometría, en el cual el sensor RADAR emitió un impulso electromagnético, luego de lo cual, lo recoge tras reflejarse en la superficie terrestre, y de esta forma, conociendo el tiempo de retardo del pulso y su velocidad se pudo estimar la distancia entre el satélite y el terreno.

Existen varias versiones del MDT del SRTM, por así mencionarlos, entre los cuales se puede resumir de la siguiente manera:

- La primera versión de los datos del SRTM fue proporcionado desde el servidor de USGS (<ftp://e0srp01u.ecs.nasa.gov/srtm/>) en resoluciones espaciales de 1 grado (tamaño de píxel), en 2003.
- Luego los datos fueron procesados para los Estados Unidos en resoluciones de 1 arc segundo (aproximadamente en 30 m), y para el resto del mundo en 3 arc segundo (aproximadamente en 90 m).

- STRM30 es un modelo digital de elevación global, el que comprende una combinación de datos de Shuttle Radar Topography Mission, tomado en febrero del 2000 y el set de datos de U.S. Geological Survey's GTOPO30.

Los productos SRTM para el Ecuador están a una resolución de 3 arc-segundo, una de las más altas resoluciones que previamente han sido habilitados para la publicación en los países de Sudamérica (JARVIS, et al. 2004), es decir el STRM de 90 metros, con un error en la vertical que varía entre 5 a 10 metros.

Los datos del SRTM, están sirviendo entre otras cosas para estudios de vegetación, un ejemplo de esto presenta GOMES (2006), el cual usa el MDT del SRTM, en la interpretación de clases de vegetación en áreas inundadas, en donde aprovecha la información de la banda C.

Como se puede visualizar en la Figura 4.5c, la banda C que utiliza el SRTM, toma la altura de la vegetación, este factor es muy importante en el momento de la interpretación monoscópica.

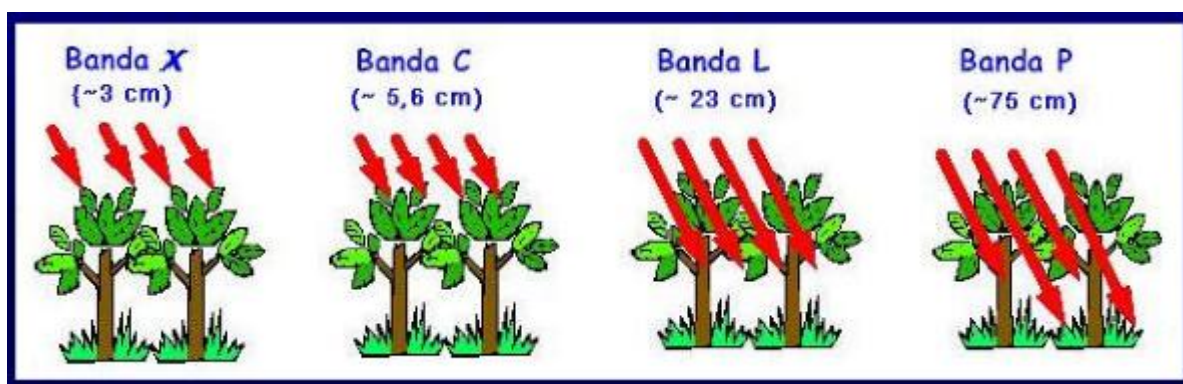


Figura 6.4c. Penetración de bandas en diferentes longitudes de onda.

Para complementar la Figura 4.5c, las diferentes longitudes de onda de RADAR, se aprecian en las siguientes misiones:

Banda X	~ 3 cm	RADAMBRASIL, SAR-SIPAM, SRTM
Banda C	~ 5.6 cm	RADARSAT-1, SRTM, ASAR, ERS
Banda L	~ 23 cm	JERS-1, SAR-SIPAM
Banda P	~ 75 cm	AirSAR

Cabe indicar que al MDT del SRTM se le realizó correcciones visuales aplicando una convolución cúbica, para dividir al pixel en 16 partes (matriz de 4x4), con el fin de obtener una mejor resolución espacial con lo cual se logra convertirlo en un producto utilizable (de referencia) para el nivel de detalle del estudio.

6.4.1.4. Cartografía Base

Esta comprende el mapa base que contiene todos los detalles del área de estudio y donde se volcará el resto de cartografía temática. Contiene información acerca de los límites cantonales, las vías de acceso, centros poblados, hidrografía (ríos, quebradas, canales de riego) y demás información de referencia que debe conocerse para la planificación de los puntos de muestreo en gabinete.

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

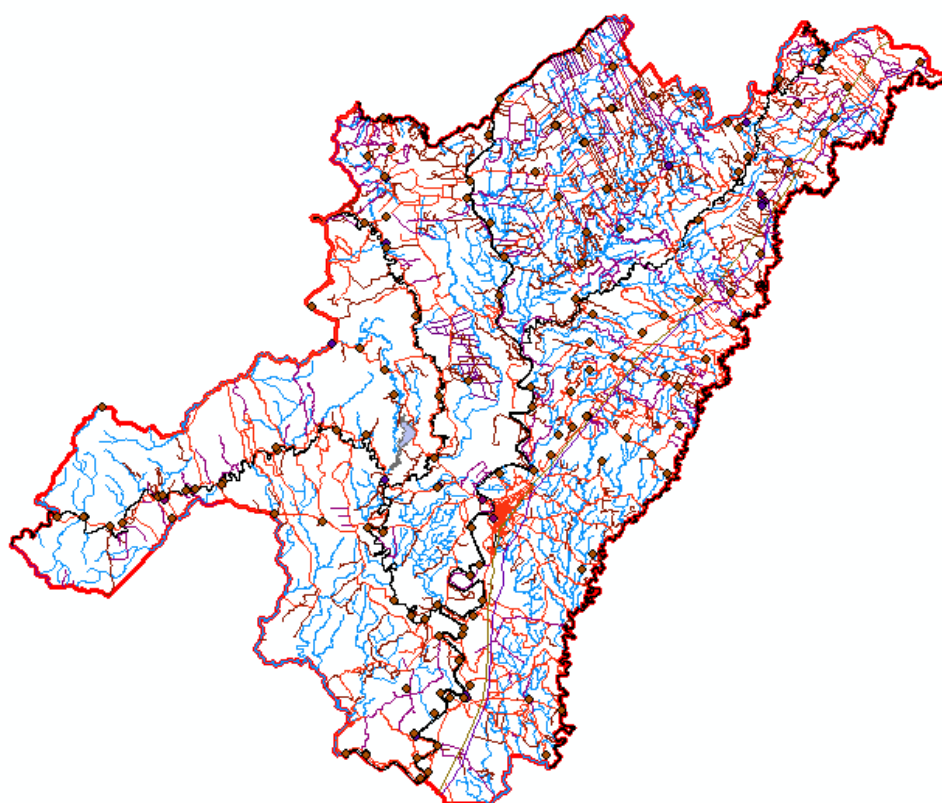


Figura 6.4d. Ejemplo de mapa base.

6.4.1.5. Mapas detallados de los ingenios azucareros

En complemento a la información secundaria recabada para la ejecución del proyecto, se ha logrado acceso a trabajos privados de cartografía de suelos, que luego de un análisis exhaustivo se determinó que la información satisface los requerimientos de la escala 1: 25 000. La mayoría de estos estudios han sido desarrollados a escalas más detalladas, razón por la cual han sido de gran ayuda para la delimitación de las unidades cartográficas de suelos, por lo que para este estudio se ha utilizado información cartográfica y memorias técnicas de los ingenios azucareros Valdez y San Carlos.

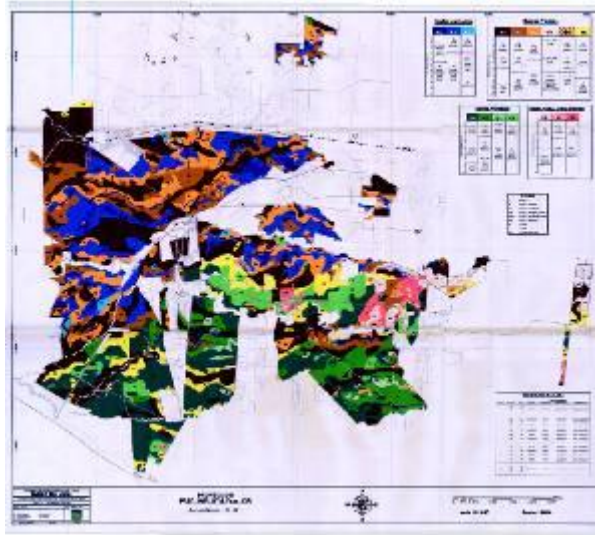


Figura 6.4e. Mapa de suelos del ingenio San Carlos.

6.4.1.6. Imágenes de satélite

Algunas veces, indicios no relacionados con la geoforma, pueden dar buena correlación con los diferentes tipos de suelos. El ejemplo clásico es la vegetación incluyendo condiciones de cultivo (VARGAS, ITC, 2004). Para lo cual, el análisis de las imágenes de satélite que cubren el área de estudio son de gran ayuda al representar un insumo clave para la interpretación de diferentes unidades de suelo, las mismas que la geomorfología no discrimina. Por lo anterior, este insumo conjuntamente con el mapa geomorfológico es clave para la planificación de la ubicación de las observaciones que se deben llevar a cabo durante las salidas de campo. Esto se logra, al realizar un procesamiento previo de las mismas obteniendo una significativa discriminación de los diferentes tipos de vegetación (Figura 6.4f).

Los insumos con los que se cuenta son imágenes de los satélites: Kompsat, Quickbird y Spot.

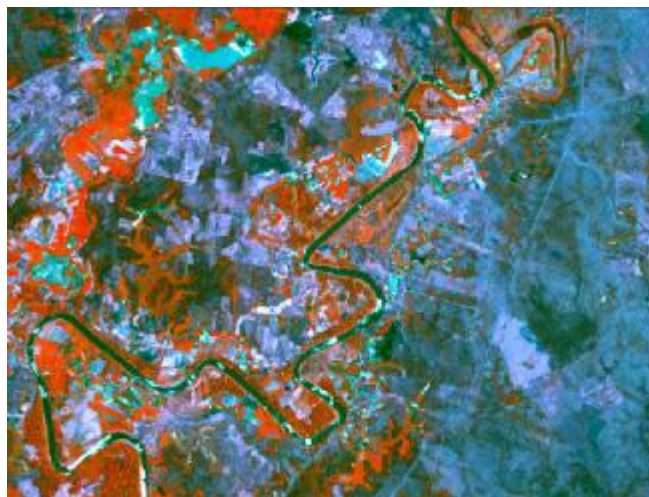


Figura 6.4f. Imagen del satélite SPOT (tamaño de píxel 5x5 m).

6.4.2. Selección de los sitios de muestreo

Una vez que se cuenta con todos los insumos requeridos para el análisis espacial del área de estudio, se procede a la ubicación de los sitios de muestreo en campo.

El procedimiento cuenta con los siguientes pasos para su ejecución:

- Etapa 1: Análisis de los insumos disponibles.
- Etapa 2: División del área de estudio.
- Etapa 3: Creación de archivos de archivos digitales.
- Etapa 4: Cruce de información.
- Etapa 5: Ubicación de los sitios de muestreo dirigido.

A continuación se detalla la metodología utilizada para el muestreo de campo:

6.4.2.1. Etapa 1: Análisis de insumos disponibles

Constituye el primer procedimiento a seguir, para la planificación de los trabajos de campo. En esta etapa, se realiza la selección de la mejor combinación de bandas de las imágenes satelitales, así como, la manipulación de sus histogramas, artificios que permiten una mejor discriminación para identificar diferencias en el uso y cobertura vegetal del suelo. Esto con el fin de ver más unidades homogéneas de suelos, no discriminadas por la geoforma (mapa geomorfológico).

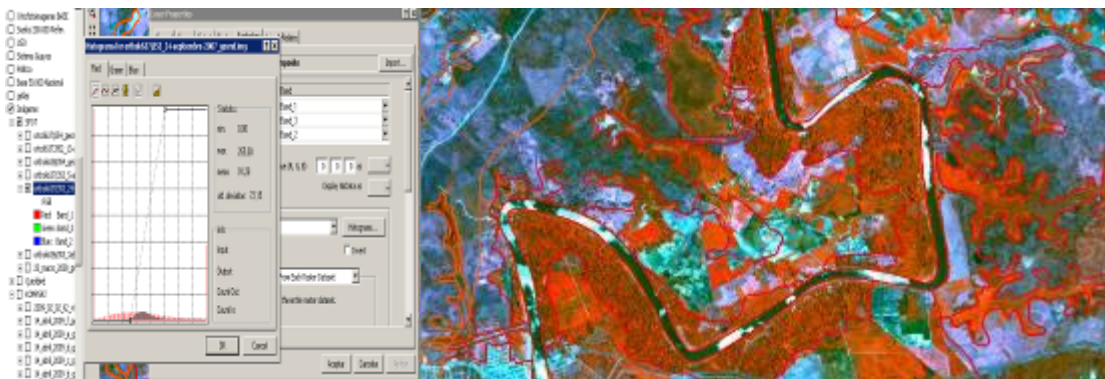


Figura 6.4g. Discriminación de la cobertura vegetal.

En la Figura 6.4g, se muestra una imagen SPOT, donde se puede discriminar distintas coberturas vegetales dentro de las diferentes unidades geomorfológicas.

Dentro de este paso también se considera el análisis del MDT del SRTM previamente procesado (incorporando el mapa de sombras -iluminación- obtenido a través del mismo y realizando el mejoramiento visual aplicando el método de resamplado convolución cúbica) para analizar las diferentes

geoformas, lo cual permite llevar a cabo un control de calidad del mapa geomorfológico (Figura 6.4h), que es el insumo principal para generar el mapa de suelos.

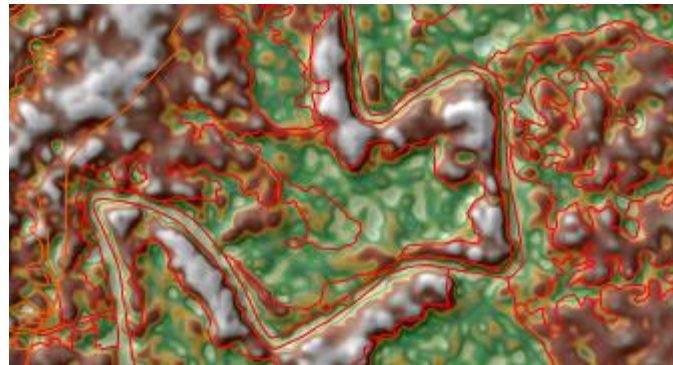


Figura 6.4h. Interpretación de las geoformas.

En la Figura 6.4h, se muestra que la interpretación de geoformas por fotointerpretación (límites de color rojo) presentan una tendencia similar a las geoformas discriminadas en el MDT.

6.4.2.2. Etapa 2: División del área de estudio

Todas las áreas que son intervenidas por el módulo de suelos, son previamente divididas equitativamente entre los grupos de trabajo, con el objetivo de intensificar el análisis de todas y cada una de las unidades geomorfológicas presentes en el mapa. De esta manera, se logra una mayor presión de muestreo y un mejor enfoque técnico en la caracterización edáfica de las unidades; con lo cual, se discrimina un mayor número de unidades de suelo; así como también, permite una extrapolación adecuada de la información (a las unidades no visitadas) de manera técnica y confiable. De la misma manera, cada grupo realiza el análisis para la ubicación de los sitios de muestreo dirigido. Esto permite realizar un análisis más detallado ya que el área que estudia cada grupo es más pequeña y manejable, asegurando así, la calidad del mapa de suelos.

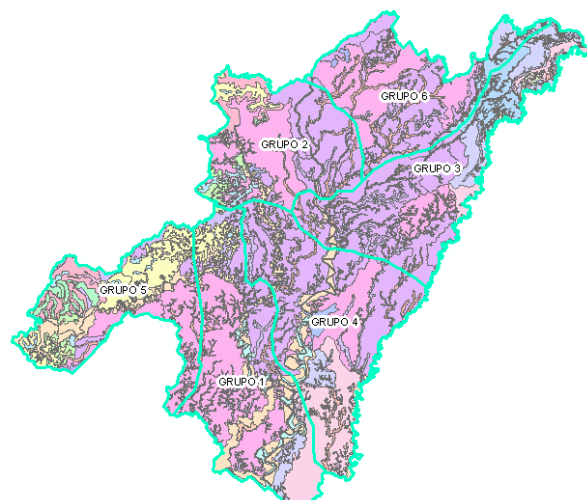


Figura 6.4i. División del mapa geomorfológico.

En la Figura 6.4i, se muestra la división del mapa geomorfológico, para seis grupos de trabajo, previa su intervención en campo.

6.4.2.3. Etapa 3: Creación de archivos digitales

Haciendo uso de ArcCatalog, se crea un archivo de sitios de muestreo dirigido (entidad punto) tanto para barrenaciones como para perfiles de suelo, que contienen varios campos, uno de ellos para la fecha en la que se tiene planeado realizar una determinada observación, el subgrupo taxonómico que fue clasificado por PRONAREG-ORSTOM 1982, unidad morfológica, código, etc. Los puntos deben respetar el sistema espacial de referencia que está utilizando el proyecto, para este caso es la proyección UTM, Datum World Geodetic System 1984, zona 17 sur.

6.4.2.4. Etapa 4: Cruce de información

Esta fase consiste en el análisis completo de todos los insumos con los que se cuenta. Al realizar este cruce de información (previamente homologada), se pretende interpretar la mayor cantidad de unidades de suelo apreciables a la escala 1: 25 000.

De esta etapa se derivará la correcta planificación de campo, ya que las observaciones que se realicen darán lugar a nuevas unidades de suelo, previamente identificadas en gabinete; o en su defecto, confirmarán los límites y/o unidades geomorfológicas previamente delimitadas.

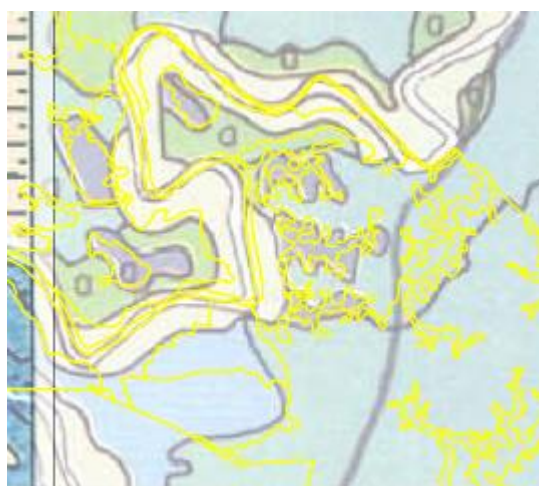


Figura 6.4j. Comparación mapa geomorfológico vs. información secundaria.

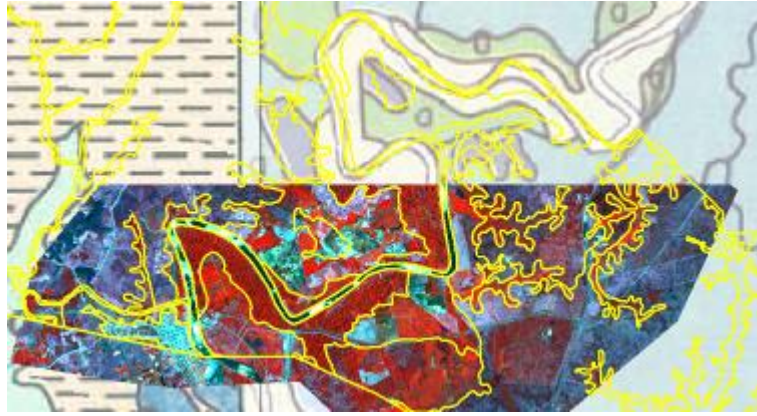


Figura 6.4k. Análisis geomorfología, información secundaria e imagen satelital.

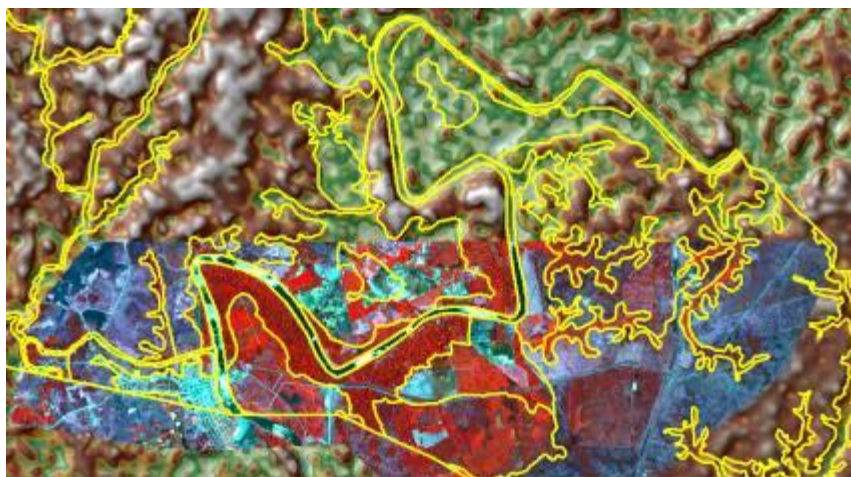


Figura 6.4l. Análisis geomorfología, imagen satelital y MDT.

6.4.2.5. Etapa 5: Ubicación de los sitios de muestreo dirigido

Una vez que se han analizado todos los insumos de manera conjunta, se añaden los puntos de muestreo dentro del mapa geomorfológico, tomando en cuenta criterios que no deben ser dejados de lado tales como:

- Los perfiles de suelo deben ser ubicados en zonas representativas dentro de las unidades geomorfológicas (de ser posible en el centro de las mismas).
- Se debe planificar por lo menos un perfil de suelo por cada unidad geomorfológica.
- Se debe planificar utilizando el mapa base, identificando las distancias más cortas o vías con mejores condiciones para su accesibilidad.
- Los perfiles (pedón) deben representar claramente la zona (polipedón) que se quiere delimitar dentro de las unidades geomorfológicas.

Debido principalmente a motivos de mala accesibilidad una vez en campo, los sitios seleccionados para perfiles como para barrenaciones, pueden ser replanificados en el mismo lugar de trabajo, considerando todos los aspectos técnicos para esta acción.

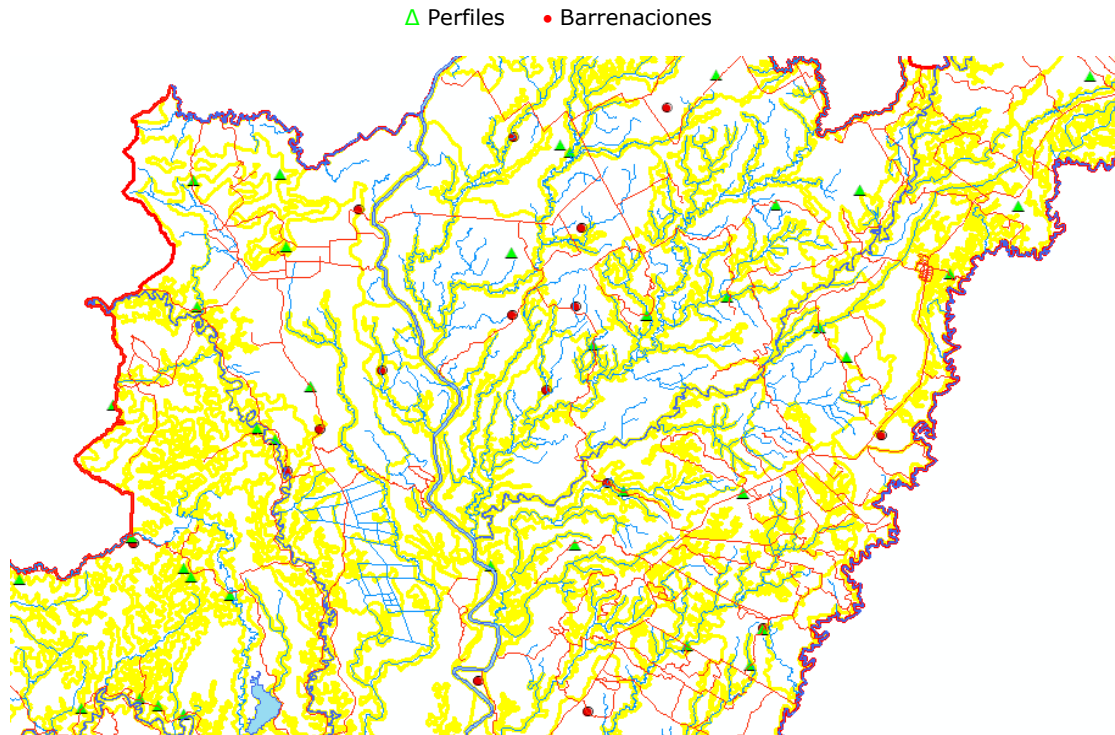


Figura 6.4m. Planificación de campo para la realización de perfiles.

6.4.3. Generación de la cartografía preliminar de suelos

Una vez identificadas las zonas de intervención, se procede a la impresión de los mapas preliminares para llevar a campo y un proyecto (mxd) en el software ArcGis 9.2 (que contiene toda la información digital mencionada anteriormente).

Los productos anteriormente mencionados, permiten llegar a las zonas de trabajo, con la ayuda de un GPS conectado a la computadora (laptop portátil) – que contiene toda la información digital generada- y que a través de un programa permiten la navegación en tiempo real, ahorrando tiempo, tanto para llegar a los sitios de muestreo y/o replantear los mismos, auxiliados con los Sistemas de Información Geográfica –SIG-.

6.5. Fase 5: Trabajos de campo

Las actividades de campo son consideradas como un arte técnico; requiere de conocimientos de geología, geomorfología, uso del suelo, química de suelos, entre otras y entrenamiento sobre la ciencia del suelo. El técnico de suelos (o edafólogo) es un observador y debe entender y asociar las características del paisaje con las características internas del suelo, para poder visualizar el patrón de suelos o unidades de suelos originados en determinado paisaje.

En los estudios de caracterización de suelos, los datos de laboratorio son útiles, cuando las operaciones en el proceso están bien establecidas. De ahí que el muestreo es una etapa importante, y se lo realiza con el propósito de identificar y caracterizar unidades de suelo.

Es frecuente en los muestreos tener errores, lo que lógicamente incurre en resultados equivocados en el análisis de suelo realizado por el laboratorio, lo que limita el estudio por desconocimiento del proceso. Una muestra válida debe ser representativa de la unidad edafológica de la cual fue obtenida, ya que está demostrado que el 80 % del error total cometido es debido a la falta de representatividad de la muestra (FUENTES, 1999).

La colección apropiada de una muestra de suelo que se toma con el propósito de diagnosticar y obtener información, tiene tanta importancia como la exactitud de las determinaciones de laboratorio o el criterio de interpretación de resultados (ICA, 1992)

En particular el objetivo del muestreo de suelos de acuerdo a los lineamientos de nuestro estudio específico es obtener información confiable. De ahí que las muestras que se colectan para obtener información respecto al cuerpo de suelo más grande denominado "Unidad de Suelo", deben ser representativas de la unidad a caracterizar. En este escenario en el estudio de la Cuenca del Guayas es importante el proceso de muestreo en las diferentes fases como son: la selección del sitio de muestreo, la identificación de muestras, el transporte, el acopio y la recepción en laboratorio, de ahí que tomando en cuenta que el muestreo se lo realiza para clasificar taxonómicamente al suelo de tal manera de generar información multipropósito, como es nuestro caso.

Es preciso explicar que una muestra en un punto del terreno, genera información únicamente acerca de este punto y es utilizada como una referencia estimativa acerca del área total de la unidad de suelo homogénea (ICA, 1992).

6.5.1. Objetivos del trabajo de campo

El trabajo de campo persigue los siguientes objetivos:

- Verificar sobre el terreno la validez y el nivel de confiabilidad de la cartografía de suelos preliminar, obtenida a nivel de gabinete, en lo correspondiente a los límites de las unidades cartográficas y taxonómicas de los suelos al interior de cada unidad geomorfológica.
- Realizar las actividades requeridas para obtener los criterios técnicos que permitan identificar las unidades taxonómicas de los suelos a nivel de subgrupo.

Durante el trabajo de campo se identifican las unidades geomorfológicas, la topografía del terreno, el uso de los suelos, los caminos de penetración, poblaciones, ríos, etc. Igualmente se aprovecha para hablar con algunos habitantes de la zona con el propósito de hacerles conocer sobre el estudio a realizarse.

6.5.2. Equipos y materiales

Una vez cumplidas las etapas anteriores, el equipo de trabajo (formado por tres profesionales ingenieros agrónomos, agrícolas o agropecuarios) está listo para realizar el levantamiento de suelos propiamente dicho, considerando que esta fase es la más significativa dentro de los levantamientos de suelos, tanto por la importancia de los datos que se colectan, como por los recursos que se requieren.

Antes de salir al campo el grupo de trabajo dispuso de los siguientes equipos y materiales de trabajo:

- Un mapa preliminar de suelos.
- Una tabla de colores MUNSELL.
- Formularios para el registro de la descripción de los perfiles y barrenaciones.
- Dos GPS.
- Una computadora portátil (LAPTOP) con archivos de información de cartografía base, temática preliminar, fotografías aéreas, imágenes satelitales, programa DNR GARMIN.
- Un flexómetro.
- Una cinta métrica de lona.
- Cuchillos de edafólogo.
- Un barreno EDELMAN.
- Una lupa 10X.
- Un apoyamanos.
- Una cámara de fotos.
- Un clinómetro de lectura óptica.
- Un cilindro muestreador para densidad aparente.

- Una piseta.
- Botella (1 litro) con agua potable.
- Gorero con HCl al 10 % (~50 ml).
- Gotero NaF con 1 M (~30 ml).
- Papel filtro impregnado con solución de fenoltaleína.
- Pizarra de fórmica para tinta líquida.
- Botas de caucho.
- Una mochila.
- Un chaleco con identificación del proyecto.
- Un martillo de geólogo.
- Un machete.
- Dos palas de desfonde.
- Dos palas redondas.
- Una barra.
- Un pico.
- Fundas plásticas resistentes al manipuleo (25 x 40 cm).
- Etiquetas adhesivas.
- Amarras (cinchos).
- Guía para la descripción de suelos de la FAO (2009).
- Guía para la clasificación de suelos (Soil Taxonomy, USDA, NRCS, 2006).
- Otros (lápiz, borrador de papel, marcadores, libreta.).

Además el grupo de trabajo dispuso de: Una camioneta doble cabina 4X4, un chofer y dos jornaleros, un cooler con hielo para llevar bebidas para refrescarse en campo, repelente, bloqueador solar.

6.5.3. Tipo de observaciones

Como ya se mencionó anteriormente, para el presente estudio, se utilizó el enfoque geo-pedológico con muestreo dirigido, el cual consiste en situar los puntos de observación en determinadas localizaciones que se suponen representativas y, a partir de la descripción de los suelos de estas superficies, extrapolar a áreas no visitadas.

Para el estudio se ubicaron las observaciones de suelos en sitios estratégicos por cada unidad geomorfológica. Para tal efecto, se realizaron observaciones en calicatas (perfil) y observaciones detalladas de comprobación (barrenaciones).

6.5.3.1. Observaciones en calicata (perfil)

Perfil de suelo es una sección vertical del terreno expuesta que permite medir y observar con detalle los horizontes de suelo genéticos (orgánicos y minerales) cuyas propiedades manifiestan el desarrollo del suelo. Representan las características típicas –morfológicas, físicas y químicas- de una determinada clase de suelo o unidad taxonómica.

La descripción de perfiles modales consiste en el análisis visual de las diferentes características morfológicas en los cada uno de los horizontes y/o capas del suelo, y para lo cual se utiliza la "GUIA PARA LA DESCRIPCIÓN DE PERFILES DE SUELOS DE LA FAO".

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

Una calicata (hoyo) se excava con dimensiones de más o menos 1,50 X 1,50 X 1,20 m, que ofrecen una visión del perfil del suelo con todas su capas y/u horizontes, orientada de tal manera de que en el momento de la descripción, el sol ilumine la cara donde se va a realizar la descripción. Se utilizó en algunos casos, taludes en cortes de camino.



Figura 6.5a. Perfiles en calicata.

En la Figura 6.5a, se observa perfiles en calicata, donde se pueden observar los diferentes horizontes, para muestreo de suelos.

6.5.3.2. Observaciones detalladas de comprobación (barrenaciones)

Constituyen observaciones complementarias a la descripción de los perfiles modales que permiten verificar la continuidad de una clase de suelo dentro de la unidad geomorfológica.

Para el efecto se realizan perforaciones que permiten observar la ocurrencia de los diversos horizontes del suelo en un determinado punto, y en donde pueden tomarse información sobre el espesor, color, textura, que permiten verificar la similitud o diferencias en relación a un perfil modal.

Es decir, la barrenación sirve para identificar la continuidad del rango de características del perfil modal o para ampliar el rango de características de las unidades de suelos. Se realiza en huecos de unos 50 cm de lado y profundidad suficiente para estudiar el horizonte B, si está presente, o para describir los 50 cm del perfil, si el horizonte B no existe. La parte profunda del perfil se caracterizó con la ayuda de un barreno tipo EDELMAN, que perfora hoyos de 10 cm de diámetro y extrae muestras del suelo (de 10 a 15 cm) a diferentes profundidades hasta 1,20 m, extrayendo el barreno cuidadosamente para mantener el suelo en su lugar, tal como estaba en el terreno, y colocando la muestra en una lámina de material plástico o una hoja de periódico. Ver Figura 6.5b y 6.5c.

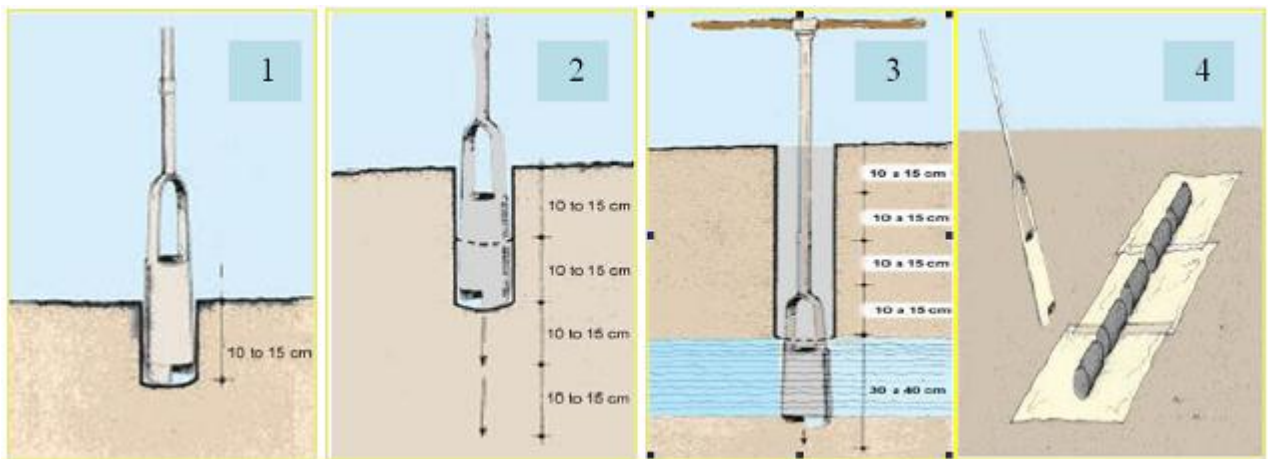


Figura 6.5b. Pasos de la barrenación para muestreo de suelos.



Figura 6.5c. Barrenaciones realizadas con el barreno tipo EDELMAN.

6.5.4. Ubicación de los sitios de observación en campo

En la ubicación del sitio de muestreo se consideran varios puntos que nos permiten seleccionar las zonas más representativas para dicho trabajo. Entre las cuales en función de los factores formadores del suelo (material parental, tiempo, clima, relieve y vegetación) mediante un análisis espacial de información secundaria (PRONAREG-ORSTOM) y productos de sensores remotos (imágenes satelitales, SRTM y ortofotos), y el insumo principal el mapa geomorfológico generado, a partir de los cuales se selecciona las unidades homogéneas de suelos. Ver Figura 6.5d.

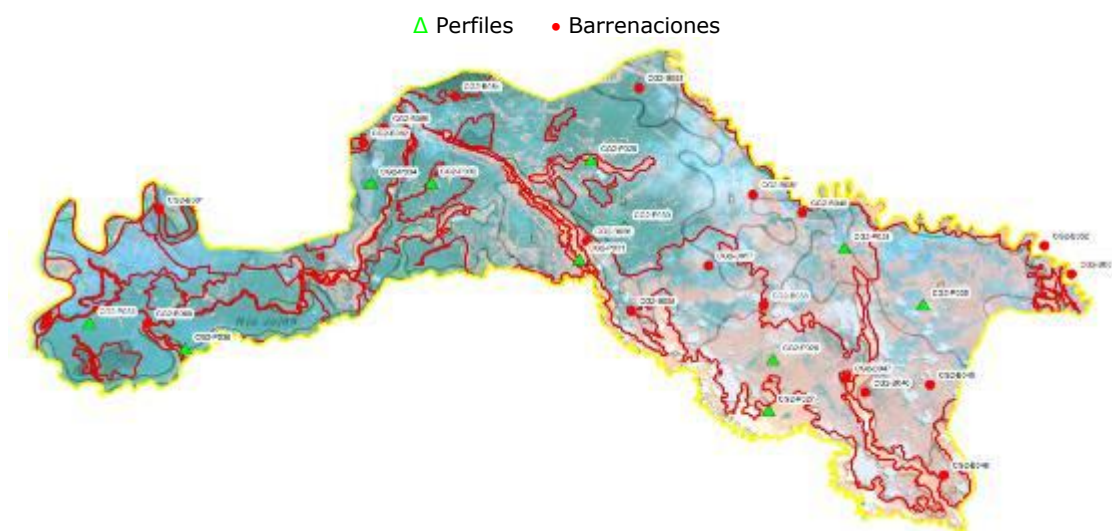


Figura 6.5d. Planificación de perfiles y barrenaciones.

Dentro de la unidad edafológica se toman criterios de muestreo especialmente en la uniformidad en cuanto al predio pues cambios apreciativos en producción, la conformación topográfica, la cantidad de erosión, la clase de drenaje, y/o tratamiento agrícola de los últimos años pueden incurrir en la variación de los tipos de suelo. En este caso son importantes las barrenaciones de comprobación hasta seleccionar el sitio representativo de la unidad (USDA, 2006).

Para esta fase se puso a prueba una metodología para navegar, digitalizar y replantear datos geográficos a partir del uso de un GPS a través del soporte GPS del ArcGIS el que facilitó llegar a los sitios de observación previamente ubicados en las unidades geomorfológicas en menor tiempo, además permitió relacionar la cartografía temática digital con el espacio físico en tiempo real.

Se priorizó la descripción de perfiles en calicatas y luego las observaciones detalladas de comprobación. Si se encontraban superficies importantes de suelos distintos se clasificó como una nueva unidad taxonómica, la que fue caracterizada con una observación en calicata.



Figura 6.5e. Equipo básico para la ubicación de los sitios de observación.

6.5.5. Descripción de las observaciones

Este trabajo sirve para verificar los límites y características de las unidades geomorfológicas, verificar las unidades taxonómicas preliminares e identificar las nuevas unidades taxonómicas.

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

La información recabada se registró en una ficha (formulario) previamente elaborada (Anexo 6.5a) y respaldado en un manual para llenado el cual se incluye en el Anexo 6.5b.

Posteriormente esta información fue levantada a un sistema informático que tiene por objetivo permitir el ingreso, almacenamiento, actualización, manejo, análisis, consultas y reportes de la información levantada en campo.

La ficha consta de cuatro partes principales:

- **Ubicación.** En esta se registra el nombre de la provincia, el cantón, la parroquia y el sitio; la ubicación de la observación con GPS en coordenadas en X y Y, en el sistema espacial de referencia UTM WGS84 ZONA 17S.
- **Registro de la observación.** Se incluye el número del perfil (código), fecha de descripción, los autores de la descripción y un espacio para la foto panorámica y otro para el perfil.
- **Factores de formación del suelo.** Se anotan los regímenes de humedad y temperatura del suelo, la geomorfología (morfología, pendiente, geología y relieve), el uso de la tierra y los meses de ocurrencia y duración de las inundaciones.

- **Descripción del suelo.** Se registran las características de la superficie (afloramientos rocosos y fragmentos gruesos, erosión, encostramiento, grietas y drenaje); la descripción de los horizontes o capas (símbolo del horizonte, profundidad, color, moteados, estructura, textura, consistencia, humedad del suelo, poros, raíces, actividad biológica, pH, reacción al NaF y HCl; formaciones especiales como revestimientos, cementación, con minerales; límites de los horizontes (distinción y topografía), otra información del horizonte y otras características del perfil y de su entorno.

Una vez que se termina la descripción del perfil, y con todos los datos recabados correctamente, se procede a realizar la clasificación taxonómica preliminar del suelo hasta el nivel de subgrupo, con base a la Taxonomía de Suelos del USDA NRCS (2006), la misma que será luego ratificada o rectificada con datos de laboratorio.

En una fase posterior, estos resultados son pasados a formato Word donde se hace constar tanto las características morfológicas como las físicas y químicas del perfil modal.

GENERACIÓN DE SEGURIDAD PARA LA GESTIÓN DEL TERRITORIO Y VALORACIÓN DE TIERRAS RURALES DE LA CUENCA DEL RÍO SURUYAS. ESCALA 1:5000

DESCRIPCIÓN DEL PERFIL DEL SUELO

1. UBICACIÓN

1.1. COORDENADAS POLÍTICO ADMINISTRATIVAS

PROVINCIA:

CANTÓN:

MARQUEZA:

SITIO:

1.2. LOCALIZACIÓN (UTM, WGS84, Zona 17E)

COORDENADA X:

COORDENADA Y:

ALTITUD:

Punto GPS:

2. REGISTRO DE LA OBSERVACIÓN

2.1. No. PERFIL:

2.2. FECHA DE DESCRIPCIÓN:

2.3. AUTORES:

2.4. NOMBRE DE LA CARTA Y/O ORTOFOTO:

3. FACTORES DE FORMACIÓN DEL SUELO

3.1. RESERVES CLIMÁTICOS DEL SUELO

3.1.1. TEMPERATURA

3.1.2. HUMEDAD

3.2. FUNDACIÓN

3.2.1. MES DE OCURRENCIA:

3.2.2. DURACIÓN (en meses):

3.3. GEOMORFOLOGÍA

3.3.1. MORFOLOGÍA

3.3.2. PENDIENTE

3.3.3. GEOLOGÍA

3.3.4. RELIEVE

3.4. USO DE LA TIERRA

3.4.1. USO DE LA TIERRA

3.4.2. CULTIVOS

3.4.3. INFLUENCIA HUMANA

3.4.4. VEGETACIÓN

4. DESCRIPCIÓN DE LOS HORIZONTES DEL SUELO

4.1. CARACTERÍSTICAS DE LA SUPERFICIE

4.1.1. AFLORAMIENTO RÚCOSO Y/O HINCAJENOS GRUESOS

4.1.2. EROSIÓN

4.1.3. ENCOSTRAMIENTO

4.1.4. GRIETA

4.1.5. DRENAJE

Figura 6.5f. Plantilla informática con información del perfil del suelo.

Hay que anotar que paralelo a la actividad de suelos, se realizaron pruebas de infiltración por técnicos de clima, para la caracterización hídrica en áreas aledañas al sitio de observación de la calicata.



Figura 6.5g. Personal uniformado militar dando seguridad al trabajo de campo.

Una vez que se termina la descripción del perfil, se procede a la toma de muestras.

6.5.6. Toma de muestras

6.5.6.1. Toma de muestras de suelos en calicata (perfil)

La toma de muestras en perfiles modales o típicos se ejecutó, con fines de caracterizar los suelos mediante la información de parámetros físicos y químicos, para realizar luego la clasificación taxonómica a nivel de subgrupo.

La muestra constó de la colección vertical de los diferentes horizontes, de un perfil de suelos, en proporción de 1 kg de suelo por cada horizonte o capa, hasta una profundidad de 1,20 m en el caso de que no haya roca, duripán o capa freática; además se tomó una muestra superficial con un cilindro (en este caso de $100,31 \text{ cm}^3$) para densidad aparente y dos muestras de los horizontes A y B en una cantidad de 200 g para el cálculo de punto de marchitez.

Cabe mencionar que el muestreo de suelos se realizó comenzando desde la parte inferior a la parte superior del perfil, para evitar la mezcla con los suelos de los horizontes superiores.



Figura 6.5h. Personal técnico en plena labor de recolección de muestras.

6.5.6.2. Toma de muestras de suelos en barrenaciones

En este caso se toma una muestra de suelos de 1 kg por cada sitio de observación, hasta una profundidad de aproximadamente 30 cm para análisis de fertilidad.

Cabe indicar que para cada muestra de suelo, tanto de las provenientes de un perfil, como de una barrenación, se colocaron en doble funda de plástico (las cuales son nuevas, limpias y extra fuertes) con la etiqueta de identificación correspondiente, siendo la interna la que llevará la muestra, mientras que entre la funda externa e interna se coloca la etiqueta que contiene la identificación de la muestra (código, el número de la muestra y el tipo de muestra), tal y como se detalla a continuación:

CG3 – P001
30-50 cm
2/3

CG	Código del proyecto (Cuenca Guayas).
3	Grupo que realizó la descripción.
P	Muestra, perfil (P) o barrenación (B).
001	Número de muestra en el campo.
30-50 cm	Profundidad de la muestra.
2/3	Número de la muestra en el perfil.



Figura 6.5i. Proceso de muestreo de suelos.

Al finalizar el periodo de trabajo de campo, las muestras recolectadas se ordenaron en grupos así: muestras de horizontes de calicatas (perfiles); muestras de los horizontes superficiales de observaciones de comprobación (barrenaciones); muestras para el cálculo de densidad aparente y muestras para el cálculo de punto de marchitez.

Luego se elaboró el manifiesto de las muestras para dar ingreso al laboratorio. En síntesis estos manifiestos contienen información como: el nombre del proyecto, grupo de trabajo, fecha y firma de responsable tanto de quien entrega como de quien recibe las muestras, codificación, el número de muestra y su tipo, la profundidad a la cual fue tomada la muestra en cm, el lugar y coordenadas (en X y Y) donde fueron tomadas las mismas, tipo de análisis y observaciones.

El número de muestras está estrechamente relacionado con la profundidad efectiva del suelo y el tipo de observación si es perfil (P) ó

barrenación (B) según el caso, la profundidad se refiere a la potencia que tiene el horizonte que se lo expresa en cm. Ver Figura 6.5j.

PROYECTO "GENERACIÓN DE GEOINFORMACIÓN PARA LA GESTIÓN DEL TERRITORIO Y VALORACIÓN DE LAS TIERRAS RURALES DE LA CUENCA DEL RÍO GUAYAS ESCALA 1:25,000" COMPONENTE SUELOS MUESTRAS DE LABORATORIO											
GRUPO DE TRABAJO		5									
FECHA		Del 29 de septiembre al 08 de octubre de 2009 (3ra. salida de campo)									
NOMBRE DEL EDAFOLOGO		AYALA, O. LOAYZA, V. SGHIRLA, S.									
CÓDIGO DE PERFIL	NUMERO DE MUESTRA	PROFUNDIDAD	TIPO MUESTRA*	PROVINCIA	CANTÓN	PARROQUIA	LUGAR	X	Y	TIPO ANÁLISIS**	OBSERVACIONES
CG5-P001	1 de 3	0-15	P	LOS RIOS	BABAHOYO	PIMOCHA	Mango Morado	658922	9793518	A	30/09/2009
CG5-P001	2 de 3	15-40	P	LOS RIOS	BABAHOYO	PIMOCHA	Mango Morado	658922	9793518	A	30/09/2009
CG5-P001	3 de 3	40-90	P	LOS RIOS	BABAHOYO	PIMOCHA	Mango Morado	658922	9793518	A	30/09/2009
CG5-P002	1 de 2	0-20	P	LOS RIOS	BABAHOYO	PIMOCHA	Coop. Veinticinco de octubre	655664	9795882	A	30/09/2009
CG5-P002	2 de 2	20-90	P	LOS RIOS	BABAHOYO	PIMOCHA	Coop. Veinticinco de octubre	655664	9795882	A	30/09/2009
CG5-B001	1 de 1	90-115	P	LOS RIOS	BABAHOYO	PIMOCHA	Coop. Veinticinco de octubre	655664	9795882	B	30/09/2009
CG5-P002	densidad		P	LOS RIOS	BABAHOYO	PIMOCHA	Coop. Veinticinco de octubre	655664	9795882	densidad aparent	30/09/2009

* P=PERFIL; B=BARRENACION
Las coordenadas X y Y están en el sistema espacial de referencia UTM WGS84 ZONA 17 SUR

ENTREGADO POR: Ing. Santiago Sghirla
JEFE DE GRUPO 5
MÓDULO 2 "SUELOS"

RECIBÍ CONFORME: Ing. Augusto R. González A.
JEFE DE MÓDULO
MÓDULO 2 "SUELOS"

Fecha: Babahoyo, 12 de octubre de 2009

Figura 6.5j. Guía de muestreo o manifiesto.

El lugar de muestreo está referido a la provincia, cantón y lugar donde fue extraída la muestra, siendo las coordenadas las que ayudan a ubicar el sitio exacto donde ésta fue tomada.

En el estudio de la Cuenca del Guayas durante el año 2009, participó el laboratorio: GQM del Grupo Marcos S.A. y el laboratorio de suelos del Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias INIAP-Estación Litoral del Sur, y en general el tipo de análisis se estableció y estandarizó de acuerdo a las necesidades específicas del estudio.



Figura 6.5k. Muestras de suelos listas para ser ingresadas al laboratorio.

6.6. Fase 6: Laboratorio

En los estudios de suelos con fase de laboratorio, normalmente el fin es la evaluación de la fertilidad y las respectivas recomendaciones agronómicas (FUENTES, 1999). En el presente estudio para la cuenca del río Guayas, no incluyen resultados de fertilidad representativos de toda el área sino más bien, una apreciación de la fertilidad potencial que puede representarse por una clase taxonómica de determinada unidad edafológica, caracterizada por un perfil o barrenación representativa.

En general la fase de laboratorio comprende el análisis físico-químico de las muestras de suelos y la interpretación de sus resultados.

6.6.1. Tipos de análisis de laboratorio de suelos

6.6.1.1. Análisis "Tipo A"

El análisis se realiza en los horizontes A y B (en perfiles), y se realizan los siguientes análisis: pH-N-P-K-Ca-Mg-S-Fe-Cu-Mn-Zn-B, suma de bases materia orgánica (MO), textura, acidez libre, conductividad eléctrica (C.E.) y Capacidad de Intercambio Catiónico (C.I.C).

6.6.1.2. Análisis "Tipo B"

El análisis se realiza comúnmente en barrenaciones en el horizonte A, y en los horizontes C de muestras de perfiles. Se realizan los siguientes análisis: pH-N-P-K-Ca-Mg, suma de bases, materia orgánica (MO), textura y conductividad eléctrica (C.E.).

6.6.1.3. Análisis "Tipo C"

El análisis se realiza de acuerdo al criterio del edafólogo en base a las observaciones de campo correspondientes, el análisis de carbonatos, que incluye: reporte de pH conductividad eléctrica (C.E.), análisis de cationes (Na^+ , K^+ , Ca^{+2} , Mg^{+2}) y aniones (CO_3H^- ; CO_3^{-2} ; SO_4^{-2} Cl^-), porcentaje de sodio intercambiable (PSI) y razón de absorción de sodio (RAS).

En el manifiesto se realizan todas las observaciones de acuerdo a particularidades que pueden presentar las muestras y es criterio del edafólogo la solicitud de un análisis específico, inclusive considerando, cuando el laboratorio detecte lo siguiente:

- Cuando la conductividad eléctrica (C.E.) sea mayor a "2 mmhos/cm" y se tenga un pH mayor a 7,5 se debe realizar el análisis tipo C.
- Cuando el pH sea menor a 5.5 se realizará el análisis de acidez libre, y cuando sea menor de 4.5 se realizará aluminio intercambiable.

El análisis de densidad aparente es un análisis exclusivo comúnmente aplicado a los primeros horizontes de perfiles modales.

6.6.2. Determinaciones e interpretaciones

La interpretación es una etapa importante y se realizó con el objetivo de caracterizar la aptitud física y química de las diferentes unidades geopedológicas. De tal manera, que mediante un diagnóstico integral de los resultados analíticos registrados por el laboratorio en esta etapa, se transformaron los datos cuantitativos a términos de contenido ó cualitativos.

Los resultados de las determinaciones analíticas obtenidas a nivel del laboratorio fueron interpretados por parte de cada especialista de suelos bajo dos modalidades ó criterios: Para la clasificación de suelos a nivel de subgrupo se utilizaron los resultados de los perfiles modales, y en el caso de la fertilidad se utilizaron los datos resultantes del contenido de elementos nutritivos de la capa arable procedentes tanto de las observaciones de perfiles y barrenaciones (MEJÍA, 2009).

A continuación se presentan en función de cada variable parámetros que han sido productos de investigaciones, y que sirvieron de guía para la interpretación de resultados en el estudio de la Cuenca del Guayas 1: 25 000, por parte del Módulo II - Suelos.

6.6.2.1. Textura

La textura de un suelo se refiere a la abundancia relativa de diferentes fracciones sólidas de éste, definidas según el tamaño de sus partículas minerales individualizadas así: arena: 50 – 2000 μm , limo: 2 - 50 μm , arcilla: < 2 μm (DE LA ROSA, 2008).

Esta variable bajo este estudio comprende también la proporción granulométrica de los horizontes A, B o C con sus posibles características, pues determinados comportamientos y propiedades de las partículas minerales del suelo vienen fijados por sus dimensiones a partir del material de partida.

Las proporciones relativas individuales de las tres fracciones diferenciadas arena, limo y arcilla, se integran en las denominadas *clases texturales*, así la pertenencia de un suelo a una de estas clases representa diferencias en las capacidades agronómicas.

La interpretación, de los triángulos de textura suelen dividirse en tres grandes zonas (suelos pesados o arcillosos, suelos medios y suelos ligeros o arenosos), cada uno de los cuales reúne las clases texturales con un comportamiento agronómico parecido.

Para agrupar a los constituyentes del suelo según su tamaño se han establecido muchas clasificaciones. Sin embargo la Figura 4.7a, muestra un

diagrama utilizado para determinar la clase textural según los criterios de la FAO utilizados en este estudio (FAO, 2009).

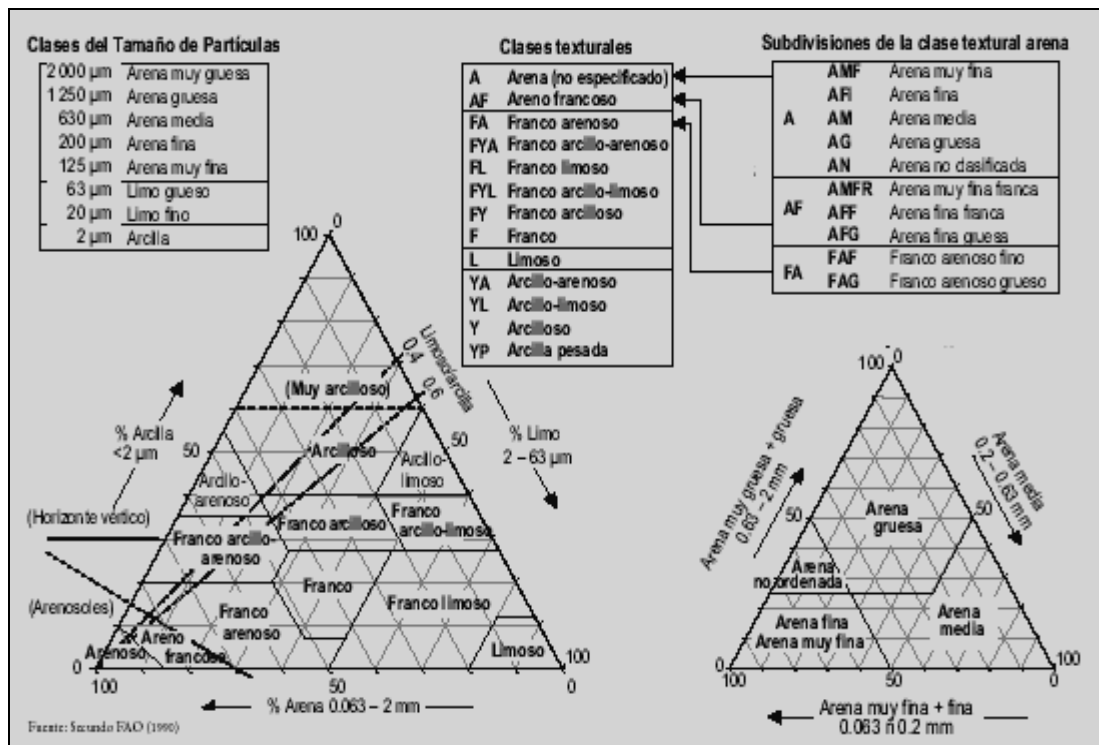


Figura 6.6a. Triángulo de texturas.

6.6.2.1.1. Determinación analítica

El análisis granulométrico se lo realiza en laboratorio por medio de densimetría con el hidrómetro de Bouyoucos. El método se fundamenta en la Ley de STOCKES que en síntesis indica que la densidad a una profundidad determinada va disminuyendo a medida que se sedimentan las partículas en una suspensión de suelo en una probeta de sedimentación. Esto ocurre debido a que las partículas arena, limo y arcilla se sedimentan a velocidades proporcionales a su tamaño, de tal manera que seleccionando diferentes tiempos, y lecturas los resultados nos muestran el contenido granulométrico proporcional de un suelo (INIAP, 2000).

6.6.2.1.2. Interpretación

La variable textura de cada horizonte de suelo en el estudio de la Cuenca del Guayas se estableció en base a las clases del triángulo de textura como muestra el Cuadro 6.6a y principalmente en función de los resultados de la granulometría de los suelos entregados por el laboratorio, datos que confirman las diferentes texturas del suelo levantadas y registradas en campo en la ficha de perfiles.

Cuadro 6.6a. Escala de las clases texturales para caracterización de suelos.

Etiqueta	Símbolo	Descripción
Arena	A	Clase determinada según el triángulo de texturas de suelos, tienen un buen drenaje y se cultivan con facilidad, pero también se secan fácilmente y los nutrientes se pierden por lavado.
Arena muy fina	AMF	
Arena fina	AFi	
Arena media	AM	
Arena gruesa	AG	
Areno francoso	AF	
Franco	F	Clase determinada según el triángulo de texturas de Suelos, idealmente son los que mejores características tienen para los cultivos.
Franco arenoso	FA	
Franco limoso	FL	
Franco arcilloso	FY	
Franco arcillo-arenoso	FYA	
Franco arcillo-limoso	FYL	Clase determinada según el triángulo de texturas de suelos. Moderado drenaje
Limoso	L	
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	Roca, Afloramientos rocosos
Sin suelo	Sin	
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.

Las variables de textura superficial y a profundidad, dependiendo del horizonte en consideración en cada uno de los perfiles de suelos estudiados, se determinaron en campo y laboratorio. En particular la textura superficial está referida al horizonte A y a posibles variaciones ó características secundarias que permitan su aprovechamiento. En cambio la textura a profundidad específicamente limitada a las condiciones del concepto de profundidad efectiva.

Es importante señalar que suelos con determinadas características texturales reciben denominaciones descriptivas del comportamiento que permiten clasificar al suelo dentro de un taxón (USDA, 2006).

6.6.2.2. Densidad aparente

La *densidad aparente* según DE LA ROSA (2008), en laboratorio se determina mediante la relación de peso volumen de muestras obtenidas en cilindros, y a la vez define la variable como el peso por unidad de volumen de suelo secado al horno, expresado generalmente en gramos sobre centímetro cúbico.

Para determinar la densidad aparente se utilizaron muestras de los perfiles obtenidas por medio de cilindros de volumen conocido. El cilindro tiene la forma y características para conservar la muestra del suelo debido a que cualquier cambio en la estructura del suelo puede afectar la cantidad de espacio poroso y por consiguiente, el peso por unidad de volumen.

6.6.2.2.1. *Determinación analítica*

Las muestras colectadas en campo se llevaron a la estufa a 105 °C en laboratorio para secarlas y después del pesado el valor se divide para el volumen en centímetros cúbicos del cilindro (INIAP, 2006).

En consideración con el laboratorio de Suelos del INIAP – Estación Litoral del Sur y G.Q.M del Grupo Químico Marcos S.A., que intervinieron en estudio de la Cuenca del Guayas, se utilizó el volumen del cilindro de dimensiones diámetro = 5,45 cm y altura = 4,30 cm.

Para el cálculo se utilizó las siguientes fórmulas y datos:

$$V = \pi \frac{D^2 \times h}{4}$$

$$V = 100.31 \text{ cm}^3$$

$$D_a = \frac{\text{PESO SUELO SECO A ESTUFA}}{\text{VOLUMEN DEL CILINDRO}}$$

6.6.2.2.2. *Interpretación*

La Densidad Aparente de los suelos no cultivados varía, entre 1,0 y 1,6. La variación es debida en su mayor parte a las diferencias en el volumen total de poros. Como regla general tendremos que a una textura más fina le corresponde un volumen de poros más grande. Por la misma generalización, a estructura más fina, menor densidad aparente. Los suelos arcillosos tienen densidades que varía entre 1,0 y 1,3. Las arcillas van de 1,1 a 1,4; los francos, francos-arenosos y arenosos tienen de 1,2 a 1,6. Un franco-limoso característico tendrá un valor de 1,32.

Los Suelos orgánicos o suelos volcánicos tienen densidades menores a 1,0 g/cm³. Un mismo suelo puede tener distintas densidades aparentes según los cambios que en el mismo se produzcan en volumen de poros. La compactación disminuye el volumen de poros, incrementando, por tanto, el peso por unidad de volumen. La pérdida de materia orgánica puede incrementar el peso del suelo debido a que la materia orgánica es mucho más ligera que la parte mineral.

Esta medida tiene los siguientes usos: sirve para calcular porcentajes de humedad gravimétrica, humedad volumétrica, y consecuentemente también lámina de agua en el suelo; sirve también en el cálculo de la porosidad total y cuando se conoce la densidad de la partículas de un suelo;

sirve para estimar el grado de compactación por medio del cálculo de la porosidad y masa de la capa arable (ICA, 1992).

6.6.2.3. Potencial Hidrógeno (pH)

El pH referencia a la concentración en forma logarítmica de iones H^+ de una solución acuosa que se ha mantenido en contacto con el suelo en el tiempo suficiente para alcanzar el equilibrio. Esta concentración es elevada en suelos ácidos ($pH < 7,0$) y baja en suelos básicos ($pH > 7,0$) (THOMPSON *et al.*, 1988) (CASANELLAS *et al.*, 2008).

6.6.2.3.1. Determinación analítica

La determinación del pH sirve para interpretar las características de los suelos relacionadas especialmente con sus propiedades ácidas o alcalinas y el funcionamiento general en cuanto a la utilización y solubilidad de los nutrientes en el suelo. El pH se determina midiendo con un potenciómetro la fuerza electromotriz de un par de electrodos, que incluyen un electrodo de vidrio sensible a pH. La sensibilidad confiere al electrodo una membrana delgada de vidrio especial que desarrolla un potencial eléctrico en respuesta a un cambio de concentración de H^+ .

El electrodo de referencia de calomel se usa para completar el circuito eléctrico y registra una diferencia de voltaje fija entre el electrodo y la solución independiente del pH. La diferencia del voltaje entre los dos electrodos se mide por un voltímetro que se ha calibrado para leer directamente en unidades de pH siempre que se ajuste inicialmente con una solución tampón de pH conocido. La dilución utilizada es (1:2,5) el líquido puede ser agua (pH- H_2O); KCl 1M (pH-KCl) o $CaCl_2$ 0.01 M (pH- $CaCl_2$) (INIAP, 2006).

6.6.2.3.2. Interpretación

En suelos con pH demasiado bajo (inferior a 6,0) se observa una disminución en la actividad biológica derivada del efecto negativo que una acidez excesiva, particularmente las bacterias, son sustituidas por hongos, y los procesos microbianos como nitrificación (conversión del amonio NH_4^+ a nitrato NO_3^-) y la fijación del nitrógeno atmosférico cuyo pH óptimo está entre 6,0 y 6,5 desaparecen totalmente.

En cambio, en los suelos neutros o ligeramente básicos el número de microorganismos es superior y son más activos, en especial cuando abundan los carbonatos y más concretamente la caliza activa. En particular la mineralización o descomposición de la materia orgánica poco humificada es muy importante y así los elementos nutritivos que forman parte de ella quedan rápidamente a disposición del cultivo. Pero si el pH del suelo es demasiado elevado, también se resienten algunos procesos microbianos

como la nitrificación que es prácticamente inexistente a pH mayor a 9,0 (ICA, 1992).

El pH afecta la solubilidad de los compuestos químicos del suelo, en los que se presentan los nutrientes. Así, los fosfatos son insolubles a pH muy ácido (precipitan en forma de compuestos como FePO_4 y Al PO_4), o muy básicos se forma la sal $\text{Ca}_3 (\text{PO}_4)_2$. Los compuestos de Mn, Fe y Zn son más solubles a pH ácido y serán más fácilmente asimilables. La elevada solubilidad de determinados elementos (Al, Fe, Mn, Zn y Ni) a pH ácido puede llegar a causar intoxicaciones a las plantas. La toxicidad de Al desaparece a pH mayor a 5,5.

El Cuadro 6.6b presenta la escala de interpretación del pH de acuerdo con los criterios del Departamento de Suelos del INIAP.

Cuadro 6.6b. Escala del potencial hidrógeno para caracterización de suelos.

Etiqueta	Símbolo	Rango [pH]	Descripción
Muy ácido	Mac	0,0-<5,0	Necesidad de encalar para la mayoría de los cultivos; posible toxicidad de Al y Mn, deficiencia de P, Ca, Mg, Mo y N.
Ácido	Ac	5,0-5,5	Necesidad de encalar para la mayoría de los cultivos; posible toxicidad de Al y Mn, deficiencia de P, Ca, Mg, Mo y N.
Medianamente ácido	MeAc	>5,5-6,0	Baja solubilidad del P y regular disponibilidad de Ca y Mg; algunos cultivos como las leguminosas requieren encalamiento.
Ligeramente ácido	Lac	>6,0-6,5	Condición adecuada para el crecimiento de la mayoría de los cultivos.
Prácticamente neutro	PN	>6,5-7,5	Buena disponibilidad de Ca y Mg; moderada disponibilidad de P; baja disponibilidad de los micro elementos con excepción del Mo.
Neutro	N	7,0	Condición adecuada para el crecimiento de la mayoría de los cultivos.
Ligeramente alcalino	LAI	>7,5-8,0	Posible exceso de Ca, Mg y carbonatos; baja solubilidad del P y micro elementos 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	>8,0-8,5	Posible exceso de sodio intercambiable; se inhibe el crecimiento de la mayoría de los cultivos; se tiene la necesidad de tratar el suelo con enmiendas.
Alcalino	Al	>8,5	Exceso de sodio intercambiable; se inhibe el crecimiento de la mayoría de los cultivos; existiendo la necesidad de tratar el suelo con enmiendas.
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, 2006 Estación Experimental Santa Catalina. Departamento de Manejo de Suelos y Aguas.

6.6.2.4. Salinidad

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

6.6.2.4.1. Determinación analítica

La conductividad eléctrica se mide en el extracto de saturación del suelo, mediante el Método Conductimétrico que consiste en añadir agua destilada a una muestra de suelo hasta que se sature y a continuación se extrae, mediante succión, el agua de la pasta y se mide la conductividad del extracto (FUENTES, 1999) (INIAP, 2006).

La medición se basa en el principio de que las sales disueltas conducen la corriente eléctrica en proporción a la concentración de las sales o constituyentes ionizados. El agua con sales disueltas conduce la corriente eléctrica en proporción a la concentración de las sales o constituyentes ionizados. De allí que se aproveche esta propiedad para medir la conductividad eléctrica de un extracto acuoso de suelo mediante un aparato de Wheatstone o puente salino de una pareja de electrodos que se sumergen en el extracto. La conductividad equivalente se define como la conductividad de una cantidad de dilución que contenga un equivalente gramo del electrolito, colocada entre los electrodos separados 1 cm y dispuestos de modo que cubran los lados opuestos del volumen de la solución (INIAP, 2006).

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

$$1 \text{ S/cm} = 1 \text{ mhos/cm}$$

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

6.6.2.4.2. Interpretación

En la interpretación de la salinidad y clasificación de suelos como no salinos, salinos, sódicos y salino sódicos, a más de la conductividad eléctrica es importante también conocer el porcentaje de sodio intercambiable que indica los efectos negativos debido al sodio Na^+ interactuando en el complejo de cambio, pues cuando este se encuentra en una proporción alta los agregados del suelo se disgregan y se dispersan taponando los poros y provocando problemas de infiltración. Esta relación se expresa en %, en la siguiente expresión:

$$PSI = \frac{\text{Concentración } \text{Na}^+}{CIC} \cdot 100$$

Los suelos son no salinos, cuando la CE es menor < 2 dS/m y PSI < 15%. Estos valores indican pocas sales disueltas y poco sodio absorbido. El valor de 2 dS/m considerado como límite normal por no restringir el rendimiento en la mayoría de cultivos (FUENTES, 1999).

El Cuadro 6.6c, presenta la escala de interpretación de C.E. de acuerdo con la escala ajustada por el Departamento de Suelos del INIAP utilizada para la caracterización de suelos del estudio de Cuenca del Guayas.

Cuadro 6.6c. Escala de salinidad para caracterización de suelos.

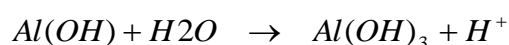
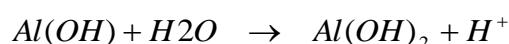
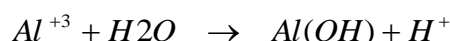
Etiqueta	Símbolo	Rango [ds/m]	Descripción
No salino	NS	< 2,0	Nivel de sales que no limitan el rendimiento.
Ligeramente salino	LS	2,0- 4,0	Nivel de sales ligeramente tóxico con excepción de cultivos tolerantes.
Salino	S	>4,0- 8,0	Nivel de sales tóxico en mayoría de cultivos.
Muy salino	MS	> 8,0	Nivel de sales muy 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, 2006 Estación Experimental Santa Catalina. Departamento de Manejo de Suelos y Aguas.

6.6.2.5. Toxicidad

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, tal como muestran las siguientes reacciones: (INPOFOS, 1998)



Debido a que la acidez intercambiable por aluminio e hidrógeno ($Al^{+3}+H^+$), esta íntimamente asociada a la acidez activa que determina el pH ó potencial hidrógeno, la determinación de la acidez intercambiable en el presente estudio se realizó cuando el valor de pH era inferior ó igual a 5,5.

A pH muy ácidos el aluminio es soluble y se halla en el complejo de intercambio en formas disponibles para las plantas, y puede provocar efectos tóxicos en concentraciones 15 y 30 % en relación a la capacidad de intercambio catiónico (ICA, 1992).

La toxicidad por álcalis se expresa en general como carbonatos incluyendo a todas las calizas como carbonato cálcico ó (carbonato cálcico equivalente), ya que este es el más abundante. Sin embargo es importante mencionar que la actividad de los carbonatos depende del tipo de caliza, y el contenido que corresponde a fracción de carbonatos químicamente activa. En particular este análisis dentro del estudio como se detallo en el análisis tipo C, se realizó para muestras que tenían un pH mayor a 7.0 (INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTIN CODAZZI, 1973) (PORTA *et al.*, 2008).

6.6.2.5.1. *Determinación analítica*

Determinación de la Acidez Intercambiable ($Al^{+3} + H^+$)

La determinación de acidez intercambiable se realiza mediante el método volumétrico y el principio se basa en la extracción de la acidez con solución salina de KCl 1 N no tamponada, para formar $AlCl_3$ que hidroliza parcialmente al ácido correspondiente, posteriormente la solución ácida resultante es titulada con NaOH 0,01 N. La cantidad de base utilizada en la titulación es equivalente a la concentración de acidez intercambiable del suelo (INIAP, 2006).

Determinación de Carbonatos

En campo se identificó la presencia de carbonato de calcio $CO_3 Ca$ a través de la adición al suelo de gotas de HCl (ácido clorhídrico) al 10 %, tal como establece la FAO en la guía de descripción de perfiles. El grado de efervescencia del gas dióxido de carbono es el indicativo de la cantidad de carbonato de calcio presente en el suelo, conforme la siguiente reacción: (FAO, 2009).



En laboratorio el método más común es la titulación de una solución del suelo con ácido clorhídrico 0,05 N, utilizando indicadores de pH como la fenolftaleína y anaranjado de metilo (INIAP, 2000).

6.6.2.5.2. *Interpretación*

Los criterios para considerar el contenido de aluminio de un suelo como problema son:

Si el análisis indica valores superiores a 2 meq/100 g de suelo de aluminio intercambiable.

Si la relación:
$$\frac{Ca^{+2} + Mg^{+2} + K^{+}}{Al^{+3}} \leq 1$$

Si el porcentaje de aluminio dentro de los cationes intercambiables es mayor de 25% (saturación con aluminio) (ICA, 1992).

$$\% Al = \frac{Al^{+3}}{Ca^{+2} + Mg^{+2} + K^{+} + Al^{+3}} \times 100$$

Cuadro 6.6d. Escala de toxicidad para caracterización de suelos.

Etiqueta	Símbolo	Rango	Descripción
Sin o nula	S		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)	La	< 0,31 meq/100ml	Costa
		< 0,50 meq/100ml	Sierra
Media (ac)	Ma	0,31- 1,0 meq/100ml	Costa
		0,50- 1,0 meq/100ml	Sierra
Alta (ac)	Aa	> 1,00 meq/100ml	Alta acidez de aluminio e hidrógeno intercambiable aplicable tanto para la Costa como para la Sierra.
Ligera (car)	Lc	>0-10 %	Reacción Ligera al HCl, presencia de pequeñas burbujas. Contenido de carbonatos muy bajo y bajo.
Media (car)	Mc	>10-25 %	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: INIAP, 2006 Estación Experimental Santa Catalina. Departamento de Manejo de Suelos y Aguas.

El Cuadro 6.6d muestra la escala de interpretación de la toxicidad en rangos para acidez de acuerdo con el Departamento de Suelos del Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias INIAP y para Carbonatos de acuerdo al manual de descripción de suelos de la FAO,

información que se utilizó para la caracterización de suelos del estudio de Cuenca del Guayas.

Un suelo se considera calizo a partir de un 10 % de carbonato de calcio total, existiendo exceso, ó es tóxico cuando el contenido en el suelo supera el 20 %. Porcentajes superiores al 40 % pueden ocasionar problemas a los cultivos (FUENTES, 1999).

6.6.2.6. Capacidad de Intercambio Catiónico C.I.C.

La suma total de cationes intercambiables que un suelo puede retener (la cantidad permitida por la carga negativa en el complejo coloidal) se denomina capacidad de intercambio catiónico ó CIC (INPOFOS, 1997).

La CIC de un suelo se expresa en términos de mil equivalentes por 100 gramos de suelo (meq/100 g) ó centi moles (cmol/kg). Y mientras mayor sea la CIC más cationes puede retener un suelo (PORTA *et al.*, 2003).

Los principales cationes de cambio cuantificados son Ca^{+2} Mg^{+2} K^{+} y Na^{+} sin embargo el complejo coloidal también retiene otros cationes NH^{+} y oligoelementos, que en pequeña cantidad son de muy difícil determinación analíticamente (FUENTES, 1999).

La CIC esta en función de la cantidad, tipo de arcilla y contenido de materia orgánica y es un parámetro de difícil determinación. En este sentido la CIC reportada puede diferir de la CIC del suelo a su pH natural, y una buena opción conforme a los criterios de la USDA, 2006 son los métodos estándar que permiten la comparación de un suelo con otro, aunque el pH del extractante difiera del pH natural del suelo. La capacidad de intercambio catiónico por acetato de amonio y suma de cationes se aplica a todos los suelos (USDA, 2006).

Es importante en la interpretación que la CIC a pH 8,2 no se reporta si tiene carbonatos libres debido a que se extraen también las bases de los carbonatos, yeso u otras sales. Cuando están presentes estas sales, la suma de bases extractables con acetato de amonio típicamente excede a 100 por ciento de la CIC (USDA, 2006).

6.6.2.6.1. Determinación analítica

Para establecer la CIC de las muestras del proyecto se utilizó: El método físico-químico de extracción de bases de cambio con acetato de amonio y cloruro de bario en muestras con pH ácidos.

El principio analítico se basa en el desplazamiento de los cationes de cambio del complejo coloidal de absorción (coloide), por el radical amonio del (acetato de amonio 1N a pH neutro) ó radical Bario Ba^{+2} en el caso del Cloruro de Bario 1 N. El suelo residual tratado es lavado utilizando etanol al 5

% para eliminar el exceso de amonio, para posteriormente realizar una destilación en medio básico de la solución, y ser titulada con ácido sulfúrico 0,1 N (LUZURIAGA, 1992).

6.6.2.6.2. Interpretación

Los criterios de interpretación de la C.I.C. se muestran en Cuadro 6.6e.

Cuadro 6.6e. Escala de Capacidad de Intercambio Catiónico CIC.

Nivel Fertilidad	Capacidad de Intercambio Catiónico C.I.C meq/100 g	Descripción
Muy baja	< a 10	Estos valores indican suelos poco fértiles, con bajos contenidos de materia orgánica y muy meteorizados
Baja	10 a 15	Suelos de fertilidad baja con bajos contenidos de arcilla y materia orgánica.
Mediana	>15 a 20	Suelos de fertilidad mediana, con contenidos medios de arcilla y materia orgánica.
Alta	> a 20	Son suelos excesivamente arcillosos o con gran contenido de humus, es necesario un nivel alto de nutrientes para mostrar alta fertilidad.

Fuente: Adaptado del Modelo Agrológico para la Costa Ecuatoriana ESPINOSA, N. (2000).

6.6.2.7. Saturación de Bases

La saturación de bases se expresa en porcentaje y resulta al dividir la suma de bases (Ca^{+2} , Mg^{+2} , K^+ , Na^+) para la capacidad de intercambio catiónico C.I.C., tal como muestra la siguiente fórmula según (INPOFOS, 1998):

$$S.B.(%) = \frac{Na^+ + K^{+1} + Mg^{+2} + Ca^{+2}}{C.I.C} \times 100$$

Los resultados de las determinaciones analíticas en laboratorio de la capacidad de intercambio catiónico a pH 7 y suma de las bases extractables a pH 8.2 (por acetato de amonio), en este estudio sirvieron para el cálculo de la saturación de bases, conforme la USDA, 2006 en el Manual de Métodos de Laboratorio para Levantamientos de Suelos. Sin embargo es importante señalar que se calculó también esta variable con los datos de capacidad de intercambio catiónico, establecida por el método del extractante Cloruro de Bario 1 N, en particular a las condiciones de suelos del Ecuador (USDA, 2006).

6.6.2.7.1. Determinación analítica

La determinación de la suma de bases se efectúa con espectrofotometría de absorción atómica por extracción de cationes con acetato de amonio a pH 7. El principio analítico es igual para la variable CIC (LUZURIAGA et al, 1992).

6.6.2.7.2. Interpretación

Cuadro 6.6f. Escala de saturación de bases para caracterización de suelos.

Etiqueta	Símbolo	Rango [%]	Descripción
Bajo	B	Menor a 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 presentarlas o cartografiarlas.

Fuente: INIAP, 2006 Estación Experimental Santa Catalina. Departamento de Manejo de Suelos y Aguas.

6.6.2.8. Materia Orgánica

La materia orgánica tiene un efecto altamente positivo sobre la fertilidad del suelo, debido a que interviene en la configuración de numerosas características físicas y químicas de los suelos, así:

- Actúa como agente cementante de las partículas de arcilla floculada y limo, formando macro agregados y dándoles estabilidad. Así en los suelos arcillosos actúa en la pérdida de cohesión, lo cual mejora la porosidad, la aireación y la circulación de agua, mientras que por el contrario en los suelos limosos y arenosos la materia orgánica favorece cohesión entre partículas. De ahí que, en suelos arcillosos interesa el contenido de materia orgánica a fin de mantener estructurados los abundantes coloides de arcilla, y en suelos arenosos para sustituir a los casi inexistentes coloides minerales para lograr retenciones de agua y capacidades de intercambio catiónico adecuadas.
- La materia orgánica incrementa el agua disponible de los suelos, esto es especialmente importante en los arenosos.
- La materia orgánica posee una capacidad de intercambio catiónico muy superior a la arcilla.
- La materia orgánica favorece la asimilación de los nutrientes (en especial los oligoelementos).
- La mineralización de la materia orgánica libera nutrientes (en particular N y S)
- La materia orgánica humificada aporta H⁺ ya que su estructura molecular contiene grupos ácidos, carboxílicos (-COOH) y fenólicos (-C₆H₄-OH) y aporta NH₄⁺ que también produce iones H⁺ ácidos.

- La materia orgánica favorece la actividad biológica y microbiológica del suelo.
- La materia orgánica parece actuar como activadora del crecimiento vegetal.

6.6.2.8.1. Determinación analítica

La determinación del contenido de materia orgánica (fácilmente oxidable) del suelo, para efecto de este estudio, se obtuvo mediante el método volumétrico de Walkley - Back, y la variable se expresó en porcentaje. El principio de la determinación se basa en una oxidación incompleta en frío del carbono por un exceso de dicromato de potasio en medio sulfúrico, y la cuantificación del exceso de dicromato de potasio con la sal de Morh (INIAP, 2006).

El método se basa en una cuantificación analítica del carbono orgánico, ya que es conocido que la materia orgánica posee alrededor de un 58 % de carbono:

$$\text{Materia orgánica} = \text{C. orgánico} \times 100/58 = \text{C. org.} \times 1,724$$

La concentración de carbón orgánico, es útil para calcular la relación carbón-nitrógeno a fin de determinar el grado de formación, la evolución de un suelo y la disponibilidad del nitrógeno para las plantas y los microorganismos. En nuestro estudio es fundamental este parámetro en la clasificación de suelos (ICA, 1992) (USDA, 2006).

6.6.2.8.2. Interpretación

La interpretación del nivel de materia orgánica según el clima para suelos del Ecuador y que es usada en este estudio se presenta en el Cuadro 6.6g.

Cuadro 6.6g. Escala de Materia Orgánica para caracterización de suelos.

Etiqueta	Símbolo	Descripción
Bajo (costa)	CoB	Suelos de la costa con un contenido de materia orgánica menor a 1.1 %
Medio (costa)	CoM	Suelos de la costa con un contenido de materia orgánica entre 1.0 -2.1 %
Alto (costa)	CoA	Suelos de la costa con un contenido de materia orgánica mayor a 2.1 %
Bajo (sierra)	SiB	Suelos de la sierra con un contenido de materia orgánica menor a 3.0 %
Medio (sierra)	SiM	Suelos de la costa con un contenido de materia orgánica entre 3.0 -5.1 %
Alto (sierra)	SiA	Suelos de la costa con un contenido de materia orgánica mayor a 5.1 %
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 Estación Experimental Santa Catalina. Departamento de Manejo de Suelos y Aguas.

Contenidos de materia orgánica de medios a bajos pueden estar indicando procesos de lavado y/o erosión debidos al mal uso y manejo de los suelos.

Un buen indicador de la calidad de la materia orgánica es la relación C/N y constituye un parámetro que permite detectar la actividad bioquímica y la actividad de la materia orgánica en el suelo (ICA, 1992)

6.6.2.9. Determinación de nutrientes (asimilables)

La disponibilidad de nutrientes en el suelo corresponde a la cantidad de elementos que tiene el suelo en el momento del (análisis químico de suelos), y la finalidad de realizarlo es obtener información de diagnóstico de la fertilidad del suelo (INIAP; 2006), (INPOFOS, 1998).

Las cantidades de nutrientes presentes en el suelo y las relaciones (Ca/Mg); (Mg/K) ;((Ca+Mg)/K) son muy útiles en el diagnóstico de la fertilidad, pues el valor del elemento que se obtiene del análisis de laboratorio no muestra realmente la disponibilidad para los cultivos debido a que estos muestran una actividad compleja en el suelo.

El contenido de nutrientes y su dinámica en el suelo, para fines del estudio han sido evaluados como una variable más en la determinación de la fertilidad. De ahí que en el Cuadro 6.6h se muestran los nutrientes primarios, secundarios y oligoelementos, calificados en distintos niveles (alto, medio y bajo) utilizados como información base para calificar los resultados de laboratorio en el estudio de la Cuenca del Guayas.

Cuadro 6.6h. Escala de contenido de nutrientes.

Nutriente	Unidad	Bajo (B)	Medio (M)	Alto (A)
N-NH₄	ppm	< 31.0	31.0 - 40.0	> 40.0
P	ppm	< 8.0	8.0 - 14.0	> 14.0
S	ppm	< 4.0	4.0 - 19.0	> 19.0
K	meq/100 g	< 0.2	0.2 - 0.38	> 0.38
Ca	meq/100 g	< 5.1	5.1 - 8.9	> 8.9
Mg	meq/100 g	< 1.7	1.7 - 2.3	> 2.3
Cu	ppm	< 1.1	1.1 - 4.0	> 4.0
Fe	ppm	< 20.0	20.0 - 40.0	> 40.0
Mn	ppm	< 5.1	5.1 - 15.0	> 15.0
Zn	ppm	< 3.1	3.1 - 7.0	> 7.0
Cl	ppm	< 17.0	17.0 - 32.9	> 32.9
B	ppm	< 0.20	0.20 - 0.49	1.0
Al + H	meq/100 g	< 0.5	0.5 - 1.5	> 1.5
Al	meq/100 g	< 0.3	0.3 - 1.0	> 1.0
Na	meq/100 g	< 1.0	1.0 - 2.0	> 2.0

Fuente: INIAP. EESC. 2002.

6.6.2.10. Determinación de la fertilidad

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

Una aproximación al estudio de la fertilidad del medio edáfico, debe distinguir tres diferentes ámbitos: La *fertilidad física* está definida por los conceptos de textura, estructura, porosidad, la *fertilidad química*, que define las interacciones del medio físico - químico y la importancia de la reserva de elementos asimilables y la *fertilidad biológica* que caracteriza la reserva orgánica, en abundancia y la actividad de la biomasa edáfica (ICA, 1992).

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

Interpretación

El Instituto Geográfico Agustín Codazzi (1973) manifiesta, que un buen diagnóstico de la fertilidad del suelo puede conseguirse interpretando conjuntamente los parámetros que informan sobre los distintos ámbitos la fertilidad. Se consideran importantes las siguientes variables: pH, capacidad de intercambio catiónico, saturación de bases, carbono orgánico nitrógeno total, fósforo aprovechable y salinidad.

De ahí, que para calificar la fertilidad en las unidades morfopedológicas en el estudio de la Cuenca del Guayas se relaciono diferentes características físicas y químicas de los suelos, y se valoró mediante la interacción de varias determinaciones relacionadas entre sí y agrupadas en rangos o clases en función de las variables; pH, Saturación de Bases y Capacidad de Intercambio Catiónico entre las principales, conforme el Cuadro 6.6i.

Cuadro 6.6i. Escala de fertilidad para caracterización de suelos.

NIVEL DE FERTILIDAD	pH	CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO [meq/100 g]	SATURACIÓN DE BASES [%]
Muy baja	Acido (5,0 - 5,5)	< a 10	< a 35%
Baja	Medianamente acido (>5,5 - 6,0)	10 a 15	< a 35%
Mediana	Ligeramente acido (>6,0 - 6,5)	>15 a 20	35 a 50%
Alta	Prácticamente neutro y Neutro (>6,5 - 7,5)	> a 20	> a 50%

En la interpretación de análisis de laboratorio para suelos es frecuente utilizar varios términos técnicos y magnitudes de transformación que se detallan en el Anexo 6.6a y 6.6b respectivamente.

6.7. Cartografía de suelos definitiva

El levantamiento de suelos (Soil Survey) o más propiamente, inventario del recurso suelo, es el proceso de determinar el patrón de la cobertura del suelo, caracterizándolo y presentándolo de forma entendible e interpretable para los varios usuarios (VARGAS, ITC, 2004).

Es así que la presente metodología tiene como objetivo presentar procedimientos, técnicas y resultados, que en base a un fuerte sustento científico, se establezcan como referentes de levantamientos edafológicos en el país.

Al generar la cartografía definitiva de suelos de la cuenca del río Guayas, es crucial describir los resultados intermedios y finales de la misma; desde la interpretación de los análisis de las muestras de suelos tomadas en las jornadas de trabajo de campo hasta la impresión del mapa de suelos, con todo lo que ello implica, como son las bases de datos gráficas y alfanuméricas generadas, reportes estandarizados de los perfiles representativos de los tipos de suelos descritos tanto en procesador de texto como en un gestor de bases de datos, en otras palabras se ha constituido más que un mapa de suelos un **Sistema de Información de Suelos**.

Este sistema permitirá compartir con los usuarios de la información, la experiencia adquirida en el andar de esta investigación científica. A continuación se detalla los diferentes productos que se ha obtenido en el levantamiento de suelos:

6.7.1. Interpretación de resultados de análisis de suelos

Los datos que caracterizan a un pedón, o a cualquiera de los datos de un levantamiento de suelos, son más útiles cuando las operaciones para su colección están bien entendidas. Las imágenes mentales y las definiciones conceptuales que ayudan en la visualización de propiedades y procesos a menudo difieren de la información suministrada por un análisis. La taxonomía de suelos tiene límites de clase (a todos los niveles), en base a propiedades físicas y químicas determinadas en el laboratorio (USDA, 2006).

INIAPI		ESTACION EXPERIMENTAL "BOLICHE"													
INSTITUTO NACIONAL AUTÓNOMO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS		LABORATORIO DE SUELOS, TEJIDOS VEGETALES Y AGUAS													
		Km. 26 Vía Durán Tambo Apdo. Postal 09-01-7059													
		Yaguachi-Ecuador - Teléfono: 2717161 Fax: 2717119													
REPORTE DE ANALISIS DE SUELOS															
DATOS DEL PROPIETARIO Nombre : CLIRSEN Dirección : SENTERGUES E4-676 Y GRAL. TELMO PAZ Ciudad : QUITO Teléfono : 2543193 Fax : 2555454		DATOS DE LA PROPIEDAD Nombre : CLIRSEN Provincia : GUAYAS Cantón : BALZAR Parroquia : BALZAR Ubicación : DON PABLO													
PARA USO DEL LABORATORIO Cultivo Actual : N° Reporte : Fecha de Muestreo : 26/11/2009 Fecha de Ingreso : 04/12/2009 Fecha de Salida : 28/12/2009															
N° Muest. Laborat.	Datos del Lote		pH	ppm			meq/100ml			ppm					
	Identificación	Arcilla		N	P	K	Ca	Mg	S	Zn	Cu	Fe	Mn	B	
25501	CG6 - P023 M - 15000 PABLO		6,1 LAc	50 A	49 A	0,75 A	20 A	1,1 B	12 M	6,7 M	2,4 M	80 A	30,0 A	1,90 A	
25502	CG6 - P023 M - 15000 PABLO		6,6 PN	12 B	30 A	0,75 A	18 A	1,7 M	5 M	3,1 M	4,4 A	97 A	8,3 M	0,70 A	
25503	CG6 - P023 M - 15000 PABLO		6,3 LAc	12 B	10 A	0,46 A	18 A	2,3 M	3 B	2,2 B	6,8 A	55 A	8,0 M	0,53 A	
25504	CG6 - P023 M - 45000 PABLO		6,6 PN	1 B	21 A	0,37 M	17 A	2,7 A							
25505	CG6 - P023 M - 45000 PABLO		6,5 PN	1 B	15 A	0,28 M	17 A	3,0 A							
25506	CG6 - P024 M - 15000 PABLO		6,8 PN	1 B	46 A	0,59 A	18 A	4,0 A	5 M	1,0 B	2,9 M	25 M	3,8 B	0,38 M	
25507	CG6 - P024 M - 25000 PABLO		6,8 PN	4 B	46 A	0,18 B	18 A	3,3 A							
25508	CG6 - P024 M - 45000 PABLO		6,5 LAc	6 B	53 A	0,19 B	19 A	3,1 A							
25509	CG6 - P024 M - 45000 PABLO		6,6 PN	21 M	37 A	0,30 M	19 A	2,0 M	4 M	2,7 B	3,6 M	68 A	17,5 A	0,74 A	
25510	CG6 - P024 M - 55000 PABLO		6,5 LAc	15 B	51 A	0,70 A	20 A	2,1 M	3 B	1,6 B	4,6 A	35 M	7,3 M	0,59 A	
25511	CG6 - P025 M - 120000 AGROIC		5,9 MAc	29 M	5 B	0,74 A	14 A	3,1 A	4 M	4,4 M	6,0 A	120 A	56,0 A	0,46 M	

INTERPRETACION				METODOLOGIA USADA		EXTRACTANTES	
MAc = Muy Ácido	LAc = Lig. Ácido	LM = Lig. Alcalino	RC = Capacidad Cat.	pH = 1:1,05 (1:2,5)	Usher Modificado	N,P,K,Ca,Mg,Cu,Fe,Mn,Zn	
Ac = Ácido	PN = Proc. Neutro	MAc = Media. Ácido	M = Medio	S.P.B = Colucento	Usher Modificado	N,P,K,Ca,Mg,Cu,Fe,Mn,Zn	
MAc = Media. Ácido	N = Neutro	M = Alcalino	A = Alto	S = Turbidimetría	Usher Modificado	N,P,K,Ca,Mg,Cu,Fe,Mn,Zn	
				K,Ca,Mg,Cu,Fe,Mn,Zn = Absorción atómica	B5		

RESPONSABLE DEPARTAMENTO	RESPONSABLE LABORATORIO
--------------------------	-------------------------

Figura 6.7a. Reporte de análisis de suelos.

Como resultado intermedio para la elaboración de la cartografía de suelos se ha desarrollado un proceso de control de calidad de los resultados de análisis de laboratorio, en función de estándares internacionales y nacionales publicados por organismos como el Instituto Geográfico "Agustín Codazzi", el Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias del Ecuador (INIAP) y la Agencia ecuatoriana de aseguramiento de la calidad del agro (Agrocalidad); como resultado se obtuvieron los enunciados que se detallan a continuación:

6.7.1.1. Textura

- Revisar que la suma de las fracciones sea igual a 100.
- Verificar que la combinación de los porcentajes de arena, limo y arcilla corresponda a la clase textural correcta.
- Confrontar la textura con la capacidad de intercambio catiónico (CIC). Suelos de textura gruesa poseen una baja CIC (Inferior a 10 meq/100 g); suelos de textura fina, tienen generalmente un CIC de 10 a 20 meq/100 g. Esta apreciación puede variar en suelos orgánicos o de cenizas volcánicas.

6.7.1.2. Potencial Hidrógeno (pH)

- Suelos ácidos, tienen baja saturación de bases; suelos casi neutros tienen una alta saturación de bases (80 a 100%), se exceptúan suelos alofánicos.
- Suelos muy ácidos (pH inferior a 5,0), tienen alto hidrógeno o aluminio de cambio y bajo contenido de bases.

- La relación del pH y la saturación de bases es diferente en algunos suelos salinos o sódicos.

6.7.1.3. Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC)

La suma de las bases no debe ser superior a la capacidad de intercambio catiónico. Se exceptúan a los suelos calcáreos, salinos o con yeso, en los cuales es difícil determinar las bases de cambio.

6.7.1.4. Porcentaje de saturación de bases

- La distribución del porcentaje de las bases generalmente tiene la siguiente relación:

Calcio	60 a 80 %
Magnesio	20 a 40 %
Potasio	1 a 10 %
Sodio	0,5 a 5 %

- Verificar el análisis de salinidad cuando el sodio extraído con acetato de amonio es superior a 2 meq/100 g o la saturación de sodio de cambio es superior a 10 %. En caso de suelos salinos, restar las bases solubles en agua de las solubles en acetato de amonio.

6.7.1.5. Carbono orgánico (C)

Se relaciona con la textura, color, nitrógeno total y la profundidad. Los suelos arenosos de colores claros, tienen generalmente menos materia orgánica (aproximadamente 1 % de C), que los arcillosos o los suelos de colores oscuros. En la primera capa, el carbón es generalmente de 8 a 12 veces superior al nitrógeno total. El carbón disminuye con la profundidad.

6.7.1.6. Nitrógeno total

Al igual que el carbón orgánico, este se relaciona con la textura, el color y la profundidad. En los climas cálidos sus valores pueden ser de 0,05 a 1,15 % y en los climas medios y fríos, de 0,1 a 0,3 %; en los suelos orgánicos es de 0,4 a 2 %. Estos valores disminuyen notablemente con la profundidad.

Adicionalmente, se inspecciona que no existan errores de tipeo de los resultados y datos disparados en función del cuadro que a continuación se detalla:

Cuadro 6.7a. Niveles para la interpretación de análisis de suelos. 2008.

COSTA Y SIERRA	Muy Ácido	Ácido	Median. Ácido	Ligeram. Ácido	Prácticam. Neutro	Ligeram. Alcalino	Median. Alcalino	Alcalino	Neutro		
pH	0,0-5,0	5-5,5	>5,5-6,0	>6,0-6,5	>6,5-7,5	>7,5-8,0	>8,0-8,5	>8,5	7,0		
Siglas	MAc	Ac	Me Ac	L Ac	P N	L AI	Me AI	AI	N		
COSTA					SIERRA						
Nutriente	Unidad	Bajo	Medio	Alto	Tóxico	Bajo	Medio	Alto	Tóxico		
N	ppm	< 31,0	31,0-40,0	> 40,0		< 30,0	30,0-60,0	> 60,0			
P	ppm	< 8,0	8,0-14,0	> 14,0		< 10,0	10,0-20,0	> 20,0			
S	ppm	< 4,0	4,0-19,0	> 19,0		< 12,0	12,0-24,0	> 24,0			
K	meq/100ml	< 0,2	0,2-0,38	> 0,38		< 0,2	0,2-0,38	> 0,38			
Ca	meq/100ml	< 5,1	5,1-8,9	> 8,9		< 2,0	2,0-5,0	> 5,0			
Mg	meq/100ml	< 1,7	1,7-2,3	> 2,3		< 0,5	0,5-1,5	> 1,5			
Cu	ppm	< 1,1	1,1-4,0	> 4,0		< 1,0	1,0-4,0	> 4,0			
Fe	ppm	< 20,0	20,0-40,0	> 40,0		< 20,0	20,0-40,0	> 40,0			
Mn	ppm	< 5,1	5,1-15,0	> 15,0		< 5,0	5,0-15,0	> 15,0			
Zn	ppm	< 3,1	3,1-7,0	> 7,0		< 3,0	3,0-7,0	> 7,0			
B	ppm	< 0,20	0,20-0,49	0,50-1		> 1,0	< 1,0	1,0-2,0		2,1-4	> 4
Cl	ppm	< 17,0	17,0-32,9	> 32,9							
M.O.	%	< 1	1,0-2,0	> 2			< 3	3,0-5,0		> 5	
Siglas		B	M	A	T	B	M	A	T		
COSTA					SIERRA						
Nutriente	Unidad	Medio	Tóxico	Bajo	Medio	Tóxico					
Al+H	meq/100ml	<0,5	0,5-1,5	>1,5	<0,5	0,5-1,5	>1,5				
Al	meq/100ml	<0,3	0,3-1,0	>1,0	<0,3	0,3-1,0	>1,0				
Na	meq/100ml	<0,5	0,5-1,0	>1,0	<1,0	1,0-2,0	>2,0				
Siglas		B	M	T	B	M	T				
Nutriente	Unidad	No Salino	Lig. Salino	Salino	Muy Salino	No Salino	Lig. Salino	Salino	Muy Salino		
C.E	mmhos/cm	z	2,0-4,0	>4,0-8,0	>8,0	<2,0	2,0-4,0	4,0-8,0	>8,0		
Siglas		NS	LS	S	MS	NS	LS	S	MS		

Fuente: Dpto. Manejo de Suelos y Aguas - Estación Experimental Santa Catalina - INIAP

6.7.2. Elaboración de la cartografía definitiva de suelos

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

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

A continuación se detallan cada una de las actividades antes mencionadas:

6.7.2.1. Recolección de los datos definitivos

Tanto de la interpretación técnica de los análisis de laboratorio de suelos, como de la información levantada en campo para el llenado de la base de datos

Constituye el análisis final antes de designar el subgrupo taxonómico definitivo dentro de las unidades de suelo; ya que se debe confrontar los datos recabados en campo de la descripción de las observaciones, con los análisis de laboratorio debido a que el Soil Taxonomy (2006) toma en cuenta algunas características químicas para la diferenciación a nivel de sub grupo.

Cabe destacar que la información de la base de datos debe reflejar el subgrupo taxonómico con el que se ha designado a cada unidad dentro de la cartografía temática. El siguiente ejemplo demuestra claramente la interrelación entre la información levantada en campo con la interpretación de los análisis de laboratorio:

6.7.2.2. Llenado de la base de datos en EXCEL

Una vez que se cuenta con los datos definitivos que serán colocados dentro de la base de datos se procede al llenado de la misma en una hoja de cálculo de Microsoft EXCEL, que fue desarrollada dentro del módulo de suelos. Para la optimización de este proceso, su funcionamiento fue diseñado con el objetivo de reducir al máximo los errores que pueden ser generados al momento del ingreso de la información.

Su estructura, contiene diferentes campos que permiten la elección del rango que se requiere que conste dentro de la base de datos, dependiendo de los valores reportados tanto en la ficha de descripción de suelos como en los análisis de laboratorio. Esta base está constituida de catorce variables, las mismas que constan dentro de los atributos de cada unidad edafológica de la cartografía temática.

The image shows a software interface for soil data collection. The window title is 'Módulo de Suelos'. The main heading is 'VARIABLES DE SUELOS'. Below this, there is a subtitle: 'GENERACIÓN DE INFORMACIÓN PARA LA GESTIÓN DEL TERRITORIO Y VALORACIÓN DE TIERRAS DE LA CUENCA DEL RÍO GUAYAS ESCALA 1:25000'. The interface contains several input fields and dropdown menus. At the top, there are three main fields: 'Código Clave', 'SUBGRUPO TAXONÓMICO (SGT)', and 'CLAVE TAXONÓMICA (CLAVE)'. Below these, there are two rows of dropdown menus for various soil properties. The first row includes: 'TEXTURA SUPERFICIAL (TexS)', 'TEXTURA PROFUNDA (TexP)', 'DRENAJE NATURAL (Drena)', 'PROFUNDIDAD EFECTIVA (Profe)', 'PEDREGOSIDAD (Pedre)', 'TOXICIDAD (Toxi)', 'pH (pH)', and 'SALINIDAD (Salini)'. The second row includes: 'TEXTURA CAMPO (TSc)', 'TEXTURA CAMPO (TPc)', 'PROFUNDIDAD NIVEL FREÁTICO (PNF)', 'REGÍMEN DE TEMPERATURA DEL SUELO (RTS)', 'REGÍMEN DE HUMEDAD DEL SUELO (RHS)', 'MATERIA ORGÁNICA (MO)', 'SATURACIÓN DE BASES (SatB)', and 'FERTILIDAD (FER)'. At the bottom of the form, there are buttons for 'Referencias', 'Nuevo Registro', 'Características (CARAC)', and 'Cerrar'.

Figura 6.7b. Esquema general de la hoja de cálculo de Microsoft EXCEL.

6.7.2.3. Cortes definitivos de las unidades geomorfológicas

Paralelamente al análisis de la información recabada en campo y de la interpretación de los análisis de laboratorio, se deben tener listos los cortes (si los hubiere) de las unidades geomorfológicas definitivas.

Esta actividad se fundamenta en las diferencias encontradas en las observaciones realizadas durante las jornadas de campo en función de la programación previa realizada con este efecto.

De la misma manera se delimita ya en forma definitiva el área de influencia de cada observación realizada, con la ayuda de los insumos especificados en el capítulo de metodología para la elaboración del mapa preliminar.

6.7.2.4. Unión de bases de datos

Para la realización de esta actividad se requiere que la base de datos creada en la hoja de cálculo de Microsoft Excel se encuentre revisada y aprobada para su utilización, ya que posteriores cambios serán más difíciles de realizar, debido a que la base de datos ya será parte de la cartografía temática de suelos.

Una vez que se cuenta con el insumo antes mencionado, se procede a realizar un join de tablas en ArcGis aprovechando su compatibilidad con EXCEL, unificando en primera instancia todos los perfiles realizados por los diferentes grupos de trabajo durante las jornadas de campo en un solo shapefile.

Una vez creado el shapefile con todas las observaciones que se realizaron, el join permitirá que cada observación herede directamente todos los atributos que le corresponden de acuerdo con su unidad geomorfológica y subgrupo taxonómico.

De esta manera, se cuenta con un shapefile global, que contiene todas las observaciones realizadas por todos los grupos, las mismas que tienen como atributos las catorce variables de las que consta la base de datos edafológica.

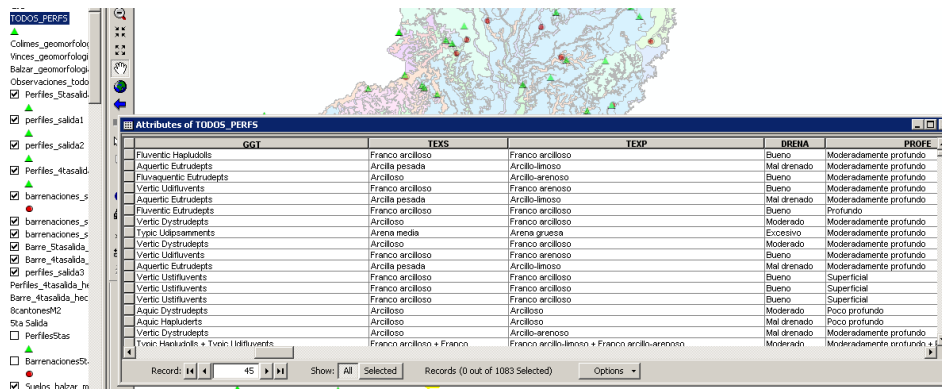


Figura 6.7c. Tabla de atributos.

En la Figura 6.7c, se observa la tabla de atributos del shapefile global de observaciones que contiene las catorce variables edafológicas después de realizado el join de tablas.

6.7.2.5. Extraplación de las observaciones de campo

Esta constituye la última actividad para la generación de la cartografía definitiva de suelos, comprende la extrapolación de los puntos muestreados durante las jornadas de campo hacia las mismas unidades geomorfológicas más cercanas, después se realiza un join espacial, logrando así, que cada unidad geomorfológica herede las características edafológicas de cada observación.

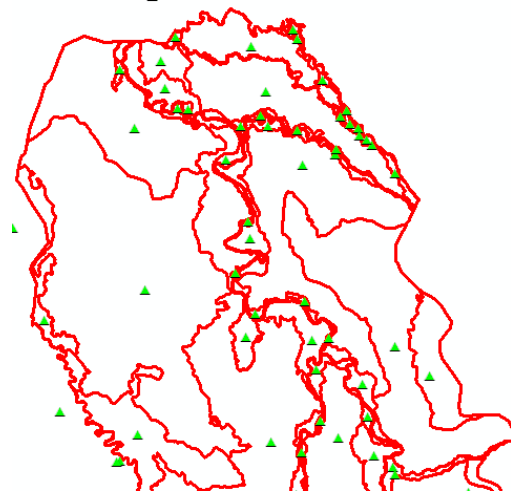


Figura 6.7d. Extraplación de información edafológica.

En la Figura 6.7d, se muestra la extrapolación de la información edafológica, para caracterizar todas las unidades geomorfológicas.

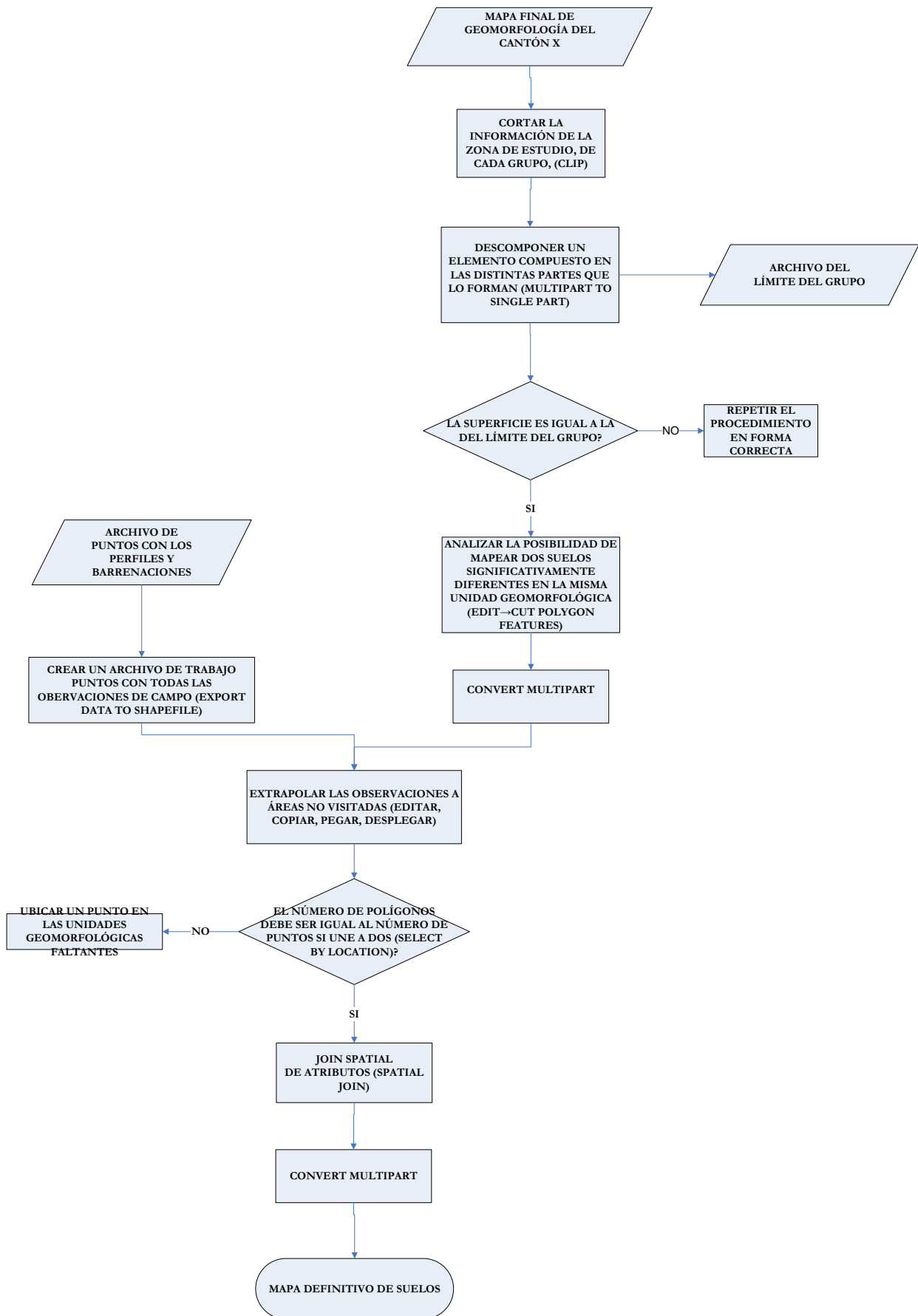


Figura 6.7e. Flujograma para la obtención final del mapa de suelos.

6.7.3. Mapa impreso

Uno de los propósitos de la base de datos geográfica de suelos es producir mapas impresos. Para este propósito, se deben seguir los principios bien establecidos sobre Cartografía (Rossiter, 1999).

Sin embargo, el mapa de suelos representa un modelo conceptual de la distribución espacial de las propiedades del suelo en el área de estudio. Como modelo, es una representación simplificada de la realidad, por lo tanto con cierto grado de imperfección y errores. Estos errores llevan a que en la realidad aparezcan otros tipos de suelos que se consideran impurezas dentro de las unidades cartográficas (Elizalde *et al.*, 2001).

El mapa impreso es el documento que tiene el propósito de ser utilizado por toda clase de público. Muchas veces, la misma información es repetida, ya que se utiliza lenguaje técnico para comunicarnos con otros edafólogos y en lenguaje común para comunicarnos con no-especialistas pero que utilizan el suelo (Rossiter, 1999).

Leyenda

Al elaborar un mapa de suelos, el agrólogo intenta delimitar áreas de terreno en las cuales ocurra una combinación única de factores formadores de suelo. Cada delineación es identificada con el símbolo de la unidad cartográfica a la que pertenece. A partir de la leyenda del mapa, el usuario puede inferir el o los tipos de suelos que probablemente encontrará en cada porción de terreno cubierta por el mapa. Si el usuario requiere un tipo de suelo con ciertos atributos específicos que le interesan, la lectura de la leyenda le permite conocer si ese tipo de suelo se encuentra entre los más frecuentes del área o si probablemente no existe (Elizalde, 2001).

La leyenda adoptada para el presente estudio se basa en la descripción de las unidades cartográficas con una leyenda estructurada, coherente que resulte sencilla, fácil de entender y que esté adaptada a las necesidades locales.

Es así que la leyenda elaborada es una jerarquización de lo general a lo particular del paisaje de una zona particular como producto de un análisis paisajístico basado en criterios geomorfológicos.

FORMACIÓN GEOLÓGICA O SUPERFICIAL	FORMA DEL RELIEVE			SUELOS		Símbolo	ha	%
	ORIGEN	MORFOLOGÍA	MORFOMETRÍA	CLASIFICACIÓN (Soil Taxonomy USDA 2006)				
				Clave	Subgrupo			
UNIDAD AMBIENTAL:								

Figura 6.7f. Encabezado de la leyenda jerárquica.

La figura 6.7f. muestra la estructura de la leyenda del tipo jerárquico basada en el enfoque geo-pedológico utilizado para la caracterización de suelos de la cuenca.

6.7.3.1. Unidad Ambiental

Son áreas homogéneas por sus características físicas, bióticas y por su relación con procesos ecológicos, que han sido encontradas en el cantón.

6.7.3.2. Formación geológica o superficial

Formación geológica corresponde a la información referida al sustrato rocoso mientras que, las formaciones superficiales corresponden a depósitos sedimentarios cuaternarios recientes poco o nada consolidados. Es decir constituye el material parental del cual se formó el suelo.

6.7.3.3. Forma del relieve

Se refiere a las distintas formas que adopta la superficie de la corteza terrestre (**morfología del terreno**), y que depende de los procesos genéticos internos y externos que dieran lugar a su formación (**origen**) y que para su caracterización se utiliza parámetros morfométricos tales como pendiente, desnivel relativo, forma de la cima y vertiente (**morfometría**).

6.7.3.4. Clave (Suelos)

De universal aceptación y generada por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de América (USDA), la clave es la combinación de letras generalmente mayúsculas y en número de cuatro, que por su distribución representan al orden, suborden, grupo y subgrupo de suelos. Por ejemplo: la clave: JCFD, la letra J corresponde al orden de los Alfisoles, la combinación JC representa el suborden Ustalfs, la combinación de las tres letras JCF representa al subgrupo Paleustalfs y finalmente las cuatro letras concierne a Vertic Paleustalfs.

6.7.3.5. Subgrupo (Suelos)

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

6.7.3.6. Características

Describe las propiedades intrínsecas que presenta el tipo suelo con el cual se caracterizó la unidad geomorfológica.

6.7.4. Reporte estandarizado para descripción de perfiles de suelos

El objetivo principal de la investigación en la ciencia del suelo es la comprensión de la naturaleza, propiedades, dinámicas y funciones del suelo como parte del paisaje y los ecosistemas. Un requerimiento básico para lograr ese objetivo, es la disponibilidad de información confiable sobre la morfología de los suelos y otras características obtenidas a través del estudio y la descripción del suelo en el campo (FAO, 2009).

Toda la información recolectada en campo, analizada en laboratorio y procesada en gabinete se encuentra organizada en el reporte para la descripción de perfiles de suelos, que consiste en una plantilla generada en el procesador de texto que facilita el ordenamiento y presentación de la información levantada en campo.

El contenido del reporte, se agrupa en información relacionada a: Aspectos generales del perfil, clasificación del suelo, forma general del terreno, uso de la tierra y vegetación, características de la superficie, características del perfil, clima, descripción de los horizontes del suelo y resultados de los análisis de laboratorio.

6.7.4.1. Aspectos generales del perfil

Contiene información del código del perfil, fecha en que se levanto la información y el autor o autores de la descripción.

6.7.4.2. Clasificación del suelo

Posee información de la clasificación taxonómica del suelo a nivel de subgrupo, teniendo como referencia a la taxonomía de suelos de los años 1975 y 2006; información del horizonte diagnóstico y demás características diagnósticas que se utilizaron para la clasificación del suelo, y finalmente como ítem opcional se puede escribir el nombre local.

6.7.4.3. Ubicación

Describe el sistema espacial de referencia (proyección, datum, elipsoide, zona y hemisferio), información política administrativa (parroquia, cantón y provincia), coordenadas planas y altitud.

6.7.4.4. Forma general del terreno

Detalla la manera que se distribuye la superficie de la tierra, para lo cual se cualifica el relieve, pendiente general y local en grados, la geomorfología y la geología del sitio donde se realiza la observación.

6.7.4.5. Uso de la tierra y vegetación

Se enumera las posibles actividades resultantes de la interacción entre los factores físicos y naturales (atributos de la tierra) y los factores culturales; señalando el tipo de cultivo, el grado tecnológico de la intervención antrópica o el tipo de vegetación natural dominante en el área.

6.7.4.6. Descripción de los horizontes del suelo

Se adjunta fotografías del perfil con sus horizontes y el entorno del sitio escogido para el estudio, adicionalmente se detalla el nombre del perfil, la profundidad del mismo y las siguientes características: Color (nombre y notación Munsell, seco y/o húmedo); Moteado (color (nombre y notación Munsell), abundancia, tamaño y contraste)); clase textural; estructura (tipo, tamaño y grado); consistencia (seco, húmedo, mojado); humedad del horizonte; porosidad (abundancia, tamaño y tipo); raíces (abundancia y diámetro), actividad biológica (tipo y abundancia), fragmentos gruesos (tipo, abundancia y meteorización); otros rasgos (pH, conductividad, reacción al NaF, reacción al HCl, carbonatos (contenido y formas), yeso (contenido y formas), formaciones especiales (revestimiento (naturaleza y abundancia), cementación compactación (naturaleza y continuidad), concentraciones minerales (tipo y naturaleza)); límite del horizonte (distinción y topografía).

6.7.4.7. Resultados de los análisis de laboratorio

Se elaboró un cuadro para ubicar los resultados de las determinaciones físicas y químicas realizadas en laboratorio, a saber: Textura, peso seco del suelo en 100 cm³, densidad aparente, capacidad de campo, punto de marchitez permanente, potencial Hidrógeno (pH), Nitrógeno, Potasio, Calcio, Magnesio, Azufre, Zinc, Cobre, Hierro, Manganeso, Boro.

6.7.4.8. Observaciones

Se estableció este ítem para colocar información relevante pero que la presencia de dicha característica es particular.

6.8. Sistema de Información de Suelos

Un sistema de información de Suelos (SIS) constituye una estructura informática cuya finalidad es recopilar, almacenar, analizar y gestionar la información espacial de suelos, obtenida en un inventario y compilada en una base de datos georeferenciada (Porta, *et al.*, 2008).

La generación del mapa digital de suelos asistida por un ordenador, utilizando métodos de observación de campo y de laboratorio, asociados con sistemas de inferencia espacial y no espacial de suelos, proporcionan información sobre clases de suelos, sus propiedades y su distribución espacial (Porta, *et al.*, 2008).

6.8.1. Cartografía de suelos

La cartografía de suelos consiste en el reconocimiento, localización y representación en un mapa del tipo de suelo presente en una región. Para ello se han de definir las diferentes unidades cartográficas de suelos de una determinada región y delimitar las extensiones geográficas que ocupan. Por tanto, un mapa de suelos representa la distribución de los tipos de suelos en el paisaje (Dorronsoro, sf.).

El enfoque geopedológico (utilizado en el presente estudio) para cartografiar suelos combina activamente la contribución de la geomorfología y de la pedología, considerando el suelo como un cuerpo 3D en el paisaje (*soilscape* o paisaje edáfico). El levantamiento geomorfológico suministra los límites cartográficos de las unidades de mapeo de suelos, mientras que la pedología proporciona el contenido edáfico de estas unidades de mapeo en términos de componentes taxonómicos, su porcentaje areal y su patrón de distribución espacial. Este enfoque es particularmente robusto porque combina los procedimientos convencionales de campo con las ventajas de la teledetección para la captura de datos y de los SIG para su procesamiento. (Bautista, *et al.*, 2005).

6.8.2. Cartografía digital de suelos

Un mapa de suelos es una modalidad de información geográfica. Constituye una representación estructurada del conocimiento sobre la distribución espacial de diferentes clases de suelos y áreas misceláneas en el paisaje (Porta, *et al.*, 2008).

El mapa digital de suelos consiste en la creación de información espacial de suelos asistida por ordenador utilizando métodos de observación de campo y de laboratorio, asociados con sistemas y modelos de inferencias espaciales y no espaciales de suelos (Porta, *et al.*, 2008).

6.8.3. Base de datos

Una base de datos se basa en un modelo y en un esquema conceptual que permiten la descripción de la realidad del terreno, integrando los intereses de diferentes grupos de usuarios, cuenta con una estructura física (hardware), una estructura lógica (software) y una estructura lógica global. En su diseño debe preverse la posibilidad de modificaciones futuras del sistema y que los datos que se almacenan puedan servir para aplicaciones diversas (Porta, *et al.*, 2008).

Una base de datos georeferenciada es una base de datos en que la información queda rigurosamente almacenada teniendo en cuenta la localización espacial de donde fue obtenida, lo que permite evitar redundancias (repeticiones) innecesarias en la obtención de información (Porta, *et al.*, 2008).

6.8.4. Base de datos geográfica de suelos

Una Base de Datos Geográfica de Suelos (SGDB), es una estructura digital de datos que contiene información acerca de la distribución geográfica y propiedades de la cobertura del suelo en un área específica. Representan el reemplazo digital para los mapas y reportes resultado de un levantamiento de suelos, pero pueden ser mucho más útiles que sus predecesores (papel) por todas las ventajas que una base de datos digital posee en sus diversos campos de aplicación (Rossiter, 1999).

Para almacenar información en una base de datos es imprescindible que esta información se obtenga de forma normalizada, para que sea compatible, lo cual permitirá derivar otros productos como zonificaciones agroecológicas, además permitirá interconexiones con otras bases de datos, intercambio de información y comparaciones entre datos espaciales.

Para el presente trabajo se estandarizó la forma en que se almacenará la información en la base de datos del sistema de información geográfica, los campos almacenados se detallan a continuación:

6.8.4.1. Textura Superficial (Texs) y Textura Profunda (Texp)

La textura es una expresión sintética de las características de cada horizonte que dependen de la proporción de los distintos tamaños de la partícula, es decir, se define como el porcentaje en peso del suelo mineral que queda comprendido en varias fracciones de tamaño de partículas. Estas fracciones texturales suelen ser: arena (2 a 0,05 mm), limo (0,05 a 0,002 mm) y arcilla (< 0,002 mm) (De La Rosa, 2008).

Cuadro 6.8a. Clases texturales de los suelos

Etiqueta	Símbolo	Descripción
Arena	A	Clase determinada según el triángulo de texturas de Suelos, tiene un buen drenaje y se cultivan con facilidad, pero también se secan fácilmente y los nutrientes se pierden por lavado.
Arena muy fina	AMF	
Arena fina	AFi	
Arena media	AM	
Arena gruesa	AG	
Areno 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	

Etiqueta	Símbolo	Descripción
Limoso	L	Clase determinada según el triángulo de texturas de Suelos.
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	
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: Guía para la Descripción de Suelos (F.A.O), 2009.

6.8.4.2. Drenaje Natural (Drena)

El drenaje de un suelo expresa la rapidez con que se elimina el agua sobrante en relación con las aportaciones. La existencia de una capa impermeable a cierta profundidad, por ejemplo, puede provocar un mal drenaje en el suelo que se halle encima de dicha capa, si el suelo recibe agua (FAO, 2009).

Cuadro 6.8b. Niveles de retención de agua en los suelos.

Etiqueta	Símbolo	Descripción
Excesivo	E	Suelos con baja capacidad de retención de agua y de movimiento en profundidad rápido o muy rápido. No adaptados para la producción de cultivos a menos que se rieguen. Texturas gruesas.
Bueno	B	Suelos con una capacidad de retención intermedia y óptimas de agua pero no están lo suficientemente saturados cerca de la superficie o por períodos largos durante la estación de crecimiento, para afectar adversamente los rendimientos. Sin moteados en los 100 cm superiores o con menos de un 2 % entre 60 y 100 cm.
Moderado	M	Suelos saturados lo suficientemente cerca de la superficie durante tanto tiempo que las operaciones de siembra o cosecha o los rendimientos de algunos cultivos o se ven afectados adversamente a menos que se establezca un sistema de drenaje artificial. A menudo tienen una estrata y el movimiento de agua en profundidad es lento, muestra estado saturado relativamente alto en el perfil, incrementos de agua por afloramiento o alguna combinación de éstas. Moteados de Fe-Mn de 2 al 20 % entre 60 y 100 cm.

Etiqueta	Símbolo	Descripción
Mal drenado	X	Suelos saturados hasta la superficie la mayor parte del año y se muestran lo suficientemente saturados para impedir el crecimiento de los cultivos más importantes (excepto al arroz) a menos que se drenen artificialmente. Las condiciones de drenaje se deben a un nivel freático alto, estratas impermeables u otras siendo la topografía plana o deprimida y presentándose frecuentemente inundada.
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: Casanova, M. Vera, W. 2004

6.8.4.3. Profundidad Efectiva (ProfE)

Profundidad hasta la cual pueden desarrollarse las raíces, siempre que el agua no sea un factor limitante. Puede haber unas pocas raíces finas o muy finas. Debe indicarse la planta de referencia. Restringida por contacto lítico y parálitico; horizonte cementado; horizonte compacto; temperatura del suelo, fragipán (Porta *et al.*, 2003).

Cuadro 6.8c. Categorías de profundidad efectiva de los suelos.

Etiqueta	Símbolo	Descripción
Superficial	S	La profundidad efectiva del suelo se mide en centímetros de manera perpendicular a la superficie terrestre, siendo para esta clase de 0 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.

Fuente: Metodología de Valoración de Tierras, Programa de Regulación y Administración de Tierras Rurales (PRAT). 2008.

6.8.4.4. Pedregosidad (Pedre)

Se refiere a la presencia o ausencia de fragmentos gruesos superficiales que incluyen aquellos que se exponen parcialmente, están descritos en términos de porcentaje de cobertura superficial.

Cuadro 6.8d. Categorías de pedregosidad de los suelos.

Etiqueta	Símbolo	Descripción
Sin o pocas	S	< 10 % de afloramiento rocoso y/o fragmentos gruesos en la superficie
Poca	P	10 a 25 % de afloramiento rocoso y/o fragmentos gruesos en la superficie
Frecuente	F	25 a 50 % de afloramiento rocoso y/o fragmentos gruesos en la superficie
Abundantes	A	50 a 75 % de afloramiento rocoso y/o fragmentos gruesos en la superficie
Pedregoso o rocoso	R	> 75 % de afloramiento rocoso y/o fragmentos gruesos en la superficie
No aplicable	NA	Se considera todas las áreas que no son suelo como: centros poblados, ríos dobles o con características similares a estas al representarlas o cartografiarlas.

Fuente: Guía para la Descripción de Suelos. (F.A.O), 2009.

6.8.4.5. Toxicidad (Toxi)

La toxicidad es el efecto que producen los aniones y cationes sobre las plantas cuando estos se encuentran presentes en exceso.

Cuadro 6.8e. Categorías de toxicidad de los suelos.

Etiqueta	Símbolo	Descripción
Sin o nula	S	Ausencia de acidez de aluminio e hidrógeno intercambiable aplicable tanto para la Costa como para la Sierra. Ausencia de carbonatos, no presenta reacción al HCl.
Ligera	L	Para la Costa el contenido de acidez de aluminio e hidrógeno intercambiable es de (< 0,31 meq/100 ml), y para la Sierra es de (< 0,5 meq/100 ml). Ligero contenido de Carbonatos (> 0 a 10 %) Presencia de burbujas.
Media	M	Para la Costa el contenido de acidez de aluminio e hidrógeno intercambiable es de (0,31 a 1,0 meq/100 ml), y para la Sierra es de (0,5 a 1,0 meq/100 ml). Contenido de Carbonatos (> 10 a 25%), presencia de burbujas con espuma baja.

Etiqueta	Símbolo	Descripción
Alta	A	Alta acidez de aluminio e hidrógeno intercambiable aplicable tanto para la Costa como para la Sierra (> 1,0 meq/100 ml), Reacción extremadamente fuerte al HCl, presencia de burbujas con espuma alta, Carbonatos (> 25 %)
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: Guía para la Descripción de Suelos. (F.A.O), 2009.

Las categorías de la toxicidad de suelos se califican de acuerdo a los cuadros 6.8f y 6.8g.

Cuadro 6.8f. Niveles de Toxicidad del suelo (Acidez).

NIVEL DE TOXICIDAD	Acidez de Aluminio e Hidrógeno Intercambiable. (meq/100 ml)	
	Costa	Sierra
Sin o nula	0	0
Ligera	< 0,31	< 0,5
Media	0,31 a 1,0	0,5 a 1,0
Alta	> 1,0	> 1,0

Fuente: INIAP. Agrocalidad.

Cuadro 6.8g. Niveles de Toxicidad del suelo (Carbonatos).

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	>0-10
Media	Burbujas con espuma baja	>10-25
Alta	Burbujas con espuma alta	>25

Fuente: Guía para la Descripción de Suelos. (F.A.O), 2009.

6.8.4.6. Potencial Hidrógeno (pH)

El balance ácido – base viene determinado por el pH (H⁺ contenidos en la solución del suelo), oscilando entre muy ácido y alcalino (De La Rosa, 2008).

Cuadro 6.8h. Rangos de pH de los suelos.

Etiqueta	Símbolo	Descripción
Muy ácido	Mac	0,0 - < 5,0: Necesidad de encalar para la mayoría de los cultivos; posible toxicidad de Al y Mn; deficiencia de P, Ca, Mg, Mo y N.
Ácido	Ac	5,0 a 5,5: Necesidad de encalar para la mayoría de los cultivos; posible toxicidad de Al y Mn; deficiencia de P, Ca, Mg, Mo y N.
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: 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	LAl	> 7,5 a 8,0: Posible exceso de Ca, Mg y carbonatos; baja solubilidad del P y microelementos con excepción del Mo; posible necesidad de tratar el suelo con enmiendas como por ejemplo el yeso. Se inhibe el desarrollo de varios cultivos.
Medianamente alcalino	Mal	> 8,0 a 8,5: Posible exceso de sodio intercambiable; se inhibe el crecimiento de la mayoría de los cultivos; se tiene la necesidad de tratar el suelo con enmiendas.
Alcalino	Al	> 8,5: Exceso de sodio intercambiable; se inhibe el crecimiento de la mayoría de los cultivos; existiendo la necesidad de tratar el suelo con enmiendas.
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: Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (I.N.I.A.P.), 2006 Estación Experimental Santa Catalina.

6.8.4.7. Salinidad (Salini)

Es la concentración total de sales solubles en el suelo, la cual se determina por medio de la conductividad eléctrica del estrato de saturación del suelo. (Richards, 1970). Contenidos excesivos en 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 (Potash & Phosphate Institute, 1997).

Cuadro 6.8i. Niveles de Salinidad del suelo.

Etiqueta	Símbolo	Descripción
No salino	NS	< 2,0 dS/m
Ligeramente salino	LS	2,0 a 4,0 dS/m
Salino	S	> 4,0 a 8,0 dS/m
Muy salino	MS	> 8,0 dS/m
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: Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (I.N.I.A.P.), 2006 Estación Experimental Santa Catalina.

6.8.4.8. Profundidad Nivel Freático (PNF)

Es la distancia perpendicular considerada desde la superficie del suelo hasta el límite superior de la tabla de agua ó nivel freático, es una variable limitante del desarrollo de las raíces de las plantas muy asociada a la profundidad efectiva (Mejía, 1997).

Cuadro 6.8j. Categorías de profundidad del nivel freático del suelo.

Etiqueta	Símbolo	Descripción
Superficial	S	Es superficial sí el nivel freático se encuentra entre el rango de (0 a 20 cm).
Poco profundo	Pp	Es poco profundo cuando el nivel freático se encuentra entre el rango de (21 a 50 cm).
Medianamente profundo	M	Es medianamente profundo el nivel freático se encuentra entre el rango de (51 a 100 cm).
Profundo	P	Es profundo el nivel freático se encuentra entre el rango de > 100 cm.
Sin evidencia	Sin	Se categoriza sin evidencia cuando no se encuentra el nivel freático y se llega a una profundidad considerable.
No aplicable	NA	Se considera todas las áreas que no son suelo como: centros poblados, ríos dobles o con características similares a estas al representarlas o cartografiarlas.

Fuente: Metodología de Valoración de Tierras Rurales. 2008. MAGAP, PRAT.2008.

6.8.4.9. Régimen de Temperatura del Suelo (RTS)

Es descrito por la temperatura media anual del suelo, las fluctuaciones estacionales promedio con respecto a la media y la gradiente de temperatura más caliente y más fría por estación dentro de la zona de enraizamiento, que es la zona con profundidad de 100 cm (USDA, 2006).

Cuadro 6.8k. 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 °C a 13 °, entre los 50 y 100 cm de profundidad, durante todo el año 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, con una variación de menos de 5 °C durante todo el año.
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: *Guía para la Descripción de Suelos.* (F.A.O), 2009.

6.8.4.10. Régimen de Humedad del Suelo (RHS)

Se refiere a la presencia o ausencia, ya sea de un manto freático o al 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 (MAG - ORSTOM, 1980).

Cuadro 6.8l. 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	La parte del suelo la más utilizable para los cultivos está seca más de tres meses consecutivos, pero húmeda en algunas partes más de seis meses. Es posible hacer cultivos de ciclo corto sin riego pero con irregularidad y deficiencia de agua algunos años.
Údico	U	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.

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: Guía para la Descripción de Suelos. (F.A.O), 2009.

6.8.4.11. Materia Orgánica (MO)

La materia orgánica está representado 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 (Potash & Phosphate Institute, 1997).

Cuadro 6.8m. 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 1,1 %
Medio (costa)	CoM	Suelos de la costa con un contenido de materia orgánica entre 1,0 a 2,1 %
Alto (costa)	CoA	Suelos de la costa con un contenido de materia orgánica mayor a 2,1 %
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 a 5,1 %
Alto (sierra)	SiA	Suelos de la sierra con un contenido de materia orgánica mayor a 5,1 %
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: Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (I.N.I.A.P.), 2006 Estación Experimental Santa Catalina.

6.8.4.12. Saturación de Bases (SatB)

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

Cuadro 6.8n. 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.

Etiqueta	Símbolo	Descripción
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: Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (I.N.I.A.P.), 2006 Estación Experimental Santa Catalina.

6.8.4.13. Fertilidad (FER)

Es la capacidad del suelo de proporcionar elementos nutritivos para las plantas (Porta, *et al.*, 2008).

Cuadro 6.8ñ. Niveles de Capacidad de Intercambio Catiónico.

Etiqueta	Símbolo	Descripción
Muy baja	Mb	Baja capacidad de intercambiar los cationes, muy baja disponibilidad de nutrientes debido al bajo pH y baja saturación de bases.
Baja	B	Escasa capacidad de intercambio de elementos, baja disponibilidad de nutrientes y baja saturación de bases.
Mediana	M	Moderada capacidad de intercambio catiónico, buena disponibilidad de nutrientes, y una mediana saturación de bases.
Alta	A	Alta capacidad de intercambio catiónico, alta saturación de bases y óptima disponibilidad de nutrientes.
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 Espinosa, N. (2000).

Para las categorías de fertilización se toma como base las relaciones del cuadro 4.8p, sin que esto sea un impedimento para calificar otras relaciones siempre y cuando estas sean coherentes y comprobadas.

Cuadro 6.8o. Niveles de fertilidad del suelo.

NIVEL DE FERTILIDAD	pH	CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO	SATURACIÓN DE BASES
Muy baja	Ácido (5,0 a 5,5)	< a 10 me/100 g	< a 35 %
Baja	Medianamente ácido (> 5,5 a 6,0)	10 a 15 me/100 g	< a 35 %
Mediana	Ligeramente ácido (> 6,0 a 6,5)	>15 a 20 me/100 g	35 a 50 %
Alta	Prácticamente neutro y Neutro (> 6,5 a 7,5)	> a 20 me/100 g	> a 50 %

Fuente: Adaptado de Espinosa, N. (2000).

6.8.5. Metadatos

Tal y como lo menciona Porta, *et al.* (2008), para poder almacenar información en una base de datos resulta imprescindible que aquella se obtenga de forma normalizada, para que sea compatible, permita interconexiones con otras bases de datos, intercambio de información y comparaciones entre datos espaciales. Estos requerimientos puede que no cumplan cuando se haya integrado información preexistente, generada en distintos momentos y con criterios no armonizados, por lo que antes de utilizar información de una base de datos se deberá saber cómo fue obtenida la información. Esto ha llevado a introducir el concepto de METABASE DE DATOS o METADATOS. La metabase de datos, además, ayuda al usuario a tener un mejor entendimiento de las limitaciones de los datos.

Los metadatos informan acerca de los procedimientos utilizados para obtener los datos.

Los elementos importantes de una metabase son el directorio de datos, que contiene las instrucciones y el catálogo de variables o diccionario que detalla las características de éstas.

Una metabase de datos permite la búsqueda simultánea de información en diversas bases de datos, pudiendo utilizarla para elaborar información con rigor.

6.9. Módulo para la gestión de bases de datos de suelos

"Suelos" es una aplicación macro realizada en Microsoft ACCESS, que se utiliza para actualizar y enriquecer la base de datos del sistema de información de suelos de la cuenca del río Guayas. Almacena descripciones del pedón, notas de campo, humedad del suelo, medidas de temperatura. Maneja y provee datos del sitio, del pedón, asociación de objetos (fotografías del perfil y del entorno) y sitios de los datos introducidos.

7. CONTROLES DE CALIDAD

El primer control de calidad es escoger un equipo de trabajo transdisciplinario, compuesto por edafólogos, agrónomos, geomorfólogos, geógrafos, geólogos que aportan al entendimiento global del entorno mediante el aporte de su especialidad.

7.1. Con respecto a la etapa de recolección de información

En este proceso se consideró la aplicación de cuatro criterios que permitieron calificar la información para su posterior selección.

Estos criterios de calificación son (Mejía L., 2009):

- Nivel de detalle: criterio definido por la profundidad e intensidad de los estudios existentes y que deben estar acorde a los exigidos en los términos de referencia del proyecto.
- Actualidad: criterio relacionado con la fecha de ejecución de los estudios, la vigencia y la necesidad de complementar los datos presentados.
- Cobertura geográfica: este criterio tiene que ver con el cubrimiento espacial que tienen los estudios existentes en relación al área de interés, es decir, el área que comprende la cuenca del río Guayas.
- Escala: criterio referido a la escala de los documentos cartográficos existentes en los estudios recopilados, y relacionados con la escala que exigen los términos de referencia del presente proyecto de acuerdo con el nivel del levantamiento semidetallado, escala 1: 25 000.

Además toda la información secundaria calificada en base a los cuatro puntos anteriores, se debe estandarizar a un mismo sistema espacial de referencia (PROYECCIÓN UTM, ELIPSOIDE WGS84, DATUM WGS84, ZONA 17 SUR), una vez que se lo escanea y georeferencia.

7.2. Para la elaboración del mapa geomorfológico

La unidad mínima de mapeo corresponde a 1 ha, y para alcanzar dicho requerimiento se utilizaron estereoscopios con aumentos 3x en todo momento, obteniendo el detalle de interpretación adecuado para la escala de trabajo.

Con respecto a la elaboración de las ortofotos (de fotografías aéreas interpretadas):

- La calidad de la transformación en lo que respecta a la orientación interna, se indica mediante el error medio cuadrático (RMS). Si este valor es elevado pueden existir problemas de distorsión de la película o medición incorrecta de la fotografía. Lo óptimo para la escala de trabajo es obtener un RMS máximo de 17,5 micrones o 0,5 píxeles., y de lo cual se obtuvo un promedio del RMS de 0,1 píxeles.
- Aerotriangulación, con RMS menor a 3 píxeles, si no se cumple con el mencionado valor se puede mejorar eliminando los puntos que posean una alta distorsión.
- Debido a los factores limitantes (uso de escáner no métrico, mal estado de las fotografías aéreas -en algunos casos las marcas fiduciales no se distinguen y uso de los SRTM de 90m, no adecuado para la escala de trabajo, dentro del proceso existió un desplazamiento en las ortofotos generadas, por lo cual surgió la necesidad de implementar un proceso de georeferenciación en el ArcGis 9.x, mediante la opción Georeferencing, con el objetivo de obtener un ajuste adecuado a la escala de trabajo, en este caso, que ningún punto sobrepase la tercera parte de la escala, 8 m, de desplazamiento respecto a la cartografía base, corregido a través del ajuste de la ortofoto con respecto de la ortoimagen, mediante la toma de puntos distribuidos en toda la fotografía, rectificación de la fotografía aérea a través del método de Nearest Neighbor. Cabe destacar que el proceso de georeferenciación de las ortofotos se realizó únicamente para las fotografías interpretadas.

Utilización de imágenes satelitales de diversos sensores, según el área en estudio de resolución mejor a 7,5 m.

Por último se realiza la revisión cartográfica de los datos gráficos y alfanuméricos obtenidos, en la cual se analiza que no se tenga error alguno y exista lógica en cada uno de los elementos cartográficos creados. Para ello se realiza:

- Revisión topológica: Las reglas escogidas al momento de hacer la topología son:
 - Must Not overlap para encontrar polígonos sobrepuestos. Existen dos posibles soluciones: añadir ambos polígonos o substraerlos para que no se sobrepongan.
 - Must Not Have Gaps que determina huecos ya sea al interior del polígono o en sus uniones. Se soluciona creando una unidad.
- Revisión temática:
 - Se contrasta la interpretación con toda la información secundaria disponible, aprovechando las capacidades del SIG para sobreponer información digital. Se toma en cuenta

que se debe incrementar el detalle de los mapas morfo-pedológicos, si no se ha definido una unidad se define la razón por la que no se ha encontrado.

- Se realizan las correcciones necesarias

Además, una vez obtenidos los mapas preliminares, se procede a realizar el trabajo de campo con el objetivo de verificar "in situ" las formas de relieve cartografiadas.

La información levantada debe ser procesada en gabinete, para ello se realiza:

- Ingreso de los puntos visitados a una base de datos, relacionada al punto GPS y a la fotografía correspondiente a cada uno.
- Corrección de acuerdo a las características definidas en campo.

Como pasos finales se vuelve a realizar la revisión topológica, se cuantifican las áreas y se suman para cada cantón por forma del relieve. Se chequea la consistencia entre diferentes capas geomorfológicas (de cada cantón).

7.3. Para la fase de pre-campo

Para realizar el control de calidad en la etapa de pre-campo se toman en cuenta algunas actividades con la finalidad de optimizar los recursos y el tiempo que se dispone para asegurar el cumplimiento de la programación de las jornadas de campo.

Esto se realiza con el propósito de evitar cualquier tipo de inconvenientes que puedan presentarse durante los trabajos, puesto que en campo estos serían difíciles de solucionar.

Las actividades que se realizan son las siguientes:

7.3.1. Revisión de los materiales, equipos y herramientas

Antes de salir al campo, todo el equipo técnico del módulo de suelos debe revisar que los materiales y equipos con los que dispone se encuentren completos y en buen estado.

A continuación se presenta la lista donde se detalla todo lo que se requiere:

Materiales:

- Agua destilada.
- Amarras (cinchos).
- Apoya manos.
- Botas de caucho.

- Botella (1 litro) con agua potable.
- Chaleco con identificación del proyecto.
- Cinta métrica de lona.
- Etiquetas adhesivas.
- Formularios para el registro de la descripción de los perfiles y barrenaciones.
- Fundas plásticas resistentes al manipuleo (25 x 40 cm).
- Gotero con HCl al 10 % (~50 ml).
- Gotero con NaF 1 M (~30 ml).
- Guía para la clasificación de suelos (Soil Taxonomy, USDA, NRCS, 2006).
- Guía para la descripción de suelos de la FAO (2009).
- Mapa preliminar de suelos (impreso).
- Mochila.
- Papel filtro impregnado con solución de fenolftaleína.
- Pilas recargables.
- Pizarra de fórmica para tinta líquida.
- Piseta.
- Tabla de colores MUNSELL.
- Libro diario (registro de trabajadores).
- Sacos de yute.
- Cinta de embalaje.
- Material bibliográfico de respaldo.
- Códigos para el llenado de la ficha de campo.
- Trípticos (material publicitario).
- Poncho de agua.
- Carnet de identificación.
- Otros (lápiz, borrador de papel, marcadores, libreta).

Equipos y herramientas:

- Barra.
- Barreno tipo EDELMAN.
- Brújula.
- Cámara de fotos.
- Cargador de pilas.
- Cilindro metálico para toma de muestras de densidad aparente.
- Clinómetro de lectura óptica.
- Computadora portátil (LAPTOP) con archivos de información de cartografía base, temática preliminar, fotografías aéreas, imágenes satelitales, programa DNR GARMIN para navegación en tiempo real e información secundaria (Pronareg – Orstom 1982).
- Cuchillos de edafólogo.
- Dos GPS – cable.
- Dos palas de desfonde.
- Dos palas redondas.
- Flexómetro.
- Machete.

- Martillo de geólogo.
- Pico.
- Transformador de energía para computador portátil
- Lupa 10X.

Además el grupo de trabajo cuenta con: una camioneta doble cabina 4X4, un cooler con hielo para llevar bebidas para refrescarse en campo, repelente y bloqueador solar.

Cabe mencionar que antes de las salidas de campo, todo el grupo del módulo de suelos, se vacunó contra enfermedades tropicales, con el objetivo de prevenir cualquiera de las potenciales dolencias.

7.3.2. Control de los vehículos

Esta actividad contempla la revisión del estado de los vehículos con los que se contará durante los trabajos de campo, así como todas las especificaciones que se requieren, tales como:

- Camioneta doble cabina.
- Disponer de tracción a las cuatro ruedas.
- Las llantas deben estar en buen estado.
- El sistema eléctrico debe funcionar correctamente para la instalación de los transformadores de los computadores portátiles.
- Contar con botiquín de primeros auxilios y triángulos de seguridad.
- Disponer de llanta de emergencia y las herramientas respectivas.
- Debe tener sus papeles en regla.



Figura 7.3a. Vehículo en condiciones óptimas para trabajo de campo.

7.3.3. Revisión de los puntos de muestreo

Se debe verificar que los puntos de muestreo cumplan con las siguientes especificaciones:

- Los perfiles de suelo deben ser ubicados en zonas representativas dentro de las unidades geomorfológicas (de ser posible en el centro de las mismas).
- Se debe planificar por lo menos un perfil de suelo por cada unidad geomorfológica.
- Se debe planificar utilizando el mapa base, identificando las distancias más cortas o vías con mejores condiciones para su accesibilidad.
- Los perfiles (pedón) deben representar claramente la zona (polipedón) que se quiere delimitar dentro de las unidades geomorfológicas.
- Verificar que la simbología de los puntos de muestreo de campo sea la estandarizada: △ Perfiles ● Barrenaciones

Debido a que el área de estudio es previamente dividida entre los grupos de trabajo como parte de la metodología del módulo de suelos para el análisis de la ubicación de los puntos de muestreo, es necesaria una última revisión de los mismos para confirmar que no se repitan las observaciones o en su defecto si se pueden cambiar observaciones detalladas por observaciones de comprobación. Este análisis final se lleva a cabo con la presencia de todos los integrantes del módulo de suelos.

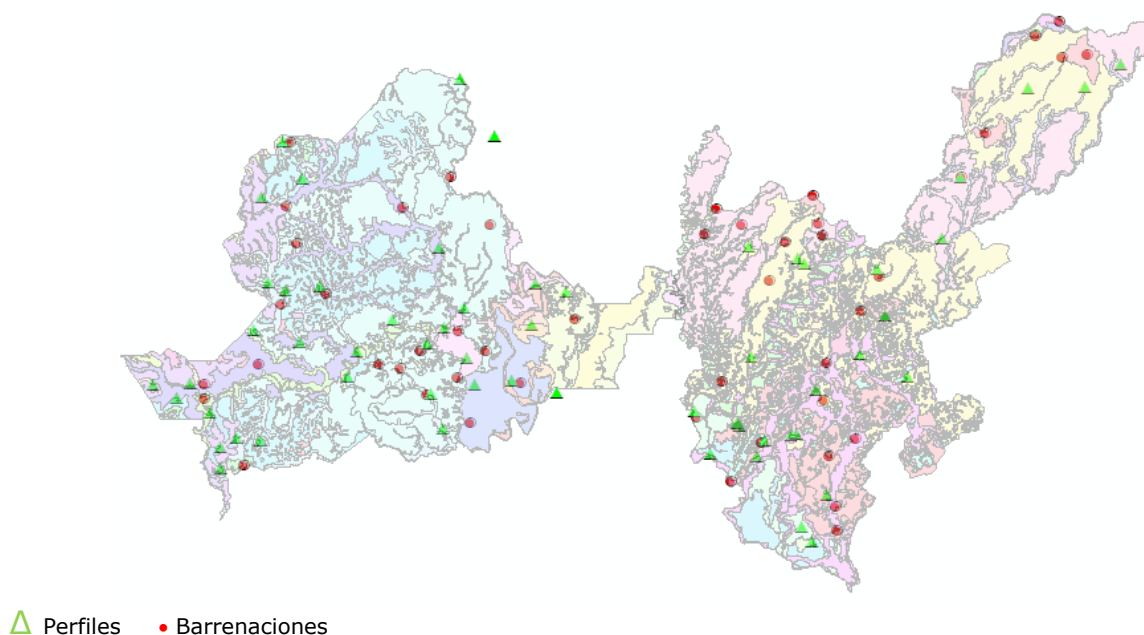


Figura 7.3b. Puntos de perfiles y barrenaciones definitivos para su ejecución.

7.3.4. Designación del centro de operaciones

El centro de operaciones se selecciona tomando en cuenta la ciudad más cercana al área de estudio; la misma que debe brindar las mejores condiciones posibles (hospedaje, alimentación, servicios básicos, seguridad, etc.).



Figura 7.3c. Ubicación de la ciudad que será centro de operaciones.

7.3.5. Verificación de los archivos digitales

El proyecto (mxd) generado en el software ArcGis 9.2 debe contar con:

- Mapa geomorfológico.
- Cartografía base.
- Archivos digitales de perfiles y barrenaciones planificadas.
- Información secundaria (PRONAREG – ORSTOM. 1982).
- Cartas Topográficas 1: 50 000
- Imágenes satelitales.
- SRTM.

Todos los archivos deben estar dentro de la proyección UTM, Datum World Geodetic System 1984, zona 17 sur.

7.3.6. Coordinaciones con el módulo de hidrología

Debido a que el módulo de suelos trabaja en coordinación con el módulo de hidrología, el mismo que realiza pruebas de infiltración en diferentes tipos de suelos correspondientes a distintas unidades geomorfológicas, se requiere programar estas pruebas de manera que no se repitan.

Para esto, se asigna un equipo del módulo de hidrología a un grupo del módulo de suelos de tal manera, que los datos obtenidos de las pruebas de infiltración caractericen todas las unidades de suelo.

7.3.7. *Requerimientos elementales*

Para tener un rendimiento adecuado se tiene que cumplir con requerimientos elementales para con el equipo de trabajo:

- Depósitos de viáticos y subsistencias para todos los técnicos que conforman el módulo de suelos.
- Reservación de pasajes aéreos.
- Reservación del hotel en la ciudad que será centro de operaciones.
- Verificar la contratación de los trabajadores de campo.
- Depósito a los jefes de grupo para el pago de los trabajadores de campo.
- Confirmar la asistencia del personal de seguridad.

7.4. Para la fase de campo

7.4.1. *Reuniones previas*

Reunión de trabajo entre los técnicos y el coordinador del módulo, y posteriormente con el personal de apoyo y seguridad para darles a conocer el tipo de trabajo a realizar y actividades que cada uno debe desarrollar en campo, como: la ubicación del sitio de trabajo, el horario de trabajo y responsabilidades.

Constatar todos los días que el personal de apoyo este en buenas condiciones físicas y anímicas para el fiel cumplimiento del trabajo.

7.4.2. *Ubicación del sitio de muestreo*

Se ubica el sitio de observación planificado, lo más exacto posible, con ayuda de la computadora portátil (LAPTOP) con archivos de información cartográfica base, temática preliminar, fotografías aéreas, imágenes satelitales, programa DNR GARMIN y GPS (luego de ser estabilizado por algunos minutos, esto con el fin de que el error máximo que tenga un punto sea de 0,25 mm multiplicado por el denominador de la escala (VARGAS, ITC, 2004), es decir 6,25 m para este proyecto).

7.4.3. *Excavación de calicata*

El personal técnico debe vigilar a que el personal de apoyo (jornaleros), realice la excavación de la calicata teniendo en cuentas las siguientes dimensiones: 1,50 X 1,50 X 1,20 m, o hasta la presencia de roca, duripán o capa freática, orientada de tal manera de que en el momento de la

descripción, el sol ilumine la cara donde se va a realizar la descripción. Se utiliza en algunos casos, taludes en cortes de camino.

Para el caso de observaciones de comprobación (barrenaciones) esta se realiza en huecos de unos 50 cm de lado y profundidad suficiente para estudiar el horizonte B, si está presente, o para describir los 50 cm del perfil, si el horizonte B no existe. La parte inferior del perfil, se lo realiza con un barreno tipo EDELMAN, procurando que cada muestra extraída no supere los 20 cm de profundidad, las mismas que se colocan en forma horizontal y sobre una lámina de material plástico o una hoja de periódico.

7.4.4. Fotografía del perfil

Antes de iniciar la descripción del perfil, éste debe limpiarse con el cuchillo, luego se coloca la cinta métrica de lona y el letrero de identificación, para después proceder a tomar la fotografía, constatándose su nitidez y un buen encuadre, para poder distinguir de alguna manera las características morfológicas del perfil de suelos. De igual manera se realizan fotos panorámicas del área circundante.

7.4.5. Descripción del perfil

Para esta actividad se nombra entre los miembros del grupo a un técnico que realice la descripción del perfil, otro que llene la ficha, mientras que el tercero analiza en la computadora el sitio de la próxima observación. Durante la descripción todos los técnicos participan en la definición de las características físicas y morfológicas del perfil del suelo. La descripción se realiza en forma ordenada y con base a la Guía para la Descripción de Suelos de la FAO (2009).

La ficha en campo se llena de preferencia con lápiz con letra de molde y números perfectamente legibles, para que los datos mal escritos o equivocados, puedan corregirse, para luego pasar a Microsoft Office Word y Excel.

7.4.6. Recolección y toma de muestras

Se realiza de cada uno de los horizontes, comprobando que tengan un peso aproximado de 1 kg cada muestra, procurando tomar de la mitad del horizonte e iniciando desde la parte inferior hacia la superior del perfil, evitando incluir raíces, utensilios, piedras o insectos muertos.

Las muestras deben ser colocadas en doble funda plástica, con su respectiva etiqueta de identificación y luego para el transporte en saquillo de yute.

Al final de la jornada diaria se verifica que las muestras recolectadas se mantengan correctamente etiquetadas, bien amarradas y que no estén desgarradas, debiéndose mantener en un sitio seco y cerrado.

Además, se toma en cuenta los siguientes controles:

- Durante el muestreo se evita fumar, comer, o manipular otros productos (cal, fertilizantes, cemento, etc.) para evitar la contaminación de la muestra y obtener resultados falsos.
- No se utiliza bolsas o costales donde se hayan empacado productos químicos, fertilizantes, cal o plaguicidas.
- No se toma muestras de los siguientes lugares (INIAP, 2006):
 - a) Al pie de las cercas o zanjas.
 - b) Lugares de acumulación de materiales vegetales o estiércol
 - c) Lugares donde haya habido quemas recientes.
 - d) Lugares recién fertilizados.
 - e) Zonas muy pantanosas o de acumulación de sales
- Se evita tomar muestras de aquellas áreas muy pequeñas que difieren del resto en campo y que por su tamaño no tengan significación para el detalle del estudio. En aquellos casos que por razones especiales interesó obtener una información analítica de estos sitios, fue necesario obtener una muestra individual de esos lugares (ICA, 1992).

7.4.7. Clasificación taxonómica

Antes de realizar la labor de tapado de la calicata, se procede a revisar y verificar los datos recabados en la ficha, con el propósito de que estos estén claros y correctos, para finalmente dar paso a clasificar los suelos en forma preliminar hasta nivel de subgrupo de acuerdo al Soil Taxonomy (USDA, 2006).

7.4.8. Entrega de muestras

Al finalizar el periodo de trabajo planificado, se ordenan correctamente las muestras, se elabora el manifiesto correspondiente, verificando que los datos ingresados estén de acuerdo con los tomados en el campo como: el nombre del proyecto, grupo de trabajo, fecha y firma de responsabilidad tanto de quien entrega como de quien recibe las muestras, codificación, el número de muestra y su tipo, la profundidad a la cual fue tomada la muestra en cm, el lugar y coordenadas (en X, Y) donde fueron tomadas las mismas, tipo de análisis y observaciones. Finalmente se hace la entrega formal de las muestras a la persona encargada de esta actividad.

7.4.9. Entrega de materiales y herramientas

Una vez concluido el trabajo planificado se procede a limpiar, lavar y secar las herramientas y luego se coloca en un saco de yute con el propósito de que no sufran deterioro y puedan ser utilizadas en la próxima jornada de trabajo. De igual manera los materiales de trabajo (fichas de campo, flexómetro, tabla Munsell, computadora etc.) deben ser limpiados y custodiados.

7.5. Para la fase de post-campo

7.5.1. Revisión del registro fotográfico

Se realiza una revisión de las fotografías adquiridas en campo, se agrupan y se asignan los nombres para cada uno de los perfiles o barrenaciones, para verificar que se encuentren adquiridas las fotos correspondientes y estén correctamente focalizadas y dirigidas.

7.5.2. Ingreso de fichas de campo

Al ingresar las fichas levantadas en campo, se verifica que cada uno de los casilleros esté correctamente llenado, cuidando que las letras sean claras y legibles.

7.5.3. Comparación de los sitios de muestreo

Se analiza el archivo final de sitios de muestreo levantado en campo, en el cual se registra la coordenada adquirida con el navegador, con el archivo de sitios de muestreo planificados, para verificar la proximidad o no de los muestreos realizados vs. los planificados.

7.5.4. Análisis de las geoformas

Una vez realizado el trabajo en campo y levantada la información, se valida la información de las geoformas con el grupo de geomorfología, para sugerir algún cambio en los límites del mapa geomorfológico.

7.5.5. Reportes de laboratorio

La primera verificación que se realiza a los resultados de laboratorio es cuantificar el número de muestras reportadas vs. las ingresadas al laboratorio. Luego se analiza la relación entre cada una de las variables como pH con salinidad, pH con acidez, pH y materia orgánica con cantidad de nutrientes, entre otras. Esto se lo realiza según la norma sugerida por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (1973), así:

- Revisar que la suma de las fracciones sea igual a 100.

- Verificar que la combinación de los porcentajes de arena, limo y arcilla corresponda a la clase textural correcta.
- Confrontar la textura con la capacidad de intercambio catiónico (CIC). Suelos de textura gruesa poseen una baja CIC (Inferior a 10 meq/100 g); suelos de textura fina, tienen generalmente un CIC de 10 a 20 meq/100 g. Esta apreciación puede variar en suelos orgánicos o de cenizas volcánicas.
- Suelos ácidos, tienen baja saturación de bases; suelos casi neutros tienen una alta saturación de bases (80 a 100%), se exceptúan suelos alofánicos.
- Suelos muy ácidos (pH inferior a 5,0), tienen alto hidrógeno o aluminio de cambio y bajo contenido de bases.
- La relación del pH y la saturación de bases es diferente en algunos suelos salinos o sódicos.
- La suma de las bases no debe ser superior a la capacidad de intercambio catiónico. Se exceptúan a los suelos calcáreos, salinos o con yeso, en los cuales es difícil determinar las bases de cambio.
- La distribución del porcentaje de las bases generalmente ocupan la siguiente relación:

Calcio	60 a 80 %
Magnesio	20 a 40 %
Potasio	1 a 10 %
Sodio	0,5 a 5 %

- Verificar el análisis de salinidad cuando el sodio extraído con acetato de amonio es superior a 2 meq/100 g o la saturación de sodio de cambio es superior a 10 %. En caso de suelos salinos, restar las bases solubles en agua se las solubles en acetato de amonio.
- Se relaciona con la textura, color, nitrógeno total y la profundidad. Los suelos arenosos de colores claros, tienen generalmente menos materia orgánica (aproximadamente 1 % de C), que los arcillosos o los suelos de colores oscuros. En la primera capa, el carbón es generalmente de 8 a 12 veces superior al nitrógeno total. El carbón disminuye con la profundidad.
- Al igual que el carbón orgánico, este se relaciona con la textura, el color y la profundidad. En los climas cálidos sus valores pueden ser de 0,05 a 1,15 % y en los climas medios y fríos, de 0,1 a 0,3 %; en los suelos orgánicos es de 0,4 a 2 %. Estos valores disminuyen notablemente con la profundidad.

Adicionalmente, se inspecciona que no existan errores de tipeo de los resultados.

7.5.6. Control de clasificación

En campo se emite una primera clasificación, la cual es registrada en la ficha, luego, con el resultado de análisis de laboratorio se verifica esa clasificación, de ser el caso puede hasta llegar a cambiar de Orden en respuesta a los reportes de laboratorio. En ocasiones puede darse una gran

variación entre lo esperado y la respuesta de laboratorio, por ello se solicita una nueva revisión de datos por parte del laboratorio. Si continúa manteniéndose la variación campo-laboratorio, prevalece la observación de campo (Porta, *et al.*, 2003).

7.5.7. Validación y espacialización de las bases de datos

Una vez clasificados los suelos, se ingresa a una base de datos la clasificación y las 14 variables que se han considerado importantes para el análisis del manejo de suelos, la misma que se espacializa (con los puntos georeferenciados de perfiles y barrenaciones, previamente procesados en un Sistema de Información Geográfica –SIG–) a través de la unión (join) de tablas por un campo en común en este caso el código de perfil o barrenación, con lo que aparte de especializar se verifica la correspondencia entre la información que fue ingresada (manifiesto) al laboratorio con la procesada en gabinete, para de esta manera comprobar que no haya ningún perfil y barrenación sin procesar.

7.5.8. Control de las bases de datos

Una vez espacializada la información edáfica, es decir que cada punto de perfil y barrenación esté georeferenciado, con su tabla de atributos conteniendo su clasificación y las 14 variables, se realiza un control de calidad a la misma, verificando que no existan casilleros vacíos (sin información), faltas de ortografía, palabras mal escritas, entre otras, utilizando el SQL –*Structure Query Language*–.

7.5.9. El mapa de suelos

Una vez espacializados los sitios de muestreo con su correspondiente base de datos edafológica y con las áreas de cada grupo divididas¹, los técnicos especialistas definen las diferentes unidades de suelos, en base al mapa geomorfológico y a la investigación de campo realizada (descripción de perfiles y barrenaciones), observando las similitudes y/o diferencias edafológicas entre las diferentes unidades geomorfológicas, verificando así la relación entre geoformas y suelos.

Cabe indicar que una vez que se corta el mapa geomorfológico general para obtener uno por cada grupo de trabajo, como se menciona en el párrafo anterior, se realiza inmediatamente un “multipart” para que se asigne a cada uno de los polígonos su respectiva correspondencia (fila) en la base de datos (alfanumérica), con el fin de asegurarse que de no haya polígonos espacialmente separados pero unidos a una misma fila en su tabla de atributos.

¹ Para que la operación sea realizada en superficies manejables, se dividió el área total para el número de grupos operacionales, los cuales son responsables de estas áreas desde la planificación hasta la entrega del mapa definitivo.

7.5.10. Extrapolación de unidades

Una vez que se extrapola y ubica los puntos de perfiles y/o barrenaciones (copiar-pegar) sobre cada unidad geomorfológica a la que se desea transferir la información edáfica, a través del comando "*Select for spatial location-Intersect*", se verifica que todas las unidades geomorfológicas tengan un perfil o barrenación representativa.

7.5.11. Control topológico del mapa

Hay casos en que una misma unidad geomorfológica puede contener dos tipos de suelos, para lo cual, se procede a delimitar estas unidades de suelos realizando cortes a dichos polígonos; por lo que, al editar estas entidades, se presenta el riesgo de crear polígonos adicionales o simplemente borrarlos, para lo cual, se realiza un control topológico para verificar que no exista ningún tipo de alteración geométrica de los mismos.

7.5.12. Verificación de tamaño de polígonos

Se calcula la superficie de cada polígono y se comprueba que las unidades no sean más pequeñas del área mínima cartografiable (área que investigadores de la Universidad de Cornell y Vink *et al.* (tomado de VARGAS R., ITC, 2004) han definido como $0,4 \text{ cm}^2$ multiplicado por el denominador de la escala, es decir para 1: 25 000, 2,5 ha), salvo ocasiones en las que se ha sustentado adecuadamente la presencia de estas unidades.

7.5.13. Unión de los segmentos de mapa

Una vez obtenido el mapa de suelos de cada grupo de trabajo, con su respectiva base de datos geomorfológica y edafológica, se procede a unir los segmentos (partes) de cada uno de los grupos y la información de suelos de los otros cantones, donde se verifica la coincidencia o no de la información generada por cada uno de los grupos, sobre todo en las unidades limítrofes, decidiendo en ese momento si a una unidad se le designa tal o cual información según el nivel de relevancia.

7.5.14. Topología del mapa definitivo

Se realiza un control topológico del mapa definitivo cantonal, para evitar que haya polígonos sobrepuestos o que hayan huecos ya sea al interior del polígono o en sus uniones.

7.5.15. Revisión final de base de datos

Se verifica nuevamente la base de datos para asegurar que no existan errores de consistencia lógica, ya que cada una de las variables debe estar ligada a la clasificación del tipo de suelo y a la unidad geomorfológica correspondiente.

7.5.16. Revisión de la leyenda y cuerpo del mapa

Se elabora la leyenda, la cual debe tener consistencia en fondo y forma, revisando que cada una de las unidades de suelos esté presente desde su nivel de jerarquía más general, es decir que cada unidad morfológica con su respectiva pendiente, tenga su respectivo tipo o tipos de suelo, verificando a nivel de leyenda la correspondencia entre geoforma y suelos.

Así mismo, se realiza la impresión de una salida gráfica (layout), para analizar el mapa como una sola unidad y buscar algún tipo de error, para su posterior corrección.

8. PRODUCTOS OBTENIDOS

8.1. Perfiles y Barrenaciones

Del trabajo de campo se obtuvieron un total de 6 perfiles y 15 barrenaciones, los cuales están detallados en fichas, tal y como se lo puede encontrar en el ANEXO 8.1a.

8.2. Geomorfología y Suelos

Dentro del cantón Naranjito existen dos Unidades Ambientales: la Llanura Aluvial Reciente y el Piedemonte Andino. Las formas del relieve tienen un origen deposicional, con un desnivel relativo menor a los 5 metros y las cotas varían desde los 30 hasta los 200 msnm.

Al noroeste del cantón existe una pequeña porción de Llanura Aluvial Reciente, con presencia de unidades originadas en la dinámica de los ríos Milagro y Apoyando, los cuales presentan un patrón de drenaje meándrico. Por otro lado, el Piedemonte Andino es la unidad ambiental predominante, ubicada al pie de las Vertientes Externas de la Cordillera Occidental, con pendientes inferiores al 5 % y un desnivel relativo menor a los 5 m. Los principales drenajes dentro de esta unidad ambiental son el río Chagüe (dirección sur a norte) y el río Chimbo (dirección este a oeste), los cuales han depositado una gran cantidad de guijarros y cantos rodados. Existe variedad de cultivos de arboricultura tropical al igual que plantaciones de caña.

Las formas de relieve predominantes corresponden a: Superficie de cono de esparcimiento (Ces), Terrazas indiferenciadas (Ti) y Nivel ligeramente ondulado (No).

A nivel detallado se describe cada forma del relieve a continuación, con sus respectivos tipos de suelos:

8.2.1. Unidad Ambiental: Llanura Aluvial Reciente

8.2.1.1. Nivel ligeramente ondulado (No)

De origen deposicional, la presente unidad se encuentra ubicada al noroeste del cantón en el sector La Paciencia y Alegría, con una muy pequeña parte al suroeste. Presenta escasas ondulaciones en donde la pendiente no excede el 5 % y el desnivel relativo máximo es de 3 m. Está ligado a los cultivos de caña.



Figura 8.2a. Caña en nivel ligeramente ondulado.

Dentro de esta unidad se encontró los siguientes tipos de suelos:

8.2.1.1.1. Fluventic Hapludolls

Correspondientes al orden de los Mollisoles, son suelos de textura franca; profundos, debido a que su profundidad efectiva es mayor a 100 cm; bien drenados con una capacidad de retención óptima e intermedia de agua, pero no están suficientemente saturados cerca de la superficie o por períodos largos de tiempo.

Dentro de las características químicas, se ha determinado que estos suelos presentan un pH ligeramente alcalino (mayor a 7,5 hasta 8,0); un alto contenido de materia orgánica (mayor a 2,1%) en el rango referencial para la costa ecuatoriana; y un alto porcentaje de saturación de bases (mayor de 50 %); lo cual indica una alta fertilidad caracterizada por una buena disponibilidad de nutrientes asimilables para las plantas.

Su régimen de temperatura es isohipertérmico, es decir que su temperatura media anual es superior a 22 °C entre los 50 y 100 cm de profundidad. El régimen de humedad de estos suelos es údico por lo que todo el perfil de suelo no está seco más de tres meses consecutivos la mayoría de los años.

Estos suelos contemplan 17,38 ha, representando el 0,07 % de la superficie total del cantón.

8.2.1.1.2. Humic Dystrudepts

Correspondientes al orden de los Inceptisoles, son suelos de textura franco arcillosa hasta una profundidad de 100 cm y franco arcillo-limosa a profundidad; con drenaje moderado, es decir que son suelos saturados con agua cerca de la superficie durante largos períodos de tiempo a menos que se

los drene artificialmente; su profundidad efectiva es mayor a 100 cm lo que los caracteriza como suelos profundos.

Dentro de las características químicas, se ha determinado que estos suelos presentan un pH prácticamente neutro (mayor a 6,5 hasta 7,5); un porcentaje medio de saturación de bases (entre 35 % a 50 %); por lo que presentan una mediana fertilidad caracterizada por una buena disponibilidad de los nutrientes que serán asimilados por las plantas.

Su régimen de temperatura es isohipertérmico, es decir que su temperatura media anual es superior a 22 °C entre los 50 y 100 cm de profundidad. El régimen de humedad de estos suelos es údico por lo que todo el perfil de suelo no está seco más de tres meses consecutivos la mayoría de los años.

Su perfil representativo corresponde al CG1-P013. Estos suelos contemplan 1 319,85 ha que representan el 5,19 % de la superficie total del cantón.

8.2.1.2. Dique o banco aluvial (D)

De origen deposicional, cuyos depósitos son originados por los ríos Milagro, Amarillos y Apoyando, y se ubican al interior del nivel ligeramente ondulado, en los sectores norte y noreste del cantón. Las pendientes dominantes varían entre 0 y 2% y el desnivel relativo no sobrepasa los 3 m. Usualmente los diques son aprovechados en la arboricultura tropical (misceláneos) incluyendo banano y cacao.

Dentro de esta unidad se encontró los siguientes tipos de suelos:

8.2.1.2.1. *Fluventic Hapludolls*

Correspondientes al orden de los Mollisoles, de textura franca hasta una profundidad de 45 cm y franco limosa a profundidad; profundos debido a que su profundidad efectiva es mayor a 100 cm; bien drenados, es decir son suelos con una capacidad de retención óptima e intermedia de agua, pero no están suficientemente saturados cerca de la superficie o por períodos largos de tiempo.

Dentro de las características químicas, se ha determinado que estos suelos presentan un pH prácticamente neutro (mayor a 6,5 hasta 7,5); un alto porcentaje de saturación de bases (mayor de 50 %); por lo que presentan una mediana fertilidad caracterizada por una buena disponibilidad de los nutrientes que serán asimilados por las plantas.

Su régimen de temperatura es isohipertérmico, es decir que su temperatura media anual es superior a 22 °C entre los 50 y 100 cm de

profundidad. El régimen de humedad de estos suelos es údico por lo que todo el perfil de suelo no está seco más de tres meses consecutivos la mayoría de los años.

Estos suelos contemplan 117,82 ha que representan el 0,47 % de la superficie total del cantón.

8.2.1.2.2. *Fluventic Eutrudepts*

Correspondientes al orden de los Inceptisoles, son suelos de textura franco arcillosa; con drenaje moderado, es decir que son suelos saturados con agua cerca de la superficie durante largos períodos de tiempo a menos que se los drene artificialmente; su profundidad efectiva está entre 51 a 100 cm, siendo así, suelos moderadamente profundos.

Dentro de las características químicas, se ha determinado que estos suelos presentan un pH ligeramente ácido (mayor a 6,0 hasta 6,5); un alto contenido de materia orgánica (mayor a 2,1%) en el rango referencial para la costa ecuatoriana; y una alta fertilidad caracterizada por una buena disponibilidad de los nutrientes que serán asimilados por las plantas.

Su régimen de temperatura es isohipertérmico, es decir que su temperatura media anual es superior a 22 °C entre los 50 y 100 cm de profundidad. El régimen de humedad de estos suelos es údico por lo que todo el perfil de suelo no está seco más de tres meses consecutivos la mayoría de los años.

Estos suelos contemplan 9,76 ha que representan el 0,04 % de la superficie total del cantón.

8.2.1.2.3. *Typic Ustipsamments*

Correspondientes al orden de los Entisoles, son suelos de textura franco arenosa hasta una profundidad de 30 cm y arenosos en profundidad; bien drenados, es decir son suelos con una capacidad de retención óptima e intermedia de agua, pero no están suficientemente saturados cerca de la superficie o por períodos largos de tiempo; poco profundos debido a que presentan una profundidad efectiva entre 21 cm a 50 cm.

En el aspecto químico, presentan como características principales un pH ligeramente ácido (mayor a 6,0 hasta 6,5); un contenido medio de materia orgánica (entre 1.0 a 2.1 %) en el rango referencial para la costa ecuatoriana; un bajo porcentaje de saturación de bases (menor de 35%) por lo que presentan una mediana fertilidad caracterizada por una buena disponibilidad de nutrientes que serán asimilados por las plantas.

Su régimen de temperatura es isohipertérmico, es decir que su temperatura media anual es superior a 22 °C entre los 50 y 100 cm de profundidad. El régimen de humedad de estos suelos es ústico por lo que

todo el perfil de suelo está seco más de tres meses consecutivos, pero húmeda en algunas partes más de seis meses.

Estos suelos contemplan 210,76 ha que representan el 0,83 % de la superficie total del cantón.

8.2.1.2.4. *Typic Udifluvents*

Correspondientes al orden de los Entisoles, son suelos de textura franca a franco arenosa en profundidad; bien drenados, es decir son suelos con una capacidad de retención óptima e intermedia de agua, pero no están suficientemente saturados cerca de la superficie o por períodos largos de tiempo; su profundidad efectiva va desde 51 a 100 cm, por lo cual se caracterizan como suelos moderadamente profundos.

En el aspecto químico, presentan como características principales un pH ligeramente ácido (mayor a 6,0 hasta 6,5); un contenido medio de materia orgánica (entre 1.0 a 2.1 %) en el rango referencial para la costa ecuatoriana; un bajo porcentaje de saturación de bases (menor de 35 %); lo cual indica una baja fertilidad caracterizada por una escasa capacidad de intercambio de elementos y una baja disponibilidad de nutrientes.

Su régimen de temperatura es isohipertérmico, es decir que su temperatura media anual es superior a 22 °C entre los 50 y 100 cm de profundidad. El régimen de humedad de estos suelos es údico por lo que todo el perfil de suelo no está seco más de tres meses consecutivos la mayoría de los años.

Estos suelos contemplan 96,88 ha, que representan el 0,38 % de la superficie total del cantón.

8.2.1.3. Meandro abandonado (M)

De origen deposicional, se encuentra ubicada en el extremo suroeste del cantón inmersa en la unidad No y comprende un tramo del río Chimbo.

Dentro de esta unidad se encontró el siguiente tipo de suelo:

Vertic Endoaquepts

Correspondientes al orden de los Inceptisoles, son suelos de textura arcillo-limosa hasta los 38 cm y arcillosos en profundidad; mal drenados, es decir son suelos saturados con agua la mayor parte del año a menos que se los drene artificialmente; su profundidad efectiva va desde los 21 cm hasta los 50 cm, siendo así, poco profundos.

En el aspecto químico, presentan como características principales un pH ligeramente alcalino (mayor a 7,5 hasta 8,0); un contenido medio de materia

orgánica (entre 1.0 a 2.1 %) en el rango referencial para la costa ecuatoriana; un bajo porcentaje de saturación de bases (menor de 35 %); lo cual indica una baja fertilidad caracterizada por una escasa capacidad de intercambio de elementos y una baja disponibilidad de nutrientes.

Su régimen de temperatura es isohipertérmico, es decir que su temperatura media anual es superior a 22 °C entre los 50 y 100 cm de profundidad. El régimen de humedad de estos suelos es ácuico por lo que estos suelos están saturados con agua, con predominio de reacciones de reducción debido a la ausencia de oxígeno.

Estos suelos contemplan 5,65 ha que representan el 0,02 % de la superficie total del cantón.

8.2.2. Unidad Ambiental: Piedemonte Aluvial

8.2.2.1. Superficie de cono de esparcimiento (Ces)

De origen deposicional, ésta forma del relieve ocupa la mayor parte del cantón, siendo zonas que se evidencian por la presencia de cantos rodados y guijarros, ya que es muy dificultoso poder diferenciar esta forma de relieve por medio de sus ondulaciones amplias y rebajadas, las pendientes son inferiores al 5 % y el desnivel relativo no excede los 5 m.

La cobertura vegetal presente en esta zona, ubicada en el sector de Supaypungu al centro del cantón, son los cultivos semipermanentes de banano, cacao y caña de azúcar.



Figura 8.2b. Caña sembrada en superficie de cono de esparcimiento

Dentro de esta unidad se encontró los siguientes tipos de suelos:

8.2.2.1.1. *Inceptic Haplustalfs*

Correspondientes al orden de los Alfisoles, son suelos de textura franca hasta los 35 cm y franco arcillosa en profundidad; bien drenados, es decir son suelos con una capacidad de retención óptima e intermedia de agua, pero no están suficientemente saturados cerca de la superficie o por períodos largos de tiempo; su profundidad efectiva va desde los 51 cm hasta los 100 cm, siendo así, moderadamente profundos.

En el aspecto químico, presentan como características principales un pH prácticamente neutro (mayor a 6,5 hasta 7,5); un contenido medio de materia orgánica (entre 1.0 a 2.1 %) en el rango referencial para la costa ecuatoriana; un porcentaje medio de saturación de bases (entre 35 a 50 %); lo cual indica una mediana fertilidad caracterizada por una buena disponibilidad de los nutrientes que serán asimilados por las plantas.

Su régimen de temperatura es isohipertérmico, es decir que su temperatura media anual es superior a 22 °C entre los 50 y 100 cm de profundidad. El régimen de humedad de estos suelos es ústico, por lo que todo el perfil de suelo está seco más de tres meses consecutivos, pero húmeda en algunas partes más de seis meses.

Su perfil representativo corresponde al CG1-P012. Estos suelos contemplan 1 74,15 ha que representan el 4,23 % de la superficie total del cantón.

8.2.2.1.2. *Humic Dystrustepts*

Correspondientes al orden de los Inceptisoles, son suelos de textura franco arcillo arenosa hasta los 40 cm y franco arcillosa en profundidad; bien drenados, es decir son suelos con una capacidad de retención óptima e intermedia de agua, pero no están suficientemente saturados cerca de la superficie o por períodos largos de tiempo; su profundidad efectiva es mayor a 100 cm, siendo así, suelos profundos con pedregosidad frecuente.

En el aspecto químico, presentan como características principales un pH ligeramente alcalino (mayor a 7,5 hasta 8,0); un contenido alto de materia orgánica (mayor a 2,1 %) en el rango referencial para la costa ecuatoriana; un porcentaje bajo de saturación de bases (menor a 35 %); lo cual indica una baja fertilidad caracterizada por una baja disponibilidad de nutrientes para las plantas.

Su régimen de temperatura es isohipertérmico, es decir que su temperatura media anual es superior a 22 °C entre los 50 y 100 cm de profundidad. El régimen de humedad de estos suelos es ústico, por lo que todo el perfil de suelo está seco más de tres meses consecutivos, pero húmeda en algunas partes más de seis meses.

Estos suelos contemplan 635,06 ha que representan el 2,50 % de la superficie total del cantón.

8.2.2.1.3. *Humic Dystrudepts*

Correspondientes al orden de los Inceptisoles, son suelos de textura franco arcillosa hasta una profundidad de 100 cm y franco arcillo-limosa a profundidad; drenaje moderado, es decir que son suelos saturados con agua cerca de la superficie durante largos períodos de tiempo a menos que se los drene artificialmente; su profundidad efectiva es mayor a 100 cm lo que los caracteriza como suelos profundos.

Dentro de las características químicas, se ha determinado que estos suelos presentan un pH prácticamente neutro (mayor a 6,5 hasta 7,5); un porcentaje medio de saturación de bases (entre 35 % a 50 %); por lo que presentan una mediana fertilidad caracterizada por una buena disponibilidad de los nutrientes que serán asimilados por las plantas.

Su régimen de temperatura es isohipertérmico, es decir que su temperatura media anual es superior a 22 °C entre los 50 y 100 cm de profundidad. El régimen de humedad de estos suelos es údico por lo que todo el perfil de suelo no está seco más de tres meses consecutivos la mayoría de los años.

Su perfil representativo corresponde al CG1-P013. Estos suelos contemplan 1 784, 27 ha que representan el 7,02 % de la superficie total del cantón.

8.2.2.1.4. *Aeric Endoaquents*

Correspondientes al orden de los Entisoles, son suelos de textura franca hasta 15 cm y arenosos a profundidad; mal drenados, es decir que son suelos saturados con agua la mayor parte del año a menos que se los drene artificialmente; su profundidad efectiva va desde los 21 cm hasta los 50 cm, siendo así, poco profundos.

Dentro de las características químicas, se ha determinado que estos suelos presentan un pH medianamente ácido (mayor a 5,5 hasta 6,0); un porcentaje medio de saturación de bases (entre 35 % a 50 %); por lo que presentan una baja fertilidad caracterizada por una escasa disponibilidad de los nutrientes para las plantas.

Su régimen de temperatura es isohipertérmico, es decir que su temperatura media anual es superior a 22 °C entre los 50 y 100 cm de profundidad. El régimen de humedad de estos suelos es ácuico por lo que

estos suelos están saturados con agua continua o periódicamente con predominio de reacciones de reducción debido a la ausencia de oxígeno.

Estos suelos contemplan 23,48 ha que representan el 0,09 % de la superficie total del cantón.

8.2.2.1.5. Typic Ustipsamments

Correspondientes al orden de los Entisoles, son suelos de textura franco arenosa y arenosa en profundidad; con drenaje excesivo, es decir que son suelos con baja retención de agua y de movimiento en profundidad rápido o muy rápido, no adaptados para la producción de cultivos a menos que se rieguen; su profundidad efectiva va desde los 51 cm hasta los 100 cm, siendo así, moderadamente profundos.

Dentro de las características químicas, se ha determinado que estos suelos presentan un pH prácticamente neutro (mayor a 6,5 hasta 7,5); un porcentaje bajo de saturación de bases (menor a 35 %); por lo que presentan una baja fertilidad caracterizada por una escasa disponibilidad de los nutrientes para las plantas.

Su régimen de temperatura es isohipertérmico, es decir que su temperatura media anual es superior a 22 °C entre los 50 y 100 cm de profundidad. El régimen de humedad de estos suelos es ústico por lo que todo el perfil de suelo está seco más de tres meses consecutivos, pero húmeda en algunas partes más de seis meses.

Estos suelos contemplan 1 509,12 ha que representan el 5,93 % de la superficie total del cantón.

8.2.2.1.6. Mollic Ustifluvents

Correspondientes al orden de los Entisoles, son suelos de textura franco arcillosa; con buen drenaje, es decir son suelos con una capacidad de retención óptima e intermedia de agua, pero no están suficientemente saturados cerca de la superficie o por períodos largos de tiempo; su profundidad efectiva va desde los 51 cm hasta los 100 cm, siendo así, moderadamente profundos.

Dentro de las características químicas, se ha determinado que estos suelos presentan un pH prácticamente neutro (mayor a 6,5 hasta 7,5); un alto porcentaje de saturación de bases (mayor a 50 %); un alto contenido de materia orgánica (mayor a 2,1%) en el rango referencial para la costa ecuatoriana por lo que presentan una alta fertilidad caracterizada por una óptima disponibilidad de nutrientes para las plantas.

Su régimen de temperatura es isohipertérmico, es decir que su temperatura media anual es superior a 22 °C entre los 50 y 100 cm de

profundidad. El régimen de humedad de estos suelos es ústico por lo que todo el perfil de suelo está seco más de tres meses consecutivos, pero húmeda en algunas partes más de seis meses.

Su perfil representativo corresponde al CG1-P008. Estos suelos contemplan 6 192,38 ha que representan el 24,36 % de la superficie total del cantón.

8.2.2.1.7. Typic Ustifluvents

Correspondientes al orden de los Entisoles, son suelos de textura franca hasta los 45 cm y arenosos a profundidad; con buen drenaje, es decir son suelos con una capacidad de retención óptima e intermedia de agua, pero no están suficientemente saturados cerca de la superficie o por períodos largos de tiempo; su profundidad efectiva va desde los 51 cm hasta los 100 cm, siendo así, moderadamente profundos.

Dentro de las características químicas, se ha determinado que estos suelos presentan un pH ligeramente ácido (mayor a 6,0 hasta 6,5); un contenido medio de materia orgánica (entre 1,0 a 2,1%); un porcentaje bajo de saturación de bases (menor a 35%); por lo que presentan una mediana fertilidad caracterizada por una buena disponibilidad de los nutrientes que serán asimilados por las plantas.

Su régimen de temperatura es isohipertérmico, es decir que su temperatura media anual es superior a 22 °C entre los 50 y 100 cm de profundidad. El régimen de humedad de estos suelos es ústico por lo que todo el perfil de suelo está seco más de tres meses consecutivos, pero húmeda en algunas partes más de seis meses.

Estos suelos contemplan 2 065,99 ha que representan el 8,13 % de la superficie total del cantón.

8.2.2.1.8. Aquic Udifluvents

Correspondientes al orden de los Entisoles, son suelos de textura franco arenosa; bien drenados, es decir que son suelos con una capacidad de retención óptima e intermedia de agua, pero no están suficientemente saturados cerca de la superficie o por períodos largos de tiempo saturados con agua la mayor parte del año a menos que se los drene artificialmente; su profundidad efectiva va desde los 21 cm hasta los 50 cm, siendo así, poco profundos.

Dentro de las características químicas, se ha determinado que estos suelos presentan un pH ligeramente ácido (mayor a 6,0 hasta 6,5); un contenido medio de materia orgánica (entre 1,0 a 2,1%); un porcentaje medio de saturación de bases (entre 35 % a 50 %); por lo que presentan una

fertilidad mediana caracterizada por una buena disponibilidad de los nutrientes que serán asimiladas por las plantas.

Su régimen de temperatura es isohipertérmico, es decir que su temperatura media anual es superior a 22 °C entre los 50 y 100 cm de profundidad. El régimen de humedad de estos suelos es údico por lo que todo el perfil de suelo no está seco más de tres meses consecutivos la mayoría de los años.

Su perfil representativo corresponde al CG1-P011. Estos suelos contemplan 5 369,78 ha que representan el 21,13 % de la superficie total del cantón.

8.2.2.2. Cauce abandonado (Ca)

De origen deposicional, estas formas de relieve se encuentran ubicadas en todo el Piedemonte andino al suroeste del cantón, constituyendo zonas por las cuales anteriormente el río Chimbo corría. La pendiente predominante de la misma es de 0 a 2 % con desniveles relativos casi inexistentes.

Dentro de esta unidad se encontró el siguiente tipo de suelo:

Aquic Ustipsamments

Correspondientes al orden de los Entisoles, son suelos de textura franco arcillosa hasta una profundidad de 30 cm y arena gruesa a profundidad; bien drenados, es decir que son suelos con una capacidad de retención óptima e intermedia de agua, pero no están suficientemente saturados cerca de la superficie o por períodos largos de tiempo saturados con agua la mayor parte del año a menos que se los drene artificialmente; su profundidad efectiva va desde los 21 cm hasta los 50 cm, siendo así, poco profundos.

Dentro de las características químicas, se ha determinado que estos suelos presentan un pH ligeramente ácido (mayor a 6,0 hasta 6,5); un contenido bajo de materia orgánica (menor a 1,1%) en el rango referencial para la costa ecuatoriana; un porcentaje bajo de saturación de bases (menor de 35%); por lo que presentan una baja fertilidad caracterizada por una escasa disponibilidad nutrientes para las plantas.

Su régimen de temperatura es isohipertérmico, es decir que su temperatura media anual es superior a 22 °C entre los 50 y 100 cm de profundidad. El régimen de humedad de estos suelos es ácuico por lo que estos suelos están saturados con agua continua o periódicamente con predominio de reacciones de reducción debido a la ausencia de oxígeno.

Estos suelos contemplan 135,42 ha que representan el 0,54 % de la superficie total del cantón.

8.2.2.3. Terraza baja y cauce actual (Tb)

De origen deposicional, se ubica al lado del cauce del río Chimbo en el sector de San Juan de la Isla, al sur del cantón. Esta zona está sujeta a las crecidas temporales del río en épocas lluviosas, es por esto que la cobertura vegetal es casi inexistente, la pendiente es plana llegando hasta el 2 % y su desnivel no excede los 2 m. Presenta gran cantidad de guijarros y cantos rodados.



Figura 8.2c. Terraza baja del río Chimbo

Dentro de esta unidad se encontró el siguiente tipo de suelo:

Typic Ustifluvents

Correspondientes al orden de los Entisoles, son suelos de textura franco arenosa hasta 60 cm y arenosos a profundidad; con buen drenaje, es decir son suelos con una capacidad de retención óptima e intermedia de agua, pero no están suficientemente saturados cerca de la superficie o por períodos largos de tiempo; su profundidad efectiva es mayor a 100 cm, siendo así, suelos profundos.

Dentro de las características químicas, se ha determinado que estos suelos presentan un pH medianamente ácido (mayor a 5,5 hasta 6,0); un contenido medio de materia orgánica (entre 1,0 a 2,1%); un porcentaje bajo de saturación de bases (menor a 35%); por lo que presentan una baja fertilidad caracterizada por una buena disponibilidad de los nutrientes que serán asimilados por las plantas.

Su régimen de temperatura es isohipertérmico, es decir que su temperatura media anual es superior a 22 °C entre los 50 y 100 cm de profundidad. El régimen de humedad de estos suelos es ústico por lo que todo el perfil de suelo está seco más de tres meses consecutivos, pero húmeda en algunas partes más de seis meses.

Su perfil representativo corresponde al CG1-P009. Estos suelos contemplan 117,73 ha que representan el 0,44 % de la superficie total del cantón.

8.2.2.4. Terraza media (Tm)

De origen deposicional, la terraza media es el segundo nivel existente con respecto al fondo del valle o cauce del río Chimbo, ubicado en el sector de San Juan al sur del cantón, está compuesta por guijarros y cantos rodados claramente evidenciables. Cabe resaltar que cuando las precipitaciones son intensas esta zona queda total o parcialmente cubierta de agua.

Las pendientes de estas formas son muy suaves del 2-5% y el desnivel relativo no excede los 3 m.



Figura 8.2d. Terraza media del río Chimbo

Dentro de esta unidad se encontró los siguientes tipos de suelos:

8.2.2.4.1. *Typic Udipsamments*

Correspondientes al orden de los Entisoles, son suelos de textura arenosa hasta los 50 cm y francos en profundidad; con excesivo drenaje, es decir son suelos con una baja de retención de agua y de movimiento en profundidad rápido o muy rápido, pedregosos y moderadamente profundos debido a que presentan una profundidad efectiva entre 51 a 100 cm.

En el aspecto químico, presentan como características principales un pH medianamente ácido (mayor a 5,5 hasta 6,0); un bajo contenido de materia orgánica (menor a 1,1 %) en el rango referencial para la costa ecuatoriana; un bajo porcentaje de saturación de bases (menor de 35 %) por lo que presentan una baja fertilidad caracterizada por una escasa disponibilidad de los nutrientes para las plantas.

Su régimen de temperatura es isohipertérmico, es decir que su temperatura media anual es superior a 22 °C entre los 50 y 100 cm de profundidad. El régimen de humedad de estos suelos es údico por lo que todo el perfil de suelo no está seco más de tres meses consecutivos la mayoría de los años.

Estos suelos contemplan 128,29 ha que representan el 0,51 % de la superficie total del cantón.

8.2.2.4.2. *Typic Ustifluvents*

Correspondientes al orden de los Entisoles, son suelos de textura franco arenosa hasta 60 cm y arenosa muy fina a profundidad; con buen drenaje, es decir son suelos con una capacidad de retención óptima e intermedia de agua, pero no están suficientemente saturados cerca de la superficie o por períodos largos de tiempo; su profundidad efectiva es mayor a 100 cm, siendo así, suelos profundos.

Dentro de las características químicas, se ha determinado que estos suelos presentan un pH medianamente ácido (mayor a 5,5 hasta 6,0); un contenido medio de materia orgánica (entre 1,0 a 2,1%); un porcentaje bajo de saturación de bases (menor a 35%); por lo que presentan una baja fertilidad caracterizada por una buena disponibilidad de los nutrientes que serán asimilados por las plantas.

Su régimen de temperatura es isohipertérmico, es decir que su temperatura media anual es superior a 22 °C entre los 50 y 100 cm de profundidad. El régimen de humedad de estos suelos es ústico por lo que todo el perfil de suelo está seco más de tres meses consecutivos, pero húmeda en algunas partes más de seis meses.

Su perfil representativo corresponde al CG1-P009. Estos suelos contemplan 487,44 ha que representan el 1,90 % de la superficie total del cantón.

8.2.2.5. Terraza alta (Ta)

De origen deposicional, éste es el último nivel de las terrazas con respecto al fondo del valle o cauce del río Chimbo, el mismo está ubicado en el sector de San Juan de la Isla al centro sur del cantón.

En esta zona existe vegetación arbustiva desarrollada debido a que con dificultad esta superficie se llega a inundar, las pendientes son suaves del 5 al 12 % y el desnivel relativo alcanza como máximo entre 3 a 4 m.



Figura 8.2e. Terraza alta del río Chimbo

Dentro de esta unidad se encontró el siguiente tipo de suelo:

Typic Ustifluvents

Correspondientes al orden de los Entisoles, son suelos de textura franco arenosa hasta 60 cm y arenosa muy fina a profundidad; con buen drenaje, es decir son suelos con una capacidad de retención óptima e intermedia de agua, pero no están suficientemente saturados cerca de la superficie o por períodos largos de tiempo; su profundidad efectiva es mayor a 100 cm, siendo así, suelos profundos.

Dentro de las características químicas, se ha determinado que estos suelos presentan un pH medianamente ácido (mayor a 5,5 hasta 6,0); un contenido medio de materia orgánica (entre 1,0 a 2,1%); un porcentaje bajo de saturación de bases (menor a 35%); por lo que presentan una baja fertilidad caracterizada por una buena disponibilidad de los nutrientes que serán asimilados por las plantas.

Su régimen de temperatura es isohipertérmico, es decir que su temperatura media anual es superior a 22 °C entre los 50 y 100 cm de profundidad. El régimen de humedad de estos suelos es ústico por lo que todo el perfil de suelo está seco más de tres meses consecutivos, pero húmeda en algunas partes más de seis meses.

Su perfil representativo corresponde al CG1-P009. Estos suelos contemplan 65,15 ha que representan el 0,26 % de la superficie total del cantón.

8.2.2.6. Terrazas indiferenciadas (Ti)

De origen deposicional, estas zonas se encuentran ubicadas en el sector San Francisco al sureste del cantón a lo largo de la superficie de cono de esparcimiento, siendo la característica principal la no distinción de los diferentes niveles de terrazas. Existe la presencia de cantos rodados los cuales poseen hasta 20 y 40 cm de diámetro.

Existe arboricultura tropical (misceláneo) como cultivo dominante y presencia escasa de cacao, además son zonas de muy difícil mecanización; la pendiente va de 0 a 2 % y el desnivel relativo de 0 a 5 m.



Figura 8.2f. Terrazas indiferenciadas

Dentro de esta unidad se encontró los siguientes tipos de suelos:

8.2.2.6.1. Typic Ustipsamments

Correspondientes al orden de los Entisoles, son suelos de textura arenosa; con drenaje excesivo, es decir que son suelos con baja retención de agua y de movimiento en profundidad rápido o muy rápido, no adaptados para la producción de cultivos a menos que se rieguen; su profundidad efectiva va desde los 51 cm hasta los 100 cm, siendo así, moderadamente profundos.

Dentro de las características químicas, se ha determinado que estos suelos presentan un pH medianamente ácido (mayor a 5,5 hasta 6,0); un bajo contenido de materia orgánica (menor a 1,1%); un porcentaje bajo de saturación de bases (menor a 35 %); por lo que presentan una baja fertilidad caracterizada por una escasa disponibilidad de los nutrientes para las plantas.

Su régimen de temperatura es isohipertérmico, es decir que su temperatura media anual es superior a 22 °C entre los 50 y 100 cm de profundidad. El régimen de humedad de estos suelos es ústico por lo que todo el perfil de suelo está seco más de tres meses consecutivos, pero húmeda en algunas partes más de seis meses.

Estos suelos contemplan 34,12 ha que representan el 0,13 % de la superficie total del cantón.

8.2.2.6.2. Typic Ustifluvents

Correspondientes al orden de los Entisoles, son suelos de textura franco arcillosa hasta 25 cm y arenosa en profundidad; con buen drenaje, es decir

son suelos con una capacidad de retención óptima e intermedia de agua, pero no están suficientemente saturados cerca de la superficie o por períodos largos de tiempo; su profundidad efectiva va desde los 51 cm hasta los 100 cm, siendo así, moderadamente profundos.

Dentro de las características químicas, se ha determinado que estos suelos presentan un pH ligeramente ácido (mayor a 6,0 hasta 6,5); un contenido medio de materia orgánica (entre 1,0 a 2,1%); un porcentaje bajo de saturación de bases (menor a 35%); por lo que presentan una mediana fertilidad caracterizada por una buena disponibilidad de los nutrientes que serán asimilados por las plantas.

Su régimen de temperatura es isohipertérmico, es decir que su temperatura media anual es superior a 22 °C entre los 50 y 100 cm de profundidad. El régimen de humedad de estos suelos es ústico por lo que todo el perfil de suelo está seco más de tres meses consecutivos, pero húmeda en algunas partes más de seis meses.

Estos suelos contemplan 236,31 ha que representan el 0,93 % de la superficie total del cantón.

8.2.2.6.3. *Typic Ustorthents, Esquelética-Arenosa*

Correspondientes al orden de los Entisoles, son suelos con textura de arenas gruesas; con pedregosidad frecuente; con drenaje excesivo, es decir que son suelos con baja retención de agua y de movimiento en profundidad rápido o muy rápido, no adaptados para la producción de cultivos a menos que se rieguen; su profundidad efectiva es mayor a 100 cm, siendo así, profundos.

En el aspecto químico, presentan como características principales un pH medianamente ácido (mayor a 5,5 hasta 6,0); tienen un bajo contenido de materia orgánica (menor a 1,1 %) en el rango referencial para la costa ecuatoriana; un bajo porcentaje de saturación de bases (menor de 35 %) por lo que presentan una baja fertilidad caracterizada por una escasa disponibilidad de nutrientes para las plantas.

Su régimen de temperatura es isohipertérmico, es decir que su temperatura media anual es superior a 22 °C entre los 50 y 100 cm de profundidad. El régimen de humedad de estos suelos es ústico por lo que todo el perfil de suelo está seco más de tres meses consecutivos, pero húmeda en algunas partes más de seis meses.

Su perfil representativo corresponde al CG1-P010. Estos suelos contemplan 2 759,77 ha que representan el 10,86 % de la superficie total del cantón.

8.3. Capacitación y transferencia de tecnología

El curso formativo de Suelos, puede ser considerado como uno de los productos de mayor trascendencia para el futuro del Proyecto. Fue desarrollado en las ciudades de Guayaquil y Guaranda, con una duración de un mes entre el 23 de marzo al 17 de abril, cumpliendo los siguientes objetivos:

- Crear capacidades en jóvenes profesionales egresados de las universidades, en las carreras de agronomía, medio ambiente o geografía, en la especialización de edafología, quienes tendrán la oportunidad de capacitarse en servicio, durante los trabajos de campo programados para el Levantamiento de Suelos de la Cuenca del Río Guayas, en el marco del Convenio SENACYT-SENPLADES-CLIRSEN.
- Actualizar conocimientos especialmente en el Sistema de Clasificación de Suelos Soil Taxonomy 2006, a utilizarse en los estudios de la Cuenca del Guayas.
- Seleccionar al final del curso, a los mejores estudiantes o profesionales, quienes podrán formar parte de los equipos de trabajo de campo en los estudios de suelos, y serán promocionados para cursos de postgrado en Edafología en el exterior, con el apoyo y auspicio de la SENACYT

Dirigido a:

Egresados o profesionales recién graduados de las universidades del país, preferentemente de aquellas provincias que forman parte de la Cuenca del Río Guayas.

Lugar:

Universidad Agraria de Guayaquil del 23 al 27 de marzo y del 30 de marzo al 3 de abril.

Universidad de Bolívar - Guaranda del 6 al 10 de abril y del 13 al 17 de abril.

Cuerpo de profesionales instructores:

Ing. Luís Mejía Vallejo

Ing. Hernán Velásquez

Dr. Washington Padilla

Dr. Marcelo Calvache

Dr. José Espinosa

Ing. Jorge Acosta

Ing. Augusto González Artieda

Participaron en el curso 46 asistentes de varias universidades y entidades públicas y privadas de todo el país, diez de los cuales se integraron al grupo de profesionales para la ejecución del proyecto.

9. CONCLUSIONES

- La superficie de cono de esparcimiento es la forma de relieve la cual predomina, teniendo un 89 % del total del área del cantón, sus pendientes no exceden el 5 %.
- La presencia de cantos rodados y de gujarros hacen que la mecanización de las tierras tengan un grado de dificultad elevado sobre todo en las Terrazas indiferenciadas de este sector.
- Dentro del cantón Naranjito existe una gran cantidad de misceláneos indiferenciados (arboricultura tropical) que incluye banano, cacao y sobre todo mango, piña, entre otras.
- En el presente Cantón se encontró en forma resumida los siguientes tipos de suelos, a nivel de Orden, según la Soil Taxonomy (2006):
 - Entisoles, con 19 432,62 ha, que representan un 76,42 % del área total del cantón, que son suelos que tienen muy poca o ninguna evidencia de formación o desarrollo de horizontes pedogenéticos, debido a que el tiempo de desarrollo ha sido muy corto o porque se encuentran sobre fuertes pendientes sujetas a erosión y otros porque están sobre planicies de inundación, condiciones que no permiten el desarrollo del suelo. Las condiciones de poco espesor o desarrollo del suelo limitan su uso; los principales problemas para su aprovechamiento constituyen la erosión, rocosidad, excesivos materiales gruesos, susceptibilidad a la inundación, saturación permanente de agua. Sin embargo los entisoles fértiles de los aluviones y llanuras costeras, sirven de sustento a una agricultura intensiva como es el caso de los suelos del banano y cacao en la Cuenca del Guayas, en donde los suelos son formados por sedimentos aluviales recientes, sobre planicies de inundación, abanicos y deltas de los ríos, terrazas y llanuras y su característica principal constituye presentar capas estratificadas de textura variable y distribución irregular en el contenido de materia orgánica.
 - Inceptisoles, con 3 754,59 ha, que representan un 14,77 % del área total del cantón, que son suelos que evidencian un incipiente desarrollo pedogenético, dando lugar a la formación de algunos horizontes alterados; los procesos de translocación y acumulación pueden presentarse. Constituyen una etapa subsiguiente de evolución, en relación con los Entisoles, sin embargo son considerados inmaduros en su evolución. Estos suelos se han originado a partir de diferentes materiales parentales (materiales resistentes o cenizas volcánicas); en posiciones de relieve extremo, fuertes pendientes o depresiones o superficies geomorfológicas jóvenes. Abarca suelos que son muy pobremente

drenados a suelos bien drenados y como ya se ha indicado con la presencia de algunos horizontes diagnósticos, sin embargo el perfil ideal de los Inceptisoles incluiría una secuencia de un epipedón ócrico sobre un horizonte cámbico. El uso de estos suelos es muy diverso y variado, las áreas de pendientes fuertes son más apropiadas para la reforestación mientras que los suelos de depresiones con drenaje artificial pueden ser cultivados intensamente.

- Alfisoles, con 1 074,15 ha, que representan un 4,23 % del área total del cantón, que son suelos que poseen un epipedón ócrico eluvial sobre un horizonte argílico (iluvial) y moderada a alta saturación de bases, en donde el proceso más importante asociado a estos suelos lo constituye la translocación de arcillas y su acumulación para formar los horizontes argílicos; generalmente se desarrollan sobre superficies antiguas o en paisajes jóvenes pero estables, sin embargo son suelos aún suficientemente jóvenes pues retienen cantidades notables de minerales primarios, arcillas, minerales y nutrientes para las plantas. Son suelos recomendados para explotaciones intensivas de cultivos anuales, por su alto contenido en bases y alta reserva de nutrientes; son suelos adecuados también para pastizales y bosques. Como limitantes generales se puede mencionar su poca infiltración del agua y problemas para el desarrollo radicular de los cultivos.
- Mollisoles, con 135,2 ha, que representan un 0,54 % del área total del cantón, que son suelos en su mayoría aquellos de color negro, ricos en bases de cambio, muy comunes de las áreas originalmente de praderas que han dado lugar a la formación de un horizonte superior de gran espesor, oscuro, con abundantes materiales orgánicos y de consistencia y estructura favorables al desarrollo radicular (epipedón móllico), debiendo destacarse para ello la acción de microorganismos y lombrices. En estos suelos pueden presentarse también procesos de translocación de arcillas que permitirán la formación de un horizonte de iluviación o argílico. Estos suelos en las llanuras y valles aluviales presentan texturas franco arenosas, arcillosas o franco arcillosas, pH ligeramente ácido a neutro y buena fertilidad. Estos suelos por sus buenas condiciones de fertilidad y manejo, son muy aptos para toda clase de cultivos.
- La información generada permite obtener una base sólida a partir de la cual pueden realizarse análisis interpretativos a nivel cantonal y parroquial, sobre potencialidades y/o limitaciones del recurso suelo, que pueden ser requeridos directa o indirectamente en la producción agrícola o fuera de ella.

- El mapa de suelo de este cantón tiende a la difusión de una clasificación y nomenclatura correlacionada internacionalmente, para lograr un acuerdo sobre las definiciones de agrupaciones edafológicas que permitan definir distinciones y similitudes, evitando así usar los mismos términos para referirse a suelos diferentes y distintos términos para referirse a un mismo suelo.

10. RECOMENDACIONES

- Facilitar el acceso a la información generada a los gobiernos seccionales y comunidad científica interesada, como por ejemplo haciéndola accesible por Internet de forma libre.
- Emplear la información geomorfológica y de suelos generada para producir información referente a planes de desarrollo, procesos de valoración de tierra, planes de ordenamiento territorial, plan de manejo ambiental, zonificaciones agroecológicas, etc.
- Difundir ampliamente la información generada a instituciones y centros de educación superior, para su conocimiento y utilización en líneas de investigación aplicadas a esta temática.
- Actualizar y ajustar oportunamente la información generada en el marco de este proyecto, dependiendo de la disponibilidad de nuevos insumos y tecnologías.
- Establecer una línea metodológica aplicada de generación de información única para todo el país.

11. BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

1. Bautista, F. y Palacios, G. 2005. Caracterización y manejo de los suelos de la Península de Yucatán: implicaciones agropecuarias, forestales y ambientales. Universidad Autónoma de Campeche, Universidad Autónoma de Yucatán, INE-Semarnat, Conacyt, México. sp.
2. Casanova, M. y Vera, W. 2004. Edafología, Guía de Clases Prácticas. Universidad de Chile. Chile, p. 51.
3. CODIGEM. 1979. Hoja Geológica, Portoviejo (hoja 13), El Empalme (hoja 30), Paján (hoja 14) y Vincas (hoja 31). Escala 1:100 000.
4. Cortés, A. y Malagón, D. 1983. Levantamientos de Suelos y sus Aplicaciones Multidisciplinarias. Centro Interamericano de Desarrollo Integral de Aguas y Tierras. Serie Suelos y Clima SC-58. Mérida- Venezuela. 409 p.
5. De La Rosa, D. 2008. Evaluación Agro-Ecológica de Suelos. Consejo Superior De Investigaciones Científicas (CSIC) Instituto de Recursos naturales y Agrobiología de Sevilla (IRNAS). Ediciones Mundi- Prensa Madrid- España. 404 p.
6. Derruau, M. 1970. Geomorfología. Ediciones Ariel S.A. Barcelona-España.
7. Dorronsoro, C. sf. Clasificación y cartografía de suelos. Departamento de Edafología y Química Agrícola. Universidad de Granada. España. Disponible en: <http://edafologia.ugr.es/cartotema00/progr.htm> enero 2009.
8. Duque P. 2000. Léxico Estratigráfico del Ecuador. CODIGEM. Quito-Ecuador.
9. Elizalde, G. y Viloria, J. 2001. Lectura de mapas y ubicación de suelos. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. Departamento de Edafología. Práctica N° 12. 4 p.
10. Espinosa, N. 1998. Modelo Agrológico para la Costa Sur Ecuatoriana. Quito. s.p.
11. Farr, T. 2008. The Shuttle Radar Topography Mission. California Institute of Technology, Pasadena, CA.
12. Felicísimo, A. 2004. Modelos Digitales del Terreno Introducción y aplicaciones en las ciencias ambientales. Disponible <http://www.etsimo.uniovi.es/~feli>.
13. Forsythe, W. 1995. Manual de laboratorio de física de suelos. Editorial IICA. San José de Costa Rica. p. 42
14. Foucalt, A. y Raoult, J-F. 1985. Diccionario de Geología. Primera Edición. Editorial Masson S.A. Barcelona-España.
15. Fuentes, J. 1999. El Suelo y los Fertilizantes. 5ª Edición. Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación. Ediciones Mundi- Prensa Madrid-España. p. 283-216
16. Gavande, S. 1993. Física de Suelos, principios y aplicaciones. Editorial Limusa-Wiley, S. A. p. 34
17. González, A.; Maldonado, F.; Mejía, L. 1986. Memoria explicativa del mapa de suelos del Ecuador. Quito, Sociedad Ecuatoriana de la Ciencia del Suelo. 41 p.

18. Gutierrez, M. 2008. Geomorfología. Pearson Educación S.A. Madrid-España.
19. ICA. 1992. Fertilización en diversos cultivos. Quinta aproximación. Manual de Asistencia Técnica N° 25. Subgerencia de Investigación. Sección Recursos Naturales. Centro de Investigación Tibaitatá. Bogotá- Colombia. 64 p.
20. INPOFOS 1998. Memorias del seminario Internacional de Fertigación. Sociedad Ecuatoriana de la Ciencia del Suelo (SECS) Quito - Ecuador. p. 180 - 193
21. Instituto Autónomo Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP). 2006. Física de Suelos. Estación Experimental Santa Catalina - Departamento de Manejo de Suelos y Aguas. Quito-Ecuador. 51 p.
22. Instituto Autónomo Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP). 2006. Química de Suelos. Estación Experimental Santa Catalina - Departamento de Manejo de Suelos y Aguas. Quito-Ecuador. 41 p.
23. Instituto Autónomo Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP). 2000. Metodologías de Análisis Físico Químico de Suelos, Aguas y Foliare. Laboratorio del Departamento de Manejo de Suelos y Aguas. Estación Experimental Santa Catalina. 3ª. Aproximación. Elaborado por Soraya Alvarado. Quito - Ecuador. 61 p.
24. Instituto Geográfico Agustín Codazzi. 1973. Métodos analíticos del laboratorio de suelos. Ministerio de Hacienda y Crédito Público. 3era. Edición. 153 p.
25. Instituto Nacional de Ecología. 2005. El establecimiento de Geoparques en México: un método de análisis geográfico para la conservación de la naturaleza en el contexto del manejo de cuencas hídricas. Dirección General de Investigación de Ordenamiento Ecológico y Conservación de Ecosistemas. Dirección de manejo integral de cuencas hídricas.
26. Jarvis, A. et al. 2004. Practical use of SRTM data in the tropics - Comparisons with digital elevation models generated from cartographic data. International Centre for Tropical Agriculture (CIAT). Working document No. 198.
27. Luzuriaga, C. y Mendoza, E. 1992. Métodos de Análisis Suelos y Foliare. ORSTOM. Tumbaco. p. 41 - 48.
28. MAG-IICA-CLIRSEN. 2002. Proyecto Generación de Información Georeferenciada para el Desarrollo Sustentable del Sector Agropecuario. Informe Final. Quito.
29. Mejía, L. 1997. Mapa General de Clasificación por Capacidad - Fertilidad Suelos del Ecuador. Fundación Peña Durini- Instituto de la Potasa y el Fosforo -Instituto Geográfico Militar-Instituto Panamericano de Geografía E Historia. Quito - Ecuador. 57 p.
30. Mejía, L. 2009. Manual para el levantamiento de Suelos de la Cuenca del Río Guayas. Enfoque Fisigráfico. Quito - Ecuador. 50 p.
31. Mendoza, E. 2009. Laboratorio de Suelos Agrocalidad - Información del INIAP. Comunicación personal.

32. Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca (MAGAP) y Programa de Regulación y Administración de Tierras Rurales (PRAT) 2008. Metodología de Valoración de Tierras. Quito-Ecuador. p. 88, 129.
33. Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) y Office de la Recherche Scientifique Et Tecchique Outre Mer (ORSTROM). 1980. Leyenda de Mapas de Suelos de la Tierra Escala 1: 50 000. Programa Nacional de Regionalización Agraria (PRONAREG). Ecuador. 12 p.
34. Ministerio de Hacienda y Crédito Público. 1973. Métodos Analíticos del Laboratorio. Instituto Geográfico Agustín Codazzi - Dirección Agrológica 3ª. Edición. Bogotá D. E. 153 p.
35. Moreno, A. et al. 2008. Sistemas y Análisis de la Información Geográfica. 2da. edición.
36. Muñoz, C. sf. Métodos de análisis físicos-químicos de suelos. Quito Ecuador. p. 17-18.
37. Navarro, G. 2003. Química Agrícola. El Suelo y Los Elementos Químicos Esenciales para la Vida Vegetal. 2ª. Edición. Ediciones Mundi-Prensa Madrid- España. 487 p.
38. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). 2009. Guía para la descripción de suelos. Traducción al español de Vargas R. 1era edición en español 2009. Proyecto FAO-SWALIM, Nairobi, Kenya-Universidad Mayor de San simón. Roma. 99 p.
39. Osorio, N. sf. Muestreo de Suelos. Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia. sp.
40. Porta, J.; López-Acevedo, M. y Poch, R. 2008. Introducción a la Edafología: uso y protección del suelo. Ediciones Mundi-Prensa. p. 235; 345-359
41. Porta, J. y Acevedo, M. 2005. Agenda de Campo de Suelos. Ediciones Mundi Prensa. Madrid - España. p. 500
42. Porta, J.; López - Acevedo, M. 2003. Edafología para la Agricultura y el Medio Ambiente. Ediciones Mundi- Prensa. Madrid- España. p. 38.
43. Potash & Phosphate Institute. 1997. Manual Internacional de Fertilidad de Suelos. Referencia No. 962007. Ítem No. SP-5070 p. 1-9
44. Richards, L. 1970. Diagnóstico y rehabilitación de suelos salinos y sódicos. México, Centro Regional de Ayuda Técnica. 169 p.
45. Rioduero. 1972. Geología y Mineralogía. Ediciones Rioduero. Madrid-España.
46. Romer H. 1969. Fotogeología Aplicada. Editorial Universitaria. Buenos Aires- Argentina.
47. Rossiter, D. 2000. Metodologías para el levantamiento del recurso suelo, Texto Base. Traducción y adaptación. Vargas, R. 2004. Soil Science Division, ITC.
48. Rossiter, D. 1999. Notas de conferencia: Bases de datos geográficos de suelos y el uso de programas para su construcción. International Institute for Geo-information Science & Earth Sciences (ITC). Traducción al Español de: Vargas R. 1era edición en español 2006. Universidad Mayor de San Simón - Centro Clas. 58 p.

49. Sánchez, J. sf. "Proceso de rectificación de una imagen aérea para obtener una ortoimagen digital".
50. Soil Survey Division Staff SSDS. 1993. Soil Survey Manual. National Soil Survey Center.
51. Tarbuck E., Lutgens F. 2008. Ciencias de la Tierra (Una introducción a la geología física). Editorial Prentice Hall. Octava edición. España.
52. Thompson, L.; Troeh, F. 1988. Los Suelos y su Fertilidad. 4ª. Edición. Editorial Reverté S.A. Barcelona- España. 649 p.
53. United States Department of Agriculture Natural Resources Conservation Service (USDA). 1999. *Soil Taxonomy: A Basic System of Soil Classification for Making and Interpreting Soil Surveys*. Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, Servicio de Conservación de Recursos Naturales. Segunda Edición. Washington. 869 p.
54. United States Department of Agriculture Natural Resources Conservation Service (USDA). 2006. Claves para la Taxonomía de Suelos. Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, Servicio de Conservación de Recursos Naturales. Traducción de: Ortiz S., C. A. y Ma. del C. Gutiérrez C. 1º edición en español 2006. Colegio de Postgraduados. 331 p.
55. Van Zuidam, R.A. 1985. Aerial Photo-Interpretation in Terrain Analysis and Geomorphologic Mapping. Printed Smith Publishers. Netherlands.
56. Villota, H. 1991. Geomorfología Aplicada a Levantamientos Edafológicos y Zonificación Física de las Tierras. Primera parte. Bogota - Colombia.
57. Whitten D. y Bropks, J. 1980. Diccionario de Geología. Primera Edición en Castellano. Editorial Alianza, Madrid-España.
58. Winckell, A. et al. 1997. Los Paisajes Naturales del Ecuador. Tomo IV Volumen 2 Geografía Física. Editorial Talleres Gráficos IGM. Quito-Ecuador.

Consultas en páginas de Internet:

1. <http://satori.geociencias.unam.mx/LGM>
2. <http://www.guayas.gov.ec/cantones>

4.2. HORIZONTES Y/O CAPAS

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

Abundancia	Tamaño	Tipo (forma)	Raíces		ACT. BIOLÓGICA		pH	Reacción al NaF	CARBONATOS		YESO		FORMACIONES ESPECIALES			LÍMITES		Otra Información																													
			Abundancia	Tipo	Otros Ragos	Frag. Grosos			Contenido	Formas	Contenido	Formas	Revestimientos	Cementación Compacta	Con. Minerales	Distinción	Topografía																														
1			VF	Abundancia	Tipo	Tipo																																									
			F	Abundancia															Abundancia	Meteorización																											
			M	Abundancia	Abundancia	Meteorización																																									
			C	Abundancia																																		Abundancia	Meteorización								
VF	Abundancia	Tipo	Tipo																																												
F	Abundancia															Abundancia	Meteorización																														
M	Abundancia	Abundancia	Meteorización																																												
C	Abundancia																																							Abundancia	Meteorización						
VF	Abundancia	Tipo	Tipo																																												
F	Abundancia																	Abundancia	Meteorización																												
M	Abundancia	Abundancia	Meteorización																																												
C	Abundancia																																									Abundancia	Meteorización				
VF	Abundancia	Tipo	Tipo																																												
F	Abundancia																	Abundancia	Meteorización																												
M	Abundancia	Abundancia	Meteorización																																												
C	Abundancia																																											Abundancia	Meteorización		

4.3. OTRAS CARACTERISTICAS

FIRMA DE RESPONSABILIDAD

FIRMA DE SUPERVISIÓN

Anexo 6.5b. Instructivo de la ficha de descripción de perfiles de suelos.

A continuación se pretende brindar pautas y normas básicas para el almacenamiento de datos de suelos descritos en una ficha de perfil basados en criterios de la Guía para Descripción de Suelos, publicada por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) en el año 2009.

La finalidad del instructivo es dar las directrices para que los datos recolectados en campo sean almacenados cuidando la integridad, calidad y sobre todo controlar la trazabilidad² del dato.

RESPONSABILIDAD DE LOS MIEMBROS DEL GRUPO

Funciones del Coordinador:

- a) Liderar los grupos de trabajo.
- b) Controlar y supervisar el acopio y envío de las muestra de los cuatro grupos.
- c) Proporcionar los materiales y equipos de campo numerados en el punto 3.
- d) Proporcionar :
 - El instructivo de descripción de perfiles de suelos.
 - Fichas de campo de descripción de perfiles.
 - Guía para descripción de suelos (FAO, 2009)
 - El instalador de la base de datos digital.
 - CDS en blanco (para grabar la base de datos).
- e) Revisar la base de datos en formato digital proporcionada por los grupos.
- f) Solicitar a los grupos que se rectifique la base de datos si estas tuviere errores.
- g) Aprobar la base de datos de los grupos.
- h) Revisar los reportes de laboratorio, previo al análisis, e interpretación de los resultados con todos los grupos de trabajo.

Funciones de los jefes de grupo:

- a) Liderar el grupo de trabajo para la descripción de perfiles.
- b) Capacitar en servicio a los profesionales y técnicos miembros del grupo de trabajo.
- c) Comprobar que tenga todos los instrumentos para llenar la base de datos de descripción de perfiles.
- d) Llenar las fichas de campo de descripción de perfiles de suelos.
- e) Cargar la descripción en la base de datos digital.

² Trazabilidad.- Término modificado, que para el presente instructivo explica el seguimiento y control de los datos edafológicos desde la toma hasta el usuario final.

- f) Enviar al coordinador la base de datos digital, para su respectivo análisis y control de calidad.
- g) Pedir la aprobación de la base de datos digital.
- h) Entregar en un CD la base de datos digital aprobada y el libro de campo en cada salida.
- i) Participar en la revisión de todos los informes de laboratorio, previo al análisis, en interpretación de resultados con los otros jefes de equipo.
- j) Realizar los informes de cada salida de campo para justificación del pago de viáticos.

Funciones de los integrantes de grupo:

- a) Colaborar en llenado de la fichas de campo de descripción de perfiles.
- b) Colaborar en cargar la descripción en la base de datos digital.
- c) Realizar actividades que le designe el jefe de grupo.
- d) Participar como ayudante en la descripción de perfiles.
- e) Colaborar con el acopio de muestras para el envío a laboratorio.
- f) Participar en la revisión de todos los reportes de laboratorio previo al análisis e interpretación de los resultados dentro de su respectivo grupo.

NORMAS GENERALES

- Laborar en las horas establecidas de acuerdo a la planificación realizada por el grupo, evitando el robo de equipos, accidentes y las horas que no le favorezcan la toma de datos.
- Llenar las fichas de campo de descripción de perfiles con letra legible y clara con la mayor objetividad posible.
- Tomar las medidas de protección del material de campo, evitando la lluvia, o pérdida del mismo.

MATERIALES Y EQUIPOS QUE REQUIERE CADA GRUPO DE CAMPO

Con antelación a las salidas de campo, el grupo debe cerciorarse, de que dispone de todos los instrumentos y documentación para desarrollar su labor, estos son:

- Barreno
- GPS
- Vasos plásticos de precipitación de 50 ml.
- Probeta de 50 ml.
- Goteros
- Reactivos químicos:
 - HCL al 10%.
 - agua destilada.

- 1M³ de KCL.
- 0,2M CaCl₂.
- 1M NaF (ajustado a pH 7,5).
- papel filtro remojado con fenoltaleina.
- Fotomapas⁴.
- Cartas topográficas del sector.
- Mapas de referencia edafológica secundaria.
- Pala de desfonde.
- Tabla Munsell.
- Cámara digital.
- Piseta con agua.
- Cuchillo edafológico.
- Fundas negras para transporte de muestras.
- Fundas transparentes para almacenar las muestras.
- Stickers para etiquetar las muestras.
- Instructivo de descripción de perfiles de suelos.
- Fichas de campo de campo de descripción de perfiles.
- El instalador de la bases de datos digital.
- CDS en blanco.
- Esfero.
- Marcador indeleble.
- Lupa de 10x
- Lápiz.
- Computador portátil (ArcGis, Microsoft Office 2000 o superior y ERDAS).
- Altimetro calibrado.
- Flexómetro
- Barra
- Pala redonda

FORMA DE LLENAR EL LIBRO DE DESCRIPCIÓN DE PERFILES

Recomendaciones generales

Con el fin de obtener los mejores resultados posibles, en la ficha de descripción de perfiles, los grupos deberán observar las siguientes recomendaciones:

- a) La información anotada en la ficha debe ser objetiva, correcta, coherente y completa.
- b) La ficha en campo podrá ser llenada con lápiz con letra de molde y números perfectamente legibles, para que los datos mal escritos o

³ M= Molaridad = moles de soluto / litros solución

Fuente: UCE - FCA, Cátedra de Nutrimento de Plantas 1999.

⁴ El fotomapa es una imagen georeferenciada a escala 1: 25.000, que tendrá señalado con color amarillo el límite del sector a intervenir y los puntos para la descripción de perfiles.

equivocados, puedan ser borrados de tal modo que, al ser escritos los correctos, estos puedan ser leídos sin confusión. Para luego pasarle a limpio, sin tachones, ni borrones, utilizando esfero azul.

- c) El trabajo debe ser realizado con honestidad y reflejar fielmente la realidad del perfil.
- d) Verificar si todos los datos fueron obtenidos al finalizar el perfil o barrenación.

INFORMACIÓN QUE DEBE RECOGERSE EN CADA SECCIÓN DE LA FICHA

1. UBICACIÓN

1. UBICACIÓN	
1.1. DIVISIÓN POLÍTICO ADMINISTRATIVA	1.2. LOCALIZACIÓN (UTM, WGS84 Zona 17S)
PROVINCIA <input type="text"/>	COORD. X: <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> m
CANTÓN <input type="text"/>	COORD. Y: <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> m
PARROQUIA <input type="text"/>	ALTITUD <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> m.snm.
SITIO <input type="text"/>	Punto GPS <input type="text"/>

1.1. División Político Territorial

PROVINCIA: No requiere explicación.

CANTÓN: No requiere explicación.

PARROQUIA: No requiere explicación.

SITIO: Se refiere al nombre con que se conoces el lugar del perfil.

1.2. Localización (UTM, WGS84, Zona 17 Sur)

Para la localización se deberá configurar el GPS a proyección UTM, datum GW84

COORD. X: Se refiere a la longitud o coordenada X dada por el GPS, consta de seis dígitos, no tendrá decimales, en la base de datos no se podrán poner valores menores a 527 139 o mayores 781 373.

COORD. Y: Se refiere a la latitud o coordenada Y dada por el GPS, consta de siete u ocho dígitos, el primer digito siempre será 0 u 1, no tendrá decimales, en la base de datos no se podrán poner valores menores a 9 721 263 o mayores 9 986 120.

ALTITUD: Es la altitud dado por el GPS o Barómetro.

Punto GPS: Se refiere al código de almacenamiento de los puntos en el GPS, este campo no es necesario llenarlo, servirá de ayuda para guiarse si se bajan los datos del GPS a la computadora.

2. REGISTRO DE LA OBSERVACIÓN

2. REGISTRO DE LA OBSERVACIÓN	
2.1. No. PERFIL: <input type="text"/>	2.3. AUTORES: <input type="text"/>
2.2. FECHA DE DESCRIPCIÓN: <input type="text"/>	2.4. NOMBRE DE CARTA Y/O ORTOFOTO <input type="text"/>
FOTO PANORÁMICA <input type="text"/>	FOTO DEL PERFIL <input type="text"/>

2.1. No. PERFIL

La codificación se compone de la siguiente manera: comienza con las letras CG seguido por el número de grupo, luego un guión, inmediatamente la letra B si es barrenación o la letra P si es perfil, seguido por el orden de observación con tres dígitos.

CG1-P005

2.2. FECHA DE DESCRIPCIÓN

No requiere explicación.

2.3. AUTORES

Se escribe el primer apellido y la primera letra del nombre con letra mayúscula.

2.4. NOMBRE DE LA CARTA Y/O ORTOFOTO

Se refiere al código utilizado en la fotomapa para identificar la unidad que se esta muestreando, se recomienda que el este código sea único.

Foto Panorámica.- Se refiere a una foto en formato JPEG, en la cual se observe una panorámica del sitio de muestreo, en la base de datos se cargará directamente, y se almacenará en un directorio previamente creado en el servidor por el instalador de la ficha de campo.

Foto del Perfil.- Se refiere a una foto en formato JPEG, del perfil, en la base de datos se cargará directamente, y se almacenará en un directorio previamente creado en el servidor por el instalador de la ficha de campo.

3. FACTORES DE FORMACIÓN DEL SUELO

3. FACTORES DE FORMACIÓN DEL SUELO			
3.1. REGIMENES CLIMÁTICOS DEL SUELO		3.3. GEOMORFOLOGÍA	
3.1.1. TEMPERATURA	3.1.2. HUMEDAD	3.3.1. MORFOLOGÍA	3.3.3. GEOLOGÍA
<input type="checkbox"/> IF Isofrígido <input type="checkbox"/> IM Isomésico <input type="checkbox"/> IT Isotérmico <input type="checkbox"/> IH Isohipertérmico	<input type="checkbox"/> A Ácico <input type="checkbox"/> P Periódico <input type="checkbox"/> U Ústico <input type="checkbox"/> US Ústico <input type="checkbox"/> AR Árido		
3.2. INUNDACIÓN		3.3.2. PENDIENTE	3.3.4. RELIEVE
3.2.1. MES DE OCURRENCIA	3.2.1. DURACIÓN (en meses)	GENERAL <input type="text"/> LOCAL <input type="text"/>	<input type="checkbox"/> P Plano <input type="checkbox"/> F Ondulado <input type="checkbox"/> C Colinado <input type="checkbox"/> M Montafioso <input type="checkbox"/> V Escarpado
		3.4. USO DE LA TIERRA Y VEGETACIÓN	
		3.4.1. USO DE LA TIERRA	
		3.4.2. CULTIVOS	
		3.4.3. INFLUENCIA HUMANA	
		3.4.4. VEGETACIÓN	

3.1. REGÍMENES CLIMÁTICOS DEL SUELO

Remítase a la Guía para descripción de suelos (FAO, 2009) página 10, en los regimenes de temperatura solo se incluyeron los existentes en el país, de acuerdo a una revisión previa.

3.2. INUNDACIÓN

Con previa información de los agricultores o moradores del área de estudio se anota el mes de mayor ocurrencia y la duración en meses.

3.3. GEOMORFOLOGÍA

Se verifica la información del mapa geomorfológico.

3.4. USO DE LA TIERRA Y VEGETACIÓN

Remítase a la Guía para descripción de suelos (FAO, 2009) páginas 14, 15 y 16.

4. DESCRIPCIÓN DE LOS HORIZONTES DEL SUELO

4. DESCRIPCIÓN DEL SUELO

4.1. CARACTERÍSTICAS DE LA SUPERFICIE

4.1.1. AFLORAMIENTO ROCOSO Y/O FRAGMENTOS GRUESOS

Cod Cobertura (%)
 Sin o pocas <10
 Poca 10-25
 Frecuente 25-50
 Abundantes 50-75
 Pedregoso o rocoso >75

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

Cod Clases de tamaño (cm)
 Grava fina 0.5-1.0
 Grava media 1.0-2.0
 Grava gruesa 2.0-2.5
 Piedras 2.5-7.5
 Cantos 2.5-7.5 (forma)

Cod Dureza
 1 Duro
 2 Moderado
 3 Blando

4.1.2. EROSIÓN

CATEGORÍA
 Sin evidencias de erosión
 Erosión hídrica o deposición
 WS Erosión laminar
 WR Erosión por surcos
 WG Erosión por cárcavas
 WT Erosión por galería (túneles)
 WD Depósito por agua
 WA Erosión hídrica y eólica
 M Movimiento en masa
 NK No conocido
 A Erosión eólica o deposición
 AD Depósito por el viento
 M Erosión eólica y deposición
 AS Movimientos de arena
 AZ Depósito de sales

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

GRADO
 Ligero
 Moderado
 Severo
 Extremo

4.1.3. ENCOSTRAMIENTO

Cod Grosor (mm)
 Ninguno
 Delgado < 2
 Medio 2-5
 Grueso 5-20
 Muy grueso > 20

Cod Consistencia
 Ligeramente duro
 Duro
 Muy duro
 Extremadamente duro

4.1.4. GRIETA

Cod Ancho (cm)
 Fino < 1
 Medio 1-2
 Ancho 2-5
 Muy ancho 5-10
 Extremadamente ancho > 10

Cod Distancia entre grietas (m)
 Muy estrechamente espaciado < 0.2
 Estrechamente espaciado 0.2-0.5
 Moderadamente espaciado 0.5-2
 Ampliamente espaciado 2-5
 Muy espaciado > 5

Cod Profundidad (cm)
 Superficial < 20
 Media 20-50
 Profundo > 50

4.1.5. DRENAJE

EXTERNO
 Lento
 Normal
 Rápido

INTERNO
 Excesivo
 Bueno
 Moderado
 Mal drenado

4.1.6. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA SUPERFICIE

4.1. CARACTERÍSTICA DE LA SUPERFICIE

Remítase a la Guía para descripción de suelos (FAO, 2009) páginas 21, 22, 23 y 24.

4.2. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA SUPERFICIE

Se anotará otra información relevante que no conste en la ficha.

4.2. HORIZONTES Y/O CAPAS

4.2. HORIZONTES Y/O CAPAS

S. Código Muestra	Profund. (cm)	COLOR EN CAMPO		MOTEAOS				ESTRUCTURA		Textura	G	H	Consistencia	Humedad
		Tabla Munsell	Color	Abundancia	Tamaño	Contraste	Límites	Tipo (forma)	Tamaño					
1														
2														
3														
4														
5														

Abundancia	Tamaño	Tipo (forma)	Raíces	ACT. BIOLÓGICA		Frs. Gruesos	pH	Reacción al nH_2O	CARBONATOS		YESO		FORMACIONES ESPECIALES		LÍMITES		Otra Información
				Abundancia	Tipo				Contenido	Formas	Contenido	Formas	Revestimientos	Compactas	Con. Minerales	Distinción	

4.3. OTRAS CARACTERÍSTICAS

FIRMA DE RESPONSABILIDAD _____ FIRMA DE SUPERVISIÓN _____

Información de acuerdo a la guía de la FAO.

Orden de los horizontes o capas.
HORIZONTES DEL SUELO

Símbolo: Se refiere a la codificación de los horizontes o capas de acuerdo a la Guía para descripción de suelos (FAO, 2009) páginas 69-77.

Código de la muestra: la codificación para enviar al laboratorio deberá establecerse la misma codificación del numeral 2.1 seguido por número quebrado el cual el numerador es número de muestra y el denominador es el total de muestras del perfil

CG1-P005 m1/3

Profundidad: No requiere explicación, remítase a la Guía para descripción de suelos (FAO, 2009) página 25.

Color en campo

Viene dado por el código registrado en la Tabla Munsell, y se debe llenar en seco y en húmedo

Moteados

Remítase a la Guía para descripción de suelos (FAO, 2009) páginas 36 y 37.

Estructura

Remítase a la Guía para descripción de suelos (FAO, 2009) página 45.

Textura

Se anota la textura tomada en campo.

Consistencia

Se encuentra dividido de la siguiente manera

S: Seco.- Se deberá llenar si las condiciones del campo lo favorecen

H: Húmedo.- Este campo es obligatorio.

M: Mojado.- adhesividad y plasticidad.

Humedad

Remítase a la Guía para descripción de suelos (FAO, 2009) página 51.

Porosidad

Remítase a la Guía para descripción de suelos (FAO, 2009) páginas 53 y 54.

Raíces

Remítase a la Guía para descripción de suelos (FAO, 2009) página 61.

Act. Biológica

Remítase a la Guía para descripción de suelos (FAO, 2009) páginas 61 y 62, en este campo se debe agregar Abundancia y tipo.

Frag. Rocosos

Las subdivisiones correspondientes a las propiedades a los fragmentos rocosos (Tipo, Abundancia, Meteorización). Remítase a la Guía para descripción de suelos (FAO, 2009) página 25 -34.

pH

Remítase a la Guía para descripción de suelos (FAO, 2009) página 42, se registrará el dato numérico.

Reacción al NaF

Remítase a la Guía para descripción de suelos (FAO, 2009) páginas 43 y 44, se registrará la reacción positiva o negativa.

Carbonatos

Remítase a la Guía para descripción de suelos (FAO, 2009) página 39.

Yeso

Remítase a la Guía para descripción de suelos (FAO, 2009) páginas 40 y 41.

Formaciones especiales

Remítase a la Guía para descripción de suelos (FAO, 2009) páginas 55 a 59.

Límites

Remítase a la Guía para descripción de suelos (FAO, 2009) página 25.

Anexo 6.6a. Glosario de términos técnico de suelos.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Aluminio intercambiable.- Aluminio que ocupa sedes de intercambio. Se extrae con sal neutra no tamponada (KCL 1M; CaCl₂ o BaCl₂).

Aluvial.- depositado por agua de río.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Colusión.- (derrubio): detritos acumulados al pie de una cuesta empinada.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Difusión.- Movimiento molecular a lo largo de la gradiente de concentración. La difusión de agua se produce de las zonas húmedas a las zonas secas. La difusión de gases y solutos se produce de las zonas de mayor concentración a las zonas de menor concentración.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Enmienda.- labores o materiales que hacen al suelo más productivo.

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

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

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

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

Evaluación de suelos.- Proceso de predicción del comportamiento del suelo para su uso o función determinado. Cuando se utiliza de forma exclusiva propiedades edáficas, tales como textura, materia orgánica, drenaje, etc., como criterios de diagnóstico, se trata realmente de una evaluación de unidades-suelo; mientras que cuando además se utilizan otras características

de la tierra, tales como factores climáticos, de vegetación de paisaje, etc., se está hablando de una evaluación de unidades-tierra.

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

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

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

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

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

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

Floculación.- Unión de partículas coloidales para formar agregados.

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

Gibosita.- mineral patogénico constitutivo de bauxitas, talcitas y serpentinas.

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

Grupo caolinítico.- minerales de arcilla 1:1 en que la capa de silicio-oxígeno esta condensada con otra de hidróxido de aluminio.

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

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

Hidroxilo.- Ión o grupo OH⁻.

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

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

Infiltración.- Entrada de agua en el suelo.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Miliequivalente.- (meq): un milésimo del peso equivalente.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Propiedades reductimorfos.- Son aquellas que resultan de unas condiciones permanentes de saturación por agua y condiciones anaerobias. Dan lugar a suelos de colores neutros (de blanco, si el suelo es calizo arenoso, al negro N/1 A N/8, si el material es rico en sulfuros) o azulados y

verde oliva con matices 2,5Y, 5Y, 5G, 5B suelos francos y arcillosos) en más del 95% de la matriz.

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

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

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

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

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

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

Silicatos.- minerales formadores de rocas que contienen silicio.

Slickenside.- superficie pulida que se forma cuando dos pedrs se frotan entre sí cuando el suelo se expone en respuesta a la mojadura.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Anexo 6.6b. Unidades de suelos y equivalencias.

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

$$ppm = \frac{g(E)}{1000000 g (M)}$$

$$ppm = \frac{kg(E)}{1000000 kg (M)}$$

$$ppm = \% \times 10^4$$

$$\text{Equivalente (Eq)} = \frac{PM (E) g}{Valencia}$$

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

$$\text{miliequivalente (E)} = \frac{(Eq) g}{1000}$$

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

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

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

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

1 mmhos/cm = 1 dS/m

15 bar = 1500 kPa

1/3 bar = 33 k Pa

1 / 10 bar = 10 kPa

1 acre = 0, 4047 ha

1 ha = 2,471 acre

1 t = 1000 kg

TRANSFORMACIONES

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

Simbología

n = Elemento.

M = Muestra.

(E) = Elemento.

ppm = partes por millón.

Eq = Equivalente químico.

P.Eq = Peso equivalente químico.

meq = miliequivalente químico.

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

Anexo 8.1a.

FICHAS DE PERFILES Y BARRENACIONES

