

MEMORIA TÉCNICA

CANTÓN OÑA

PROYECTO:

**“LEVANTAMIENTO DE CARTOGRAFÍA TEMÁTICA
ESCALA 1:25.000, LOTE 2”**

GEOPEDOLOGÍA Y TEMÁTICAS DERIVADAS

**VELOCIDAD DE INFILTRACIÓN
CAPACIDAD DE USO DE LAS TIERRAS
DIFICULTAD DE LABRANZA
AMENAZA A EROSIÓN HÍDRICA**

DICIEMBRE, 2015

PERSONAL PARTICIPANTE

UNIDAD MAGAP-PRAT, SIGTIERRAS:

Óscar Ayala
José Duque
Sandra González
Mireya Herrera
Darwin Sánchez

CONSORCIO TRACASA-NIPSA:

Responsables:

Eva Corral
Carlos Rúbies
Vicente Urdanoz
Jesús Viloría

Técnicos edafólogos participantes:

Control de Calidad

Bernat Blasi
Júlia Consuegra
Esther López
Natalia Rodríguez
Alberto Ruíz
Verónica Sigüero
Jennifer Veenstra

Control de Calidad de Productos

Complementarios
Baldomer Corderroure
Hugo Herrador
Juan José Ramón
Lorena Recio
Santiago Sghirla

Levantamiento de información:

Francisco Ayala
Carlos Briones
Luis Caraballo
Elio Chacón
Diego Chasipanta
Néstor Espinosa
Fernanda Livisaca
Carlos Luzuriaga
Edmundo Maldonado
Freddy Marín
Rommel Merchán
Luis Fernando Mogollón
Romney Mora
Gabriel Orellana
Melva Ortega
Daniel Ponce de León
Oswaldo Quinde
Carlos Roa
Carmen Salinas
Geovanny Segarra
Javier Tumbaco
Alejandro Vera
Jesús Viloría
Rodrigo Yépez
Peter Schwiebert
Patricio Moncayo

FISCALIZACIÓN realizada por la Asociación ACOTECNIC- INGEOMATICA

Memoria descrita a partir de la Cartografía Digital aprobada con fecha de 9 de noviembre de 2015. Los cambios introducidos posteriormente durante el levantamiento geopedológico en zonas contiguas no se reflejan en este documento.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. El Proyecto de Cartografía Temática de Ecuador	2
1.2. Objetivos del estudio geopedológico	3
1.2.1. Generales	3
1.2.2. Específicos	3
1.3. Antecedentes de este estudio	4
1.4. Alcance del estudio	4
2. METODOLOGÍA.....	5
2.1. Criterios metodológicos generales: el enfoque geopedológico.....	5
2.2. Levantamiento geopedológico.....	7
2.2.1. Fase precampo	8
2.2.1.1. Revisión y validación de información secundaria e insumos.....	8
2.2.1.2. Caracterización del régimen climático del suelo	9
2.2.1.3. Definición de unidades edáficas	10
2.2.1.4. Designación del tipo de zona y densidad de muestreo	10
2.2.1.5. Ubicación de los puntos de muestreo	11
2.2.2. Fase de campo	12
2.2.2.1. Organización del trabajo.....	12
2.2.2.2. Apertura de calicatas.....	12
2.2.2.3. Descripción del perfil del suelo	13
2.2.2.4. Recolección y entrega de muestras.....	13
2.2.3. Fase postcampo	13
2.2.3.1. Análisis de muestras	13
2.2.3.2. Gestión de la información de campo.....	15
2.2.3.3. Elaboración del Mapa Geopedológico	16
2.2.4. Control de calidad	19
2.3. Mapa de Velocidad de infiltración.....	19
2.3.1. Evaluación de la infiltración hídrica de los suelos.....	19
2.3.2. Infiltrómetro de doble anillo	20
2.3.2.1. Fase de precampo.....	20
2.3.2.2. Fase de campo.....	20
2.3.2.3. Fase postcampo	21
2.3.3. Infiltrómetro de minidisco	22
2.3.3.1. Fase precampo	22
2.3.3.2. Fase de campo.....	23
2.3.3.3. Fase postcampo	23
2.3.4. Correlación de datos.....	24
2.3.5. Elaboración del mapa de infiltración	25
2.3.6. Descripción de la clasificación de Velocidad de infiltración	26
2.3.7. Control de calidad	26
2.4. Elaboración del Mapa de Capacidad de uso de las tierras	26
2.4.1. Evaluación de la Capacidad de uso de las tierras	26
2.4.2. Aplicación del modelo adoptado	27
2.4.3. Descripción de la clasificación de la Capacidad de uso de las tierras	30
2.5. Elaboración del Mapa de Dificultad de labranza.....	33
2.5.1. Evaluación de la Dificultad de labranza de los suelos	33

2.5.2. Aplicación del modelo adoptado	34
2.5.3. Descripción de la clasificación de la Dificultad de labranza	37
2.6. Elaboración del Mapa de Amenaza a erosión hídrica.....	40
2.6.1. Evaluación de la Amenaza a erosión hídrica de los suelos	40
2.6.2. Aplicación del modelo adoptado	41
2.6.3. Descripción de la clasificación de la Amenaza a erosión hídrica.....	44
3. LEVANTAMIENTO GEOPEDOLÓGICO	46
3.1. Datos de campo	46
3.2. Resultados generales	48
3.2.1. Dominio Fisiográfico: Cimas frías de las Cordilleras Occidental y Real	49
3.2.1.1. Paisajes glaciares.....	49
3.2.1.1.1. Suelos desarrollados sobre régimen de temperatura isofrígido.....	49
i. Inceptisols	50
a) <i>Lithic Dystricrypts</i> (1, 2, 7)	50
b) <i>Typic Humicrypts</i> (3, 4, 5, 6, 12)	50
c) <i>Typic Humicrypts</i> (8, 9, 10, 11)	51
d) <i>Typic Humicrypts</i> (13)	51
e) <i>Typic Humicrypts</i> (15, 16)	52
f) <i>Lithic Humicrypts</i> (18)	53
ii. Andisols.....	53
a) <i>Acrudoxic Haplocryands</i> (14, 19, 20).....	53
b) <i>Typic Melanocryands</i> (17).....	54
3.2.1.2. Paisajes de páramo con modelado periglacial y huellas glaciares poco marcadas	55
3.2.1.2.1. Suelos desarrollados sobre régimen de temperatura isofrígido.....	55
i. Inceptisols	55
a) <i>Lithic Dystricrypts</i> (21, 22, 23, 24)	55
b) <i>Typic Humicrypts</i> (31, 32, 40)	56
c) <i>Typic Humicrypts</i> (25, 26, 27)	56
d) <i>Lithic Dystricrypts</i> (28, 29)	57
e) <i>Typic Humicrypts</i> (33, 39).....	57
f) <i>Typic Humicrypts</i> (44, 45, 46)	58
g) <i>Fluventic Dystricrypts</i> (47, 48)	58
ii. Andisols.....	59
a) <i>Typic Melanocryands</i> (30, 36, 37).....	59
b) <i>Typic Haplocryands</i> (34, 35)	59
c) <i>Typic Haplocryands</i> (38)	60
d) <i>Typic Haplocryands</i> (41)	61
e) <i>Alic Haplocryands</i> (42, 43).....	61
iii. Histosols	62
a) <i>Fluvaquentic Cryohemists</i> (49)	62
iv. Entisols.....	63
a) <i>Typic Cryorthents</i> (50).....	63
3.2.1.2.2. Suelos desarrollados sobre régimen de temperatura isomésico	63
i. Inceptisols	63
a) <i>Humic Dystrudepts</i> (52)	63
b) <i>Humic Dystrudepts</i> (54)	64
ii. Mollisols	64
a) <i>Typic Argiudolls</i> (51)	64
iii. Andisols	65
a) <i>Acrudoxic Melanudands</i> (53)	65
3.2.1.3. Relieves de los márgenes de las cimas frías	66
3.2.1.3.1. Suelos desarrollados sobre régimen de temperatura isomésico	66
i. Inceptisols	66
a) <i>Typic Dystrudepts</i> (55)	66

b) Oxic Dystrudepts (56, 57, 58, 59, 60)	67
c) Andic Dystrudepts (62, 63, 64, 65, 68, 69, 70, 72, 73, 93, 94, 95, 99, 100, 101) ...	67
d) Oxic Dystrudepts (74)	68
e) Humic Dystrudepts (84)	69
f) Oxic Dystrudepts (87, 90)	69
g) Humic Dystrudepts (91, 92)	70
h) Humic Dystrudepts (96)	71
i) Typic Haplustepts (98)	71
j) Andic Dystrudepts (102, 103).....	72
ii. Andisols.....	72
a) Alic Hapludands (61, 66, 67, 71).....	72
b) Acrudoxic Melanudands (75)	73
c) Acrudoxic Melanudands (76)	74
d) Acrudoxic Hapludands (77, 88, 89).....	74
e) Typic Hapludands (78, 79, 80).....	75
f) Alfic Hapludands (81, 82, 83).....	76
g) Pachic Melanudands (85, 86)	76
iii. Entisols.....	77
a) Oxyaquic Ustorthents (97)	77
3.2.1.3.2. Suelos desarrollados sobre régimen de temperatura isotérmico	77
i. Inceptisols	78
a) Typic Haplustepts (104)	78
b) Typic Dystrustepts (105)	78
c) Typic Eutrudepts (107).....	79
d) Vertic Haplustepts (108, 109)	79
e) Humic Dystrustepts (111)	80
f) Oxic Dystrudepts (112)	80
g) Typic Haplustepts (115)	81
h) Oxyaquic Dystrustepts (116).....	82
i) Oxic Haplustepts (117).....	82
ii. Entisols.....	83
a) Aridic Ustorthents (110)	83
b) Typic Ustorthents (113).....	84
iii. Mollisols.....	84
a) Entic Haplustolls (114)	84
iv. Vertisols	85
a) Leptic Haplusterts (106).....	85
3.2.2. Dominio Fisiográfico: Vertientes y relieves de Cuencas Interandinas.....	85
3.2.2.1. Vertientes y relieves inferiores de las Cuencas Interandinas, con parcial cobertura piroclástica (Sierra Sur)	86
3.2.2.1.1. Suelos desarrollados sobre régimen de temperatura isotérmico	86
i. Inceptisols	86
a) Typic Haplustepts (118, 119)	86
b) Typic Calcustepts (123, 126)	87
c) Typic Haplustepts (125)	87
d) Typic Calcustepts (127).....	88
e) Typic Haplustepts (128)	89
f) Oxic Dystrustepts (129, 130)	89
g) Aridic Haplustepts (131).....	90
h) Torrertic Haplustepts (132, 133)	90
i) Oxic Haplustepts (136).....	91
j) Typic Haplustepts (138)	91
k) Humic Dystrustepts (142).....	92
l) Humic Dystrustepts (143).....	93
m) Vertic Haplustepts (145).....	93
n) Typic Haplustepts (147)	94
o) Typic Haplustepts (152)	94
ii. Mollisols	95
a) Entic Haplustolls (122, 135)	95

b) <i>Entic Haplustolls</i> (134)	95
c) <i>Entic Haplustolls</i> (137)	96
d) <i>Entic Haplustolls</i> (139, 140, 141)	96
e) <i>Oxyaquic Haplustolls</i> (149, 150)	97
f) <i>Oxic Haplustolls</i> (151)	98
iii. Vertisols	98
a) <i>Leptic Haplusterts</i> (120, 121)	98
b) <i>Typic Haplusterts</i> (144)	99
c) <i>Typic Haplusterts</i> (148)	99
iv. Alfisols	100
a) <i>Typic Haplustalfs</i> (124)	100
v. Entisols	101
a) <i>Typic Ustorthents</i> (146)	101
3.2.2.1.2. Suelos desarrollados sobre régimen de temperatura isohipertérmico	101
i. Entisols	101
a) <i>Lithic Ustic Torriorthents</i> (153)	101
3.2.3. Dominio Fisiográfico: Relieves de fondo de Cuencas Interandinas	102
3.2.3.1. Relieves de fondo de Cuencas Interandinas con parcial cobertura piroclástica	102
3.2.3.1.1. Suelos desarrollados sobre régimen de temperatura isotérmico	103
i. Inceptisols	103
a) <i>Typic Haplustepts</i> (154)	103
b) <i>Aridic Calciustepts</i> (155)	103
c) <i>Aridic Calciustepts</i> (157)	104
d) <i>Typic Haplustepts</i> (164, 165, 166, 167)	105
ii. Vertisols	106
a) <i>Typic Haplusterts</i> (156)	106
b) <i>Chromic Calciusterts</i> (160, 161)	106
c) <i>Typic Haplusterts</i> (163)	107
iii. Entisols	108
a) <i>Typic Ustorthents</i> (158)	108
b) <i>Typic Ustorthents</i> (159)	108
c) <i>Lithic Ustorthents</i> (162)	109
3.3. Resumen de resultados	109
3.3.1. Inceptisols	111
3.3.1.1. Haplustepts	113
3.3.1.2. Dystrustepts	113
3.3.1.3. Calciustepts	113
3.3.1.4. Humicryepts	113
3.3.1.5. Dystrcryepts	113
3.3.1.6. Dystrudepts	114
3.3.1.7. Eutrudepts	114
3.3.2. Andisols	114
3.3.2.1. Hapludands	115
3.3.2.2. Melanudands	115
3.3.2.3. Haplocryands	115
3.3.2.4. Melanocryands	115
3.3.3. Mollisols	115
3.3.3.1. Haplustolls	116
3.3.3.2. Argiudolls	116
3.3.4. Vertisols	116
3.3.4.1. Haplusterts	117
3.3.4.2. Calciusterts	117
3.3.5. Entisols	117
3.3.5.1. Ustorthents	118
3.3.5.2. Cryortents	118
3.3.5.3. Torriorthents	119

3.3.6. Alfisols	119
3.3.6.1. Haplustalfs.....	119
3.3.7. Histosols	119
3.3.7.1. Cryohemists	120
4. VELOCIDAD DE INFILTRACIÓN	120
4.1. Datos de campo	120
4.2. Resultados.....	122
4.3. Resumen de resultados.....	123
4.3.1. Velocidad de infiltración Muy lenta.....	123
4.3.2. Velocidad de infiltración Lenta	124
4.3.3. Velocidad de infiltración Moderadamente lenta.....	124
5. CAPACIDAD DE USO DE LAS TIERRAS	125
5.1. Resultados generales	125
5.2. Resumen de resultados.....	127
5.2.1. Agricultura y otros usos. Tierras arables	127
5.2.1.1. Clase IV.....	127
5.2.2. Aprovechamiento forestal con fines de conservación.....	129
5.2.2.1. Clase VI.....	129
5.2.2.2. Clase VII.....	130
5.2.2.3. Clase VIII.....	132
6. DIFICULTAD DE LABRANZA.....	135
6.1. Resultados generales	135
6.2. Resumen de resultados.....	137
6.2.1. Tierras arables.....	137
6.2.1.1. Clase 3	137
6.2.1.2. Clase 4	138
6.2.2. Tierras No arables	141
6.2.2.1. Clase 5	141
7. AMENAZA A EROSIÓN HÍDRICA	143
7.1. Resultados generales	143
7.2. Resumen de resultados.....	146
7.2.1. Tierras con amenaza Baja a erosión hídrica	146
7.2.2. Tierras con amenaza Media a erosión hídrica.....	147
7.2.3. Tierras con amenaza Alta a erosión hídrica	149
8. CONCLUSIONES	150
8.1. Geopedología.....	150
8.2. Velocidad de infiltración.....	153
8.3. Capacidad de uso de las tierras.....	153
8.4. Dificultad de labranza	155
8.5. Amenaza a erosión hídrica.....	157
9. BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA	159
10. GLOSARIO DE TÉRMINOS TÉCNICOS DE SUELOS Y AGRICULTURA	164
11. ANEXOS	180

LISTA DE CUADROS

Cuadro 2.1. Insumos de información utilizados.....	9
Cuadro 2.2. Descripción de los tipos de análisis solicitados a los laboratorios.....	14
Cuadro 2.3. Valores de Van Genuchten para doce tipos de textura de suelos para valores de A de 2,2 cm de radio de disco y succión entre 0,5 a 6 cm	24
Cuadro 2.4. Clasificación e interpretación de la Velocidad de infiltración del suelo	26
Cuadro 2.5. Parámetros que definen las clases de Capacidad de uso de las tierras localizadas en la región Sierra.....	31
Cuadro 2.6. Resumen de las clases de Capacidad de uso de las tierras para la región Sierra	32
Cuadro 2.7. Resumen de las subclases de Capacidad de uso de las tierras en función de los factores limitantes analizados.....	33
Cuadro 2.8. Parámetros que definen las clases de Dificultad de labranza	38
Cuadro 2.9. Resumen de las clases de Dificultad de labranza.....	39
Cuadro 2.10. Resumen de las subclases de Dificultad de labranza de las tierras en función de los factores limitantes analizados.....	40
Cuadro 2.11. Clasificación de los valores del Índice de Susceptibilidad a la erosión hídrica	44
Cuadro 2.12. Clasificación de la agresividad pluvial, calculada a partir del Índice Modificado de Fournier (IMF), y distinguiendo entre las regiones de Costa, Sierra y Amazonía.....	44
Cuadro 2.13. Matriz de calificación de la Amenaza a erosión hídrica a partir del Índice de Susceptibilidad a la erosión y de la Agresividad pluvial.....	45
Cuadro 2.14. Resumen de las clases de Amenaza a erosión hídrica de los suelos	45
Cuadro 3.1. Nombres de las hojas intervenidas, fechas, superficie muestreada por tipología de muestreo.....	47
Cuadro 3.2. Órdenes de suelos en el cantón Oña	111
Cuadro 3.3. Diferentes subgrupos encontrados dentro del orden Inceptisols en el cantón Oña.....	112
Cuadro 3.4. Diferentes subgrupos encontrados dentro del orden Andisols en el cantón Oña	114
Cuadro 3.5. Diferentes subgrupos encontrados dentro del orden Mollisols en el cantón Oña	116
Cuadro 3.6. Diferentes subgrupos encontrados dentro del orden Vertisols en el cantón Oña	117
Cuadro 3.7. Diferentes subgrupos encontrados dentro del orden Entisols en el cantón Oña	118
Cuadro 3.8. Diferentes subgrupos encontrados dentro del orden Alfisols en el cantón Oña	119

Cuadro 3.9. Diferentes subgrupos encontrados dentro del orden Histosols en el cantón Oña	120
Cuadro 4.1. Nombres de las hojas intervenidas, fechas y tipología de ensayo de infiltración realizado	121
Cuadro 4.2 Rangos de velocidad de infiltración del cantón	123
Cuadro 5.1. Superficie ocupada por cada una de las clases de capacidad de uso identificadas en el cantón Oña y su distribución porcentual respecto a la superficie total del área de estudio.....	127
Cuadro 5.2. Superficie ocupada por las distintas subclases que componen la Clase IV de capacidad de uso de las tierras y distribución porcentual de las mismas	128
Cuadro 5.3. Superficie ocupada por las distintas subclases que componen la Clase VI de capacidad de uso de las tierras y distribución porcentual de las mismas	130
Cuadro 5.4. Superficie ocupada por las distintas subclases que componen la Clase VII de capacidad de uso de las tierras y distribución porcentual de las mismas	132
Cuadro 5.5. Superficie ocupada por las distintas subclases que componen la Clase VIII de capacidad de uso de las tierras y distribución porcentual de las mismas.....	134
Cuadro 6.1. Superficie ocupada por cada una de las clases de dificultad de labranza identificadas en el cantón Oña y su distribución porcentual respecto a la superficie total del área de estudio.....	137
Cuadro 6.2. Superficie ocupada por las distintas subclases que componen la Clase 3 de dificultad de labranza de la tierra y distribución porcentual de las mismas	138
Cuadro 6.3. Superficie ocupada por las distintas subclases que componen la Clase 4 de dificultad de labranza de la tierra y distribución porcentual de las mismas	140
Cuadro 6.4. Superficie ocupada por las distintas subclases que componen la Clase 5 de dificultad de labranza de la tierra y distribución porcentual de las mismas	143
Cuadro 7.1. Superficie ocupada por cada una de las clases de amenaza a erosión hídrica identificadas en el cantón Oña y su distribución porcentual respecto a la superficie total del área de estudio.....	146
Cuadro 8.1. Prácticas de manejo de los suelos en función de la clase de dificultad de labranza	156
Cuadro 8.2. Sistemas de gestión de la erosión hídrica en función de la clase de amenaza erosiva de las tierras.....	158

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1. Distribución geográfica de la zona de estudio del proyecto dentro del área continental.....	2
Figura 2.1. Representación gráfica de la curva de infiltración e infiltración acumulada de un suelo en función del tiempo.....	22
Figura 3.1. Ubicación del cantón Oña en relación a las hojas topográficas del IGM, escala 1:50.000	46
Figura 3.2. Ubicación de los sitios de descripción y perfiles muestreados	48
Figura 3.3. Ubicación de los diferentes órdenes de suelos en el cantón Oña	110
Figura 4.1. Ubicación de los sitios donde se realizaron los ensayos de infiltración.....	121
Figura 4.2. Mapa de Velocidad de infiltración determinada en los suelos del cantón Oña	122
Figura 5.1. Ubicación geográfica de clases de capacidad de uso de las tierras en el cantón	125
Figura 6.1. Ubicación geográfica de clases de dificultad de labranza de las tierras en el cantón.....	135
Figura 7.1. Ubicación geográfica de clases de amenaza a erosión hídrica en el cantón.....	144

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 2.1. Modelo conceptual de elaboración de la Cartografía Geopedológica	8
Gráfico 2.2. Esquema de las variables del modelo de datos de Geopedología.....	18
Gráfico 2.3. Resumen gráfico de las variables empleadas en el modelo para el cálculo de la Capacidad de uso de las tierras	29
Gráfico 2.4. Resumen gráfico de las variables empleadas en el modelo para el cálculo de la Dificultad de labranza de los suelos	36
Gráfico 2.5. Resumen gráfico de las variables empleadas en el modelo para el cálculo de la amenaza a erosión hídrica de los suelos.....	43
Gráfico 3.1. Representación de la distribución porcentual de los órdenes de suelos en el cantón Oña	110
Gráfico 4.1. Distribución porcentual de las clases de Velocidad de infiltración de los suelos en el cantón.....	122
Gráfico 5.1. Representación de la distribución porcentual de las diferentes clases de capacidad de uso de las tierras en el cantón.....	126
Gráfico 6.1. Representación de la distribución porcentual de las diferentes clases de dificultad de labranza de los suelos en el cantón.....	136
Gráfico 7.1. Representación de la distribución porcentual de las diferentes clases de amenaza a erosión hídrica en el cantón.....	145

LISTA DE FOTOGRAFÍAS

Foto 2.1. Proceso de instalación del infiltrómetro de doble anillo de carga constante	21
Foto 7.1. Zonas con amenaza Baja a erosión hídrica en el cantón	147
Foto 7.2. Zonas con amenaza Media a erosión hídrica en el cantón.....	148
Foto 7.3. Zonas con amenaza Alta a erosión hídrica en el cantón	150

ANEXOS

Anexo 1. Equivalencias entre los subgrupos de suelos de acuerdo a la *Soil Taxonomy* (2006) y *Soil Taxonomy* (2010)

Anexo 2. Códigos de las variables que aparecen en la base de datos

Anexo 3. Categorización de las variables edáficas que aparecen en la memoria

Anexo 4. Productos generados en cada cartografía temática

Anexo 5. Fichas de campo de los perfiles referidos en esta memoria



1. INTRODUCCIÓN

El 1 de febrero de 2011, la República del Ecuador y el Banco Interamericano de Desarrollo suscribieron el Contrato de Préstamo 2461/OC-EC, cuyo objetivo es la implantación en todo el país de un sistema eficiente de gestión de catastro y registro de la propiedad de la tierra rural, con el objetivo de brindar seguridad jurídica a los derechos de propiedad, apoyar la aplicación de políticas tributarias de los cantones, y proveer información para la planificación de ordenamiento territorial del área rural.

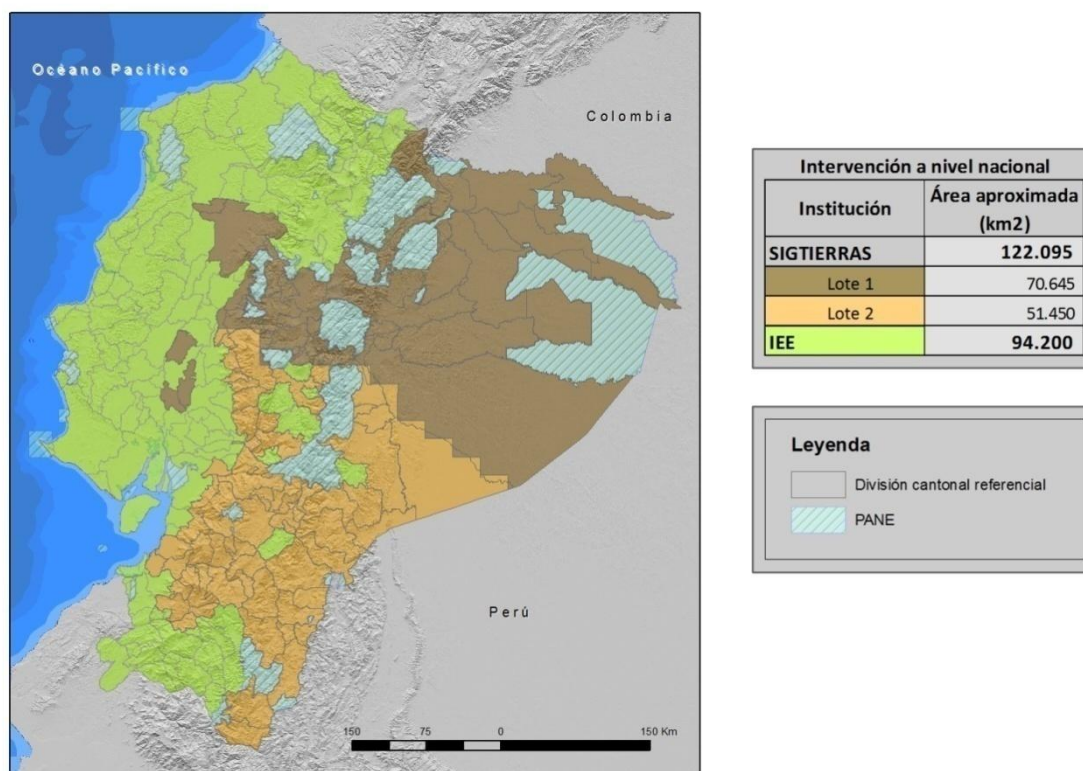
El proyecto es ejecutado por el Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca, MAGAP, a través de la Unidad Ejecutora MAGAP-PRAT, dentro del Programa denominado como SIGTIERRAS.

Actualmente, el proyecto gestiona, entre otros, los siguientes componentes:

- Fotografía aérea y ortofotografía a nivel nacional
- Levantamiento de información de barrido predial, con participación de los GADs (Gobiernos Autónomos Descentralizados) Municipales, en 58 cantones
- Elaboración de cartografía temática en coordinación con otras iniciativas gubernamentales
- Actualización de la metodología y aplicación para la valoración predial
- Puesta en marcha del nuevo sistema SINAT (Sistema Nacional de Administración de Tierras)
- Dentro del componente de cartografía temática, en una labor conjunta con el Instituto Espacial Ecuatoriano (IEE), MAGAP-SIGTIERRAS genera cartografía temática a escala 1:25.000 de las siguientes temáticas:
 1. Cobertura y uso de la tierra
 2. Sistemas Productivos
 3. Geomorfología
 4. Suelos
 5. Capacidad de uso de las tierras
 6. Dificultad de labranza
 7. Zonas homogéneas de cultivos
 8. Peligros Volcánicos
 9. Accesibilidad a la red vial
 10. Accesibilidad a infraestructura de acopio y facilidades agrícolas
 11. Accesibilidad a centros económicos importantes
 12. Zonas homogéneas de accesibilidad

Este levantamiento se ejecuta por parte de MAGAP-SIGTIERRAS dentro del territorio continental no intervenido ya anteriormente (áreas a cargo del IEE) y excluyendo las áreas protegidas definidas en el Patrimonio de Áreas Naturales del Estado (PANE), organizado en dos lotes de acuerdo a la siguiente Figura 1.1.

Figura 1.1. Distribución geográfica de la zona de estudio del proyecto dentro del área continental



Fuente: Consorcio Tracasa-Nipsa, 2015.

1.1. El Proyecto de Cartografía Temática de Ecuador

El Levantamiento de Cartografía Temática a Escala 1:25.000 de Ecuador (LCT) pretende generar, en un área de trabajo de, aproximadamente, 122.095 km², cartografía digital y bases de datos territoriales sobre: Geomorfología, Suelos y su Capacidad de uso, Dificultad de labranza, Cobertura y uso de la tierra, Zonas homogéneas de cultivo y Sistemas Productivos. Para todo el territorio nacional se ha realizado el ajuste de la cartografía existente de Peligros Volcánicos y se han elaborado cartografías de Accesibilidad a la red vial, a Infraestructuras de acopio y facilidades agrícolas, a Centros económicos importantes y Zonas homogéneas de accesibilidad.

El proyecto, financiado por el Banco Interamericano de Desarrollo, consta de dos LOTES:

1. LOTE 1, que ocupa una superficie de 70.645 km²; y,
2. LOTE 2, que ocupa una superficie de 51.450 km² y en el que se incluyen las temáticas a nivel de territorio nacional.

Los dos lotes fueron adjudicados al Consorcio TRACASA-NIPSA mediante los Contratos de Servicios de Consultoría Nos. UE MAGAP-PRAT-105-2013 para el Levantamiento de Cartografía Temática a Escala 1:25.000, Lote 1 y UE MAGAP-PRAT-106-2013 para el



Levantamiento de Cartografía Temática a Escala 1:25.000, Lote 2, ambos de fecha 9 de diciembre de 2013.

1.2. Objetivos del estudio geopedológico

1.2.1. Generales

El Proyecto de Levantamiento de Cartografía Temática (LCT) tiene como objetivos generales:

- Identificar las características del suelo en el área de estudio
- Identificar sus mejores usos: cultivos más productivos y tecnologías más adecuadas
- Contribuir a elevar la productividad agropecuaria
- Apoyar al mejor uso y aprovechamiento de los recursos del territorio
- Identificar maneras de conservar dichos recursos
- Servir de sustento para la definición de proyectos estratégicos de inversión (carreteras, infraestructura, servicios básicos, telecomunicaciones, entre otros) basados en las potencialidades y limitaciones de los recursos
- Apoyar la planificación y el ordenamiento territorial a nivel parroquial, cantonal y provincial
- Fomentar el desarrollo del espacio rural y de las capacidades de los agricultores mediante apoyo en la implementación de proyectos agro-productivos

La Cartografía Geopedológica, dentro de los objetivos generales del conjunto del proyecto, genera y actualiza el conocimiento sobre la distribución geográfica del recurso suelo en el territorio, describiéndolo sistemáticamente, de forma que sea posible realizar predicciones sobre su comportamiento bajo diferentes usos y niveles de manejo. Este estudio permite, así, tomar decisiones fundamentadas al asignar usos a los suelos, evitando errores de planificación y disminuyendo los costes económicos, sociales, políticos y medioambientales que podrían derivarse de su gestión inadecuada.

1.2.2. Específicos

Los objetivos específicos de la Cartografía Geopedológica son:

- Generar cartografía con un enfoque sistémico a nivel semidetallado, a escala 1:25.000, como elemento fundamental que coadyuve a la gestión territorial, sostenibilidad y mejoramiento de la productividad agraria
- Realizar el levantamiento geopedológico, considerando aspectos morfológicos, físicos y químicos del suelo, usando el Sistema Norteamericano de Clasificación de Suelos (SSS-USDA, 2006 y su correspondencia a 2010), basándose en la Cartografía Geomorfológica generada previamente por el Consorcio Tracasa-Nipsa
- Disponer de una cartografía de referencia que, además de su propia utilidad como información de suelos, constituya un elemento clave para derivar información temática, que en este proyecto corresponde a Capacidad de Uso de las Tierras (CUT), Dificultad de Labranza (DL), Amenaza a Erosión Hídrica (AEH) y Velocidad de Infiltración (VI), además de ser una fuente de información fundamental para la implementación de planes, programas y proyectos de planificación del territorio



1.3. Antecedentes de este estudio

En el año 2009 la SENPLADES (Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo) designó al CLIRSEN (Centro de Levantamientos Integrados de Recursos Naturales por Sensores Remotos) para que desarrollara el Proyecto de Generación de Geoinformación a Escala 1:25.000 a corto plazo, centrado en la cuenca baja del río Guayas, para después ser extrapolado al resto del territorio nacional. Otros organismos públicos han colaborado en el proyecto a lo largo del mismo (SINAGAP, Sistema de Información Nacional de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca, del MAGAP e INIGEMM, Instituto Nacional de Investigación Geológico Minero Metalúrgico). Dado que otras metodologías requieren altos costes y tiempos prolongados, se decidió emplear un planteamiento geopedológico para conseguir los objetivos pretendidos. El levantamiento geopedológico, basado en la relación geomorfología-suelo, permite cubrir extensas áreas, minimizando tiempo y costos en el levantamiento, sin perder los estándares de calidad establecidos para una escala de semidetalle.

Este trabajo se fundamentó en el de PRONAREG-ORSTOM. El PRONAREG (Programa Nacional de Regionalización Agraria), del Ministerio de Agricultura y Ganadería del Ecuador, fue un programa que trabajó en los años 70 y 80 del pasado siglo XX, para realizar el Inventario Socioeconómico y de los Recursos Naturales Renovables. ORSTOM (*Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-mer*, que posteriormente pasó a denominarse IRD (*Institute de Recherche pour le Développement*) fue la institución francesa que, mediante convenio de cooperación, formó parte de dicho programa. Así se obtuvieron los mapas morfopedológicos (escalas 1:200.000 y 1:500.000), así como edafológicos (escala 1:50.000) realizados entre los años 1979 a 1984, destacada fuente de información territorial a pequeña-mediana escala. Este trabajo es, desde su aparición, la principal referencia a nivel nacional en las temáticas geomorfológica y geopedológica.

La colaboración PRONAREG-ORSTOM culminó, en lo que se refiere específicamente a la relación entre paisaje-geomorfología-suelos, con la publicación “Los Paisajes Naturales del Ecuador: las Regiones y Paisajes del Ecuador” (Winckell *et al.*, 1997). En dicha publicación, además, se incluye el Mapa a escala 1:1.000.000 Paisajes Naturales del Ecuador.

El IEE (Instituto Espacial Ecuatoriano, nueva denominación de CLIRSEN) continuó con esta sistemática, cubriendo el levantamiento de geoinformación de la mayoría de la región Costa y de una porción de la región Sierra.

Este proyecto se fundamenta en la metodología del IEE y busca complementarlo en el territorio continental del Ecuador para alcanzar un cubrimiento a nivel nacional. Cabe indicar que no forma parte de este estudio el Patrimonio de Áreas Naturales del Estado (PANE).

MAGAP-SIGTIERRAS agradece al Instituto Espacial Ecuatoriano generador de las metodologías y procedimientos que han servido de base para el presente estudio.

1.4. Alcance del estudio

En el presente proyecto se genera información geopedológica y productos derivados de ella—Velocidad de infiltración, Capacidad de uso de las tierras, Dificultad de labranza y Amenaza a erosión hídrica—a un nivel semidetallado (escala 1:25.000), optimizando los



recursos, de forma que sea posible obtener información científico-técnica y estadística a nivel espacial, sin requerir un muestreo de gran intensidad.

La información proporcionada por este estudio resulta de gran utilidad como cartografía base, pudiendo ser utilizada tanto por las instituciones públicas, privadas y académicas, con el objetivo de proponer y emprender nuevas temáticas de investigación para el desarrollo de las acciones de cooperación en el campo agrícola, pecuario y forestal.

No obstante, conforme se explica en este documento, debe tenerse en cuenta que su alcance es limitado y que estudios más específicos y de mayor detalle serán necesarios para complementar ciertos aspectos de forma que ayude a los Gobiernos Autónomos Descentralizados (GADs) a ejecutar los procesos locales necesarios para cumplir los objetivos del Buen Vivir de la población.

La metodología empleada para la elaboración de la cartografía se basa en un enfoque geopedológico, por lo que a la hora de utilizar la información generada en este estudio es necesario tener en cuenta que cada unidad cartográfica se caracteriza a través del suelo que es más probable encontrar en ella, según los factores formadores del suelo específicos de esa unidad.

2. METODOLOGÍA

En este apartado se describe de forma resumida la metodología que se ha llevado a cabo para la generación de la Cartografía Geopedológica y sus derivados. Para consulta del documento detallado de la metodología referirse a “Metodología del Estudio Geopedológico” y sus anexos.

Cada metodología lleva asociada una serie de productos que se detallan en el Anexo 4.

2.1. Criterios metodológicos generales: el enfoque geopedológico

El levantamiento de suelos o levantamiento edafológico es el estudio de determinación del patrón de distribución geográfica del recurso suelo en un territorio específico. Está basado, principalmente, en el estudio del terreno y la descripción de perfiles de suelos. En función del nivel de detalle, este proceso permite recopilar información sobre las características y propiedades de los suelos en una región específica, clasificarlos de acuerdo a un sistema de clasificación estándar y situar sus límites en un mapa (Forero, 1984).

En función de las necesidades y objetivos de los estudios de levantamientos de suelos pueden distinguirse diferentes tipos de enfoques metodológicos. En ocasiones resulta conveniente realizar mapas de suelos tipo “**punto**”, en los que se obtiene un amplio conocimiento de las propiedades edáficas en la ubicación exacta muestreada, pero en los que no se extrapola esta información al total de área de trabajo, sino que se pretende determinar datos puntuales en una serie de emplazamientos concretos. Sin embargo, los mapas más frecuentes son los de tipo “**clase área-polígono**” en los que el área de estudio se divide en polígonos por un límite preciso y cada polígono es caracterizado mediante una serie de puntos de muestreo representativos de esa unidad espacial (Rossiter, 2000). En función de los objetivos del estudio, el grado de detalle de estos mapas varía desde



exploratorio hasta detallado, pero además, en función del objetivo perseguido, los límites se asignarán con diferentes criterios.

Existen numerosos motivos que conducen a llevar a cabo un levantamiento suelos, desde el análisis de sus propiedades en función del uso de la tierra, la comparación de parcelas agrícolas, estudios de dispersión de contaminantes, etc. Así, los límites entre polígonos pueden venir delimitados por los propios límites que establece la vegetación, las diferentes parcelas agrícolas, la distancia a la fuente de contaminación, etc. (Elbersen *et al.*, 1986; Jaramillo, 2002).

No obstante, la metodología por excelencia desde que el levantamiento de suelos comenzó a concebirse como un insumo básico en la toma de decisiones de la planificación del territorio, no sólo desde el punto de vista de la explotación del recurso, sino desde una perspectiva ambiental, ha sido el enfoque geopedológico (Porta *et al.*, 2003). En él se utiliza la estructura del paisaje geomorfológico como tela de fondo para la cartografía de suelos, basándose en el hecho de que la dinámica del ambiente geomorfológico permite explicar en gran parte, la formación de los suelos, naciendo así la Geopedología.

La Geopedología definida por Zinck (2012) es la integración de la Geomorfología y la Pedología usando la primera como herramienta 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, 2012). Por lo tanto, los principales objetivos de la Geopedología son ordenar, organizar y clasificar los suelos, empleando un sistema con estructura taxonómica, en su expresión geomorfológica sobre la superficie de la Tierra (Zinck, 2012). Otra contribución del enfoque geopedológico es el estratificar al paisaje en áreas homogéneas para diferentes propósitos, como por ejemplo la evaluación de tierras, donde los suelos son el elemento central.

Rossiter (2000), en el texto “Metodologías para el Levantamiento del Recurso Suelo del ITC”, manifiesta que este enfoque puede ser utilizado para cubrir rápidamente áreas grandes, especialmente si la relación geomorfología-suelos es cercana. Para que pueda ser aplicado, deben cumplirse dos hipótesis:

1. Los límites dibujados a través del análisis del paisaje deben separar la mayor variación en los suelos, siempre y cuando los factores formadores material parental, relieve y tiempo sean dominantes; dejando la vegetación y el clima como factores secundarios en esta etapa.
2. Las áreas de muestreo deben ser representativas y el patrón de suelos puede ser extrapolado a otras unidades de mapeo no visitadas.

Una 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, éstas se mantienen incluso si los suelos en las unidades adyacentes tienen la misma clasificación. Esto se debe a las muchas interpretaciones que están relacionadas con las “Geoformas”.

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 este



enfoque, las Geoformas representan el nivel jerárquico mínimo; mientras que los tipos de suelos son los individuos dentro del universo geomórfico y pedológico respectivamente (Zinck, 2012).

En el presente proyecto se ha tomado como modelo jerárquico de la Cartografía Geomorfológica el sistema basado en el libro “Los Paisajes Naturales del Ecuador: las Regiones y Paisajes del Ecuador” (Winckell *et al.*, 1997).

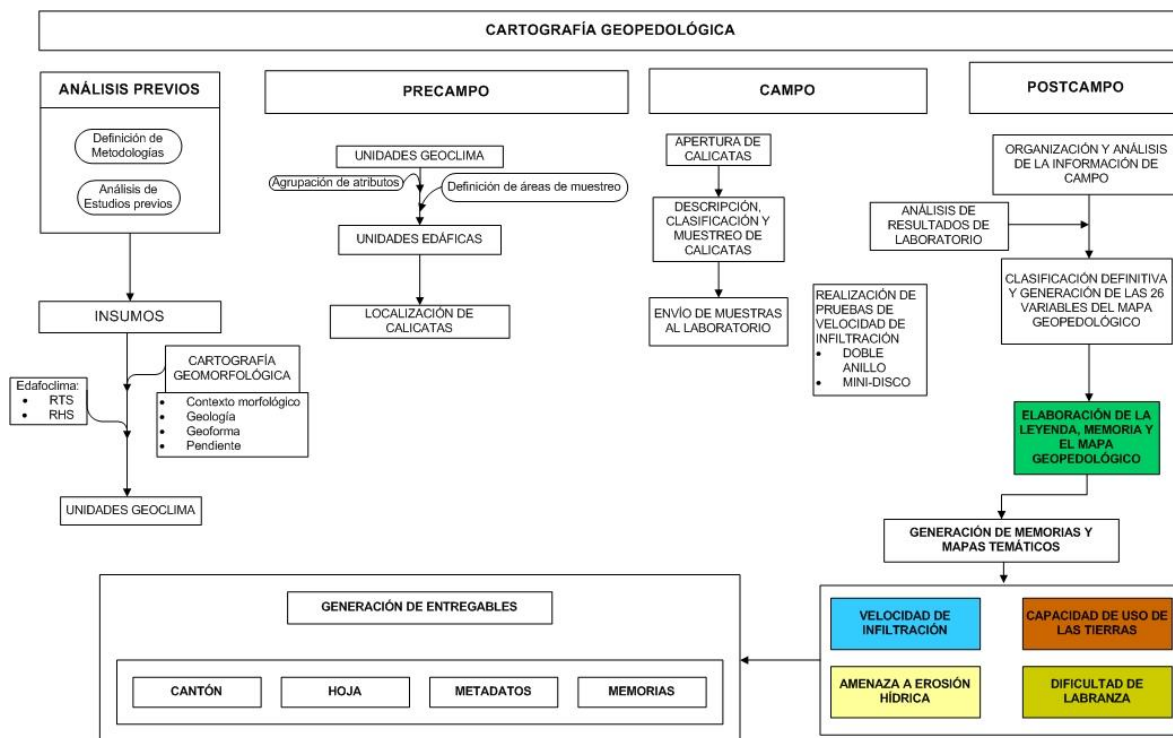
2.2. Levantamiento geopedológico

El producto que se obtiene tiene las siguientes características:

- El área de estudio engloba los Lotes 1 y 2 definidos en el contrato
- La unidad de estudio es la hoja 50.000 y el cantón
- La escala de trabajo en esta cartografía es 1:25.000
- El nivel de estudio es semidetallado
- La unidad mínima de mapeo es 1 ha, mientras que la unidad mínima de muestreo son 5 ha
- El sistema de representación cartográfico es el SIRGAS 95, UTM-WGS84-Zona 17S y 18S
- El formato digital de entrega se realiza como geodatabase (*.mdb) y Postgres
- El sistema de clasificación taxonómica de los suelos utilizado es la clasificación americana Soil Taxonomy (SSS-USDA, 2006 y su correspondencia a 2010)
- La unidad cartográfica se caracteriza con el perfil modal, clasificado a nivel de Subgrupo (SSS-USDA, 2006 y su correspondencia a 2010) y se realiza, al menos, un perfil modal por unidad edáfica (en Zonas de semidetalle)
- Los análisis de laboratorio que se llevan a cabo son los específicos para la correcta clasificación de los suelos según establece la Soil Taxonomy y para caracterizar su fertilidad

La metodología que se lleva a cabo para el levantamiento geopedológico considera tres grandes etapas, según su realización en el tiempo, a saber: fase de precampo, fase de campo y fase de postcampo, tal y como se detalla en el Gráfico 2.1 mostrado a continuación.

Gráfico 2.1. Modelo conceptual de elaboración de la Cartografía Geopedológica



Fuente: Consorcio Tracasa-Nipsa, 2015.

2.2.1. Fase precampo

2.2.1.1. Revisión y validación de información secundaria e insumos

La Cartografía Geomorfológica generada por el Consorcio TRACASA-NIPSA es el mapa que sirve de insumo principal para la elaboración del Mapa Geopedológico. Esta cartografía contiene gran parte de la información necesaria para caracterizar los suelos de cada una de estas unidades geomorfológicas, en concreto, incluye información sobre el dominio fisiográfico, contexto morfológico, génesis, formación geológica o depósito superficial, morfología o geoforma y pendiente, aspectos que permiten entender la dinámica de los suelos y la interacción entre los diferentes factores de formación de los mismos.

Esta cartografía se complementa con otra serie de insumos básicos (ortofotografías, hojas topográficas, cartografía base, modelos digitales del terreno, etc.) e información secundaria referencial (fundamentalmente, los mapas PRONAREG-ORSTOM; Cuadro 2.1), que sirve de punto de partida para el proceso de planificación de puntos de descripción de perfiles y muestreo.

Cuadro 2.1. Insumos de información utilizados

Insumo	Fuente	Escala
Fotografía aérea	MAGAP-SIGTIERRAS	GSD: 30, 40 y 50 cm Sierra, Costa y Amazonia, respectivamente.
Ortofotografías	MAGAP-SIGTIERRAS	1:5.000
Ortoimágenes satelitales en complemento de ortofotos	MAGAP-SIGTIERRAS	Diversas escalas
Límites cantonales	CONALI (Comité Nacional de Límites Internos)	1:5.000 ó 1:50.000
Hojas Topográficas Raster	IGM	1:50.000
Límites del Patrimonio de Áreas Naturales del Estado-PANE), Bosques Protectores y Patrimonio Forestal del Estado	MAE/MAGAP-SIGTIERRAS	Diversas escalas
Estaciones meteorológicas y datos climáticos	INAMHI e IEE	-----
Cartografía base (red hidrográfica y vial)	IGM	1:5.000 ó 1:50.000
Cartografía geomorfológica	CTN	1:25.000
Modelo digital del terreno-MDT	MAGAP-SIGTIERRAS	1 m en Sierra, 2 m en Costa y 3 m en Amazonía
Mapa de Suelos del Ecuador (Mapa de Suelos en Sierra, Mapas Morfo-pedológicos en Costa; y Mapas Morfo-pedológicos en Amazonía)	MAGAP-SIGAGRO-PRONAREG-ORSTOM	1:50.000 (Sierra), 1:200.000 (Costa), 1:500.000 (Amazonía)

Fuente: Consorcio Tracasa-Nipsa, 2015.

2.2.1.2. Caracterización del régimen climático del suelo

En esta fase se identifican y delimitan las unidades espaciales que representan las zonas climáticas de humedad y temperatura del suelo en el interior del área de estudio, basándose en los rangos definidos en la *Soil Taxonomy* (SSS-USDA, 2006), ajustados al medio ecuatoriano durante las investigaciones y estudios de levantamiento de suelos realizados a nivel nacional por el PRONAREG-ORSTOM (1980 y 1984). Para esta caracterización se toma como referente la información de las estaciones meteorológicas del INAMHI interpolada en mapas de isolíneas de precipitación y de temperatura.

Así, el Mapa Geomorfológico se completa mediante la incorporación del régimen climático del suelo a través de los parámetros referenciales de los regímenes de temperatura y humedad del suelo. Como resultado de la asignación climática a las unidades geomorfológicas, las nuevas unidades espaciales así definidas adquieren su propia identidad, adoptando el nombre de “Unidad Geoclima”.

2.2.1.3. Definición de unidades edáficas

Las “unidades edáficas” son el resultado de la agrupación de aquellas “unidades geoclima” que tengan igual dominio fisiográfico, contexto morfológico, formación geológica o superficial, morfología o geoforma, rango de pendientes y regímenes de humedad y temperatura, admitiendo la posibilidad, para casos puntuales, de agrupar previamente algunas unidades geoclima en función de su morfología o geoforma y de sus pendientes. Cada una de las unidades edáficas vendrá caracterizada por una calicata.

2.2.1.4. Designación del tipo de zona y densidad de muestreo

Dada la extensión del presente proyecto no todo el territorio se interviene con la misma intensidad, sino que depende de las características del territorio y del mayor o menor interés productivo que presente. Así, es posible distinguir tres tipos de zonas:

- **Zonas de semidetalle**

- En estas áreas se realiza, al menos, un perfil de suelo por cada Unidad Edáfica, con una densidad no menor a 1 calicata cada 10 km².

- **Zonas de reconocimiento**

En estas áreas se cumple con el requerimiento de describir, al menos, un perfil de suelo por cada 200 km². Se trata de:

- Zonas identificadas como páramo en la Cartografía de Cobertura y uso de la tierra generada en este mismo proyecto o, en su defecto, zonas con régimen de temperatura del suelo isofrígido
- Zonas con pendiente mayor al 70% en la Sierra y Costa, y mayor al 40% en la Amazonía, definidas a partir del levantamiento geomorfológico
- Zonas de vegetación natural en Amazonía

- **Zonas de exclusión**

En estas áreas se engloban:

- Zonas urbanas, suelos alterados: núcleos poblados y áreas construidas, identificadas a partir de la Cartografía de Cobertura y uso de la tierra. Una geoforma tiene esta asignación cuando la presencia de núcleos poblados consolidados y áreas construidas supera el 90% de su superficie. Las geoformas que no alcanzan el 90%, principalmente zonas periurbanas, están caracterizadas con datos de partida

procedentes de las zonas no antropizadas, información que se generaliza para la totalidad de la geoforma

- Masas de agua (lagunas, ríos, cauces y meandros, terrazas bajas, pantanos, marismas, estuarios, etc.), según lo defina la Cartografía de Cobertura y uso de la tierra. Estas zonas son asignadas como “No aplicable”
- Tierras misceláneas: eriales y geoformas excluidas por contar con poco o nada de suelo (afloramientos rocosos, humedales, salares, playas, flujos de lava recientes, etc.)

2.2.1.5. Ubicación de los puntos de muestreo

Tanto en las Zonas de semidetalle como en las de reconocimiento, la ubicación de los puntos se apoya en la información adicional aportada por las fotografías aéreas, ortofotos u ortoimágenes (p.ej., el tipo de vegetación), la accesibilidad a la zona y la información secundaria (mapas PRONAREG-ORSTOM), pero fundamentalmente se basa en las unidades edáficas, teniendo en cuenta los factores formadores: dominio fisiográfico, contexto morfológico, geología (formación geológica o depósito superficial), morfología o geoforma (ladera, terraza, coluvión,...) y morfometría (pendiente, %), junto con los regímenes de humedad y temperatura del suelo.

En las Zonas de semidetalle los puntos de muestreo se sitúan en las zonas centrales de los polígonos más representativos, que serán, en principio, los de mayor superficie; están próximos a las vías de acceso, a menos de 200 m, pero conservando una separación a las vías de manera que no influyan en las propiedades del suelo; y se ubican en localizaciones que son representativas de la unidad edáfica que se quiere caracterizar.

La localización de los puntos de muestreo en las Zonas de reconocimiento es similar, pero requiere de un tratamiento especial, ya que la densidad de muestreo es inferior. Así, en estas zonas, los puntos se asignan en los suelos predominantes (suelos definidos en PRONAREG-ORSTOM; Mapa de Suelos en Sierra, a escala 1:50.000, Mapas Morfo-pedológicos en Costa, a escala 1:200.000 y Mapas Morfo-pedológicos en Amazonía, a escala 1:500.000, realizados entre los años 1979 a 1984) y en las geoformas más representativas, mediante un análisis de las condiciones y variabilidad de la zona. Si del análisis se desprende que existe una importante variación en pendientes o formaciones geológicas que no se ha contemplado, se toman también en cuenta estos factores para la ubicación de las calicatas, considerando siempre la densidad de muestreo requerida. Además, en cuanto al Contexto Morfológico, se intenta incluir como factor de diversidad en el momento de la localización de los puntos.

Los polígonos no cubiertos con las asignaciones generadas en los estudios de campo se vinculan con la información de los suelos de geoformas cercanas y similares al conjunto del proyecto, tomando siempre en cuenta el entorno edáfico (Zonas de semidetalle incluidas). En Zonas de reconocimiento se recurre, además, a los insumos antes mencionados.

2.2.2. Fase de campo

2.2.2.1. Organización del trabajo

Con el fin de garantizar los productos esperados y optimizar al máximo el tiempo del barrido en campo, se diseñó una estrategia que permitió cumplir con el muestreo planificado, organizado en grupos de trabajo con actividades específicas.

Previo a la campaña de campo, el **equipo de socialización** realiza visitas técnicas a las instituciones afectadas por la ejecución del proyecto presentes en la zona de intervención, tales como municipios, juntas parroquiales y organizaciones sociales, con el fin de dar a conocer los trabajos que se quieren realizar en la zona. Tras esta fase de coordinación institucional, el **equipo de logística** inicia las tareas de gestión necesarias para el buen funcionamiento de todos los equipos de trabajo, tales como la búsqueda de hospedaje, transporte, aprovisionamiento del equipamiento y material de campo, envío de muestras a los laboratorios, etc. El **equipo de avanzada** es el responsable de la apertura de las calicatas en los lugares previamente definidos en gabinete, comprobando la idoneidad de estas localizaciones. Finalmente es el **equipo de suelos**, compuesto por edafólogos y asistentes, el que describe los perfiles abiertos, los clasifica y recoge las muestras para su posterior análisis en el laboratorio.

En cada calicata se realizan también pruebas de infiltración (descritas con más detalle en el epígrafe 2.3.1), siendo el **equipo de infiltración** el encargado de llevarlas a cabo y de seleccionar las localizaciones más adecuadas teniendo en cuenta los criterios de pendiente y representatividad en la hoja.

El último grupo de trabajo que interviene en el proceso es el personal de **control de calidad**, encargado de supervisar el desarrollo de todos los trabajos y garantizar su calidad.

2.2.2.2. Apertura de calicatas

La apertura de las calicatas en las localizaciones previamente definidas en gabinete es el resultado de un trabajo coordinado entre los técnicos de avanzada, los edafólogos y los miembros del equipo de control de calidad, con el objetivo de conseguir la densidad de muestreo acordada según las características de la zona de estudio.

Las dimensiones promedio de las calicatas son 1,20 m de ancho por 2,00 m de largo y 1,50 m de profundidad o hasta la presencia de un contacto dénsico, lítico, duripán o capa freática que imposibilite la excavación.

Las calicatas se realizan en puntos representativos de la unidad edáfica que se quiere caracterizar, evitando localizaciones como zonas antropizadas, con movimientos de tierras, lugares recién fertilizados o con quemas recientes. En aquellos casos en los que sea imposible el acceso a cualquiera de los lugares de observación planificados (accesos inexistentes, falta de permisos, etc.), se procede a la reubicación de la calicata en otro sector representativo de la unidad edáfica, siempre que sea posible.

2.2.2.3. Descripción del perfil del suelo

La observación de las calicatas consiste en el análisis visual y táctil de las diferentes características morfológicas de cada uno de los horizontes y/o capas del suelo. Para esta descripción de los perfiles se siguen los criterios de la “Guía para la Descripción de Suelos”, publicada por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) en el año 2009. Todos los datos se introducen a través de *Tablet PC*, de forma que se generan fichas digitales automatizadas por cada uno de los perfiles descritos, las cuales, para el presente cantón, aparecen recogidas en el Anexo 5. Esta descripción se acompaña de fotos del perfil y fotos panorámicas representativas de la unidad edáfica.

Con todos los datos recabados de la descripción del perfil se procede a dar una clasificación taxonómica preliminar del suelo hasta el nivel de Subgrupo, utilizando el sistema americano de clasificación de suelos, *Soil Taxonomy* (SSS-USDA, 2006). Esta clasificación se revisa luego en la fase postcampo, cuando se dispone de todos los datos levantados y de los resultados de los laboratorios, para obtener la clasificación final.

2.2.2.4. Recolección y entrega de muestras

De cada perfil descrito se recogen muestras de los horizontes definidos, prestando especial atención a la caracterización de los primeros 50 cm. Se toman dos muestras, como mínimo, con análisis completos (tipo A, definidos en el epígrafe 2.2.3.1), aumentando este número siempre que sea necesario para sustentar la clasificación taxonómica.

Las muestras se guardan en doble funda plástica, perfectamente identificadas con la etiqueta correspondiente, y agrupadas por perfil en una nueva bolsa plástica. Periódicamente estas muestras se envían al centro de acopio, registradas en un manifiesto, para su posterior entrega a los laboratorios. Todo el proceso es controlado por el equipo de control de calidad, tanto en campo como en la recepción en los laboratorios.

2.2.3. Fase postcampo

2.2.3.1. Análisis de muestras

Se han contratado dos laboratorios para llevar a cabo los análisis de las muestras de suelos. En el momento de la entrega de las muestras al laboratorio, estas se acompañan de un manifiesto que incluye un listado con los parámetros que hay que analizar en ellas y que fueron decididos por el edafólogo en el momento de la descripción del perfil según el tipo de horizonte encontrado. Los diferentes tipos de análisis que se realizan en ambos laboratorios se pueden consultar en el Cuadro 2.2.

El análisis Tipo A es el más completo y se realiza, generalmente, para las muestras tomadas en los 50 cm superiores del perfil; mientras que el análisis Tipo B es menos completo que el A y, generalmente, se solicita para muestras más profundas u horizontes que subyacen bajo otro horizonte del que ya se ha solicitado análisis Tipo A. Por otra parte, los análisis restantes se realizan con el fin de sustentar la clasificación taxonómica. Así, el análisis Tipo S se realiza cuando en muestras de Tipo A o B, la conductividad eléctrica de la solución del suelo es superior a 1 dS/m; el Tipo C cuando existe reacción positiva al HCl en algún horizonte; el Tipo F1 y P cuando los suelos son susceptibles de ser clasificados como

Andisols o llevan prefijo Andic; el tipo F2, cuando es necesario determinar las características hídras en Andisols; y el Tipo Ox, para la correcta clasificación de los Oxisols. En resumen se toman todas las muestras necesarias para sustentar la clasificación taxonómica.

Para la realización de los análisis en los laboratorios se siguen las metodologías establecidas por la Red de Laboratorios de Suelos del Ecuador (RELASE) y otros métodos reconocidos a nivel internacional, con el fin de obtener resultados representativos.

Cuadro 2.2. Descripción de los tipos de análisis solicitados a los laboratorios

Tipo de Análisis	Parámetros	Método	Unidad de reporte
Tipo A	pH	Potenciométrico en agua (1:2,5)	pH
	Nitrógeno amoniacal	Olsen pH 8,5	ppm
	Fósforo disponible	Olsen pH 8,5	ppm
	Potasio disponible	Olsen pH 8,5	meq/100 g de suelo
	Calcio disponible	Olsen pH 8,5	meq/100 g de suelo
	Magnesio disponible	Olsen pH 8,5	meq/100 g de suelo
	Materia Orgánica	Walkley-Black	%
	Suma de Bases	Acetato de Amonio a pH 7	meq/100 g de suelo
	Saturación de bases	Cálculo	%
	NaCIC	Acetato de Amonio a pH 7	meq/100 g de suelo
	KCIC	Acetato de Amonio a pH 7	meq/100 g de suelo
	CaCIC	Acetato de Amonio a pH 7	meq/100 g de suelo
	MgCIC	Acetato de Amonio a pH 7	meq/100 g de suelo
	CIC	Acetato de Amonio a pH 7	meq/100 g de suelo
	Textura % arcilla	Bouyoucos (Hidrómetro)	%
	Textura % limo	Bouyoucos (Hidrómetro)	%
	Textura % arena	Bouyoucos (Hidrómetro)	%
	Clase textural	Cálculo	Nombre
	Conductividad eléctrica	Conductimétrico en agua (1:2,5)	dS/m
	Acidez libre*	Volumétrico (titulación)	meq/100 g de suelo
	Aluminio intercambiable**	Volumétrico (titulación)	meq/100 g de suelo
Tipo B	pH	Potenciométrico en agua (1:2,5)	pH
	Nitrógeno amoniacal*	Olsen pH 8,5	ppm
	Fósforo disponible	Olsen pH 8,5	ppm
	Potasio disponible	Olsen pH 8,5	meq/100 g de suelo
	Calcio disponible	Olsen pH 8,5	meq/100 g de suelo
	Magnesio disponible	Olsen pH 8,5	meq/100 g de suelo
	Materia Orgánica	Walkley-Black	%
	Textura % arcilla	Bouyoucos (Hidrómetro)	%
	Textura % limo	Bouyoucos (Hidrómetro)	%
	Textura % arena	Bouyoucos (Hidrómetro)	%
	Clase textural	Cálculo	Nombre
	Conductividad eléctrica	Conductimétrico en agua (1:2,5)	dS/m

Tipo de Análisis	Parámetros	Método	Unidad de reporte
Tipo S	pH	Potenciométrico en extracto pasta saturada	pH
	Conductividad eléctrica	Conductimétrico en extracto pasta saturada	dS/m
	Cationes: Sodio	Extracto de Pasta Saturada	meq/l
	Cationes: Potasio	Extracto de Pasta Saturada	meq/l
	Cationes: Calcio	Extracto de Pasta Saturada	meq/l
	Cationes: Magnesio	Extracto de Pasta Saturada	meq/l
	Aniones: Carbonatos	Extracto de Pasta Saturada	meq/l
	Aniones: Bicarbonatos	Extracto de Pasta Saturada	meq/l
	Aniones: Sulfatos	Extracto de Pasta Saturada	meq/l
	Aniones: Cloruros	Extracto de Pasta Saturada	meq/l
	PSI	Cálculo	%
	RAS	Cálculo	
Tipo C	Carbonatos totales	titulación	%
Tipo F1	Densidad aparente	Estufa/volumen cilindro	g/cm ³
Tipo F2	Retención de agua gravimétrica a -33 kPa	Ollas de presión y placas de porcelana	%
	Retención de agua gravimétrica a -1500 kPa	Ollas de presión y placas de porcelana	%
Tipo Ox	pH para Oxisols	Potenciométrico en KCl 1N (1:2,5)	pH
Tipo P Retención de fósforo	Equilibrio con 1000 mg/kg de solución de fósforo	Olsen	%

*Se realiza cuando el pH < 5,5.

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

Fuente: Consorcio Tracasa-Nipsa, 2015.

Los laboratorios contratados en este proyecto se someten de manera continua a controles de calidad, tanto externos como internos. Entre los controles que realizan entidades externas cabe mencionar el cumplimiento de los requisitos de la norma ISO-9000 y la acreditación según Norma ISO-17025, así como ejercicios de intercomparación entre diferentes laboratorios, con la participación en diversos circuitos de control de calidad tanto a nivel nacional como internacional. Los controles internos que lleva a cabo el propio laboratorio consisten en pruebas de exactitud, utilizando muestras de referencia de valores conocidos, y análisis de repetibilidad, a través de coeficientes de variación.

En cuanto a los métodos analíticos empleados, ambos laboratorios aplican métodos idénticos, parte esencial para el buen desarrollo del proceso de generación cartográfica, y utilizan tecnologías actualizadas, que permiten una mayor precisión en los resultados.

2.2.3.2. Gestión de la información de campo

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

Tras comprobar la coherencia y completitud de los datos de las fichas de campo, estos se transfieren a la base de datos del proyecto. Paralelamente se procesan las muestras de



suelo y se incorporan los resultados analíticos reportados por los laboratorios. Estos resultados se revisan, en coordinación con los técnicos responsables de campo, a la vez que se interpretan y analizan, confrontando los valores esperados en correspondencia con la información de campo, para estudiar su coherencia con el medio.

Con toda la información disponible y organizada, derivada tanto del campo como del laboratorio, los edafólogos realizan la clasificación definitiva del suelo atendiendo a las variables características del perfil utilizando la *Soil Taxonomy* en su versión del 2006 (SSS-USDA, 2006) y determinando su correspondencia a 2010 (SSS-USDA, 2010). Ambas clasificaciones se presentan en dos campos diferentes, si bien sólo difieren en casos muy específicos (en el Anexo 1 se presenta un resumen de las equivalencias entre los Subórdenes de suelos según ambas versiones, siempre que éstas no coincidan). Es la clasificación según la *Soil Taxonomy* 2006 (SSS-USDA, 2006), a nivel Subgrupo, la que se utiliza para caracterizar la Unidad Edáfica.

Cabe aclarar que puntualmente se utiliza la textura de campo donde los resultados de laboratorio y de campo presentan texturas muy disímiles. Estos casos pueden derivarse de la utilización del método de Bouyoucos y corresponden principalmente a ciertas clasificaciones dentro del orden de los Andisols y del suborden Psamments. Esta particularidad se indica tanto en la ficha descriptiva de los perfiles (Anexo 5) como en la descripción del tipo de suelo que aparece en el apartado de resultados del levantamiento geopedológico.

Con el objetivo de no distorsionar el entorno edáfico de la zona de estudio, en ocasiones se generalizó la información de los perfiles descritos para adaptarla a las relaciones suelo-paisaje existente, tras realizar un estudio completo de las características del perfil en relación al sector y la geoforma en la que aparece.

2.2.3.3. Elaboración del Mapa Geopedológico

Partiendo del mapa que contiene las unidades edáficas y del mapa de puntos de observación con su correspondiente información edáfica, se procede a dar contenido al Mapa Geopedológico.

Inicialmente, cada unidad edáfica está caracterizada por una calicata, que es la que se utiliza para dotarla de información. Sin embargo, las dificultades encontradas en los trabajos de campo pueden provocar que alguna unidad edáfica carezca de punto de observación y, por tanto, quede sin información. En estos casos se asigna a esta unidad edáfica una calicata de otra unidad similar, teniendo en cuenta la proximidad entre las unidades, el entorno edáfico y la información proporcionada por estudios previos, fundamentalmente los mapas PRONAREG-ORSTOM.

Otra situación posible es la existencia en una misma unidad edáfica de más de una calicata que sirva para caracterizarla. En este caso el análisis del entorno edáfico determina el uso de la o las calicatas representativas, reservando el resto para indicar la variabilidad edáfica posible en el interior de esa unidad.

El Mapa Geopedológico representa un modelo de distribución espacial de las unidades del suelo en el área de estudio. Cada una de estas unidades queda caracterizada con un único perfil, al que se vinculan un total de 26 variables que se utilizan para elaborar el mapa. Estas variables son las siguientes: código de perfil, clave taxonómica (SSS-USDA, 2006 y 2010),

clasificación a nivel de Subgrupo (SSS-USDA, 2006 y 2010), textura superficial, textura a profundidad, drenaje natural, profundidad efectiva, pedregosidad, afloramientos rocosos, elementos gruesos, toxicidad, pH, salinidad, profundidad del nivel freático, régimen de temperatura del suelo, régimen de humedad del suelo, materia orgánica, capacidad de intercambio catiónico, saturación de bases, fertilidad, inundabilidad, velocidad de infiltración, características y código suelo. A estas variables se añaden las heredadas de la Cartografía Geomorfológica.

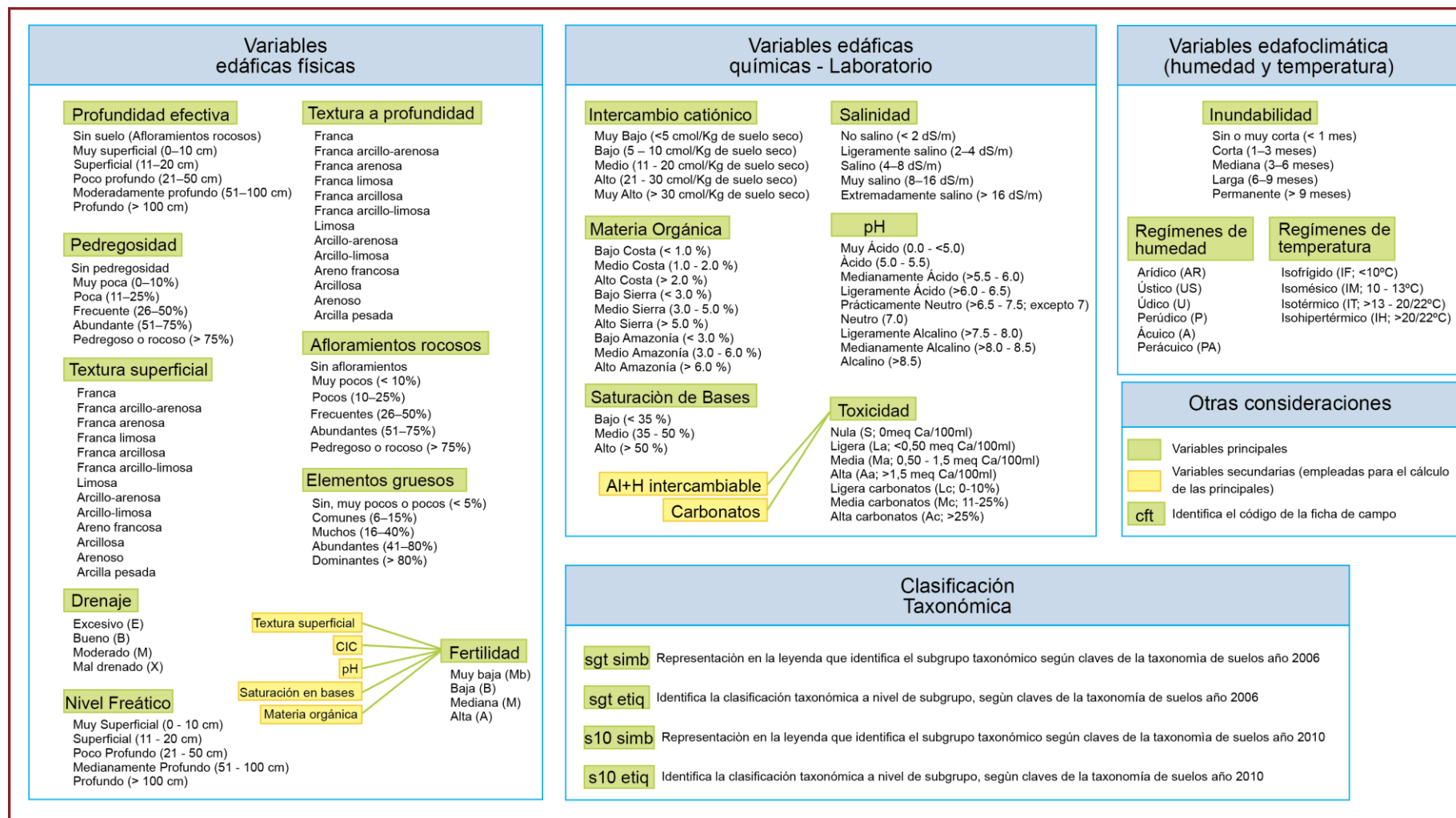
Como se puede observar, estas variables son de diferente naturaleza; algunas derivan directamente de las “unidades geoclima” (regímenes de humedad y temperatura), otras se obtienen a partir de las descripciones en campo (pedregosidad, afloramientos rocosos, etc.) y otras proceden de los análisis de laboratorio (pH, materia orgánica, capacidad de intercambio catiónico, etc.). Además, algunas de estas variables se calculan a partir de otros parámetros, como es el caso de la fertilidad o la toxicidad. En el Gráfico 2.2 se presenta un resumen del modelo de datos utilizado para la generación del Mapa Geopedológico, con todas las variables que intervienen en su elaboración.

La fertilidad se calcula mediante la combinación de una serie de variables: capacidad de intercambio catiónico, pH, porcentaje de saturación en bases, materia orgánica, textura y salinidad del suelo (en la región de Amazonía se considera también la toxicidad). De todas ellas se consideran como principales el pH y la salinidad, de forma que éstas actúan como las variables más restrictivas. Cuando una de estas dos variables es muy baja, la fertilidad es muy baja; cuando otra de las variables no principales es baja y las demás variables son altas, la fertilidad es media; y cuando no concurre ninguna de las situaciones anteriores, el nivel de fertilidad lo determina la variable más restrictiva.

El resultado final es la Cartografía Geopedológica, a escala de trabajo 1:25.000, donde se muestran las diferentes unidades edáficas encontradas con su perfil modal clasificado a nivel de Subgrupo según *Soil Taxonomy* (SSS-USDA, 2006). En el mapa final, a cada Subgrupo se le asigna un número para facilitar su identificación.

Las salidas cartográficas se elaboran por hojas según la grilla 50.000 y por cada cantón, con su respectiva leyenda en la que se identifican los diferentes subgrupos de suelos identificados con sus correspondientes números. Se incluyen también dos esquemas generalizados a escala 1:500.000, con los contextos morfológicos y los regímenes de temperatura de los suelos, ambos de carácter explicativo. Se proporciona, además, como un documento aparte, una leyenda más extensa que la representada en la salida cartográfica, de carácter explicativo y de tipo geopedológico, de forma que se entienda el entorno donde se desarrollan los suelos. Esta leyenda está estructurada y jerarquizada de la siguiente manera: Dominio Fisiográfico, Contexto Morfológico, Régimen de temperatura del suelo, Formación Geológica, Geoforma, Pendiente, Características del suelo, Perfil representativo y Clasificación taxonómica a nivel de Subgrupo.

Gráfico 2.2. Esquema de las variables del modelo de datos de Geopedología



Fuente: Consorcio Tracasa-Nipsa, 2015.

2.2.4. Control de calidad

La Cartografía Geopedológica sigue un proceso continuo de control de calidad por parte del Consorcio Tracasa-Nipsa. Este control se aplica a las fichas de campo (tanto en completitud como en coherencia), análisis de laboratorio, asignaciones finales de suelos a nivel de Subgrupo, así como a la información de las 26 variables mencionadas y la información geoespacial de las unidades edáficas con las calicatas asignadas.

Adicionalmente, la estructura organizativa del trabajo permite una serie de filtros y de controles para la homogeneización de criterios y la comprobación de la coherencia con el entorno edáfico, que facilitan la obtención de información adecuada en todos sus diferentes componentes.

2.3. Mapa de Velocidad de infiltración

2.3.1. Evaluación de la infiltración hídrica de los suelos

Los valores de la velocidad de infiltración contribuyen a realizar un análisis más específico sobre la aptitud de los suelos para el riego, así como para el estudio de la susceptibilidad a la erosión hídrica. La metodología adoptada en el presente proyecto permite conocer los valores de infiltración bajo el criterio de utilizar el perfil de suelo como base de análisis edafológico e hídrico, de forma que es posible establecer genéricamente los valores de infiltración de las diferentes unidades geopedológicas estudiadas. Esto implica obviar la alta variabilidad intrínseca de las propiedades hidráulicas del territorio (Kutilek y Nielsen, 1994), pero permite optimizar la cartografía de esta propiedad en tiempo y recursos.

La medición de la infiltración en este proyecto se realiza utilizando la metodología de minidisco en la mayoría de los perfiles programados y se complementa con el método de doble anillo de Müntz en, al menos, el 10% de los puntos de muestreo, con cuyos datos se ajusta la curva de infiltración para la totalidad de los perfiles. Adicionalmente, se determinan los umbrales de pendiente por encima de los cuales no se realizan estas pruebas de infiltración; es decir, los ensayos con los infiltrómetros de minidisco no se realizan por encima del 40% de pendiente y los de doble anillo hasta un máximo del 12%, ambos en suelos de más de 20 cm de profundidad.

Los valores de infiltración ajustados se incluyen en la información de las 26 variables y se asocian a las unidades edáficas descritas en el apartado del levantamiento geopedológico. En aquellos casos en que la unidad edáfica carece de información directa y se le ha asignado una calicata de otra unidad edáfica similar, el dato de la velocidad de infiltración asociada a esa calicata también se utiliza para caracterizar la unidad edáfica sin información, realizando correcciones según la pendiente si fuera necesario. Cuando la unidad edáfica tiene asignada una calicata en la que no se realizó la medición de la velocidad de infiltración, los campos asociados de la base de datos quedan sin información con la palabra "Desconocido".

Una descripción más detallada de la metodología utilizada para elaborar la Cartografía de Velocidad de infiltración se puede consultar en el documento "Metodología_Velocidad_Infiltración".



El producto que se obtiene tiene las siguientes características:

- El área de estudio engloba los Lotes 1 y 2 definidos en el contrato
- Se utiliza la Cartografía Geopedológica como base para la generación de información geoespacial de velocidad de infiltración de los suelos
- La unidad de estudio es la hoja 50.000 y el cantón
- La escala de trabajo en esta cartografía también es 1:25.000
- El nivel de estudio es semidetallado y conserva las unidades geoespaciales previamente definidas en el Mapa Geopedológico
- El sistema de representación cartográfico es el SIRGAS 95, UTM-WGS84-Zona 17S y 18S
- El formato digital de entrega se realiza como geodatabase (*.mdb) y Postgres
- El sistema de clasificación de la velocidad de infiltración corresponde a la metodología propuesta por Landon (1984)

2.3.2. Infiltrómetro de doble anillo

El cilindro infiltrómetro, conocido como el *doble anillo* de Müntz, es un método ampliamente utilizado para determinar la infiltración del agua en el suelo y es adecuado para métodos de riego que permiten humectar directamente una gran superficie de suelo. El flujo radial es minimizado por medio de un área tampón alrededor del cilindro central, de forma que se asegura el movimiento vertical del agua. La principal limitación de este método es que su emplazamiento puede alterar las condiciones naturales del suelo, puesto que durante su instalación se elimina la mayor parte de la cobertura vegetal y la estructura o el grado de compactación del horizonte superficial pueden verse modificados.

Otro aspecto que debe tenerse en cuenta es el hecho de que el tiempo que transcurre desde el inicio del ensayo hasta que se alcanza la saturación depende de la humedad previa del suelo y la altura del agua en el anillo interior.

2.3.2.1. Fase de precampo

Previo a la salida de campo se realiza un análisis del territorio y de las unidades a intervenir. De los puntos planificados para la ubicación de las calicatas se eligen aquellos que se localizan en pendientes inferiores al 12%, seleccionando el 10% del total de las calicatas. En caso de que este número exceda la cantidad de puntos por bloque, se seleccionan los que estén mejor distribuidos espacial y texturalmente teniendo en cuenta la información disponible dentro del área a intervenir; en caso que no se llegue a cubrir el 10% porque la zona se encuentre muy disectada se compensa realizando mayor cantidad de pruebas en otros sectores.

2.3.2.2. Fase de campo

Esta fase se inicia con la instalación del equipo, previa preparación del terreno donde se va a realizar la medición. Es necesario eliminar la vegetación de la superficie donde se va a instalar el infiltrómetro, teniendo siempre la precaución de no alterar la estructura del suelo. El cilindro debe introducirse en el suelo hasta una profundidad no superior a los 2/3 de su

altura total (Foto 2.1). Simultáneamente, se vierte agua en el cilindro exterior, que actúa como área tampón, y también en el cilindro interior.

Foto 2.1. Proceso de instalación del infiltrómetro de doble anillo de carga constante



Fuente: Consorcio Tracasa-Nipsa, 2015.

Para realizar las lecturas se toma como referencia una regla y en los distintos intervalos de tiempo se anotan las lecturas del nivel de agua observadas. La velocidad de infiltración tiende a hacerse constante alrededor de las dos horas después del inicio de la medición (velocidad de infiltración básica) (Holzapfel *et al.*, 2001), por esta razón se recomienda realizar las lecturas en los siguientes tiempos: los primeros cinco minutos se realiza una lectura cada minuto; desde entonces hasta la media hora, el tiempo de lectura se alarga a cinco minutos; a partir de este momento y hasta alcanzar la hora, se recomienda tomar lecturas cada diez minutos, y a partir de la hora y hasta las dos horas se mide cada quince minutos.

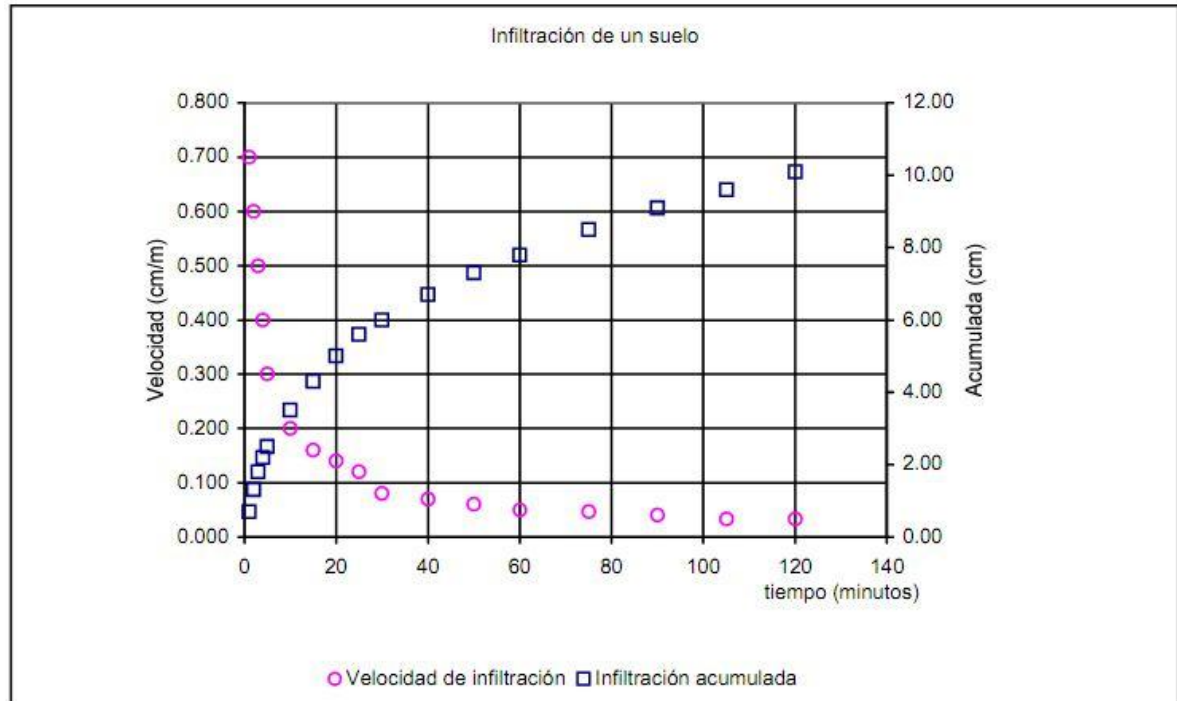
2.3.2.3. Fase postcampo

Con los datos de cantidad de agua infiltrada obtenidos en campo, se evalúa la infiltración de los suelos estudiados. Los parámetros disponibles son el intervalo de tiempo transcurrido entre lecturas y la altura de agua que infiltra en el suelo en ese intervalo.

Así, se calcula la infiltración acumulada como la suma de las láminas de agua (en centímetros) infiltradas desde el comienzo de la medición (tiempo 0). Por otra parte, también es posible calcular la tasa de infiltración, dividiendo las láminas de agua infiltrada en cada intervalo temporal (en centímetros), entre la duración de ese intervalo (en minutos). Como resultado se obtiene la tasa de infiltración de agua en el suelo en unidades de cm/min. La cantidad de agua infiltrada acumulada, al ser un valor acumulativo, siempre irá en aumento, variando la pendiente de la curva en función de las propiedades hídricas del suelo. De igual forma, la tasa de infiltración será más elevada al inicio del proceso de la infiltración que al final, cuando el suelo se acerca a la saturación hídrica.

Ambos parámetros pueden representarse de forma gráfica, tal y como se observa en la Figura 2.1.

Figura 2.1. Representación gráfica de la curva de infiltración e infiltración acumulada de un suelo en función del tiempo



Fuente: modificado de Kutilek y Nielsen, 1994. Soil Hidrology.

2.3.3. Infiltrómetro de minidisco

El infiltrómetro de minidisco (Decagon Devices, 2012) es un equipo portátil que permite medir la conductividad hidráulica en condiciones insaturadas. El equipo es de uso generalizado para evaluar la infiltración de los suelos en un amplio rango de texturas y presenta la gran ventaja que permite realizar mediciones sin necesidad de requerir grandes volúmenes de agua (generalmente, pueden tomarse medidas apropiadas con un volumen de agua inferior a los 200 ml). Esto lo convierte en un instrumental fácilmente portable y de fácil instalación y manejo. Consta de dos cámaras: la superior, llamada cámara de burbujas, controla la succión sobre la superficie de contacto entre el disco y el suelo; mientras que la cámara inferior esta graduada en centímetros y contiene el agua utilizada en el ensayo. Posee, además, un tubo *mariotte* que comunica las dos cámaras.

2.3.3.1. Fase precampo

La planificación de la infiltración depende de los puntos de muestreo establecidos en gabinete, tomando en cuenta que esta prueba de infiltración se realiza en el total de puntos analizados donde se realice la descripción de una calicata, siempre que cumplan la condición de pendiente inferior al 40%.

2.3.3.2. Fase de campo

En el momento de la instalación del equipo, ambas cámaras se llenan de agua y se cierran herméticamente, colocando verticalmente el dispositivo sobre la superficie del suelo. Con el fin de lograr un buen contacto hidráulico entre el infiltrómetro y el suelo, se coloca un anillo de 2 mm de grosor relleno de arena de 0,5 mm de diámetro.

La peculiaridad que presenta el minidisco es que, en el momento de hacer las lecturas, ofrece la posibilidad de ajustar la velocidad de succión para adaptarse mejor al tipo de textura del suelo que se está midiendo. Así, en la mayoría de los suelos la tasa de succión que se utiliza es la determinada por una altura de agua de 2 cm en la cámara inferior. En situaciones particulares, como en el caso de suelos arenosos con altas tasas de infiltración (texturas arenosas y areno-francosas); o cuando el suelo es más compacto y con una infiltración mucho más lenta (texturas arcillosas, arcillas pesadas y arcillo-limosas), ésta se ajusta a una altura de 6 cm y 0,5 cm, respectivamente.

Las lecturas de los volúmenes de agua infiltrada se realizan a intervalos de tiempo prefijados en función de la textura del suelo. En el caso de suelos arenosos las lecturas se miden cada cinco segundos; en suelos de textura media cada 30 segundos y en suelos arcillosos las lecturas se efectúan cada 30 minutos (Decagon Devices, 2012). El gasto volumétrico será de un mínimo de 200 ml de agua o bien hasta la estabilización de tres lecturas.

2.3.3.3. Fase postcampo

Existen diferentes métodos para determinar la conductividad hidráulica del suelo no saturada a partir de los datos de infiltración con el método del infiltrómetro de disco, pero se utiliza el método desarrollado por Zhang (1997), debido a su simplicidad. En este método se parte de la infiltración acumulada, para cuyo cálculo se requieren los datos registrados en los ensayos de campo, en concreto, los intervalos temporales transcurridos entre lecturas y la altura de agua que se ha infiltrado en el suelo en esos intervalos. A partir de ellos se calcula la infiltración acumulada como la suma de las láminas de agua (en centímetros) infiltradas desde el comienzo de la medición (tiempo 0).

Una vez calculada la infiltración acumulada, ésta se representa en un gráfico de abscisas y ordenadas, donde X representa el tiempo e Y la infiltración acumulada. Seguidamente, se ajusta la siguiente ecuación matemática (1), de forma que se obtienen los valores de los parámetros C1 y C2:

$$I = C1 t + C2 \sqrt{t} \quad (1)$$

Donde:

t = tiempo (s)

C1 = parámetro obtenido a partir de la curva de infiltración (m/s)

C2 = parámetro obtenido a partir de la curva de infiltración, relacionado con la absorción del suelo (m/s^2)

Una vez conocidos los valores C1 y C2 se puede obtener el valor de la conductividad hidráulica no saturada (K) mediante la ecuación (2):

$$K = \frac{C1}{A} \quad (2)$$

A su vez, el valor de A se calcula mediante las ecuaciones (3) ó (4), en función de las características del suelo:

$$A = \frac{11,65 (n^{0,1}-1) \exp(2,9(n-1,9) \infty h_0)}{(\alpha r_0)^{0,91}} n > 1,9 \quad (3)$$

$$A = \frac{11,65 (n^{0,1}-1) \exp(7,5(n-1,9) \infty h_0)}{(\alpha r_0)^{0,91}} n < 1,9 \quad (4)$$

Donde:

K = conductividad hidráulica no saturada del suelo

C1 = parámetro anterior obtenido a partir de la curva de infiltración (m/s)

A = parámetro cuyo cálculo depende de las características del suelo y del infiltrómetro, calculado a partir de las ecuaciones (3 y 4)

n y a = parámetros de Van Genuchten dependientes de las características texturales del suelo

r₀ = radio del disco del infiltrómetro

h₀ = succión aplicada por el infiltrómetro del disco

Los parámetros de Van Genuchten para los doce tipos de textura del suelo fueron calculados por Carsel y Parrish (1988) teniendo en cuenta el tamaño del disco del infiltrómetro y la succión aplicada (Cuadro 2.3).

Cuadro 2.3. Valores de Van Genuchten para doce tipos de textura de suelos para valores de A de 2,2 cm de radio de disco y succión entre 0,5 a 6 cm

Textura	r ₀ =2,25 cm		h ₀							
	α	n	-0,5	-1	-2	-3	-4	-5	-6	-7
			A							
Arenoso	0,145	2,68	2,84	2,40	1,73	1,24	0,89	0,64	0,46	0,33
Areno-francoso	0,124	2,28	2,99	2,79	2,43	2,12	1,84	1,61	1,40	1,22
Franco-arenoso	0,075	1,89	3,88	3,89	3,91	3,93	3,95	3,98	4,00	4,02
Franco	0,036	1,56	5,46	5,72	6,27	6,87	7,53	8,25	9,05	9,92
Limoso	0,016	1,37	7,92	8,18	8,71	9,29	9,90	10,55	11,24	11,98
Franco-limoso	0,02	1,41	7,10	7,37	7,93	8,53	9,19	9,89	10,64	11,45
Franco-arcillo-arenoso	0,059	1,48	3,21	3,52	4,24	5,11	6,15	7,41	8,92	10,75
Franco-arcilloso	0,019	1,31	5,86	6,11	6,64	7,23	7,86	8,55	9,30	10,12
Franco-arcillo-limoso	0,01	1,23	7,89	8,09	8,51	8,95	9,41	9,90	10,41	10,94
Arcillo-arenoso	0,027	1,23	3,34	3,57	4,09	4,68	5,36	6,14	7,04	8,06
Arcillo-limoso	0,005	1,09	6,08	6,17	6,36	6,56	6,76	6,97	7,18	7,40
Arcilloso	0,008	1,09	4,00	4,10	4,30	4,51	4,74	4,98	5,22	5,48

Elaboración: Consorcio Tracasa-Nipsa, 2015.

2.3.4. Correlación de datos

Los análisis estadísticos se realizan con el software estadístico Statgraphics Centurion XVI, Versión 16.1.03. Se lleva a cabo una comparación de modelos entre las dos metodologías

de medida de la velocidad de infiltración mediante el módulo SnapsStats, de forma que cuando intervienen dos o más niveles de un factor categórico, clases texturales en el presente estudio, pueden obtenerse modelos de regresión relacionados con las variables de interés para cada clase y analizar su contribución al modelo general. En este caso se recurre al procedimiento de “comparación de líneas de regresión”.

De esta forma, se determina la ecuación de regresión interpretativa para estimar los valores de la infiltración bajo el método de doble anillo a partir de los valores del método del minidisco. Para aumentar la robustez del modelo se realizan los siguientes cálculos estadísticos:

- Se establecen las regresiones respectivas dentro de cada clase textural
- A partir de un análisis de varianza de la regresión por grupos texturales se analiza si todos ellos tienen la misma pendiente o si presentan diferencias. Además, se determina si la regresión para cada grupo es significativa
- Se interpretan los incrementos de la infiltración dentro de la ecuación de regresión de cada grupo
- Si los coeficientes de determinación son similares en cada grupo textural y el análisis de varianza para la regresión es altamente significativo o si manifiestan similar pendiente, la ecuación de regresión interpretativa es catalogada como funcional
- En caso de que la regresión no sea funcional, esto puede deberse a que no se dispone de la suficiente representatividad, para lo que se deben emplear más observaciones. Para ello, se emplean las observaciones en bloques aledaños y la información de unidades vecinas similares, consiguiendo un mejor ajuste de la curva de infiltración

2.3.5. Elaboración del mapa de infiltración

El resultado final de esta metodología es la elaboración de un mapa a escala 1:25.000, con representación gráfica tanto por hoja 1:50.000 como por cantón, donde se muestran las diferentes unidades edáficas encontradas con su correspondiente clase de velocidad de infiltración.

Debido a las técnicas empleadas en el proyecto no es posible realizar medidas de infiltración en todas las unidades edáficas existentes, ya sea por la densidad de muestreo, presencia de pendientes superiores al 40% o existencia de suelos saturados. Por tanto, es necesario realizar una extrapolación de los datos de velocidad de infiltración para poder informar esas unidades edáficas. Los criterios seguidos para ello son:

- Asignación directa a todas las geoformas pertenecientes a la misma unidad edáfica (igual contexto geomorfológico, geoforma, geología, pendiente, régimen de humedad del suelo y régimen de temperatura del suelo). En el caso de unidades edáficas en las que se ha realizado agrupación por pendientes, para el cálculo de la velocidad de infiltración se considera la pendiente real de cada geoforma y, a pesar de tratarse de una asignación directa, se hace corrección por pendiente cuando procede
- Asignación de velocidad de infiltración a unidades edáficas que hayan sido caracterizadas por una calicata localizada en otra unidad edáfica similar. En estos casos se aplicará un coeficiente de corrección sobre el dato de infiltración para adaptarse a los nuevos valores de pendiente, si fuera necesario

- Cuando la unidad edáfica esté caracterizada por una calicata que carezca de datos de infiltración (por ejemplo, suelos en condiciones de saturación hídrica) se define bajo la categoría de “Desconocido”

2.3.6. Descripción de la clasificación de Velocidad de infiltración

Los valores de infiltración obtenidos por las dos técnicas aplicadas y los calculados a partir de la correlación entre ambas, se reclasifican según la metodología propuesta por Landon (1984) para su interpretación y elaboración del mapa final de Velocidad de infiltración (Cuadro 2.4).

Cuadro 2.4. Clasificación e interpretación de la Velocidad de infiltración del suelo

Clase	Denominación	Rango (mm/h)
1	Muy rápida	>250
2	Rápida	150-250
3	Moderadamente rápida	65-150
4	Moderada	20-65
5	Moderadamente lenta	5-20
6	Lenta	1,5-5
7	Muy lenta	< 1,5

Fuente: Landon, 1984.

A esta clasificación queda añadir la categoría “Desconocido”, que se aplica a aquellas unidades edáficas que carecen de información de velocidad de infiltración.

2.3.7. Control de calidad

La cartografía temática generada con la metodología propuesta y validada continúa con la fase de control de calidad, donde se escogen al azar los puntos de las pruebas de infiltración realizadas en campo y se evalúa la elaboración del mapa. La Cartografía Temática de Velocidad de infiltración se genera a partir de los valores asignados de infiltración hídrica a cada una de las unidades cartográficas del Mapa Geopedológico.

2.4. Elaboración del Mapa de Capacidad de uso de las tierras

2.4.1. Evaluación de la Capacidad de uso de las tierras

La capacidad de producción del suelo y el riesgo de pérdida de esa capacidad, según el sistema de explotación al que el suelo se someta, son los que resumen el concepto de capacidad de uso de las tierras. Establecer la capacidad de uso de un suelo equivale, por tanto, a definir el sistema de explotación acorde con su capacidad productiva, teniendo en cuenta que ésta no implique riesgo de pérdida de esa capacidad, mediante las medidas que para ello se adopten.



La metodología aplicada para la evaluación de la capacidad de uso de las tierras consiste en un modelo cualitativo, adaptado del modelo utilizado por el Instituto Espacial Ecuatoriano, que consiste en un sistema de matrices de doble entrada para modificar sucesivamente las clases de capacidad de uso de las tierras.

El sistema de clasificación aplicado para la elaboración de la cartografía adopta la simbología del Sistema Americano USDA-LCC, pero adaptado a las condiciones concretas que se encuentran en el Ecuador, por tratarse de un sistema de gran difusión a nivel mundial y ajustarse mejor a los objetivos y disponibilidad de la información básica local.

Este sistema divide el territorio en ocho clases, según el grado de limitaciones de uso, utilizando el símbolo (I) para indicar ligeras limitaciones y aumentando progresivamente hasta llegar al símbolo (VIII) que indica severas limitaciones. Estas clases se subdividen, a su vez, en subclases, según el tipo de limitaciones por erosión, factores edáficos, humedad y/o clima que tengan. De esta forma se consiguen identificar las áreas con potencialidades para la explotación agroproductiva, forestal y áreas protegidas, así como las áreas más vulnerables.

Esta metodología se adapta para las distintas regiones identificadas en el país, de forma que las características que deben cumplir las tierras evaluadas difieren en función de si se trata de áreas localizadas en las regiones de Sierra, Costa o Amazonía.

En el documento denominado “Metodología_Capacidad_Uso” se puede consultar con más detalle la metodología utilizada para la elaboración del Mapa de Capacidad de uso de las tierras.

El producto que se obtiene tiene las siguientes características:

- El área de estudio engloba los Lotes 1 y 2 definidos en el contrato
- Se utiliza la Cartografía Geopedológica como base para la generación de información geoespacial de capacidad de uso de las tierras
- La unidad de estudio es la hoja 50.000 y el cantón
- La escala de trabajo en esta cartografía también es 1:25.000
- El nivel de estudio es semidetallado y conserva las unidades geoespaciales previamente definidas para el Mapa Geopedológico
- El sistema de representación cartográfico es el SIRGAS 95, UTM-WGS84-Zona 17S y 18S
- El formato digital de entrega se realiza como geodatabase (*.mdb) y Postgres
- El sistema de clasificación de la capacidad de uso de las tierras se realiza de acuerdo a la metodología propuesta en “Geopedología y Amenazas Geológicas” (CLIRSEN, 2011b)

2.4.2. Aplicación del modelo adoptado

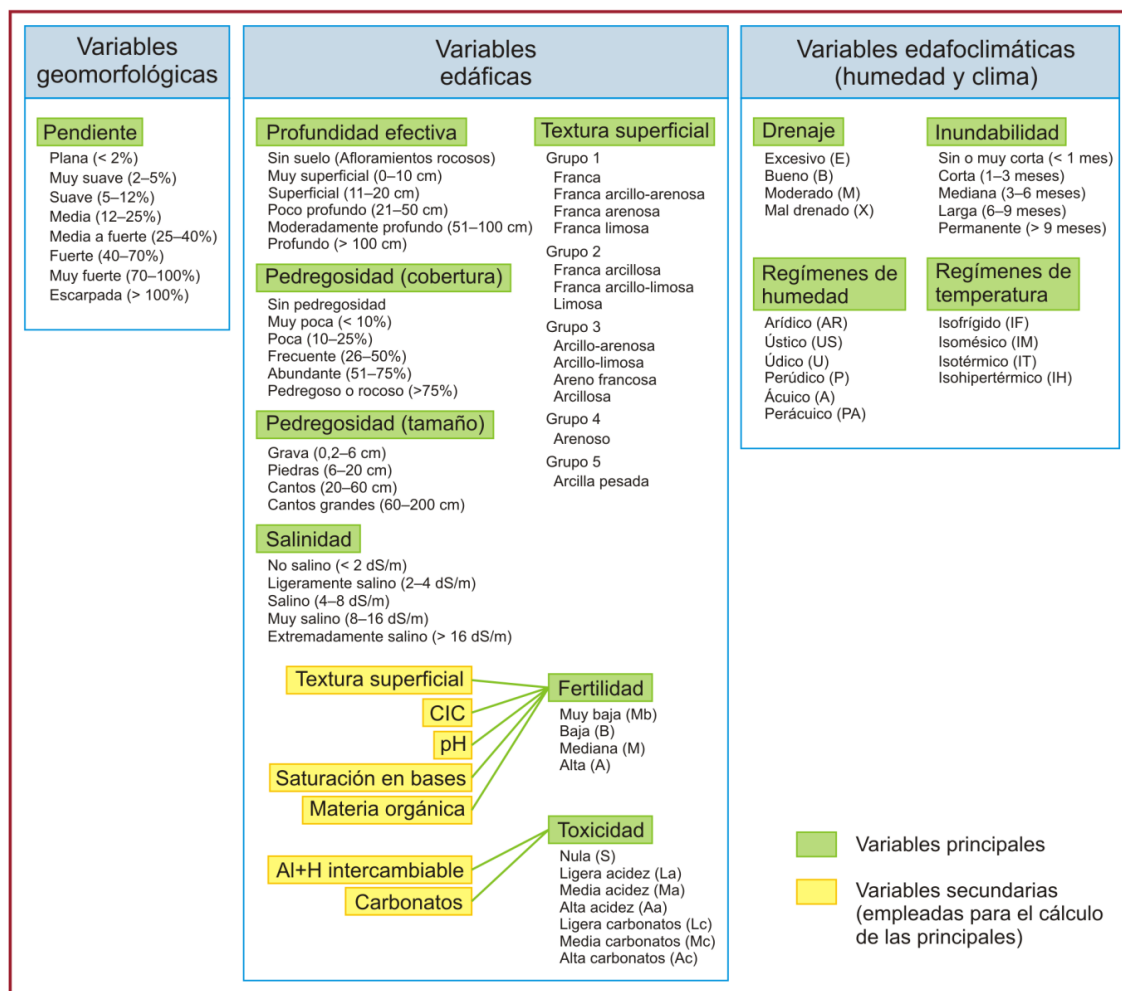
La elaboración del Mapa de Capacidad de uso de las tierras se realiza con la información levantada en campo en combinación con la del Mapa Geopedológico, en el que cada unidad edáfica tiene asignada una calicata.

Para la aplicación del modelo se incluyen variables geomorfológicas; edáficas, tanto físicas como químicas; y edafoclimáticas. Cada una de estas variables es categorizada e



introducida secuencialmente en el modelo, a través de matrices de decisión de doble entrada, con el objetivo de obtener una clasificación de la capacidad de uso de las tierras. En el Gráfico 2.3 se presenta un resumen de todas las variables empleadas en el modelo, así como de las distintas clases de capacidad de uso que resultan tras la combinación de las mismas.

Gráfico 2.3. Resumen gráfico de las variables empleadas en el modelo para el cálculo de la Capacidad de uso de las tierras



Combinación de variables en matrices de decisión de doble entrada

Clase CUT		Subclase CUT	Limitantes
Agricultura y otros usos	I	Tierras sin limitaciones	
	II	Tierras con ligeras limitaciones	
	III	Tierras con limitaciones más acentuadas	
	IV	Tierras limitaciones moderadas	
Uso limitado, no erosionables	V	Tierras para usos especiales con limitaciones fuertes a muy fuertes	
Aprovechamiento forestal o fines de conservación	VI	Tierras con limitaciones fuertes, para pastos y bosques	
	VII	Tierras con limitaciones muy fuertes, para pastos y bosques	
	VIII	Tierras con muy severas limitaciones para cualquier uso	
		Erosión (e)	(e1) – 2-5% (e2) – 5-25% (e3) – Mayor a 25%
		Suelo (s)	(s1) – Profundidad efectiva (s2) – Textura (s3) – Pedregosidad (s4) – Fertilidad (s5) – Salinidad (s6) – Toxicidad
		Humedad (h)	(h1) – Drenaje (h2) – Inundación
		Clima (c)	(c1) – RHS (c2) – RTS

Elaboración: Consorcio Tracasa-Nipsa, adaptado de CLIRSEN, 2011b.

Algunas de estas variables se emplean de forma directa para la evaluación, mientras que otras son el resultado de la combinación de varias variables. Tal es el caso de la fertilidad, que se calcula por combinación de la textura superficial, capacidad de intercambio catiónico, pH, saturación en bases y materia orgánica; y de la toxicidad, combinación de la acidez intercambiable y el contenido de carbonatos.

Las salidas cartográficas se elaboran por cada hoja 50.000 y por cada cantón, a escala 1:25.000, con su respectiva leyenda. El mapa resultante representa un modelo conceptual de la distribución espacial de las clases de capacidad de uso de las tierras, que podrá utilizarse posteriormente como herramienta clave en la definición de los sistemas de explotación más acordes a la capacidad productiva de los suelos y que menos riesgos de pérdida de esa capacidad entrañen.

2.4.3. Descripción de la clasificación de la Capacidad de uso de las tierras

Las especificaciones técnicas que deben cumplir los suelos para ser clasificados en función de las diferentes clases de capacidad de uso se detallan en el Cuadro 2.5, donde se explicitan los valores que debe tomar cada parámetro para que las tierras evaluadas sean incluidas en una u otra clase de capacidad de uso, para el caso de la región en la que se encuentra este cantón. Así, las cuatro primeras clases (I a IV) están reservadas para los usos agrícolas arables; la Clase V es una clase para usos especiales, con fuertes limitaciones pero no erosionable; las tres clases restantes (VI a VIII) se destinan a los usos no-agrícolas y, la Clase VIII indica limitaciones muy severas para prácticamente cualquier uso.

Adicionalmente, en el Cuadro 2.6 se explican de forma breve las principales características de las tierras incluidas en cada una de las clases de capacidad de uso para la región específica a la que pertenece el cantón estudiado.

Respecto a las subclases, éstas están determinadas de acuerdo con las limitaciones existentes por erosión, suelos, humedad y/o clima. Para hacer referencia a estas limitaciones, la simbología empleada se basa en la utilización de subíndices que son las iniciales de cada factor limitante — (e) Erosión, (s) Suelos, (h) Humedad, (c) Clima—, unido a un código numérico que identifica el aspecto en concreto al que se debe la limitación de uso (Cuadro 2.7).

Como resultado final de la combinación de las clases y subclases de capacidad de uso de las tierras se definen las “Unidades de Manejo”. A partir de ellas es posible identificar los factores específicos que limitan el uso agrícola de las tierras. Se representan con el número romano indicativo de la clase de capacidad de uso, una o más letras minúsculas que señalan las subclases o factores limitantes generales de la capacidad de uso, y sus correspondientes números arábigos, específicos de cada limitación. Se trata de un nivel de clasificación muy específico, correlacionado con el grado de especificidad cartográfica del estudio.

Cuadro 2.5. Parámetros que definen las clases de Capacidad de uso de las tierras localizadas en la región Sierra

Factor	Variables	CLASES DE CAPACIDAD DE USO							
		Agricultura y otros usos - arables				Poco riesgo de erosión	Aprovechamiento forestales o con fines de conservación - No arables		
		Sin limitaciones a ligeras		Con limitaciones de ligeras a moderadas		Con limitaciones fuertes a muy fuertes	Con limitaciones muy fuertes		
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
Erosión	Pendiente (%)	Menor a 2	Menor a 5	Menor a 12	Menor a 25	Hasta 12	Menor a 40	Menor a 70	Cualquiera
Suelo	Profundidad efectiva (cm)	Mayor a 100	Mayor a 50	Mayor a 20	Mayor a 20	Cualquiera	Mayor a 50	Mayor a 20	Cualquiera
	Textura superficial	Grupo 1	Grupo 1, 2 y 3	Grupo 1, 2 y 3	Cualquiera	Cualquiera	Cualquiera	Cualquiera	Cualquiera
	Pedregosidad (%) (sólo con piedras a cantos grandes)	Menor a 10	Menor a 25	Menor a 25	Menor a 25	Menor a 50	Menor a 25	Menor a 50	Cualquiera
	Fertilidad	Alta	Alta y mediana	Alta, mediana y baja	Alta, mediana y baja	Cualquiera	Cualquiera	Cualquiera	Cualquiera
	Salinidad (dS/m)	Menor a 2	Menor a 4	Menor a 8	Cualquiera	Cualquiera	Cualquiera	Cualquiera	Cualquiera
	Toxicidad	Sin o nula	Sin o nula y ligera	Sin o nula, ligera y media	Cualquiera	Cualquiera	Cualquiera	Cualquiera	Cualquiera
Humedad	Drenaje	Bueno	Bueno y moderado	Excesivo, bueno y moderado	Excesivo, bueno y moderado	Excesivo, bueno, moderado y mal drenado	Excesivo, bueno, moderado y mal drenado	Excesivo, bueno, moderado y mal drenado	Excesivo, bueno, moderado y mal drenado
	Periodos de inundación	Sin o muy corta	Sin o muy corta	Sin o muy corta y corta	Sin o muy corta y corta	Sin o muy corta, corta, mediana y larga	Sin o muy corta y corta	Sin o muy corta, corta y mediana	Sin o muy corta, corta, mediana, larga y permanente
Climático	Regímenes de humedad del suelo	Údico	Údico y Ústico	Údico y Ústico	Údico y Ústico	Údico, Ústico, Perústico, Ácuico, Perácuico y Arídico	Údico, Ústico y Perústico	Údico, Ústico Perústico y Arídico	Údico, Ústico Perústico, Ácuico, Perácuico y Arídico
	Regímenes de temperatura del suelo	Isohipertérmico e isotérmico	Isohipertérmico e isotérmico	Isohipertérmico e isotérmico	Isohipertérmico e isotérmico	Isohipertérmico e isotérmico	Isohipertérmico, isotérmico e isomésico	Isohipertérmico, isotérmico e isomésico	Isohipertérmico, isotérmico, isomésico e isofrígido

Fuente: Adaptado del CONAGE, 2010.

Cuadro 2.6. Resumen de las clases de Capacidad de uso de las tierras para la región Sierra

Clase agrológica		Etiqueta	Descripción	
AGRICULTURA Y OTROS USOS - ARABLES	Sin limitaciones a Ligeras	CLASE I	I	Suelos en pendiente plana hasta el 2%, profundos y fácilmente trabajables, que presentan muy pocas o no tienen piedras, es decir, no tienen limitaciones que interfieran las labores de maquinaria, son suelos con drenaje bueno, no salinos y de textura superficial del grupo textural G ₁ (francos, franco-arcillo-arenosos, franco-arenosos y franco-limosos). Se presenta en el régimen de humedad clasificado como údico y en la zona de temperatura isohipertérmica e isotérmica. Las tierras de la clase pueden ser utilizadas para el desarrollo de actividades agrícolas, pecuarias o forestales adaptadas ecológicamente a la zona.
		CLASE II	II	Suelos similares a la Clase I, y/o en pendientes muy suaves menores al 5%, moderadamente profundos y profundos, con poca pedregosidad que no limitan o imposibilitan las labores de maquinaria, son de textura superficial del grupo textural G ₁ , G ₂ (franco-arcillosos, franco-arcillo-limoso, limosos) y G ₃ (arcillo-arenosos, arcillo-limosos, areno francosos y arcillosos), tienen drenaje natural de bueno a moderado. Incluyen a suelos ligeramente salinos y no salinos. Requieren prácticas de manejo más cuidadosos que los suelos de la Clase I. Se presentan en regímenes de humedad údico y ústico, y en regímenes de temperatura isohipertérmico e isotérmico.
	Con limitaciones Ligeras a Moderadas	CLASE III	III	Suelos en pendientes menores a 12%, suaves, muy suaves y planas, son poco profundos, moderadamente profundos e inclusive profundos, tienen poca pedregosidad que no limitan o imposibilitan las labores de maquinaria, son de textura del grupo textural G ₁ , G ₂ y G ₃ , pueden presentar drenaje excesivo, bueno y moderado. Incluyen a suelos salinos, ligeramente salinos y no salinos. Son tierras con régimen de humedad del suelo údico y ústico, y los regímenes de temperatura del suelo son isohipertérmico e isotérmico. Por las limitaciones que presentan estas tierras, el desarrollo de los cultivos se ve disminuido, siendo necesarias prácticas especiales de manejo y conservación en los recursos suelo y agua.
		CLASE IV	IV	Son suelos que se encuentran en pendientes de medias a planas, es decir menores a 25%, poco profundos a profundos, y tienen poca pedregosidad. Esta clase de tierras requiere un tratamiento especial en cuanto a las labores de maquinaria, pues permiten un laboreo "ocasional", son de textura variable, y de drenaje excesivo a moderado. Incluyen a suelos desde no salinos a muy salinos. Son tierras con régimen de humedad del suelo údico y ústico, y en los regímenes de temperatura del suelo son isohipertérmicos e isotérmicos.
POCO RIESGO DE EROSIÓN	Con limitaciones Fuertes a Muy fuertes	CLASE V	V	Se ubican en pendientes entre planas y suaves, es decir menores al 12%, generalmente son suelos poco profundos, como también a suelos profundos pero con severas limitaciones en cuanto a drenaje y pedregosidad. Éstos requieren de un tratamiento "muy especial " en cuanto a las labores de maquinaria ya que presentan limitaciones imposibles de eliminar en la práctica; son de textura y drenaje variable. Incluyen a suelos desde no salinos a muy salinos. Se pueden encontrar en áreas propensas o con mayor riesgo a inundación. Son tierras con régimen de humedad del suelo údico, ústico, perúdicico, ácuico, perácuico y arídico, y en los regímenes de temperatura del suelo son isohipertérmicos e isotérmicos.
APROVECHAMIENTO FORESTAL O CON FINES DE CONSERVACIÓN	Con limitaciones Muy Fuertes	CLASE VI	VI	Suelos similares en pendiente a la Clase IV, pudiéndose también encontrar en pendientes medias y fuertes, es decir entre 12% y 40%, son moderadamente profundos a profundos, y con poca pedregosidad. Las labores de maquinaria son "muy restringidas"; son tierras aptas para aprovechamiento forestal, ocasionalmente pueden incluir cultivos permanentes y pastos. Son de textura variable, tienen drenaje de excesivo a mal drenado. Incluyen a suelos desde no salinos a muy salinos. Son tierras con régimen de humedad del suelo údico, ústico y perúdicico, y los regímenes de temperatura del suelo son isohipertérmicos, isotérmicos e isomésicos.
		CLASE VII	VII	Suelos en pendientes de medias a fuertes (menores al 70%), son poco profundos a profundos, y tienen una pedregosidad menor al 50%. Estas tierras tienen limitaciones muy fuertes para el laboreo debido a la pedregosidad y la pendiente. En cuanto a la textura, drenaje y salinidad éstas pueden ser variables. Son tierras con régimen de humedad del suelo údico, ústico, perúdicico y arídico, y en los regímenes de temperatura del suelo son isohipertérmicos, isotérmicos e isomésicos. Muestran condiciones para uso forestal con fines de conservación.
		CLASE VIII	VIII	Suelos en cualquier tipo de pendiente, son superficiales a profundos, son de textura y drenaje variables. Pueden ser suelos muy pedregosos o no pedregosos; en cuanto a la salinidad ésta clase de tierras incluye a las de reacción muy salina. Son tierras con régimen de humedad del suelo údico, ústico, perúdicico, ácuico, perácuico y arídico, y en los regímenes de temperatura del suelo son isohipertérmicos, isotérmicos, isomésico e isofrígidos. Son áreas que deben mantenerse con vegetación arbustiva y/o arbórea con fines de protección para evitar la erosión.
		No aplicable		Para unidades no consideradas como unidades de suelo, adquiridas de la cartografía base, incluye principalmente centros poblados y cuerpos de agua.

Fuente: Geopedología y Amenazas Geológicas. CLIRSEN, 2011b.

Cuadro 2.7. Resumen de las subclases de Capacidad de uso de las tierras en función de los factores limitantes analizados

Factores	Descripción
Erosión (e)	Se refiere a los limitantes que se pueden presentar en una determinada clase de capacidad de uso por el factor erosión, que se produce en las distintas áreas por efecto de la pendiente.
(e1)	Se utiliza con la clase agrológica para indicar un ligero incremento en la pendiente (2 a 5%).
(e2)	Indica la limitante de las diferentes clases de capacidad en los rangos de 5 a 12% y 12 a 25% de pendiente.
(e3)	Se utiliza para indicar la limitante de las diferentes clases de capacidad en los rangos de 25 a 40%; 40 a 70% y mayor a 70% de pendiente.
Suelo (s)	Se refiere a los limitantes que se pueden presentar en una determinada clase de capacidad de uso por los siguientes factores: profundidad efectiva, textura, pedregosidad, fertilidad, salinidad y toxicidad del suelo.
(s1)	Se utiliza para identificar limitantes de profundidad efectiva cuando los suelos son poco profundos (21 a 50 cm), superficiales (11 a 20 cm) y muy superficiales (0 a 10 cm).
(s2)	Identifica limitantes de suelo por texturas arcillo-arenosas, arcillo-limosas, areno-francosas, arcillosas, arcillosas pesadas y arenas.
(s3)	Identifica limitantes de suelo por pedregosidad cuando esta viene representada por piedras a cantos grandes y la abundancia es frecuente, abundante y pedregosa o rocosa.
(s4)	Se utiliza para identificar limitantes de suelo cuando existan valores de fertilidad bajos o muy bajos.
(s5)	Se utiliza para identificar limitantes de suelo cuando éste sea salino, muy salino y extremadamente salino.
(s6)	Se refiere para identificar limitantes de suelo cuando exista toxicidad media y alta, tanto de carbonatos como de aluminio.
Humedad (h)	Representa las limitaciones que puede presentar una determinada clase de capacidad de uso debido al exceso o deficiencia en el contenido de humedad del suelo y los periodos de inundación que pueda sufrir.
(h1)	Identifica limitantes de humedad por mal drenaje y drenaje excesivo del suelo.
(h2)	Se utiliza para identificar limitantes de humedad por periodos de inundación cortos, medianos, largos y permanentes.
Clima (c)	Estas limitaciones se deben a distintas características climáticas que pueden afectar al desarrollo de los cultivos dependiendo de los regímenes de humedad y de temperatura del suelo, íntimamente relacionados con las condiciones climáticas ambientales.
(c1)	Se utiliza para identificar limitantes de clima por regímenes de humedad del suelo ústico, árido, perústico y ácuico.
(c2)	Se utiliza para identificar limitantes de clima por zonas de temperatura frías (10 a 13°C, isomésico) y muy frías (< 10°C, isofrío).

Fuente: Geopedología y Amenazas Geológicas. CLIRSEN, 2011b.

2.5. Elaboración del Mapa de Dificultad de labranza

2.5.1. Evaluación de la Dificultad de labranza de los suelos

El concepto de labranza utilizado en el presente proyecto se refiere a las acciones que conducen a obtener, a través del tiempo, un suelo apropiado para la actividad agrícola y, por tanto, implica una serie de acciones mecánicas sobre el suelo.

La evaluación de la dificultad de labranza de los suelos se considera el punto de partida en la propuesta de medidas para la mejora de la gestión agrícola de las tierras y, por tanto,



para el aumento de su productividad. Esta evaluación hace posible la división del territorio en diferentes áreas, según sean sus condiciones para el laboreo así como la identificación de zonas con limitaciones concretas, haciendo posible su corrección o evitando en ellas un futuro deterioro de la calidad de los suelos debido a su manejo inadecuado.

Para la evaluación de la dificultad de labranza la metodología empleada se basa en la desarrollada en el epígrafe anterior para la capacidad de uso de las tierras, pero modificada y adaptada a esta temática. Se trata de un modelo empírico cualitativo que considera las variables edáficas, climáticas y geomorfológicas de mayor influencia en la determinación de la dificultad de labranza, siguiendo un orden lógico según su impacto e importancia. Como referencia técnica en la formulación de esta metodología se utilizan los rangos previstos en el Catálogo de Objetos actualizado (CLIRSEN *et al.*, 2011) y el “Manual de Sistemas de Labranza para América Latina” (FAO, 1992), así como la experiencia del equipo consultor.

Este sistema de evaluación divide el territorio en cinco clases, subdivididas a su vez en subclases según el tipo de limitaciones que existan por erosión, aspectos edáficos y edafoclima; con esto se consiguen identificar las áreas con potencialidades para el laboreo, sus limitaciones y las áreas no arables, obteniendo así un producto final que mejora el conocimiento para la gestión agrícola y del territorio en general. Estas clases se escriben con números arábigos del (1) al (5). Las cuatro primeras clases (1 a 4) están reservadas para los usos agrícolas arables, con grado creciente de dificultad de labranza, descritas como Sin dificultad de labranza, Baja, Media o Alta dificultad de labranza. La clase 5 agrupa otros usos, como forestal, cuando las condiciones del medio son desfavorables o muy limitantes para el laboreo.

Una descripción más detallada de la metodología utilizada para evaluar la dificultad de labranza se puede consultar en el documento denominado “Metodología_Labranza”.

El producto que se obtiene tiene las siguientes características:

- El área de estudio engloba los Lotes 1 y 2 definidos en el contrato
- Se utiliza la Cartografía Geopedológica como base para la generación de información geoespacial de dificultad de labranza
- La unidad de estudio es la hoja 50.000 y el cantón
- La escala de trabajo en esta cartografía también es 1:25.000
- El nivel de estudio es semidetallado y conserva las unidades geoespaciales previamente definidas para el Mapa Geopedológico
- El sistema de representación cartográfico es el SIRGAS 95, UTM-WGS84-Zona 17S y 18S
- El formato digital de entrega se realiza como geodatabase (*.mdb) y Postgres
- El sistema de clasificación de la dificultad de labranza se realiza de acuerdo a la metodología propuesta para la capacidad de uso de la tierra y adaptada a esta temática a partir del “Catálogo de Objetos actualizado” (CLIRSEN *et al.*, 2011) y el “Manual de Sistemas de Labranza para América Latina” (FAO, 1992)

2.5.2. Aplicación del modelo adoptado

Para categorizar la tierra en su dificultad de labranza y el manejo agro-técnico, es básico analizar e interpretar en gabinete la información obtenida en los estudios geopedológicos y geomorfológicos que se dispone, además de los registros climáticos. Por tanto, para la

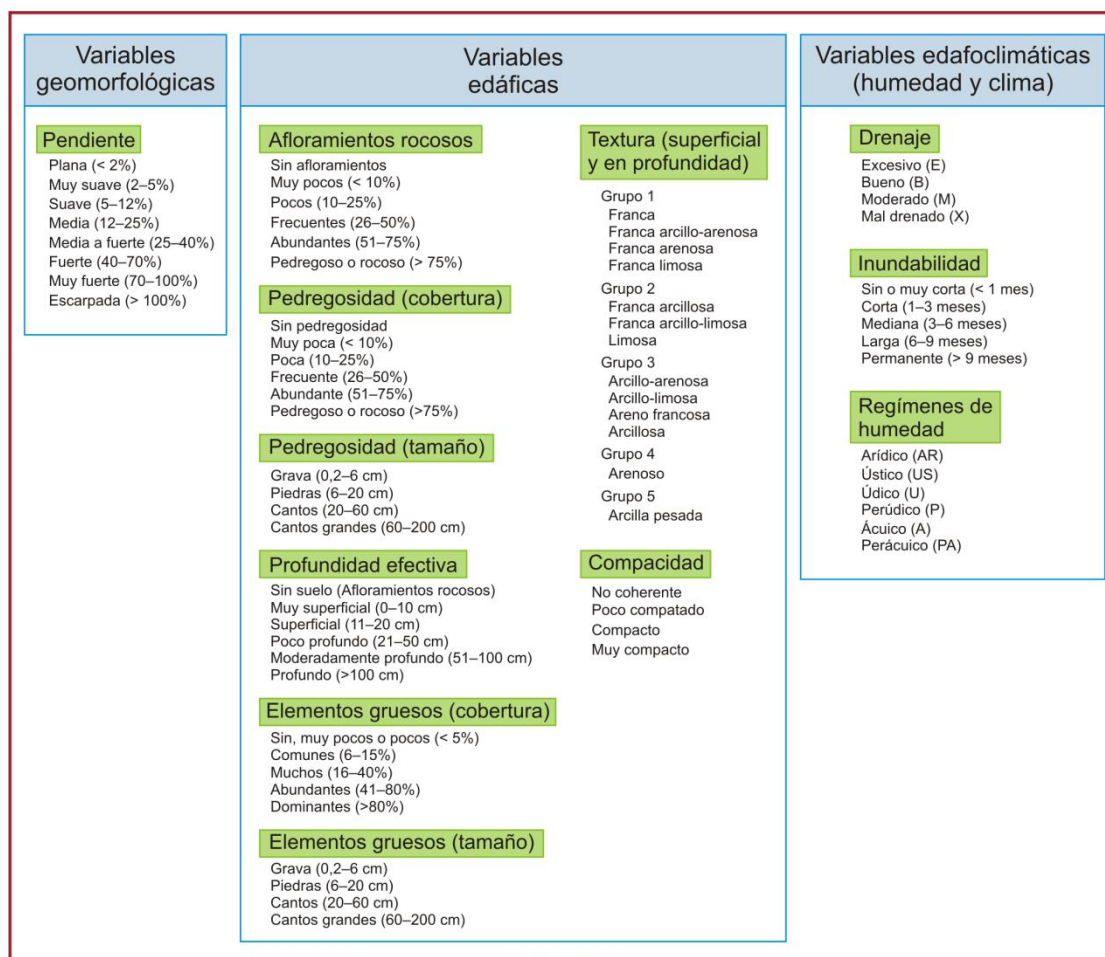


elaboración del Mapa de Dificultad de labranza se parte también de la información levantada en campo en combinación con el mapa geopedológico.

Las variables seleccionadas para la aplicación del modelo incluyen aspectos del paisaje o de la geomorfología, una selección de propiedades edáficas y algunas variables edafoclimáticas, conforme se detalla en el Gráfico 2.4.

Igual que en el caso del Mapa de Capacidad de uso de las tierras, cada una de estas variables se utiliza categorizada y, al ser introducidas secuencialmente en el modelo, la dificultad de labranza de las tierras se va modificando por combinación de las variables en matrices de decisión de doble entrada, hasta llegar, finalmente, a una calificación de la dificultad de labranza. En el Gráfico 2.4 se presenta un resumen de todas las variables empleadas en el modelo, así como de las distintas clases de dificultad de labranza que resultan tras la combinación de las mismas.

Gráfico 2.4. Resumen gráfico de las variables empleadas en el modelo para el cálculo de la Dificultad de labranza de los suelos



Combinación de variables en matrices de decisión de doble entrada

Clase DL		Subclase DL	Limitantes
Arable	1	Erosión (e)	{ (e1) – 5-12% (e2) – 12-40% (e3) – Mayor a 40%
	2		
	3		
	4		
No arable	5	Suelo (s)	{ (s1) – Afloramientos rocosos (s2) – Pedregosidad (abundancia) (s3) – Pedregosidad (tamaño) (s4) – Profundidad efectiva (s5) – Elementos gruesos (abundancia) (s6) – Elementos gruesos (tamaño) (s7) – Textura superficial (s8) – Textura en profundidad (s9) – Compacidad
		Humedad (h)	{ (h1) – Drenaje (h2) – Inundación
		Clima (c)	{ (c1) – RHS

Elaboración: Consorcio Tracasa-Nipsa, 2015.

Las salidas cartográficas se elaboran por cada hoja 50.000 y por cada cantón, a escala de trabajo 1:25.000, con su respectiva leyenda. El mapa resultante representa un modelo conceptual de la distribución espacial de las clases de dificultad de labranza de los suelos, lo que permitirá dividir el territorio en diferentes áreas según sus potencialidades para el laboreo, así como sus limitaciones concretas.

2.5.3. Descripción de la clasificación de la Dificultad de labranza

Puesto que la estructuración y ponderación de las variables está basada en la metodología establecida para las clases de Capacidad de uso de las tierras, estas clases se escriben con números arábigos del (1) al (5), para distinguir claramente esta clasificación de la de Capacidad de uso de las tierras.

Acorde a la Capacidad de uso de las tierras, el sistema de clasificación de la Dificultad de labranza se lleva a cabo adaptándolo del anterior, pero considerando un menor número de clases. Así, la clase (1) corresponde a tierras Sin dificultad de labranza; las clases (2), (3) y (4) se describen como de dificultad de labranza, Baja, Media y Alta, respectivamente; mientras que la clase (5), se define como No arable y contempla las tierras con restricciones muy fuertes para la labranza que restringen su uso al forestal, con fines hidrológicos o de conservación.

En el Cuadro 2.8 se especifican las características que deben cumplir los suelos para ser clasificados en las diferentes clases de Dificultad de labranza, de modo que aparecen detallados los límites de valores dentro de los cuales deben encontrarse los distintos parámetros para que las tierras evaluadas sean incluidas en uno u otro grupo. Adicionalmente, en el Cuadro 2.9, se explican brevemente las principales características de cada uno de los grupos o clases.

Respecto a las subclases, éstas están determinadas de acuerdo con las limitaciones existentes por erosión, variables edáficas, humedad y/o clima. Para hacer referencia a estas limitaciones, la simbología empleada se basa en la utilización de subíndices que consisten en las iniciales de cada factor limitante— (e) erosión, (s) suelos, (h) humedad, (c) clima—, unido a un código numérico que identifica el aspecto en concreto al que se debe la limitación de uso (Cuadro 2.10).

Finalmente, se definen las “Unidades de Manejo de Dificultad de Labranza”, como combinación de las clases y subclases de dificultad de labranza, señalando los factores específicos que limitan su condición de suelos arables. Se representan con el número arábigo indicativo de la clase de labranza, una o más letras minúsculas que señalan las subclases o factores limitantes generales para la labranza, y sus correspondientes números arábigos, específicos de cada limitación. Se trata de un nivel de clasificación muy específico, correlacionado con el grado de especificidad cartográfica del estudio.

Cuadro 2.8. Parámetros que definen las clases de Dificultad de labranza

Factor	Variables		DIFICULTAD DE LABRANZA				
			ARABLE				NO ARABLE
			SIN	BAJA	MEDIA	ALTA	
Erosión	Pendiente (%)		Menor de 5	Menor a 12	Menor a 40	Menor a 70	Cualquiera
Suelo	Afloramientos rocosos (%)		Sin	Sin, Muy Pocos (<10)	Sin, Muy Pocos, Pocos (<25)	Sin, Muy Pocos, Pocos y Frecuentes (<50)	Cualquiera
	Pedregosidad	Cobertura (%)	Sin, Muy pocas (<10)	Sin, Muy pocas, Pocos (<25)	Sin, Muy pocas, Pocas, Frecuentes (<50)	Sin, Muy pocas, Pocas, Frecuentes, Abundantes (<75)	Cualquiera
		Tamaño (cm)	De grava fina a piedras (<20)	De grava fina a piedras (<20)	De grava fina a piedras (<20)	De grava fina a cantos (<60)	Cualquiera
	Profundidad efectiva (cm)		Moderadamente profundo o profundo (>50)	Moderadamente profundo o profundo (>50)	Poco profundo, moderadamente profundo o profundo (>20)	Superficial, poco profundo, moderadamente profundo o profundo (>10)	Cualquiera
	Elementos gruesos	Cobertura (%)	De ninguno a pocos (< 5)	De ninguno a comunes (< 15)	De ninguno a muchos (< 40)	De ninguno a abundantes (< 80)	Cualquiera
		Tamaño (cm)	De grava fina a piedras (<20)	De grava fina a piedras (<20)	De grava fina a piedras (<20)	De grava fina a cantos (<60)	Cualquiera
	Textura	Superficial	F, FYA, FA, FL	F, FYA, FA, FL, FY, FYL, L	F, FYA, FA, FL, FY, FYL, L, YA, YL, AF	F, FYA, FA, FL, FY, FYL, L, YA, YL, AF, A, Y, YP	Cualquiera
		A profundidad	F, FYA, FA, FL	F, FYA, FA, FL, FY, FYL, L	F, FYA, FA, FL, FY, FYL, L, YA, YL, AF	F, FYA, FA, FL, FY, FYL, L, YA, YL, AF, A, Y, YP	Cualquiera
	Compacidad		No coherente o poco compacto	No coherente, poco compacto o compacto	No coherente, poco compacto o compacto	No coherente, poco compacto, compacto o muy compacto	Cualquiera
Humedad	Drenaje		Bueno	Bueno	Bueno o moderado	Excesivo, bueno, moderado o mal drenado	Cualquiera
	Periodos de inundación		Sin o muy corta	Sin o muy corta	Sin, muy corta, corta o mediana	Sin, muy corta, corta, mediana, larga o permanente	Cualquiera
Climático	Regímenes de humedad del suelo		Údico	Údico o Ústico	Údico o Ústico	Údico, Ústico, Árido o Ácuico	Cualquiera

Fuente: Consorcio Tracasa-Nipsa, 2015.

Cuadro 2.9. Resumen de las clases de Dificultad de labranza

Orden	Clase	Restricción	Descripción
ARABLE	1	Sin	Suelos en pendiente plana o muy suave (menores al 5%), profundos o moderadamente profundos, con muy poca pedregosidad que no limita o imposibilita las labores de maquinaria. Tienen textura superficial del grupo textural G1 (franco, franco-arenoso, franco-limoso y franco-arcillo-arenoso), drenaje natural bueno. Se presentan en régimen de humedad údico. Pueden ser labradas y mecanizadas con todos los tipos de implementos.
	2	Baja	Suelos en pendientes planas a suaves (menores al 12%), son de profundos a moderadamente profundos, tienen poca pedregosidad que no limita o imposibilita las labores de maquinaria, son de textura del grupo textural G1 (franco, franco-arenoso, franco-limoso y franco-arcillo-arenoso) o G2 (franco-arcilloso, franco-arcillo-limoso y limoso) y presentan drenaje bueno. Son tierras con régimen de humedad údico o ústico. Requieren prácticas de manejo ligeramente más cuidadosas que los suelos de la Clase 1.
	3	Media	Son suelos que pueden encontrarse en pendientes de medias a fuertes (menores al 40%), de poco profundos a profundos, y que pueden tener pocos afloramientos rocosos y frecuente pedregosidad superficial de hasta 20 cm. Son de textura superficial de los grupos G1 (franco, franco-arenoso, franco-limoso y franco-arcillo-arenoso), G2 (franco-arcilloso, franco-arcillo-limoso y limoso) o G3 (arcillo-arenoso, arcillo-limoso o areno-francoso), y de drenaje bueno a moderado. Son tierras con régimen de humedad del suelo údico o ústico. Por las limitaciones, el uso de maquinaria se ve disminuido, siendo necesarias prácticas especiales de manejo y conservación.
	4	Alta	Suelos de pendientes hasta grado fuerte (menores a 70%), son de superficiales a profundos, y pueden tener abundante pedregosidad superficial y frecuentes afloramientos rocosos. Son de textura superficial de los grupos G1 (franco, franco-arenoso, franco-limoso y franco-arcillo-arenoso), G2 (franco-arcilloso, franco-arcillo-limoso y limoso), G3 (arcillo-arenoso, arcillo-limoso o areno-francoso), G4 (arenoso) o G5 (arcilloso o arcilla pesada), tienen un drenaje natural bueno, moderado, mal drenado o excesivo, con períodos de inundación muy cortos a permanentes. Pueden presentar un régimen de humedad del suelo údico, ústico, ácuico o arídico. Son tierras con muchas restricciones al laboreo, únicamente contemplado para laboreo manual, frecuentemente de uso forestal con fines de conservación.
NO ARABLE	5	No arable	Suelos en pendientes de muy fuertes a abruptas (mayores al 70%), son muy superficiales a profundos. Estas tierras tienen limitaciones muy fuertes para el laboreo debido a la pendiente o limitaciones adicionales como la presencia de abundantes afloramientos rocosos y pedregosidad superficial. En cuanto a la textura y drenaje éstas pueden ser variables, con períodos de inundación de muy cortos a permanentes. Son tierras presentes en cualquier régimen de humedad del suelo, údico, ústico, ácuico, arídico, perácuico y Perúdico. Sus restricciones al laboreo son extremas, y no permiten el uso agrícola. Muestran condiciones para fines de conservación.
No aplicable			Para unidades no consideradas como unidades de suelo, adquiridas de la cartografía base, entre las que se incluyen principalmente centros poblados y cuerpos de agua.

Fuente: Consorcio Tracasa-Nipsa, 2015. Basado en el catálogo de objetos (CLIRSEN et al., 2011).

Cuadro 2.10. Resumen de las subclases de Dificultad de labranza de las tierras en función de los factores limitantes analizados

Factores		Descripción
Erosión (e)		
Pendiente	(e1)	Indica un ligero incremento en la pendiente (5 a 12%).
	(e2)	Indica una limitante por pendiente en rangos de 12 a 40%.
	(e3)	Indica una limitante por pendiente en los rangos de 40 a 70% y mayor a 70%.
Suelo (s)		
Afloramientos rocosos	(s1)	Es utilizado para identificar limitantes de suelo por la presencia de pocos afloramientos rocosos (10 a 25%), frecuentes (25 a 50%), abundantes (50 a 75%) o pedregoso/rocoso (>75%).
Pedregosidad	(s2)	Identifica limitantes de suelo por pedregosidad, cuando es frecuente, abundante y pedregoso/rocoso.
	(s3)	Identifica limitantes de suelo por pedregosidad, cuando son cantos (20 a 60 cm) y/o cantos grandes (60 a 200 cm).
Profundidad efectiva	(s4)	Es utilizado para identificar limitantes de profundidad efectiva cuando los suelos son poco profundos (20 a 50 cm), superficiales (10 a 20 cm) y muy superficiales (0 a 10 cm).
Elementos gruesos	(s5)	Es utilizado para identificar limitantes de suelo cuando éste contenga muchos (15 a 40%), abundantes (40 a 80%) o dominantes (>80%) elementos gruesos en los primeros 20 cm de suelo.
	(s6)	Es utilizado para identificar limitantes de suelo cuando éste contenga cantos (20 a 60 cm) y/o cantos grandes (60 a 200 cm) entre los elementos gruesos de los primeros 20 cm de suelo.
Textura	(s7)	Identifica limitantes de suelo por texturas en superficie del grupo 3 (arcillo-limoso, arcillo-arenoso, areno-francoso), grupo 4 (arenoso) o grupo 5 (arcilloso, arcilla pesada).
	(s8)	Identifica limitantes de suelo por texturas a profundidad del grupo 3 (arcillo-limoso, arcillo-arenoso, areno-francoso), grupo 4 (arenoso) o grupo 5 (arcilloso, arcilla pesada).
Compacidad	(s9)	Es utilizado para identificar limitantes de suelo cuando sean compactos y/o muy compactos.
Humedad (h)		
Drenaje	(h1)	Identifica limitantes de humedad por mal drenaje, moderado y/o drenaje excesivo del suelo.
Inundación	(h2)	Será utilizado para identificar limitantes de humedad por períodos de inundación corto, mediano, largo y permanente.
Clima (c)		
Régimen de humedad	(c1)	Se utiliza para identificar limitantes de clima por regímenes de humedad del suelo árido, ústico, perúdicico, ácuico y perácuico.

Fuente: Consorcio Tracasa-Nipsa a partir del Catálogo de Objetos CLIRSEN et al., 2011.

2.6. Elaboración del Mapa de Amenaza a erosión hídrica

2.6.1. Evaluación de la Amenaza a erosión hídrica de los suelos

La evaluación de la amenaza a erosión hídrica de los suelos permite identificar regiones concretas del territorio en las que se deben implementar prácticas de protección que minimicen la pérdida de suelo, así como proponer medidas para la conservación y mejora de la productividad agraria, siempre dentro del marco de la sostenibilidad ambiental.

El producto que se obtiene tiene las siguientes características:

- El área de estudio engloba los Lotes 1 y 2 definidos en el contrato
- Se utiliza la Cartografía Geopedológica como base para la generación de información geoespacial de amenaza a erosión hídrica
- La unidad de estudio es la hoja 50.000 y el cantón
- La escala de trabajo en esta cartografía también es 1:25.000
- El nivel de estudio es semidetallado y parte de las unidades geoespaciales previamente definidas para el Mapa Geopedológico
- El sistema de representación cartográfico es el SIRGAS 95, UTM-WGS84-Zona 17S y 18S
- El formato digital de entrega se realiza como geodatabase (*.mdb) y Postgres
- El sistema de clasificación de la amenaza a erosión hídrica se basa en la metodología previamente utilizada en “Geopedología y Amenazas Geológicas” (CLIRSEN, 2011a)

2.6.2. Aplicación del modelo adoptado

La metodología adoptada para la evaluación de la amenaza a erosión hídrica de los suelos se basa en el modelo utilizado por el Instituto Espacial Ecuatoriano, que consiste en un modelo matricial de decisión de doble entrada en el que se considera, por una parte, la vulnerabilidad de los suelos a la erosión hídrica o Índice de Susceptibilidad a la Erosión (ISE); y, por otra, las características del agente erosivo, en este caso, el Índice de Agresividad Pluvial (AP).

El cálculo del ISE se basa en un sistema de evaluación cuantitativo de tipo paramétrico en el que se tiene en cuenta la acción directa de los factores que definen la susceptibilidad de los suelos frente a la erosión. Los factores seleccionados en este caso derivan unos de la Geomorfología, como son la pendiente, la forma y la longitud de la vertiente; otros de la Geopedología, como la textura superficial, la profundidad efectiva del suelo y la materia orgánica; y por último, de la cobertura y uso de la tierra, como es el grado de protección vegetal. Cada uno de estos factores se analiza y califica mediante un índice del 1 al 4, donde el 1 representa una susceptibilidad baja a la erosión hídrica y el 4 indica una alta susceptibilidad.

Para asignar a cada una de las geoformas el grado de protección vegetal que le corresponde se utiliza la información de la Cartografía de Cobertura y uso de la tierra, elaborada por el CTN. El procedimiento que se sigue consiste, básicamente, en asignar a cada geoforma la cobertura vegetal más abundante presente en ella. Cuando existe predominancia de una cobertura antrópica o artificial (generalmente núcleos poblados y áreas construidas), la asignación se realiza a partir de la información de la zona no antropizada.

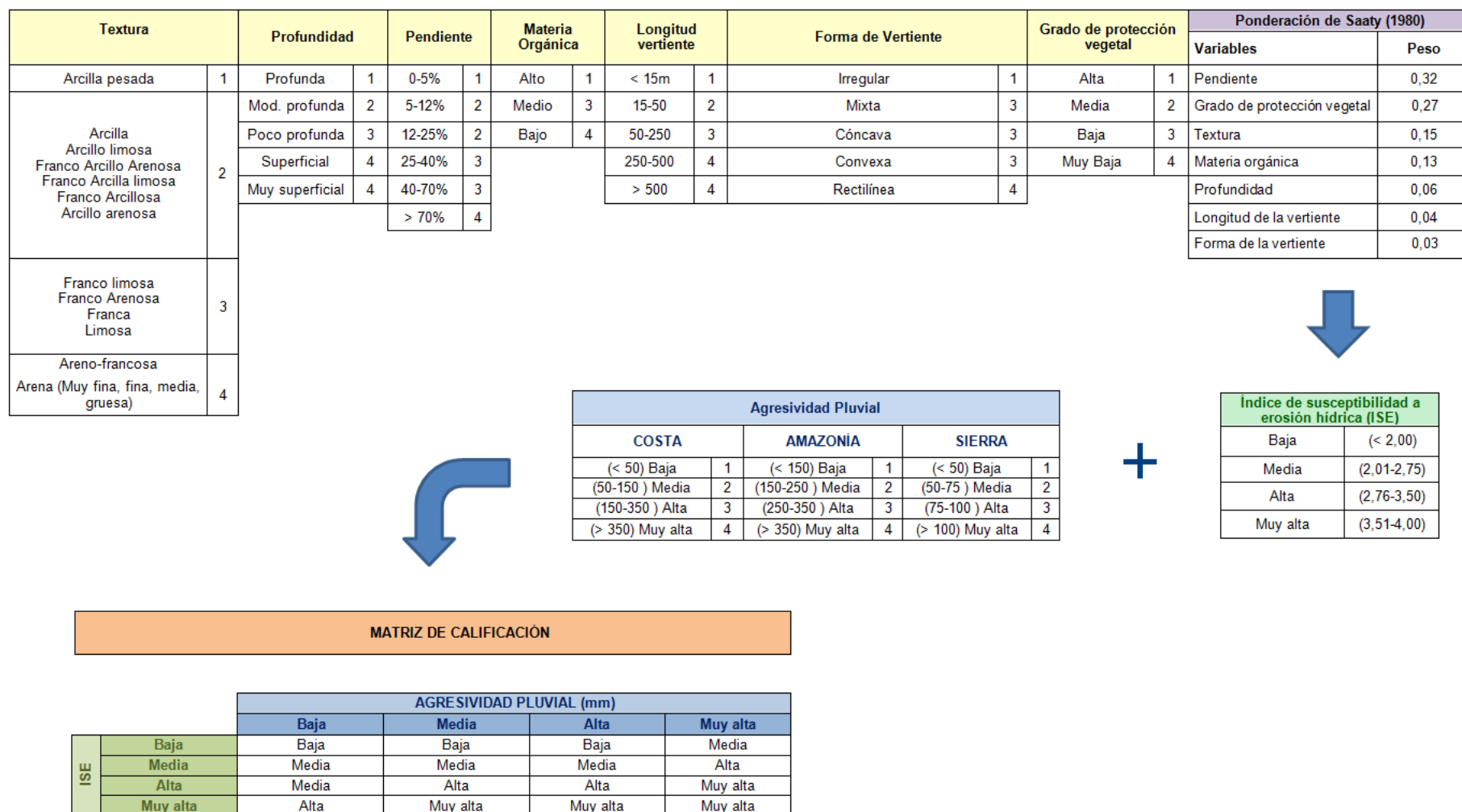
Una vez que cada uno de los factores analizados ha sido calificado, se aplica el método de Jerarquías Analíticas de Saaty (1990) para la ponderación de variables. Así, se establecen los coeficientes de corrección por los que deben ser multiplicados los índices de cada uno de los factores considerados y se procede a sumar el resultado para obtener, finalmente, el Índice de Susceptibilidad a la Erosión Hídrica.

En cuanto al cálculo de la AP, debido a que la disponibilidad de registros continuos de pluviosidad es escasa, se opta por utilizar una metodología basada en el Índice Modificado de Fournier (IMF), propuesto por Arnoldus en 1977, relación entre la suma del cuadrado de las precipitaciones mensuales para un año respecto de la precipitación media mensual. Este índice se basa en el hecho de que no sólo el mes de mayor precipitación produce erosión superficial, sino que hay meses con menores cantidades de precipitación que también pueden producir erosión (Echeverri y Moncayo, 2010). Los valores de precipitación anual y mensual necesarios para el cálculo han sido procesados por el IEE a partir de los datos provistos por el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI) del Gobierno de Ecuador.

La descripción más detallada de la metodología empleada en la elaboración de la cartografía temática sobre amenaza a erosión hídrica se puede consultar en el documento denominado “Metodología_Amenaza_Erosión_Hídrica”.

En el Gráfico 2.5 se presenta un resumen de todas las variables empleadas en el cálculo de la amenaza a erosión hídrica, así como de los valores numéricos otorgados a las diferentes variables, de forma que al combinar todos estos valores es posible, finalmente, llegar a una clasificación de las clases de amenaza a erosión hídrica en cada una de las unidades edáficas estudiadas.

Gráfico 2.5. Resumen gráfico de las variables empleadas en el modelo para el cálculo de la amenaza a erosión hídrica de los suelos



Fuente: Consorcio Tracasa-Nipsa, 2015. Adaptado del IEE-MAGAP-SINAGAP, 2012.

2.6.3. Descripción de la clasificación de la Amenaza a erosión hídrica

Tal y como se ha explicado en el apartado anterior, el cálculo final de la Amenaza a erosión hídrica resulta de la combinación del Índice de Susceptibilidad a la Erosión y el de Agresividad Pluvial en una matriz de decisión de doble entrada, previa clasificación de los dos parámetros de forma independiente. Así, en el Cuadro 2.11 se detallan los valores del Índice de susceptibilidad a la erosión hídrica; mientras que en el Cuadro 2.12 se resumen los valores de la agresividad pluvial, distinguiendo en este último caso los criterios seguidos para las regiones de Costa, Sierra y Amazonía.

Cuadro 2.11. Clasificación de los valores del Índice de Susceptibilidad a la erosión hídrica

Índice de Susceptibilidad a la Erosión hídrica (ISE)	Rango*
Baja	< 2,00
Media	2,01-2,75
Alta	2,76-3,50
Muy alta	3,51-4,00

Fuente: IEE-MAGAP-SINAGAP, 2012.

*Este número se obtiene como resultado de la ponderación de los valores de cada uno de los factores considerados más influyentes sobre la vulnerabilidad a la erosión hídrica de los suelos, calificados, a su vez, por un índice del 1 al 4 en función de su valor.

Cuadro 2.12. Clasificación de la agresividad pluvial, calculada a partir del Índice Modificado de Fournier (IMF), y distinguiendo entre las regiones de Costa, Sierra y Amazonía

Índice		Agresividad pluvial (mm de precipitación)		
		Costa	Sierra	Amazonía
1	Baja	< 50	< 50	< 150
2	Media	50 - 150	50 - 75	150 - 250
3	Alta	150 - 350	75 - 100	250 - 350
4	Muy alta	>350	>100	>350

Fuente: IEE-MAGAP-SINAGAP, 2012.

Una vez combinada la información de los dos índices (Cuadro 2.13) se obtiene la clasificación final de la Amenaza a la erosión hídrica, en la que se establecen 4 categorías, que hacen referencia a suelos cuya amenaza a la erosión hídrica puede variar desde baja a muy alta.

Cuadro 2.13. Matriz de calificación de la Amenaza a erosión hídrica a partir del Índice de Susceptibilidad a la erosión y de la Agresividad pluvial

		AGRESIVIDAD PLUVIAL			
		Baja	Media	Alta	Muy alta
ISE	Baja	Baja	Baja	Baja	Media
	Media	Media	Media	Media	Alta
	Alta	Media	Alta	Alta	Muy alta
	Muy alta	Alta	Muy alta	Muy alta	Muy alta

Fuente: IEE-MAGAP-SINAGAP, 2012.

Existe una quinta clase de Amenaza a erosión hídrica, correspondiente a los suelos en los que no existe amenaza. Esta clase está formada por una serie de geoformas a las que, debido a su génesis deposicional, se les asigna directamente la categoría de Sin erosión, sin necesidad de realizar ninguno de los cálculos descritos anteriormente (por ejemplo, laguna colmatada, hondonadas pantanosas de origen glacial-periglacial, depresión de decantación, etc.).

En el Cuadro 2.14 se explican de forma sucinta las principales características de las tierras incluidas en cada una de las clases de amenaza a la erosión hídrica.

Cuadro 2.14. Resumen de las clases de Amenaza a erosión hídrica de los suelos

Etiqueta	Descripción
Sin erosión	Unidades de estudio que se encuentran ubicadas en su gran mayoría dentro de las unidades geomorfológicas que comprenden: niveles planos y ondulados, bancos, <i>basins</i> , meandros y cauces abandonados. Su geología corresponde a depósitos aluviales y zonas que durante la época invernal son generalmente propensos a inundaciones por desbordamiento y anegamiento, motivos por los cuales no es posible distinguir la amenaza por erosión hídrica, sino más bien por colmatación.
Baja	Unidades de estudio que se presentan bajo tres condiciones: 1. El análisis de los factores en estudio califican a la unidad con una susceptibilidad muy baja a la erosión hídrica pero al momento de combinarla con el índice más alto de agresividad pluvial pasa a tener una condición baja; 2. Cuando la combinación de sus características morfométricas (rango de pendiente y longitud de vertiente), morfológicas (forma de vertiente), físico-químicas de suelo (textura superficial, profundidad efectiva y materia orgánica) y de grado de protección vegetal, presentan un bajo índice de susceptibilidad a la erosión que, al ser analizada con los índices intermedios de agresividad pluvial, mantiene una amenaza baja a la erosión hídrica; y 3. Al combinar los factores mencionados da una susceptibilidad media que, al combinarla con un índice más bajo de agresividad pluvial, toma una calificación de amenaza a erosión hídrica baja.
Media	Unidades de estudio que se presentan bajo tres condiciones: 1. El análisis de los factores en estudio califican a la unidad con una susceptibilidad baja a la erosión hídrica que, al momento de combinarla con el índice más alto de agresividad pluvial, pasa a tener una condición de media; 2. Cuando la combinación de sus características morfométricas (rango de pendiente y longitud de vertiente), morfológicas (forma de vertiente), físico-químicas de suelo (textura superficial, profundidad efectiva y materia orgánica) y de grado de protección vegetal, presentan un índice medio de susceptibilidad a la erosión que, al ser analizada con los índices intermedios de agresividad pluvial, mantiene una amenaza media a la erosión hídrica; y 3. Al combinar los factores mencionados da una susceptibilidad alta que, junto con el índice más bajo de agresividad pluvial, adquiere una calificación de amenaza a erosión hídrica media.

Etiqueta	Descripción
Alta	Unidades de estudio que se presentan bajo dos condiciones: 1. El análisis de los factores en estudio califican a la unidad con una susceptibilidad media a la erosión hídrica que, al momento de combinarla con el índice más alto de agresividad pluvial, pasa a tener una calificación de alta; y 2. Cuando la combinación de sus características morfométricas (rango de pendiente y longitud de vertiente), morfológicas (forma de vertiente), físico-químicas de suelo (textura superficial, profundidad efectiva y materia orgánica) y de grado de protección vegetal, presentan un índice alto de susceptibilidad a erosión y, al ser analizada con los tres últimos índices de agresividad pluvial, mantiene una amenaza alta a la erosión hídrica.
No aplicable	Para unidades no consideradas como unidades de suelo, adquiridas de la cartografía base, entre las que se incluyen principalmente centros poblados y cuerpos de agua.

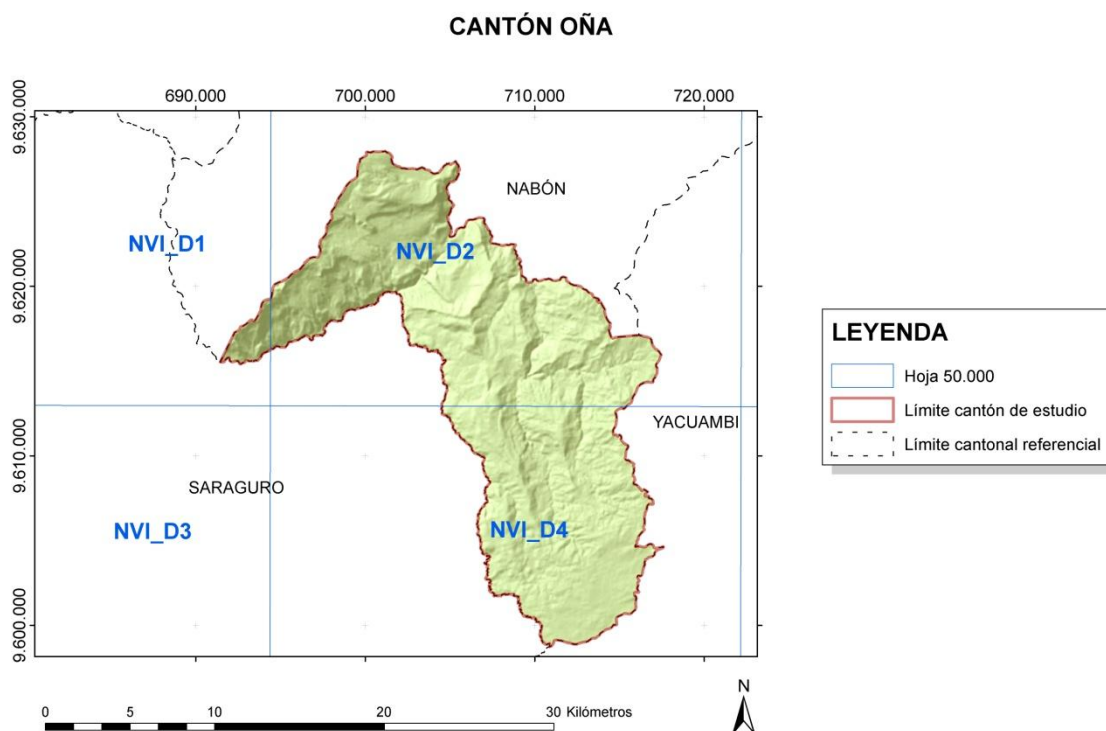
Fuente: Geopedología y Amenazas Geológicas. Componente 2. CLIRSEN, 2011a.

3. LEVANTAMIENTO GEOPEDOLÓGICO

3.1. Datos de campo

El cantón Oña se encuentra contenido entre cuatro cartas u hojas topográficas del Instituto Geográfico Militar-IGM denominadas, Manú NVI_D1, Nabón NVI_D2 y Saraguro NVI_D4, como se muestra en la siguiente Figura 3.1.

Figura 3.1. Ubicación del cantón Oña en relación a las hojas topográficas del IGM, escala 1:50.000



Fuente: Consorcio Tracasa-Nipsa, 2015.

El cantón Oña presenta una extensión total de aproximadamente 29.406 ha que corresponden al total del área de estudio del presente proyecto, por lo que las cifras porcentuales, parciales o totales, que se presentan en esta memoria, aunque siempre estarán referidas al total del área de estudio, corresponden en realidad al total de la superficie del cantón.

Cuadro 3.1. Nombres de las hojas intervenidas, fechas, superficie muestreada por tipología de muestreo

Nombre IGM hoja 1:50m	Código IGM hoja 1:50m	Fechas de intervención	Número de Calicatas**	Superficie intervenida total (ha)	% de Superficie intervenida*
Nabón	NVI_D2	24 de 07 al 05 de 08 del 2015	29	592	2,01
Saraguro	NVI_D4	22 al 26 del 07 del 2015	21	16.938	57,60
Manú	NVI_D1	-	0	11.876	40,39
Total			50	29.406	100

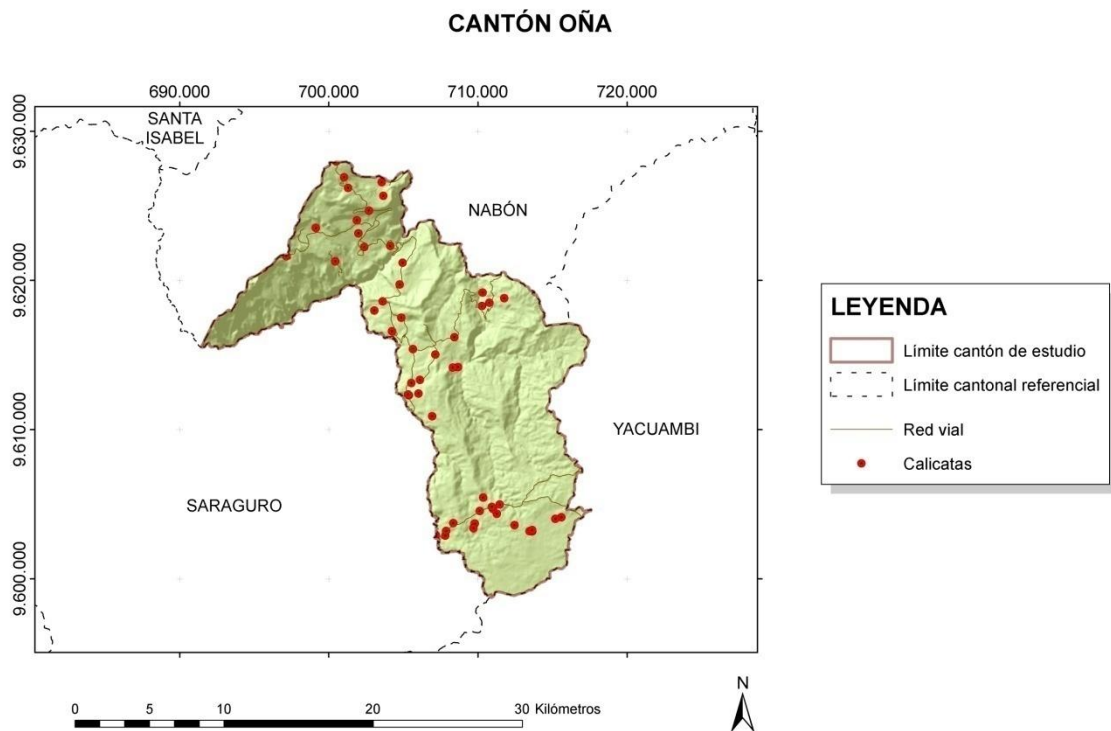
* Porcentaje calculado respecto a la superficie total del área de estudio

** Carta sin calicatas pueden darse por diversos motivos: área pequeña, inaccesibilidad, entre otros.

Fuente: Consorcio Tracasa-Nipsa, 2015.

Para la caracterización del Mapa Geopedológico a escala 1:25.000 del cantón Oña se realizó la descripción de 50 perfiles dentro del territorio entre 22 de julio al 5 de agosto de 2015, de los cuales se han usado 47 para dotar de información al mapa y 3 denominada calicata secundaria, para complementar dicha información. También se han utilizado 45 perfiles localizados en los cantones circundantes. En la Figura 3.2 se muestra la ubicación de los sitios de muestreo localizados dentro del cantón. Las fichas correspondientes a cada uno de estos perfiles, con toda la información de campo y de laboratorio, aparecen recogidas en el Anexo 5.

Figura 3.2. Ubicación de los sitios de descripción y perfiles muestreados



Fuente: Consorcio Tracasa-Nipsa, 2015.

3.2. Resultados generales

El apartado de resultados se estructura siguiendo el esquema jerárquico adoptado en la elaboración de la leyenda geopedológica que acompaña al mapa, pero reflejando en los epígrafes sólo sus tres primeros aspectos: dominio fisiográfico, contexto morfológico y régimen de temperatura del suelo. A continuación se describen los subgrupos de suelos presentes en el cantón, organizados según órdenes, donde se concretan el resto de aspectos geomorfológicos y climáticos que han conducido a la clasificación final. Los números que acompañan a cada descripción son los mismos números utilizados en la representación cartográfica y hacen referencia a los distintos tipos de suelos que aparecen en cada una de las unidades edáficas definidas en la zona de estudio.

La categorización de todas las variables edáficas usadas en la descripción de los tipos de suelo puede consultarse en el Anexo 3.

A continuación se describen los subgrupos de suelos encontrados en el caso específico de Oña. Este cantón se ubica en la región Sierra y presenta tres dominios fisiográficos:

- Cimas frías de las Cordilleras Occidental y Real
- Vertientes y relieves de Cuencas Interandinas
- Relieves de fondo de Cuencas Interandinas

3.2.1. Dominio Fisiográfico: Cimas frías de las Cordilleras Occidental y Real

Las Cimas frías de las Cordilleras Occidental y Real aparecen con una notable fragmentación geográfica, desde la frontera colombiana hasta el sur de Amaluza, en la frontera peruana. Las tierras más frías dibujan dos fajas paralelas con sentido meridiano que coronan las dos cordilleras Andinas, occidental y oriental. El cantón Oña se localiza en el tercio sur de la franja que forma la Cordillera Real y la altura máxima que presenta se localiza en el extremo sureste, sobre el cerro Condorcillo con aproximadamente 3.500 msnm. Sus límites inferiores son todavía elevados, aunque menores que los de la zona norte del país, en este cantón las alturas descienden hasta los 2.300 msnm en la zona norte del cantón.

Además de los típicos paisajes glaciares que caracterizan este dominio, también se incluyen en él la franja periglacial que rodea, de forma discontinua, los relieves de los márgenes de las cimas frías, caracterizados por el abrupto que da paso hacia la zona interandina. Este abrupto se encuentra mejor definido en el norte del cantón, al este de Pullcanga y en la zona centro-este, formado por vertientes abruptas de derrames volcánicos tabulares, desarrollados sobre los materiales mesozoicos de las formaciones Saraguro y Tarqui.

En el cantón Oña, este dominio es el que presenta mayor extensión. Se localiza en casi toda la mitad meridional y en la zona septentrional del cantón. Se manifiesta por un paisaje de páramo con modelado periglacial, por paisajes glaciares y por relieves de los márgenes de las cimas frías, modelado sobre formaciones volcánicas principalmente en diversos relieves y formas estructurales.

3.2.1.1. Paisajes glaciares

Se presenta en las tierras más frías de las Cordilleras Occidental y Real, cuyas morfologías más características se corresponden con formas y depósitos glaciares, actuales y heredados, a las que a veces se llegan a superponer otras formas provenientes del periglacialismo actual. Particularmente en este cantón se forma principalmente por superficies altas disectadas y por geoformas glaciares, como drumlins, rocas aborregadas y depósitos glaciares modelados por acción fluvial.

Este contexto se ubica en el extremo sur-suroriental, en las zonas más elevadas, al igual que el dominio fisiográfico de las Cimas frías, con alturas que oscilan entre los 3.100 y los 3.500 msnm. Tiene alrededor de 33 km² de extensión.

En este contexto, donde se describen Andisols, existe recubrimiento de cobertura piroclástica.

3.2.1.1.1. Suelos desarrollados sobre régimen de temperatura isofrígido

El régimen de temperatura isofrígido indica temperaturas de menos de 10°C, entre los 50 y 100 cm de profundidad, durante todo el año. Los suelos isofrígidos pueden también tener un régimen de temperatura cryico (adaptado FAO, 2009).

i. Inceptisols

a) *Lithic Dystrocryepts* (1, 2, 7)

Estos suelos están desarrollados sobre la Serie Zamora (Granitoides y rocas metamórficas (filitas, cuarcitas, esquistos y gneises)), dentro de las geoformas denominadas relieve colinado medio y vertiente heterogénea con fuerte disección, en pendientes medias a fuertes (>25-40%) y fuertes (>40-70%).

Las características morfológicas y físicas de este Subgrupo taxonómico presentan un perfil tipo A1/A2/R, superficial (20 cm) a esta profundidad presenta muchas gravas medias, excesivamente drenado y de escorrentía rápida. Muestra un epipedón úmbrico (A1) de 10 cm de espesor, color negro (10YR 2/1), textura franco-arenosa y estructura tipo bloques subangulares. Subyace un epipedón úmbrico (A2) de 10 cm de espesor, color negro (10YR 2/1), textura franco-arenosa y estructura tipo bloques subangulares. Finalmente un horizonte (R) de 5 cm de espesor.

Los resultados de laboratorio indican que son suelos de pH medianamente ácido; con niveles bajos de materia orgánica. La capacidad de intercambio catiónico es muy baja y la saturación de bases baja. La principal característica es tener una saturación de bases inferior al 50% en la mitad o más del espesor entre 25 y 75 cm de profundidad. Además tiene un contacto lítico dentro de los 50 cm de la superficie del suelo. Está ubicado en un régimen de temperatura isofrío.

Se localizan en régimen de humedad údico. En el momento de la descripción del suelo, el grado de humedad fue saturado.

Estos suelos ocupan una superficie aproximada de 96 ha que representa menos del 1% del área de estudio total. El perfil modal se identifica con el código CSp-NVI_D4-85-0024.

b) *Typic Humicryepts* (3, 4, 5, 6, 12)

Estos suelos están desarrollados sobre la Serie Zamora (Granitoides y rocas metamórficas (filitas, cuarcitas, esquistos y gneises)), dentro de las geoformas denominadas superficie alta disectada y superficie ondulada lacustre, en pendientes muy suaves (>2-5%), suaves (>5-12%) y medias (>12-25%).

Las características morfológicas y físicas de este Subgrupo taxonómico presentan un perfil tipo A/Bw/C, poco profundo (50 cm) a esta profundidad presenta muchas gravas medias, bien drenado y de escorrentía normal. Muestra un epipedón úmbrico (A) de 25 cm de espesor, color negro (10YR 2/1), textura franco-arenosa y estructura tipo bloques subangulares. Subyace un horizonte cámbico (Bw) de 25 cm de espesor, color rojo débil (2.5YR 5/2), textura franco-arcillo-arenosa y estructura tipo bloques subangulares. Finalmente un horizonte (C) de 30 cm de espesor, color pardo-rojizo oscuro (2.5YR 2.5/4), textura franco-arcillo-arenosa.

Los resultados de laboratorio indican que son suelos de pH medianamente ácido; con niveles altos de materia orgánica. La capacidad de intercambio catiónico es baja y la saturación de bases baja. La principal característica es estar ubicado en un régimen de temperatura isofrío y presentar un epipedón úmbrico.

Se localizan en régimen de humedad údico y la velocidad de infiltración de esta unidad de suelos es muy lenta ($< 1,5$ mm/h). En el momento de la descripción del suelo, el grado de humedad fue saturado.

Estos suelos ocupan una superficie aproximada de 888 ha que representa el 3,23% del área de estudio total. El perfil modal se identifica con el código CSp-NVI_D4-85-0026.

c) Typic Humicrypts (8, 9, 10, 11)

Estos suelos están desarrollados sobre la Rocas metamórficas (Rocas metamórficas indiferenciadas), dentro de las geoformas denominadas relieve colinado medio, relieve colinado bajo y superficie alta disectada, en pendientes suaves ($>5-12\%$) y medias ($>12-25\%$).

Las características morfológicas y físicas de este Subgrupo taxonómico presentan un perfil tipo A/C1/2C2, superficial (20 cm) a esta profundidad presenta dominantes gravas finas, bien drenado y de escorrentía normal. Muestra un epipedón úmbrico (A) de 20 cm de espesor, color pardo muy oscuro (10YR 2/2), textura franco-arenosa y estructura tipo bloques subangulares. Subyace un horizonte (C1) de 13 cm de espesor, color pardo-grisáceo muy oscuro (10YR 3/2), textura franco-arenosa. Finalmente un horizonte (2C2) de 15 cm de espesor, color pardo-amarillento claro (10YR 6/4).

Los resultados de laboratorio indican que son suelos de pH medianamente ácido; con niveles altos de materia orgánica. La capacidad de intercambio catiónico es baja y la saturación de bases baja. La principal característica es estar ubicado en un régimen de temperatura isofrío y presentar un epipedón úmbrico.

Se localizan en régimen de humedad údico y la velocidad de infiltración de esta unidad de suelos es muy lenta ($< 1,5$ mm/h). En el momento de la descripción del suelo, el grado de humedad fue saturado.

Estos suelos ocupan una superficie aproximada de 963 ha que representa el 3,50% del área de estudio total. El perfil modal se identifica con el código CSp-NVI_D4-91-0018.

d) Typic Humicrypts (13)

Estos suelos están desarrollados sobre la Formación Tarqui (Tobas y aglomerados (dacíticos, riolíticos y andesíticos) caolinizados, con bajo porcentaje de lava) y sobre la Formación Nabón (Tobas estratificadas; conglomerados, areniscas, limolitas, lutitas y diatomitas; tobas y aglomerados andesíticos), dentro de la geoforma denominada superficie alta disectada y desarrollándose en pendientes medias ($>12-25\%$) y medias a fuertes ($>25-40\%$).

Estos suelos ocupan una superficie aproximada de 130 ha que representa menos del 1% del área de estudio total..

Este perfil se lo puede consultar en la unidad edáfica N° 31. El perfil modal se identifica con el código CSp-NVI_D4-89-0009.

e) *Typic Humicryepts* (15, 16)

Estos suelos están desarrollados a partir de depósitos glaciares (Till, tillita. Depósitos pobremente clasificados con ausencia de estratificación y ordenamiento interno, con fragmentos de tamaño bloque empastados en matriz de grano fino), dentro de las geoformas denominadas drumlins y morrenas, en pendientes suaves (>5-12%).

Las características morfológicas y físicas de este Subgrupo taxonómico presentan un perfil tipo A/Bw/Cr, poco profundo (40 cm) a esta profundidad presenta comunes gravas medias, bien drenado y de escorrentía lenta. Muestra un epipedón úmbrico (A) de 25 cm de espesor, color negro (10YR 2/1), textura franco-arenosa y estructura tipo bloques subangulares. Subyace un horizonte cámbico (Bw) de 15 cm de espesor, color pardo-grisáceo (2.5Y 5/2), textura franco-arcillo-arenosa y estructura tipo bloques subangulares. Finalmente un horizonte (Cr) de 20 cm de espesor, color pardo-oliva claro (2.5Y 5/4).

Los resultados de laboratorio indican que son suelos de pH medianamente ácido; con niveles altos de materia orgánica. La capacidad de intercambio catiónico es baja y la saturación de bases baja. La principal característica es estar ubicado en un régimen de temperatura isofrío y presentar un epipedón úmbrico.

Se localizan en régimen de humedad údico y la velocidad de infiltración de esta unidad de suelos es muy lenta (< 1,5 mm/h). En el momento de la descripción del suelo, el grado de humedad fue saturado.

Estos suelos ocupan una superficie aproximada de 901 ha que representa el 3,28% del área de estudio total. El perfil modal se identifica con el código CSp-NVI_D4-85-0027.

En esta unidad edáfica existen inclusiones con características específicas que se detallan a continuación:

- *Typic Cryohemists* CSp-NVI_D4-89-0006

Las características morfológicas y físicas de este Subgrupo taxonómico presentan un perfil tipo Oa/C, moderadamente profundo (90 cm), mal drenado y de escorrentía lenta. Muestra un material hémico (Oa) de 78 cm de espesor, color negro (10YR 2/1). Finalmente un horizonte (C) de 22 cm de espesor, color gris (5Y 6/1), textura franco-arcillosa en campo y estructura tipo grano simple.

Los resultados de laboratorio indican que son suelos de pH medianamente ácido; con niveles altos de materia orgánica. La capacidad de intercambio catiónico es baja y la saturación de bases baja. La principal característica es estar ubicado en un régimen de temperatura del suelo isofrío y presenta materiales hémicos (parcialmente descompuestos).

Se localizan en régimen de humedad údico. En el momento de la descripción del suelo, el grado de humedad fue muy mojado.

- *Lithic Cryorthents* CSp-NVI_D4-91-0019

Las características morfológicas y físicas de este Subgrupo taxonómico presentan un perfil tipo A/C/R, superficial (15 cm) a esta profundidad presenta dominantes gravas finas, un horizonte muy compacto, contacto lítico, excesivamente drenado y de escorrentía normal. Muestra un epipedón ócrico (A) de 15 cm de espesor, color pardo muy oscuro (10YR 2/2), textura franco-arenosa y estructura tipo bloques subangulares a granular. Subyace un

horizonte (C) de 15 cm de espesor, color pardo-grisáceo muy oscuro (10YR 3/2), textura franco-arenosa en campo. Finalmente un horizonte (R) de 5 cm de espesor, color pardo-amarillento oscuro (10YR 4/4).

Los resultados de laboratorio indican que son suelos de pH medianamente ácido; con niveles altos de materia orgánica. La capacidad de intercambio catiónico es baja y la saturación de bases baja. La principal característica es no mostrar ningún desarrollo definido, están ubicados en un régimen de temperatura Isofrígido y muestra contacto lítico dentro de los 50 cm de la superficie del suelo mineral

Se localizan en régimen de humedad údico. En el momento de la descripción del suelo, el grado de humedad fue saturado.

f) Lithic Humicrypts (18)

Estos suelos están desarrollados a partir de depósitos fluvio glaciares (Bloques y gravas en matriz de grano fino, con ocasionales niveles de arenas), dentro de la geoforma denominada depósito glaciar modelado por acción fluvial, en pendientes suaves (>5-12%).

Las características morfológicas y físicas de este Subgrupo taxonómico presentan un perfil tipo A/C/R, superficial (18 cm) a esta profundidad presenta dominantes gravas finas, excesivamente drenado y de escorrentía normal. Muestra un epipedón úmblico (A) de 18 cm de espesor, color pardo muy oscuro (10YR 2/2), textura franco-arenosa y estructura tipo granular y bloques subangulares. Subyace un horizonte (C) de 7 cm de espesor, color pardo-grisáceo muy oscuro (10YR 3/2), textura areno-francosa en campo. Finalmente un horizonte (R) de 5 cm de espesor.

Los resultados de laboratorio indican que son suelos de pH medianamente ácido; con niveles altos de materia orgánica. La capacidad de intercambio catiónico es baja y la saturación de bases baja. La principal característica es estar ubicado en un régimen de temperatura isofrígido, presenta un epipedón úmblico adicional un contacto lítico dentro de los 50 cm de profundidad.

Se localizan en régimen de humedad údico y la velocidad de infiltración de esta unidad de suelos es muy lenta (< 1,5 mm/h). En el momento de la descripción del suelo, el grado de humedad fue saturado.

Estos suelos ocupan una superficie aproximada de 70 ha que representa menos del 1% del área de estudio total. El perfil modal se identifica con el código CSp-NVI_D4-91-0017.

ii. Andisols

a) Acrudoxic Haplocryands (14, 19, 20)

Estos suelos están desarrollados a partir de cenizas volcánicas que recubren depósitos superficiales (Depósitos superficiales indiferenciados) y sobre otras litologías indiferenciadas, dentro de las geoformas denominadas depresión lagunar y hondonadas pantanosas de origen glaciar-periglacial, en pendientes planas (0-2%) y muy suaves (>2-5%).

Las características morfológicas y físicas de este Subgrupo taxonómico presentan un perfil tipo A/2Ab/2Bt/2C1/2C2, moderadamente profundo (60 cm), bien drenado y de escorrentía normal. Muestra un epipedón ócrico (A) de 15 cm de espesor, color pardo muy oscuro

(10YR 2/2), textura franca en campo y estructura tipo granular y bloques subangulares. Subyace un epipedón úmbrico (2Ab) de 25 cm de espesor, color negro (10YR 2/1), textura franco-arcillosa y estructura tipo bloques subangulares. Continúa un horizonte argílico (2Bt) de 20 cm de espesor, color gris oscuro (5Y 4/1), presencia de moteados de abundancia pocos y color pardo fuerte (7.5YR 4/6), textura arcilla pesada y estructura tipo bloques subangulares, presencia comunes de revestimientos de arcilla, localizados en las caras del agregado. Continúa un horizonte (2C1) de 30 cm de espesor, color rojo claro (2.5YR 6/6), textura arcilla pesada y estructura tipo masiva. Finalmente un horizonte (2C2) de 45 cm de espesor, color pardo fuerte (7.5YR 5/8), textura arcilla pesada en campo y estructura tipo masiva.

Los resultados de laboratorio indican que son suelos de pH ligeramente ácido; con niveles altos de materia orgánica. La capacidad de intercambio catiónico es baja y la saturación de bases baja. Tienen una densidad aparente menor a 0,9 g/cm³ y alta fijación de fosfato. La principal característica es presentar propiedades ándicas en 60% o más del espesor ya sea dentro de los primeros 60 cm de suelo o entre la superficie del suelo mineral y un contacto dénsico, lítico o paralítico, un duripán o un horizonte petrocálcico. Están ubicados en el régimen de temperatura isofrío, adicional tiene una suma de bases inferior a 2,0 cmol(+)/kg más aluminio en un horizonte de 30 cm o más de espesor entre 25 y 100 cm de profundidad.

Se localizan en régimen de humedad údico y la velocidad de infiltración de esta unidad de suelos es muy lenta (< 1,5 mm/h). En el momento de la descripción del suelo, el grado de humedad fue húmedo.

Estos suelos ocupan una superficie aproximada de 59 ha que representa menos del 1% del área de estudio total. El perfil modal se identifica con el código CSp-NVI_D2-87-0023.

b) Typic Melanocryands (17)

Estos suelos están desarrollados a partir ceniza volcánica recubierta por depósitos glaciares (Bloques y gravas en matriz de grano fino, con ocasionales niveles de arenas), dentro de la geoforma denominada depósito glaciar modelado por acción fluvial, en pendientes medias (>12-25%).

Las características morfológicas y físicas de este Subgrupo taxonómico presentan un perfil tipo A/2C, poco profundo (45 cm), bien drenado y de escurrimiento normal. Muestra un epipedón melánico (A) de 45 cm de espesor, color negro (10YR 2/1), textura franco-arcillosa y estructura tipo bloques subangulares, reacción al NaF media. Finalmente un horizonte (2C) de 105 cm de espesor, color amarillo-parduzco (10YR 6/8), textura franco-arenosa en campo y estructura tipo masiva.

Los resultados de laboratorio indican que son suelos de pH medianamente ácido; con niveles altos de materia orgánica. La capacidad de intercambio catiónico es baja y la saturación de bases baja. Tienen una densidad aparente menor a 0,9 g/cm³ y alta fijación de fosfato. La principal característica es contener dentro de los 30 cm una capa con el color, espesor, profundidad y contenido de carbono orgánico que caracteriza al epipedón melánico y estar ubicado en régimen isofrío.

Se localizan en régimen de humedad údico y la velocidad de infiltración de esta unidad de suelos es muy lenta (< 1,5 mm/h). En el momento de la descripción del suelo, el grado de humedad fue húmedo.

Estos suelos ocupan una superficie aproximada de 37 ha que representa menos del 1% del área de estudio total. El perfil modal se identifica con el código CSp-NVI_D3-98-0013.

3.2.1.2. Paisajes de páramo con modelado periglacial y huellas glaciares poco marcadas

Los paisajes de este contexto se caracterizan por cimas suavemente onduladas y rebajadas, normalmente con cumbres e interfluvios anchos y redondeados, de los que emergen localmente salientes rocosos; sus vertientes muestran pendientes moderadas y enlazan suavemente con hondonadas de carácter pantanoso. Este cantón no guarda muchos aspectos semejantes a los paisajes glaciares, sin embargo las formas glaciares y periglaciares han modelado relieves preexistentes volcánicos, que aún prevalecen en el cantón, junto con las marcas de una posterior acción fluvial: erosión lineal por encajamiento de la red fluvial, como barrancos o valles en V. Este contexto se considera su cota superior a 3.300 msnm en el sector suroriental del cantón, coincidiendo con los Paisajes glaciares.

Este contexto se ubica en los extremos norte y suroccidental con mayores extensiones y en pequeños apéndices en el borde oriental del cantón. Su extensión total aproximada es de 44 km². Las geoformas más representativas de este contexto en el cantón responden a un modelado de relieves volcánicos y relieves estructurales sobre capas de lava endurecidas, que han sufrido posterior modelamiento glaciar y periglacial, por lo que se encuentran dentro de este contexto.

En este contexto, donde se describen Andisols, existe recubrimiento de cobertura piroclástica.

3.2.1.2.1. Suelos desarrollados sobre régimen de temperatura isofrígido

El régimen de temperatura isofrígido indica temperaturas de menos de 10°C, entre los 50 y 100 cm de profundidad, durante todo el año. Los suelos isofrígidos pueden también tener un régimen de temperatura cryico (adaptado FAO, 2009).

i. Inceptisols

a) Lithic Dystrocryepts (21, 22, 23, 24)

Estos suelos están desarrollados sobre la Serie Zamora (Granitoides y rocas metamórficas (filitas, cuarcitas, esquistos y gneises)), dentro de las geoformas denominadas relieve colinado medio, superficie inclinada, abrupto de superficie inclinada y vertiente heterogénea con fuerte disección, en pendientes medias (>12-25%) y fuertes (>40-70%).

Estos suelos ocupan una superficie aproximada de 204 ha que representa menos del 1% del área de estudio total.

Este perfil se lo puede consultar en la unidad edáfica N° 1. El perfil modal se identifica con el código CSp-NVI_D4-85-0024.

b) Typic Humicryepts (31, 32, 40)

Estos suelos están desarrollados sobre la Formación Tarqui (Tobas y aglomerados (dacíticos, riolíticos y andesíticos) caolinizados, con bajo porcentaje de lava), dentro de la geoforma denominada relieve volcánico colinado medio, en pendientes medias (>12-25%) y medias a fuertes (>25-40%).

Las características morfológicas y físicas de este Subgrupo taxonómico presentan un perfil tipo A/2C/Cr, poco profundo (30 cm), bien drenado y de escorrentía lenta. Muestra un epipedón úmbrico (A) de 30 cm de espesor, color negro (10YR 2/1), textura franca y estructura tipo granular. Subyace un horizonte (2C) de 60 cm de espesor. Finalmente un horizonte (Cr) de 15 cm de espesor.

Los resultados de laboratorio indican que son suelos de pH medianamente ácido; con niveles altos de materia orgánica. La capacidad de intercambio catiónico es baja y la saturación de bases baja. La principal característica es estar ubicado en un régimen de temperatura isofrígido y presentar un epipedón úmbrico.

Se localizan en régimen de humedad údico y la velocidad de infiltración de esta unidad de suelos es muy lenta (< 1,5 mm/h). En el momento de la descripción del suelo, el grado de humedad fue saturado.

Estos suelos ocupan una superficie aproximada de 524 ha que representa el 1,90% del área de estudio total. El perfil modal se identifica con el código CSp-NVI_D4-89-0009.

c) Typic Humicryepts (25, 26, 27)

Estos suelos están desarrollados sobre la Rocas metamórficas (Rocas metamórficas indiferenciadas), dentro de las geoformas denominadas relieve colinado medio, relieve colinado alto y vertiente heterogénea, en pendientes medias (>12-25%), medias a fuertes (>25-40%) y fuertes (>40-70%).

Las características morfológicas y físicas de este Subgrupo taxonómico presentan un perfil tipo A/Bw1/Bw2/C, poco profundo (22 cm) a esta profundidad presenta toxicidad alta por aluminio o acidéz libre, bien drenado y de escorrentía normal. Muestra un epipedón úmbrico (A) de 22 cm de espesor, color pardo-grisáceo muy oscuro (10YR 3/2), textura franco-arcillo-arenosa y estructura tipo granular. Subyace un horizonte cámbico (Bw1) de 33 cm de espesor, color pardo (10YR 5/3), textura arcillosa y estructura tipo bloques angulares. Continúa un horizonte cámbico (Bw2) de 25 cm de espesor, color pardo-amarillento claro (10YR 6/4), textura franco-arcillosa en campo y estructura tipo bloques angulares. Finalmente un horizonte (C) de 75 cm de espesor, color rojo (10R 5/6), textura franco-arcillo-arenosa en campo y estructura tipo masiva.

Los resultados de laboratorio indican que son suelos de pH ácido; con niveles altos de materia orgánica. La capacidad de intercambio catiónico es baja y la saturación de bases baja. La principal característica es estar ubicado en un régimen de temperatura isofrígido y presentar un epipedón úmbrico.

Se localizan en régimen de humedad údico. En el momento de la descripción del suelo, el grado de humedad fue muy mojado.

Estos suelos ocupan una superficie aproximada de 265 ha que representa menos del 1% del área de estudio total. El perfil modal se identifica con el código CSp-NVI_D4-89-0007.

d) Lithic Dystrocryepts (28, 29)

Estos suelos están desarrollados sobre la Formación Tarqui (Tobas y aglomerados (dacíticos, riolíticos y andesíticos) caolinizados, con bajo porcentaje de lava), dentro de la geoforma denominada relieve volcánico colinado alto, en pendientes medias a fuertes (>25-40%) y fuertes (>40-70%).

Las características morfológicas y físicas de este Subgrupo taxonómico presentan un perfil tipo A/R, poco profundo (25 cm) a esta profundidad presenta toxicidad alta por aluminio o acidéz libre, excesivamente drenado y de escorrentía normal. Muestra un epipedón úmbrico (A) de 25 cm de espesor, color negro (10YR 2/1), textura franco-arcillo-arenosa y estructura tipo granular. Finalmente un horizonte (R) de 5 cm de espesor.

Los resultados de laboratorio indican que son suelos de pH muy ácido; con niveles altos de materia orgánica. La capacidad de intercambio catiónico es baja y la saturación de bases baja. La principal característica es tener una saturación de bases inferior al 50% en la mitad o más del espesor entre 25 y 75 cm de profundidad, está ubicado en un régimen de temperatura isofrígido y adicional un contacto lítico dentro de los 50 cm de profundidad

Se localizan en régimen de humedad údico y la velocidad de infiltración de esta unidad de suelos es lenta (1,5 a 5 mm/h). En el momento de la descripción del suelo, el grado de humedad fue húmedo.

Estos suelos ocupan una superficie aproximada de 128 ha que representa menos del 1% del área de estudio total. El perfil modal se identifica con el código CSp-NVI_D4-89-0010.

e) Typic Humicryepts (33, 39)

Estos suelos están desarrollados sobre la Formación Tarqui (Tobas y aglomerados (dacíticos, riolíticos y andesíticos) caolinizados, con bajo porcentaje de lava), dentro de las geoformas denominadas relieves escalonados sobre capas de lava endurecida y otros materiales volcánicos y abrupto de superficie inclinada, en pendientes fuertes (>40-70%).

Las características morfológicas y físicas de este Subgrupo taxonómico presentan un perfil tipo A/2Cr, poco profundo (25 cm) a esta profundidad presenta toxicidad alta por aluminio o acidéz libre, bien drenado y de escorrentía rápida. Muestra un epipedón úmbrico (A) de 25 cm de espesor, color negro (10YR 2/1), textura franco-arenosa y estructura tipo bloques subangulares a granular. Finalmente un horizonte (2Cr) de 30 cm de espesor, color pardo-amarillento claro (10YR 6/4).

Los resultados de laboratorio indican que son suelos de pH ácido; con niveles altos de materia orgánica. La capacidad de intercambio catiónico es baja y la saturación de bases baja. La principal característica es estar ubicado en un régimen de temperatura isofrígido y presentar un epipedón úmbrico.

Se localizan en régimen de humedad údico. En el momento de la descripción del suelo, el grado de humedad fue muy mojado.

Estos suelos ocupan una superficie aproximada de 253 ha que representa menos del 1% del área de estudio total. El perfil modal se identifica con el código CSp-NVI_D4-91-0020.

f) Typic Humicryepts (44, 45, 46)

Estos suelos están desarrollados a partir de depósitos de ladera (coluvial) (Mezcla heterogénea de materiales finos y fragmentos angulares rocosos de muy diverso tamaño), dentro de las geoformas denominadas depósitos de deslizamiento, masa deslizada y coluvión antiguo, en pendientes medias (>12-25%).

Las características morfológicas y físicas de este Subgrupo taxonómico presentan un perfil tipo A/2C1/2C2, superficial (20 cm) a esta profundidad presenta toxicidad alta por aluminio o acidéz libre, bien drenado y de escorrentía normal. Muestra un epipedón úmbrico (A) de 20 cm de espesor, color negro (10YR 2/1), textura franco-arcillo-arenosa y estructura tipo bloques subangulares. Subyace un horizonte (2C1) de 80 cm de espesor, color amarillo-parduzco (10YR 6/6), textura arcilla pesada y estructura tipo masiva. Finalmente un horizonte (2C2) de 50 cm de espesor, color gris claro (10YR 7/2), textura arcillo-limosa en campo y estructura tipo masiva porosa.

Los resultados de laboratorio indican que son suelos de pH muy ácido; con niveles altos de materia orgánica. La capacidad de intercambio catiónico es baja y la saturación de bases baja. La principal característica es estar ubicado en un régimen de temperatura isofrío y presentar un epipedón úmbrico.

Se localizan en régimen de humedad údico y la velocidad de infiltración de esta unidad de suelos es muy lenta (< 1,5 mm/h). En el momento de la descripción del suelo, el grado de humedad fue húmedo.

Estos suelos ocupan una superficie aproximada de 91 ha que representa menos del 1% del área de estudio total. El perfil modal se identifica con el código CSp-NVI_D4-91-0010.

g) Fluventic Dystrocryepts (47, 48)

Estos suelos están desarrollados a partir de depósitos coluvio aluviales (Limos, arcillas, arenas, gravas y bloques), dentro de las geoformas denominadas coluvio-aluvial reciente y coluvio-aluvial antiguo, en pendientes medias (>12-25%).

Las características morfológicas y físicas de este Subgrupo taxonómico presentan un perfil tipo A/2C/3Ab/4C/5Ab, poco profundo (40 cm) a esta profundidad presenta toxicidad alta por aluminio o acidéz libre, bien drenado y de escorrentía lenta. Muestra un epipedón úmbrico (A) de 40 cm de espesor, color negro (10YR 2/1), textura franco-arenosa y estructura tipo granular. Subyace un horizonte (2C) de 5 cm de espesor, color gris-oliva claro (5Y 6/2), textura areno-francosa en campo y estructura tipo grano simple. Continúa un horizonte enterrado (3Ab) de 45 cm de espesor, color pardo oscuro (10YR 3/3), textura franco-arcillo-arenosa y estructura tipo masiva. Continúa un horizonte (4C) de 25 cm de espesor, color gris-verdoso claro (GLEY 1 7/10Y), textura franco-arcillo-arenosa en campo y estructura tipo masiva. Finalmente un horizonte (5Ab) de 28 cm de espesor, color negro (10YR 2/1), textura franco-arcillo-arenosa y estructura tipo masiva.

Los resultados de laboratorio indican que son suelos de pH ácido; con niveles altos de materia orgánica. La capacidad de intercambio catiónico es baja y la saturación de bases baja. La principal característica es tener una saturación de bases inferior al 50% en la mitad o más del espesor entre 25 y 75 cm de profundidad y no existe un horizonte plácico, duripán, fragipán, dénsico, contacto lítico o paralítico dentro de los 50 cm, está ubicado en un régimen de temperatura isofrío y el carácter fluventic está sustentado por su formación

a partir de depósitos aluviales, evidenciado por un decrecimiento irregular de la materia orgánica o un contenido superior al 0,2% de carbono orgánico a 125 cm de profundidad

Se localizan en régimen de humedad údico y la velocidad de infiltración de esta unidad de suelos es muy lenta ($< 1,5$ mm/h). En el momento de la descripción del suelo, el grado de humedad fue muy mojado.

Estos suelos ocupan una superficie aproximada de 56 ha que representa menos del 1% del área de estudio total. El perfil modal se identifica con el código CSp-NVI_D4-89-0008.

ii. Andisols

a) *Typic Melanocryands* (30, 36, 37)

Estos suelos están desarrollados a partir de materiales volcánicos contenidos en la Formación Tarquí (Tobas y aglomerados (dacíticos, riolíticos y andesíticos) caolinizados, con bajo porcentaje de lava), dentro de las geoformas denominadas superficie inclinada, superficie inclinada disectada y relieve volcánico colinado medio, en pendientes medias ($>12-25\%$) y fuertes ($>40-70\%$).

Las características morfológicas y físicas de este Subgrupo taxonómico presentan un perfil tipo A1/A2/2Cr, poco profundo (38 cm) a esta profundidad presenta comunes piedras, bien drenado y de escorrentía rápida. Muestra un epipedón melánico (A1) de 20 cm de espesor, color negro (10YR 2/1), textura franco-arenosa y estructura tipo bloques subangulares a granular, reacción al NaF fuerte. Subyace un epipedón melánico (A2) de 18 cm de espesor, color negro (10YR 2/1), textura franco-arcillo-arenosa y estructura tipo granular, reacción al NaF fuerte. Finalmente un horizonte (2Cr) de 32 cm de espesor, color pardo muy pálido (10YR 7/3).

Los resultados de laboratorio indican que son suelos de pH ligeramente ácido; con niveles altos de materia orgánica. La capacidad de intercambio catiónico es baja y la saturación de bases baja. Tienen una densidad aparente menor a $0,9$ g/cm³ y alta fijación de fosfato. La principal característica es contener dentro de los 30 cm una capa con el color, espesor, profundidad y contenido de carbono orgánico que caracteriza al epipedón melánico y estar ubicado en régimen isofrío.

Se localizan en régimen de humedad údico. En el momento de la descripción del suelo, el grado de humedad fue saturado.

Estos suelos ocupan una superficie aproximada de 223 ha que representa menos del 1% del área de estudio total. El perfil modal se identifica con el código CSp-NVI_D4-91-0021.

b) *Typic Haplocryands* (34, 35)

Estos suelos están desarrollados a partir de ceniza volcánica que se encuentra recubriendo a Formación Tarquí (Tobas y aglomerados (dacíticos, riolíticos y andesíticos) caolinizados, con bajo porcentaje de lava), dentro de la geoforma denominada relieves escalonados sobre capas de lava endurecida y otros materiales volcánicos, en pendientes medias ($>12-25\%$) y medias a fuertes ($>25-40\%$).

Las características morfológicas y físicas de este Subgrupo taxonómico presentan un perfil tipo A/AC/2C1/2C2/2C3, poco profundo (23 cm) a esta profundidad presenta muchas gravas finas, bien drenado y de escorrentía normal. Muestra un epipedón úmbrico (A) de 18 cm de

espesor, color pardo muy oscuro (10YR 2/2), textura franco-arenosa y estructura tipo bloques subangulares a granular, reacción al NaF media. Subyace un horizonte (AC) de 5 cm de espesor, color pardo-grisáceo muy oscuro (10YR 3/2), textura franco-limosa en campo y estructura tipo bloques subangulares, reacción al NaF fuerte. Continúa un horizonte (2C1) de 57 cm de espesor, color pardo muy pálido (10YR 7/3), textura franco-arcillosa. Continúa un horizonte (2C2) de 43 cm de espesor, color pardo-amarillento claro (10YR 6/4), textura arcillo-limosa en campo. Finalmente un horizonte (2C3) de 27 cm de espesor, color pardo muy pálido (10YR 7/3), textura arcillo-limosa en campo.

Los resultados de laboratorio indican que son suelos de pH medianamente ácido; con niveles altos de materia orgánica. La capacidad de intercambio catiónico es baja y la saturación de bases baja. Tienen una densidad aparente menor a 0,9 g/cm³ y alta fijación de fosfato. La principal característica es presentar propiedades ándicas en 60% o más del espesor ya sea dentro de los primeros 60 cm de suelo o entre la superficie del suelo mineral y un contacto dénsico, lítico o paralítico, un duripán o un horizonte petrocálcico y estar ubicado en régimen de temperatura isofrígido.

Se localizan en régimen de humedad údico y la velocidad de infiltración de esta unidad de suelos es lenta (1,5 a 5 mm/h). En el momento de la descripción del suelo, el grado de humedad fue húmedo.

Estos suelos ocupan una superficie aproximada de 850 ha que representa el 309% del área de estudio total. El perfil modal se identifica con el código CSp-NVI_D4-91-0006.

c) *Typic Haplocryands* (38)

Estos suelos están desarrollados sobre suelos de origen volcánico que recubren a la Formación Tarqui (Tobas y aglomerados (dacíticos, riolíticos y andesíticos) caolinizados, con bajo porcentaje de lava), dentro de la geoforma denominada cerro testigo, en pendientes fuertes (>40-70%).

Las características morfológicas y físicas de este Subgrupo taxonómico presentan un perfil tipo A/C/2Cr, poco profundo (25 cm) a esta profundidad presenta toxicidad alta por aluminio o acidéz libre, bien drenado y de escorrentía rápida. Muestra un epipedón úmbrico (A) de 25 cm de espesor, color negro (10YR 2/1), textura franco-arcillo-arenosa y estructura tipo bloques subangulares, reacción al NaF ligera. Subyace un horizonte (C) de 45 cm de espesor, color pardo-amarillento claro (10YR 6/4), textura franco-arcillo-limosa en campo y estructura tipo masiva, reacción al NaF media. Finalmente un horizonte (2Cr) de 30 cm de espesor, color amarillo-parduzco (10YR 6/6).

Los resultados de laboratorio indican que son suelos de pH muy ácido; con niveles altos de materia orgánica. La capacidad de intercambio catiónico es baja y la saturación de bases baja. Tienen una densidad aparente menor a 0,9 g/cm³ y alta fijación de fosfato. La principal característica es presentar propiedades ándicas en 60% o más del espesor ya sea dentro de los primeros 60 cm de suelo o entre la superficie del suelo mineral y un contacto dénsico, lítico o paralítico, un duripán o un horizonte petrocálcico y estar ubicado en régimen de temperatura isofrígido.

Se localizan en régimen de humedad údico. En el momento de la descripción del suelo, el grado de humedad fue muy mojado.

Estos suelos ocupan una superficie aproximada de 18 ha que representa menos del 1% del área de estudio total. El perfil modal se identifica con el código CSp-NVI_D4-91-0008.

d) Typic Haplocryands (41)

Estos suelos de origen volcánico están desarrollados sobre la Formación Tarqui (Tobas y aglomerados (dacíticos, riolíticos y andesíticos) caolinizados, con bajo porcentaje de lava), dentro de la geoforma denominada vertiente abrupta de derrames volcánicos tabulares, en pendientes fuertes (>40-70%).

Las características morfológicas y físicas de este Subgrupo taxonómico presentan un perfil tipo A/2C1/2C2/2C3, poco profundo (28 cm) a esta profundidad presenta toxicidad alta por aluminio o acidéz libre, bien drenado y de escorrentía rápida. Muestra un epipedón úmbrico (A) de 28 cm de espesor, color negro (10YR 2/1), textura franco-arcillo-arenosa y estructura tipo bloques subangulares, reacción al NaF ligera. Subyace un horizonte (2C1) de 29 cm de espesor, color amarillo-parduzco (10YR 6/6), textura arcillosa y estructura tipo masiva, reacción al NaF ligera. Continúa un horizonte (2C2) de 73 cm de espesor, color pardo pálido (10YR 6/3), textura arcillo-limosa en campo y estructura tipo masiva, reacción al NaF ligera. Finalmente un horizonte (2C3) de 20 cm de espesor, color gris claro (10YR 7/2), textura arcillo-limosa en campo y estructura tipo masiva, reacción al NaF ligera.

Los resultados de laboratorio indican que son suelos de pH muy ácido; con niveles altos de materia orgánica. La capacidad de intercambio catiónico es media y la saturación de bases baja. Tienen una densidad aparente menor a 0,9 g/cm³ y alta fijación de fosfato. La principal característica es presentar propiedades ándicas en 60% o más del espesor ya sea dentro de los primeros 60 cm de suelo o entre la superficie del suelo mineral y un contacto dénsico, lítico o paralítico, un duripán o un horizonte petrocálcico y estar ubicado en régimen de temperatura isofrío.

Se localizan en régimen de humedad údico. En el momento de la descripción del suelo, el grado de humedad fue muy mojado.

Estos suelos ocupan una superficie aproximada de 140 ha que representa menos del 1% del área de estudio total. El perfil modal se identifica con el código CSp-NVI_D4-91-0009.

e) Alic Haplocryands (42, 43)

Estos suelos de origen volcánico están desarrollados sobre la Formación Tarqui (Tobas y aglomerados (dacíticos, riolíticos y andesíticos) caolinizados, con bajo porcentaje de lava), dentro de las geoformas denominadas vertiente heterogénea y vertiente heterogénea con fuerte disección, en pendientes medias (>12-25%).

Las características morfológicas y físicas de este Subgrupo taxonómico presentan un perfil tipo A/Bw/2Bt/3BC, superficial (20 cm) a esta profundidad presenta toxicidad alta por aluminio o acidéz libre, bien drenado y de escorrentía normal. Muestra un epipedón úmbrico (A) de 20 cm de espesor, color negro (10YR 2/1), textura franco-arcillo-arenosa y estructura tipo bloques subangulares. Subyace un horizonte cámbico (Bw) de 20 cm de espesor, color gris muy oscuro (10YR 3/1), textura arcilla pesada y estructura tipo bloques subangulares, reacción al NaF ligera. Continúa un horizonte argílico (2Bt) de 35 cm de espesor, color rojo-amarillento (5YR 5/6), textura arcilla pesada y estructura tipo bloques subangulares, presencia de pocos revestimientos de arcilla, localizados en las caras del agregado.

Finalmente un horizonte (3BC) de 65 cm de espesor, color pardo-amarillento (10YR 5/4), textura arcillosa en campo y estructura tipo masiva con bloques subangulares.

Los resultados de laboratorio indican que son suelos de pH ácido; con niveles altos de materia orgánica. La capacidad de intercambio catiónico es media y la saturación de bases baja. Tienen una densidad aparente menor a $0,9 \text{ g/cm}^3$ y alta fijación de fosfato. La principal característica es presentar propiedades ándicas en 60% o más del espesor ya sea dentro de los primeros 60 cm de suelo o entre la superficie del suelo mineral y un contacto dénsico, lítico o paralítico, un duripán o un horizonte petrocálcico, estar ubicado en régimen de temperatura isofrío, además contienen más de $2 \text{ cmol(+)}/\text{kg}$ de Aluminio en uno o más horizontes con más de 10 cm de espesor entre los 25 y 50 cm de profundidad.

Se localizan en régimen de humedad údico y la velocidad de infiltración de esta unidad de suelos es muy lenta ($< 1,5 \text{ mm/h}$). En el momento de la descripción del suelo, el grado de humedad fue húmedo.

Estos suelos ocupan una superficie aproximada de 334 ha que representa el 1,22% del área de estudio total. El perfil modal se identifica con el código CSp-NVI_D2-87-0022.

iii. Histosols

a) *Fluvaquentic Cryohemists (49)*

Estos suelos de carácter orgánico están desarrollados a partir de depósitos fluvio glaciares (Bloques y gravas en matriz de grano fino, con ocasionales niveles de arenas), dentro de la geoforma denominada depósito glaciar modelado por acción fluvial, en pendientes medias ($>12\text{-}25\%$).

Las características morfológicas y físicas de este Subgrupo taxonómico presentan un perfil tipo Oi/AC/2C1/3C2, moderadamente profundo (80 cm), mal drenado y de escorrentía normal. Muestra un epipedón hístico (Oi) de 27 cm de espesor, color negro (10YR 2/1), textura franco-arenosa y estructura tipo bloques subangulares. Subyace un horizonte (AC) de 25 cm de espesor, color gris oscuro (10YR 4/1), textura franco-arcillo-arenosa y estructura tipo masiva. Continúa un horizonte (2C1) de 28 cm de espesor, color pardo-grisáceo oscuro (10YR 4/2), textura areno-francosa en campo y estructura tipo masiva. Finalmente un horizonte (3C2) de 20 cm de espesor, color pardo-grisáceo oscuro (10YR 4/2).

Los resultados de laboratorio indican que son suelos de pH medianamente ácido; con niveles altos de materia orgánica. La capacidad de intercambio catiónico es baja y la saturación de bases baja. La principal característica es estar ubicado en un régimen de temperatura del suelo isofrío y presenta materiales hémicos (parcialmente descompuestos) y presentan una capa mineral de 5 cm o más.

Se localizan en régimen de humedad údico y la velocidad de infiltración de esta unidad de suelos es muy lenta ($< 1,5 \text{ mm/h}$). En el momento de la descripción del suelo, el grado de humedad fue saturado.

Estos suelos ocupan una superficie aproximada de 43 ha que representa menos del 1% del área de estudio total. El perfil modal se identifica con el código CSp-NVI_D4-93-0006.

iv. Entisols

a) *Typic Cryorthents* (50)

Estos suelos están desarrollados a partir de depósitos fluvio glaciares (Bloques y gravas en matriz de grano fino, con ocasionales niveles de arenas), dentro de la geoforma denominada depósito glaciar modelado por acción fluvial, en pendientes suaves (>5-12%).

Las características morfológicas y físicas de este Subgrupo taxonómico presentan un perfil tipo A/2Cr/3Cr, superficial (15 cm) a esta profundidad presenta dominantes gravas medias, bien drenado y de escorrentía normal. Muestra un epipedón ócrico (A) de 15 cm de espesor, color pardo muy oscuro (10YR 2/2), textura franco-arenosa y estructura tipo bloques subangulares. Subyace un horizonte (2Cr) de 5 cm de espesor, color pardo-grisáceo muy oscuro (10YR 3/2). Finalmente un horizonte (3Cr) de 10 cm de espesor, color amarillo pálido (2.5Y 7/3).

Los resultados de laboratorio indican que son suelos de pH ligeramente ácido; con niveles altos de materia orgánica. La capacidad de intercambio catiónico es baja y la saturación de bases baja. La principal característica es no mostrar ningún desarrollo definido, están ubicados en un régimen de temperatura Isofrío.

Se localizan en régimen de humedad údico y la velocidad de infiltración de esta unidad de suelos es muy lenta (< 1,5 mm/h). En el momento de la descripción del suelo, el grado de humedad fue saturado.

Estos suelos ocupan una superficie aproximada de 104 ha que representa menos del 1% del área de estudio total. El perfil modal se identifica con el código CSp-NVI_D4-91-0007.

3.2.1.2.2. Suelos desarrollados sobre régimen de temperatura isomésico

El régimen de temperatura isomésico indica temperaturas de 10 a 13°C, entre los 50 y 100 cm de profundidad, durante todo el año (adaptado FAO, 2009).

i. Inceptisols

a) *Humic Dystrudepts* (52)

Estos suelos están desarrollados sobre la Formación Saraguro (Piroclastos (tobas y aglomerados gruesos con bloques de lava) y lavas (andesitas porfíricas) alternantes), dentro de la geoforma denominada superficie de meseta volcánica disectada, en pendientes medias (>12-25%).

Las características morfológicas y físicas de este Subgrupo taxonómico presentan un perfil tipo Ap/C1/C2, poco profundo (25 cm) a esta profundidad presenta comunes gravas medias, bien drenado y de escorrentía normal. Muestra un epipedón úmbrico (Ap) de 25 cm de espesor, color pardo oscuro (7.5YR 3/2), textura arcillosa y estructura tipo granular y bloques subangulares. Subyace un horizonte (C1) de 70 cm de espesor, color rojo (2.5YR 5/6), textura franco-arcillosa y estructura tipo masiva porosa y desmenuzable. Finalmente un horizonte (C2) de 45 cm de espesor, color rojo claro (2.5YR 6/6), textura arcillo-arenosa en campo y estructura tipo masiva porosa y desmenuzable.

Los resultados de laboratorio indican que son suelos de pH ácido; con niveles altos de materia orgánica. La capacidad de intercambio catiónico es baja y la saturación de bases baja. La principal característica es tener una saturación de bases inferior al 60% en uno o más horizontes comprendidos entre 25 y 75 cm de profundidad, adicional presentan un epipedón úmbrico o mólico.

Se localizan en régimen de humedad údico y la velocidad de infiltración de esta unidad de suelos es lenta (1,5 a 5 mm/h). En el momento de la descripción del suelo, el grado de humedad fue húmedo.

Estos suelos ocupan una superficie aproximada de 345 ha que representa el 1,26% del área de estudio total. El perfil modal se identifica con el código CSp-NVI_D2-86-0039.

b) Humic Dystrudepts (54)

Estos suelos están desarrollados a partir de la depósitos de ladera (derrumbe) (Mezcla heterogénea de materiales finos y fragmentos angulares rocosos de muy diverso tamaño), dentro de la geoforma denominada depósitos de deslizamiento, masa deslizada, en pendientes medias (>12-25%).

Las características morfológicas y físicas de este Subgrupo taxonómico presentan un perfil tipo Ap/A/Bw/C, superficial (20 cm) a esta profundidad presenta toxicidad alta por aluminio o acidéz libre, bien drenado y de escorrentía normal. Muestra un epipedón úmbrico (Ap) de 20 cm de espesor, color negro (10YR 2/1), textura arcillosa y estructura tipo granular. Subyace un epipedón úmbrico (A) de 20 cm de espesor, color negro (10YR 2/1), textura arcilla pesada y estructura tipo bloques subangulares. Continúa un horizonte cámbico (Bw) de 70 cm de espesor, color rojo-amarillento (5YR 5/8), textura arcillosa y estructura tipo bloques subangulares. Finalmente un horizonte (C) de 25 cm de espesor, color rojo (2.5YR 5/6), textura franco-arcillosa en campo y estructura tipo masiva porosa.

Los resultados de laboratorio indican que son suelos de pH ácido; con niveles altos de materia orgánica. La capacidad de intercambio catiónico es baja y la saturación de bases baja. La principal característica es tener una saturación de bases inferior al 60% en uno o más horizontes comprendidos entre 25 y 75 cm de profundidad, adicional presentan un epipedón úmbrico o mólico.

Se localizan en régimen de humedad údico y la velocidad de infiltración de esta unidad de suelos es moderadamente lenta (5 a 20 mm/h). En el momento de la descripción del suelo, el grado de humedad fue húmedo.

Estos suelos ocupan una superficie aproximada de 2 ha que representa menos del 1% del área de estudio total. El perfil modal se identifica con el código CSp-NVI_D2-82-0033.

ii. Mollisols

a) Typic Argiudolls (51)

Estos suelos están desarrollados sobre la Formación Saraguro (Piroclastos (tobas y aglomerados gruesos con bloques de lava) y lavas (andesitas porfíricas) alternantes), dentro de la geoforma denominada relieve volcánico colinado alto, en pendientes medias a fuertes (>25-40%).

Las características morfológicas y físicas de este Subgrupo taxonómico presentan un perfil tipo A1/A2/2Bt1/2Bt2/2Bt3, profundo (150 cm), bien drenado y de escorrentía normal. Muestra un epipedón mólico (A1) de 20 cm de espesor, color pardo-grisáceo muy oscuro (10YR 3/2), textura arcillosa y estructura tipo bloques subangulares con granular. Subyace un epipedón mólico (A2) de 20 cm de espesor, color pardo-grisáceo muy oscuro (10YR 3/2), textura arcillosa y estructura tipo bloques subangulares con granular. Continúa un horizonte argílico (2Bt1) de 70 cm de espesor, color rojo-amarillento (5YR 4/6), textura arcilla pesada y estructura tipo prismática, presencia de abundantes revestimientos de arcilla y humus (materia orgánica), localizados en las caras del agregado. Continúa un horizonte argílico (2Bt2) de 25 cm de espesor, color rojo-amarillento (5YR 4/6), textura arcillosa en campo y estructura tipo prismática, presencia de muchos revestimientos de arcilla y humus (materia orgánica), localizados en las caras del agregado. Finalmente un horizonte argílico (2Bt3) de 15 cm de espesor, color rojo-amarillento (5YR 4/6), textura arcillosa en campo y estructura tipo prismática, presencia comunes de revestimientos de arcilla y humus (materia orgánica), localizados en las caras del agregado.

Los resultados de laboratorio indican que son suelos de pH medianamente ácido; con niveles altos de materia orgánica. La capacidad de intercambio catiónico es baja y la saturación de bases alta. La principal característica es presentar en el perfil un epipedón mólico y un horizonte diagnóstico iluvial de arcillas silicatadas denominado argílico.

Se localizan en régimen de humedad údico y la velocidad de infiltración de esta unidad de suelos es lenta (1,5 a 5 mm/h). En el momento de la descripción del suelo, el grado de humedad fue húmedo.

Estos suelos ocupan una superficie aproximada de 741 ha que representa el 2,70% del área de estudio total. El perfil modal se identifica con el código CSp-NVI_D2-81-0035.

iii. Andisols

a) *Acrudoxic Melanudands* (53)

Estos suelos están desarrollados a partir de ceniza volcánica, recubren a la Formación Tarqui (Tobas y aglomerados (dacíticos, riolíticos y andesíticos) caolinizados, con bajo porcentaje de lava), dentro de la geoforma denominada relieve volcánico colinado alto, en pendientes medias a fuertes (>25-40%).

Las características morfológicas y físicas de este Subgrupo taxonómico presentan un perfil tipo A/AC/2C, poco profundo (50 cm) a esta profundidad presenta comunes gravas medias, bien drenado y de escorrentía rápida. Muestra un epipedón melánico (A) de 40 cm de espesor, color negro (10YR 2/1), textura franco-arenosa y estructura tipo bloques subangulares a granular, reacción al NaF fuerte. Subyace un horizonte (AC) de 10 cm de espesor, color negro (10YR 2/1), textura arcillosa y estructura tipo masiva con bloques subangulares, reacción al NaF media. Finalmente un horizonte (2C) de 40 cm de espesor, color pardo-amarillento claro (10YR 6/4), textura franco-arcillosa en campo.

Los resultados de laboratorio indican que son suelos de pH ácido; con niveles altos de materia orgánica. La capacidad de intercambio catiónico es baja y la saturación de bases baja. Tienen una densidad aparente menor a 0,9 g/cm³ y alta fijación de fósforo. La principal característica es contener dentro de los 30 cm una capa con el color, espesor, profundidad y contenido de carbono orgánico que caracteriza al epipedón melánico, adicional contienen menos de 2 cmol(+)/kg de bases más aluminio en uno o más horizontes con más de 30 cm de espesor ubicado a una profundidad entre 25 y 100 cm.

Se localizan en régimen de humedad údico y la velocidad de infiltración de esta unidad de suelos es muy lenta ($< 1,5$ mm/h). En el momento de la descripción del suelo, el grado de humedad fue húmedo.

Estos suelos ocupan una superficie menor de 1 ha que representa menos del 1% del área de estudio total. El perfil modal se identifica con el código CSp-NVI_D4-91-0022.

3.2.1.3. Relieves de los márgenes de las cimas frías

Este contexto representa la articulación de las tierras frías andinas con las vertientes externas (dominios Vertientes externas de la Cordillera Occidental y Vertientes externas de la Cordillera Real) y con las vertientes interandinas (dominio Vertientes y relieves de las Cuencas Interandinas). A través de este contexto se enlazan los modelados glaciares y periglaciares con el inicio de la disección lineal de las vertientes. En este cantón solo se observa la transición a las vertientes interandinas, en la que los límites no son claros y precisos. Sin embargo, se observa una transición más marcada de este contacto en la zona meridional, debido a un abrupto estructural que se corresponde con el derrame volcánico Tarqui, que atraviesa el cantón ya que está presente en toda la parte central de la Sierra, desde Guamote hasta Saraguro.

Se localiza en el sector central y norte, con alturas que oscilan entre los 2.200 y 3.300 msnm, ocupando una extensión total de unos 93 km². Este contexto está formado principalmente por vertientes con diferentes características y geoformas estructurales desarrolladas en materiales volcánicos.

En este contexto, donde se describen Andisols, existe recubrimiento de cobertura piroclástica.

3.2.1.3.1. Suelos desarrollados sobre régimen de temperatura isomésico

El régimen de temperatura isomésico indica temperaturas de 10 a 13°C, entre los 50 y 100 cm de profundidad, durante todo el año (adaptado FAO, 2009).

i. Inceptisols

a) *Typic Dystrudepts* (55)

Estos suelos están desarrollados sobre la Serie Zamora (Granitoides y rocas metamórficas (filitas, cuarcitas, esquistos y gneises) dentro de la geoforma denominada interfluvio de cimas redondeadas, en pendientes medias ($>12-25\%$).

Las características morfológicas y físicas de este Subgrupo taxonómico presentan un perfil tipo Oa/Bw1/Bw2/2Bw3/2Cr, muy superficial (10 cm) a esta profundidad presenta toxicidad alta por aluminio o acidéz libre, bien drenado y de escorrentía normal. Muestra unos materiales fibricos (Oa) de 10 cm de espesor, color gris muy oscuro (10YR 3/1),. Subyace un horizonte cámbico (Bw1) de 10 cm de espesor, color pardo (10YR 4/3), textura arcillo-arenosa y estructura tipo bloques subangulares. Continúa un horizonte cámbico (Bw2) de 15 cm de espesor, color pardo-grisáceo oscuro (10YR 4/2), textura arcillo-arenosa y estructura tipo bloques subangulares. Continúa un horizonte cámbico (2Bw3) de 25 cm de espesor,



color pardo-amarillento (10YR 5/6), textura franco-arcillo-arenosa y estructura tipo bloques subangulares. Finalmente un horizonte (2Cr) de 90 cm de espesor, color pardo fuerte (7.5YR 5/8).

Los resultados de laboratorio indican que son suelos de pH medianamente ácido; con niveles altos de materia orgánica. La capacidad de intercambio catiónico es baja y la saturación de bases baja. La principal característica es tener una saturación de bases inferior al 60% en uno o más horizontes comprendidos entre 25 y 75 cm de profundidad.

Se localizan en régimen de humedad údico. En el momento de la descripción del suelo, el grado de humedad fue húmedo.

Estos suelos ocupan una superficie aproximada de 29 ha que representa menos del 1% del área de estudio total. El perfil modal se identifica con el código CSp-NVI_F1-87-0005.

b) Oxic Dystrudepts (56, 57, 58, 59, 60)

Estos suelos están desarrollados sobre la Serie Zamora (Granitoides y rocas metamórficas (filitas, cuarcitas, esquistos y gneises)), dentro de las geoformas denominadas relieve colinado alto y relieve colinado medio, en pendientes medias (>12-25%), medias a fuertes (>25-40%) y fuertes (>40-70%).

Las características morfológicas y físicas de este Subgrupo taxonómico presentan un perfil tipo Ap/Bw1/2Bw2/2Cr, muy superficial (8 cm) a esta profundidad presenta toxicidad alta por aluminio o acidéz libre, bien drenado y de escorrentía rápida. Muestra un epipedón ócrico (Ap) de 8 cm de espesor, color negro (10YR 2/1), textura franco-arenosa y estructura tipo granular. Subyace un horizonte cámbico (Bw1) de 12 cm de espesor, color pardo-grisáceo oscuro (10YR 4/2), textura arcillosa y estructura tipo bloques subangulares. Continúa un horizonte cámbico (2Bw2) de 20 cm de espesor, color pardo-amarillento (10YR 5/6), textura arcillosa y estructura tipo bloques subangulares. Finalmente un horizonte (2Cr) de 25 cm de espesor, color amarillo-parduzco (10YR 6/6).

Los resultados de laboratorio indican que son suelos de pH ligeramente ácido; con niveles bajos de materia orgánica. La capacidad de intercambio catiónico es baja y la saturación de bases baja. La principal característica es tener una saturación de bases inferior al 60% en uno o más horizontes comprendidos entre 25 y 75 cm de profundidad, adicional poseen 50% o más del volumen del suelo entre 25 cm y 100 cm una CIC de menos de 24 cmol/kg de arcilla.

Se localizan en régimen de humedad údico. En el momento de la descripción del suelo, el grado de humedad fue húmedo.

Estos suelos ocupan una superficie aproximada de 913 ha que representa el 3,32% del área de estudio total. El perfil modal se identifica con el código CSp-NVI_F1-87-0008.

c) Andic Dystrudepts (62, 63, 64, 65, 68, 69, 70, 72, 73, 93, 94, 95, 99, 100, 101)

Estos suelos están desarrollados sobre la Formación Tarqui (Tobas y aglomerados (dacíticos, riolíticos y andesíticos) caolinizados, con bajo porcentaje de lava), Serie Zamora (Granitoides y rocas metamórficas (filitas, cuarcitas, esquistos y gneises), Rocas metamórficas (Rocas metamórficas indiferenciadas) y a partir de depósitos de ladera

(coluvial) (Mezcla heterogénea de materiales finos y fragmentos angulares rocosos, con ausencia de estratificación y estructuras de ordenamiento interno) dentro de las geoformas denominadas relieve colinado medio, vertiente heterogénea, vertiente heterogénea con fuerte disección, vertiente rectilínea, vertiente rectilínea con abruptos, coluvión antiguo, coluvión reciente, vertiente rectilínea con fuerte disección, en pendientes suaves (>5-12%), medias (>12-25%), medias a fuertes (>25-40%) y fuertes (>40-70%).

Las características morfológicas y físicas de este Subgrupo taxonómico presentan un perfil tipo A1/A2/Bw1/Bw2, poco profundo (23 cm) a esta profundidad presenta toxicidad alta por aluminio o acidéz libre, bien drenado y de escorrentía rápida. Muestra un epipedón úmblico (A1) de 23 cm de espesor, color negro (10YR 2/1), textura franco-arcillo-arenosa y estructura tipo bloques subangulares a granular. Subyace un epipedón úmblico (A2) de 25 cm de espesor, color pardo muy oscuro (10YR 2/2), textura arcillosa y estructura tipo bloques subangulares a granular. Continúa un horizonte cámbico (Bw1) de 42 cm de espesor, color pardo-amarillento (10YR 5/4), textura arcillosa y estructura tipo bloques subangulares, reacción al NaF ligera. Finalmente un horizonte cámbico (Bw2) de 60 cm de espesor, color pardo-amarillento (10YR 5/4), textura franco-arcillo-limosa en campo y estructura tipo bloques subangulares, reacción al NaF ligera.

Los resultados de laboratorio indican que son suelos de pH muy ácido; con niveles altos de materia orgánica. La capacidad de intercambio catiónico es media y la saturación de bases baja. La principal característica es tener una saturación de bases inferior al 60% en uno o más horizontes comprendidos entre 25 y 75 cm de profundidad y muestra una densidad aparente de 1 g/cm³ o menos, dentro de los 75 cm de la superficie del suelo además una reacción al NaF ligera o más alta.

Se localizan en régimen de humedad údico. En el momento de la descripción del suelo, el grado de humedad fue húmedo.

Estos suelos ocupan una superficie aproximada de 1.257 ha que representa el 4,57% del área de estudio total. El perfil modal se identifica con el código CSp-NVI_D4-93-0008.

d) Oxic Dystrudepts (74)

Estos suelos están desarrollados sobre la Formación Saraguro (Piroclastos (tobas y aglomerados gruesos con bloques de lava) y lavas (andesitas porfiríticas) alternantes), dentro de la geoforma denominada vertiente rectilínea con fuerte disección, en pendientes fuertes (>40-70%).

Las características morfológicas y físicas de este Subgrupo taxonómico presentan un perfil tipo A1/A2/2Bw/2C, profundo (140 cm), bien drenado y de escorrentía rápida. Muestra un epipedón mólico (A1) de 30 cm de espesor, color negro (10YR 2/1), textura arcillosa y estructura tipo bloques subangulares con granular. Subyace un epipedón úmblico (A2) de 25 cm de espesor, color negro (10YR 2/1), textura arcilla pesada y estructura tipo bloques subangulares. Continúa un horizonte cámbico (2Bw) de 50 cm de espesor, color pardo oscuro (7.5YR 3/4), textura franco-arcillosa en campo y estructura tipo bloques subangulares. Finalmente un horizonte (2C) de 35 cm de espesor, color rojo (2.5YR 5/6), textura franca en campo y estructura tipo masiva porosa y desmenuzable.

Los resultados de laboratorio indican que son suelos de pH ácido; con niveles altos de materia orgánica. La capacidad de intercambio catiónico es media. La principal característica es tener una saturación de bases inferior al 60% en uno o más horizontes

comprendidos entre 25 y 75 cm de profundidad, adicional poseen 50% o más del volumen del suelo entre 25 cm y 100 cm una CIC de menos de 24 cmol/kg de arcilla.

Se localizan en régimen de humedad údico. En el momento de la descripción del suelo, el grado de humedad fue húmedo.

Estos suelos ocupan una superficie aproximada de 37 ha que representa menos del 1% del área de estudio total. El perfil modal se identifica con el código CSp-NVI_D2-81-0036.

e) Humic Dystrudepts (84)

Estos suelos están desarrollados sobre la Formación Tarqui (Tobas y aglomerados (dacíticos, riolíticos y andesíticos) caolinizados, con bajo porcentaje de lava), dentro de la geoforma denominada vertiente abrupta de derrames volcánicos tabulares, en pendientes fuertes (>40-70%).

Las características morfológicas y físicas de este Subgrupo taxonómico presentan un perfil tipo A1/A2/2Bw1/2Bw2, profundo (150 cm), bien drenado y de escorrentía rápida. Muestra un epipedón úmbrico (A1) de 15 cm de espesor, color pardo-grisáceo muy oscuro (10YR 3/2), textura arcilla pesada y estructura tipo bloques subangulares con granular. Subyace un epipedón úmbrico (A2) de 35 cm de espesor, color pardo muy oscuro (10YR 2/2), textura arcilla pesada y estructura tipo bloques subangulares. Continúa un horizonte cámbico (2Bw1) de 30 cm de espesor, color rojo (2.5YR 4/6), textura arcillo-limosa en campo y estructura tipo prismática. Finalmente un horizonte cámbico (2Bw2) de 70 cm de espesor, color rojo (2.5YR 4/6), textura arcillo-limosa en campo y estructura tipo prismática.

Los resultados de laboratorio indican que son suelos de pH ácido; con niveles medios de materia orgánica. La capacidad de intercambio catiónico es media y la saturación de bases media. La principal característica es tener una saturación de bases inferior al 60% en uno o más horizontes comprendidos entre 25 y 75 cm de profundidad, adicional presentan un epipedón úmbrico o mólico.

Se localizan en régimen de humedad údico. En el momento de la descripción del suelo, el grado de humedad fue húmedo.

Estos suelos ocupan una superficie aproximada de 112 ha que representa menos del 1% del área de estudio total. El perfil modal se identifica con el código CSp-NVI_D2-81-0028.

f) Oxic Dystrudepts (87, 90)

Estos suelos están desarrollados sobre la Formación Tarqui (Tobas y aglomerados (dacíticos, riolíticos y andesíticos) caolinizados, con bajo porcentaje de lava), dentro de las geoformas denominadas vertiente heterogénea y vertiente heterogénea con fuerte disección, en pendientes fuertes (>40-70%).

Las características morfológicas y físicas de este Subgrupo taxonómico presentan un perfil tipo A1/A2/Bw/Ab, profundo (150 cm), bien drenado y de escorrentía rápida. Muestra un epipedón ócrico (A1) de 10 cm de espesor, color pardo muy oscuro (10YR 2/2), textura arcilla pesada y estructura tipo granular y bloques subangulares. Subyace un epipedón ócrico (A2) de 45 cm de espesor, color pardo muy oscuro (10YR 2/2), textura arcilla pesada y estructura tipo bloques subangulares. Continúa un horizonte cámbico (Bw) de 45 cm de espesor, color pardo oscuro (7.5YR 3/4), textura arcillosa en campo y estructura tipo

prismática a bloques. Finalmente un horizonte (Ab) de 50 cm de espesor, color negro (7.5YR 2.5/1), textura arcillo-limosa en campo y estructura tipo bloques subangulares.

Los resultados de laboratorio indican que son suelos de pH ácido; con niveles medios de materia orgánica. La capacidad de intercambio catiónico es baja y la saturación de bases media. La principal característica es tener una saturación de bases inferior al 60% en uno o más horizontes comprendidos entre 25 y 75 cm de profundidad, adicional poseen 50% o más del volumen del suelo entre 25 cm y 100 cm una CIC de menos de 24 cmol/kg de arcilla.

Se localizan en régimen de humedad údico. En el momento de la descripción del suelo, el grado de humedad fue húmedo.

Estos suelos ocupan una superficie aproximada de 558 ha que representa el 2,03% del área de estudio total. El perfil modal se identifica con el código CSp-NVI_D2-81-0039.

g) Humic Dystrudepts (91, 92)

Estos suelos están desarrollados sobre la Formación Tarqui (Tobas y aglomerados (dacíticos, riolíticos y andesíticos) caolinizados, con bajo porcentaje de lava), dentro de la geoforma denominada vertiente rectilínea, en pendientes medias (>12-25%) y medias a fuertes (>25-40%).

Las características morfológicas y físicas de este Subgrupo taxonómico presentan un perfil tipo A1/A2/Bw1/2Bw2/2Bw3, poco profundo (25 cm) a esta profundidad presenta toxicidad alta por aluminio o acidéz libre, bien drenado y de escorrentía normal. Muestra un epipedón mólico (A1) de 25 cm de espesor, color pardo-grisáceo muy oscuro (10YR 3/2), textura arcillosa y estructura tipo granular. Subyace un epipedón ócrico (A2) de 20 cm de espesor, color pardo-grisáceo oscuro (10YR 4/2), textura arcilla pesada y estructura tipo bloques subangulares. Continúa un horizonte cámbico (Bw1) de 45 cm de espesor, color negro (10YR 2/1), textura arcilla pesada y estructura tipo bloques subangulares, presencia de pocos revestimientos de arcilla, localizados en las caras del agregado. Continúa un horizonte cámbico (2Bw2) de 40 cm de espesor, color pardo-amarillento (10YR 5/4), textura franco-arcillosa en campo y estructura tipo bloques subangulares. Finalmente un horizonte cámbico (2Bw3) de 20 cm de espesor, color pardo-amarillento claro (10YR 6/4), textura franca en campo y estructura tipo bloques subangulares.

Los resultados de laboratorio indican que son suelos de pH ácido; con niveles altos de materia orgánica. La capacidad de intercambio catiónico es media. La principal característica es tener una saturación de bases inferior al 60% en uno o más horizontes comprendidos entre 25 y 75 cm de profundidad, adicional presentan un epipedón úmbrico o mólico.

Aunque se describen revestimientos de arcilla, los horizontes no constituyen un horizonte argílico porque no se produce el incremento de arcilla necesario definido en la *Soil Taxonomy*.

Se localizan en régimen de humedad údico y la velocidad de infiltración de esta unidad de suelos es muy lenta (< 1,5 mm/h). En el momento de la descripción del suelo, el grado de humedad fue húmedo.

Estos suelos ocupan una superficie aproximada de 109 ha que representa menos del 1% del área de estudio total. El perfil modal se identifica con el código CSp-NVI_D2-87-0046.

h) Humic Dystrudepts (96)

Estos suelos están desarrollados a partir de una Mezcla heterogénea de materiales finos y fragmentos angulares rocosos de muy diverso tamaño (Depósitos de ladera, coluvial), dentro de la geoforma denominada depósitos de deslizamiento, masa deslizada, en pendientes medias (>12-25%).

Las características morfológicas y físicas de este Subgrupo taxonómico presentan un perfil tipo A/Bw1/Bw2/Cg1/Cg2, poco profundo (25 cm) a esta profundidad presenta toxicidad alta por aluminio o acidéz libre, moderadamente drenado y de escorrentía normal. Muestra un epipedón mólico (A) de 25 cm de espesor, color gris muy oscuro (10YR 3/1), textura arcillosa y estructura tipo granular y bloques subangulares. Subyace un horizonte cámbico (Bw1) de 45 cm de espesor, color negro (10YR 2/1), textura arcilla pesada y estructura tipo bloques subangulares a granular. Continúa un horizonte cámbico (Bw2) de 30 cm de espesor, color pardo-grisáceo muy oscuro (10YR 3/2), textura arcilla pesada y estructura tipo bloques angulares. Continúa un horizonte (Cg1) de 25 cm de espesor, color pardo (10YR 5/3), textura arcillosa en campo y estructura tipo masiva. Finalmente un horizonte (Cg2) de 25 cm de espesor, color gris claro (5Y 7/1), textura arcillosa en campo y estructura tipo masiva.

Los resultados de laboratorio indican que son suelos de pH ácido; con niveles altos de materia orgánica. La capacidad de intercambio catiónico es baja. La principal característica es tener una saturación de bases inferior al 60% en uno o más horizontes comprendidos entre 25 y 75 cm de profundidad, adicional presentan un epipedón úmbrico o mólico.

Se localizan en régimen de humedad údico y la velocidad de infiltración de esta unidad de suelos es muy lenta (< 1,5 mm/h). En el momento de la descripción del suelo, el grado de humedad fue húmedo.

Estos suelos ocupan una superficie aproximada de 52 ha que representa menos del 1% del área de estudio total. El perfil modal se identifica con el código CSp-NVI_D2-87-0048.

i) Typic Haplustepts (98)

Estos suelos están desarrollados a partir de depósitos de ladera (coluvial) (Mezcla heterogénea de materiales finos y fragmentos angulares rocosos, con ausencia de estratificación y estructuras de ordenamiento interno), dentro de la geoforma denominada coluvión antiguo, en pendientes fuertes (>40-70%).

Las características morfológicas y físicas de este Subgrupo taxonómico presentan un perfil tipo A/Bw/C, poco profundo (45 cm) a esta profundidad presenta muy pocas gravas finas, bien drenado y de escorrentía rápida. Muestra un epipedón ócrico (A) de 14 cm de espesor, color pardo-grisáceo muy oscuro (10YR 3/2), textura arcillosa y estructura tipo bloques subangulares a granular. Subyace un horizonte cámbico (Bw) de 31 cm de espesor, color pardo-grisáceo oscuro (10YR 4/2), textura arcillosa y estructura tipo bloques subangulares. Finalmente un horizonte (Cr) de 35 cm de espesor, color pardo-grisáceo (10YR 5/2), textura franco-arcillo-limosa en campo.

Los resultados de laboratorio indican que son suelos de pH medianamente ácido; con niveles bajos de materia orgánica. La capacidad de intercambio catiónico es media y la saturación de bases alta. La principal característica es tener una saturación de bases superior al 60% en todos los horizontes comprendidos entre 25 y 75 cm de profundidad.

Se localizan en régimen de humedad ústico. En el momento de la descripción del suelo, el grado de humedad fue húmedo.

Estos suelos ocupan una superficie aproximada de 13 ha que representa menos del 1% del área de estudio total. El perfil modal se identifica con el código CSp-NVI_D4-93-0020.

j) Andic Dystrudepts (102, 103)

Estos suelos están desarrollados a partir de la depósitos coluvio aluviales (Limos, arcillas, arenas, gravas y bloques), dentro de la geoforma denominada coluvio-aluvial antiguo, en pendientes medias (>12-25%) y medias a fuertes (>25-40%).

Las características morfológicas y físicas de este Subgrupo taxonómico presentan un perfil tipo A/2Bw/2C, moderadamente profundo (80 cm), bien drenado y de escorrentía normal. Muestra un epipedón úmbrico (A) de 60 cm de espesor, color negro (10YR 2/1), textura franco-arenosa y estructura tipo bloques subangulares. Subyace un horizonte cámbico (2Bw) de 20 cm de espesor, color pardo muy oscuro (10YR 2/2), textura arcillosa y estructura tipo bloques angulares, reacción al NaF ligera. Finalmente un horizonte (2C) de 50 cm de espesor, color pardo (10YR 4/3), textura franco-arcillosa en campo y estructura tipo masiva.

Los resultados de laboratorio indican que son suelos de pH ligeramente ácido; con niveles altos de materia orgánica. La capacidad de intercambio catiónico es media y la saturación de bases baja. La principal característica es tener una saturación de bases inferior al 60% en uno o más horizontes comprendidos entre 25 y 75 cm de profundidad y muestra una densidad aparente de 1 g/cm³ o menos, dentro de los 75 cm de la superficie del suelo además una reacción al NaF ligera o más alta.

Se localizan en régimen de humedad údico y la velocidad de infiltración de esta unidad de suelos es moderadamente lenta (5 a 20 mm/h). En el momento de la descripción del suelo, el grado de humedad fue húmedo.

Estos suelos ocupan una superficie aproximada de 38 ha que representa menos del 1% del área de estudio total. El perfil modal se identifica con el código CSp-ÑVI_C1-97-0002.

ii. Andisols

a) Alic Hapludands (61, 66, 67, 71)

Estos suelos están desarrollados a partir de material volcánico que recubre a la Serie Zamora (Granitoides y rocas metamórficas (filitas, cuarcitas, esquistos y gneises) y Rocas metamórficas (Rocas metamórficas indiferenciadas), dentro de las geoformas denominadas superficie inclinada, vertiente abrupta, vertiente rectilínea y vertiente heterogénea, en pendientes medias a fuertes (>25-40%).

Las características morfológicas y físicas de este Subgrupo taxonómico presentan un perfil tipo Ap/Bw1/2Bw2/2Bw3, superficial (15 cm) a esta profundidad presenta toxicidad alta por aluminio o acidéz libre, bien drenado y de escorrentía normal. Muestra un epipedón ócrico

(Ap) de 15 cm de espesor, color negro (10YR 2/1), textura franco-arcillo-arenosa y estructura tipo bloques subangulares. Subyace un horizonte cámbico (Bw1) de 15 cm de espesor, color pardo-grisáceo oscuro (10YR 4/2), textura franco-arcillo-arenosa y estructura tipo bloques subangulares, reacción al NaF fuerte. Continúa un horizonte cámbico (2Bw2) de 45 cm de espesor, color pardo-amarillento (10YR 5/4), textura franco-arcillosa y estructura tipo bloques subangulares, reacción al NaF fuerte. Finalmente un horizonte cámbico (2Bw3) de 75 cm de espesor, color amarillo-parduzco (10YR 6/6), textura areno-francosa en campo y estructura tipo bloques subangulares, reacción al NaF ligera.

Los resultados de laboratorio indican que son suelos de pH muy ácido; con niveles altos de materia orgánica. La capacidad de intercambio catiónico es media y la saturación de bases baja. Tienen una densidad aparente menor a 0,9 g/cm³ y alta fijación de fosfato. La principal característica es contener más de 2 cmol(+)/kg de Aluminio en uno o más horizontes con más de 10 cm de espesor entre los 25 y 50 cm de profundidad.

Se localizan en régimen de humedad údico y la velocidad de infiltración de esta unidad de suelos es moderadamente lenta (5 a 20 mm/h). En el momento de la descripción del suelo, el grado de humedad fue húmedo.

Estos suelos ocupan una superficie aproximada de 120 ha que representa menos del 1% del área de estudio total. El perfil modal se identifica con el código CSp-NVI_F1-87-0006.

b) Acrudoxic Melanudands (75)

Estos suelos están desarrollados a partir de materiales volcánicos que recubren a la Formación Tarquí (Tobas y aglomerados (dacíticos, riolíticos y andesíticos) caolinizados, con bajo porcentaje de lava), dentro de la geoforma denominada relieve volcánico colinado muy alto, en pendientes fuertes (>40-70%).

Las características morfológicas y físicas de este Subgrupo taxonómico presentan un perfil tipo Oi/A/Bw/BC/Cr, profundo (105 cm), bien drenado y de escorrentía rápida. Muestra un horizonte de materiales fíbricos (Oi) de 5 cm de espesor,. Subyace un epipedón melánico (A) de 50 cm de espesor, color negro (10YR 2/1), textura franco-arcillo-arenosa y estructura tipo bloques subangulares, reacción al NaF fuerte. Continúa un horizonte cámbico (Bw) de 35 cm de espesor, color pardo-grisáceo oscuro (10YR 4/2), textura franco-arcillosa y estructura tipo bloques subangulares, reacción al NaF ligera. Continúa un horizonte (BC) de 15 cm de espesor, color pardo-oliva claro (2.5Y 5/4), textura franca en campo y estructura tipo masiva con bloques subangulares, reacción al NaF ligera. Finalmente un horizonte (Cr) de 25 cm de espesor, color amarillo-parduzco (10YR 6/8).

Los resultados de laboratorio indican que son suelos de pH medianamente ácido; con niveles altos de materia orgánica. La capacidad de intercambio catiónico es baja y la saturación de bases baja. Tienen una densidad aparente menor a 0,9 g/cm³ y alta fijación de fosfato. La principal característica es contener dentro de los 30 cm una capa con el color, espesor, profundidad y contenido de carbono orgánico que caracteriza al epipedón melánico, adicional contienen menos de 2 cmol(+)/kg de bases más aluminio en uno o más horizontes con más de 30 cm de espesor ubicado a una profundidad entre 25 y 100 cm.

Se localizan en régimen de humedad údico. En el momento de la descripción del suelo, el grado de humedad fue húmedo.

Estos suelos ocupan una superficie aproximada de 360 ha que representa el 1,31% del área de estudio total. El perfil modal se identifica con el código CSp-NVI_D2-87-0024.

c) Acrudoxic Melanudands (76)

Estos suelos están desarrollados a partir de material volcánico sobre la Formación Tarqui (Tobas y aglomerados (dacíticos, riolíticos y andesíticos) caolinizados, con bajo porcentaje de lava), dentro de la geoforma denominada relieve volcánico colinado muy alto, en pendientes medias a fuertes (>25-40%).

Las características morfológicas y físicas de este Subgrupo taxonómico presentan un perfil tipo A1/A2/A3/Bw1/Bw2/C, superficial (20 cm) a esta profundidad presenta toxicidad alta por aluminio o acidéz libre, bien drenado y de escorrentía normal. Muestra un epipedón melánico (A1) de 20 cm de espesor, color negro (10YR 2/1), textura arcillosa y estructura tipo bloques subangulares con granular, reacción al NaF ligera. Subyace un epipedón melánico (A2) de 20 cm de espesor, color negro (10YR 2/1), textura arcillosa y estructura tipo bloques subangulares con granular, reacción al NaF media. Continúa un epipedón melánico (A3) de 25 cm de espesor, color negro (10YR 2/1), textura arcillosa y estructura tipo bloques subangulares, reacción al NaF media. Continúa un horizonte cámbico (Bw1) de 30 cm de espesor, color pardo oscuro (7.5YR 3/4), textura arcilla pesada y estructura tipo prismática a bloques, reacción al NaF media. Continúa un horizonte cámbico (Bw2) de 45 cm de espesor, color rojo-amarillento (5YR 4/6), textura arcillosa en campo y estructura tipo prismática, reacción al NaF ligera. Finalmente un horizonte (C) de 10 cm de espesor, color rojo-amarillento (5YR 5/6), textura arcillosa en campo y estructura tipo masiva, reacción al NaF ligera.

Los resultados de laboratorio indican que son suelos de pH ácido; con niveles altos de materia orgánica. La capacidad de intercambio catiónico es baja y la saturación de bases baja. Tienen una densidad aparente menor a 0,9 g/cm³ y alta fijación de fosfato. La principal característica es contener dentro de los 30 cm una capa con el color, espesor, profundidad y contenido de carbono orgánico que caracteriza al epipedón melánico, adicional contienen menos de 2 cmol(+)/kg de bases más aluminio en uno o más horizontes con más de 30 cm de espesor ubicado a una profundidad entre 25 y 100 cm.

Se localizan en régimen de humedad údico y la velocidad de infiltración de esta unidad de suelos es muy lenta (< 1,5 mm/h). En el momento de la descripción del suelo, el grado de humedad fue húmedo.

Estos suelos ocupan una superficie menor de 1 ha que representa menos del 1% del área de estudio total. El perfil modal se identifica con el código CSp-NVI_D2-81-0022.

d) Acrudoxic Hapludands (77, 88, 89)

Estos suelos están desarrollados a partir de material volcánico sobre la Formación Tarqui (Tobas y aglomerados (dacíticos, riolíticos y andesíticos) caolinizados, con bajo porcentaje de lava), dentro de las geoformas denominadas vertiente heterogénea y relieve volcánico colinado muy alto, en pendientes medias a fuertes (>25-40%) y fuertes (>40-70%).

Las características morfológicas y físicas de este Subgrupo taxonómico presentan un perfil tipo Ap/Bw1/Bw2/Bw3, profundo (115 cm), bien drenado y de escorrentía rápida. Muestra un epipedón úmbrico (Ap) de 25 cm de espesor, color negro (10YR 2/1), textura franca y estructura tipo granular, reacción al NaF fuerte. Subyace un horizonte cámbico (Bw1) de

40 cm de espesor, color pardo oscuro (7.5YR 3/4), textura arcillo-arenosa y estructura tipo bloques subangulares, reacción al NaF media. Continúa un horizonte cámbico (Bw2) de 50 cm de espesor, color rojo (2.5YR 4/6), textura arcillosa en campo y estructura tipo bloques subangulares, reacción al NaF media. Finalmente un horizonte cámbico (Bw3) de 40 cm de espesor, color rojo oscuro (2.5YR 3/6), textura arcillo-arenosa en campo y estructura tipo bloques subangulares, reacción al NaF media.

Los resultados de laboratorio indican que son suelos de pH ligeramente ácido; con niveles altos de materia orgánica. La capacidad de intercambio catiónico es baja y la saturación de bases baja. Tienen una densidad aparente menor a 0,9 g/cm³ y alta fijación de fosfato. La principal característica es contener menos de 2,0 cmol(+)/kg de bases más aluminio en uno o más horizontes de 30 cm o más de espesor.

Se localizan en régimen de humedad údico y la velocidad de infiltración de esta unidad de suelos es muy lenta (< 1,5 mm/h). En el momento de la descripción del suelo, el grado de humedad fue húmedo.

Estos suelos ocupan una superficie aproximada de 1.087 ha que representa el 3,95% del área de estudio total. El perfil modal se identifica con el código CSp-NVI_D2-98-0023.

e) Typic Hapludands (78, 79, 80)

Estos suelos están desarrollados a partir de la meteorización de materiales volcánicos sobre la Formación Tarqui (Tobas y aglomerados (dacíticos, riolíticos y andesíticos) caolinizados, con bajo porcentaje de lava), dentro de las geoformas denominadas relieve volcánico colinado alto y relieve volcánico colinado medio, en pendientes medias (>12-25%), medias a fuertes (>25-40%) y fuertes (>40-70%).

Las características morfológicas y físicas de este Subgrupo taxonómico presentan un perfil tipo A/Bw/Cr1/Cr2, poco profundo (40 cm) a esta profundidad presenta pocas gravas medias, bien drenado y de escorrentía normal. Muestra un epipedón úmbrico (A) de 24 cm de espesor, color negro (10YR 2/1), textura franco-arcillo-arenosa y estructura tipo bloques subangulares a granular, reacción al NaF ligera. Subyace un horizonte cámbico (Bw) de 16 cm de espesor, color pardo-amarillento (10YR 5/4), textura franco-arcillo-arenosa y estructura tipo bloques subangulares, reacción al NaF media. Continúa un horizonte (Cr1) de 60 cm de espesor, color pardo muy pálido (10YR 7/3), textura franco-arenosa y estructura tipo masiva, reacción al NaF fuerte. Finalmente un horizonte (Cr2) de 50 cm de espesor, color pardo muy pálido (10YR 8/2), textura franca en campo y estructura tipo masiva, reacción al NaF fuerte.

Los resultados de laboratorio indican que son suelos de pH medianamente ácido; con niveles altos de materia orgánica. La capacidad de intercambio catiónico es media y la saturación de bases baja. Tienen una densidad aparente menor a 0,9 g/cm³ y alta fijación de fosfato. La principal característica es presentar propiedades ándicas en 60% o más del espesor ya sea dentro de los primeros 60 cm de suelo o entre la superficie del suelo mineral. Se localizan en régimen de humedad údico y las velocidades de infiltración de estas unidades de suelos son muy lenta (< 1,5 mm/h) y lenta (1,5 a 5 mm/h). En el momento de la descripción del suelo, el grado de humedad fue húmedo.

Estos suelos ocupan una superficie aproximada de 197 ha que representa menos del 1% del área de estudio total. El perfil modal se identifica con el código CSp-NVI_D4-93-0007.

f) *Alfic Hapludands* (81, 82, 83)

Estos suelos están desarrollados a partir de materiales volcánicos sobre la Formación Tarqui (Tobas y aglomerados (dacíticos, riolíticos y andesíticos) caolinizados, con bajo porcentaje de lava), dentro de la geoforma denominada relieves escalonados sobre capas de lava endurecida y otros materiales volcánicos, en pendientes medias (>12-25%), medias a fuertes (>25-40%) y fuertes (>40-70%).

Las características morfológicas y físicas de este Subgrupo taxonómico presentan un perfil tipo A1/A2/Bt/C, profundo (125 cm), bien drenado y de escorrentía normal. Muestra un epipedón mólico (A1) de 45 cm de espesor, color pardo muy oscuro (10YR 2/2), textura arcillosa y estructura tipo bloques subangulares, reacción al NaF media. Subyace un epipedón úmbrico (A2) de 25 cm de espesor, color negro (10YR 2/1), textura franco-arcillosa y estructura tipo bloques subangulares, reacción al NaF fuerte. Continúa un horizonte argílico (Bt) de 55 cm de espesor, color pardo-amarillento oscuro (10YR 3/4), textura arcillo-limosa en campo y estructura tipo bloques subangulares, reacción al NaF media, presencia comunes de revestimientos de arcilla, localizados en las caras del agregado. Finalmente un horizonte (C) de 25 cm de espesor, color rojo-amarillento (5YR 5/8), textura arcillosa en campo y estructura tipo masiva.

Los resultados de laboratorio indican que son suelos de pH ligeramente ácido; con niveles altos de materia orgánica. La capacidad de intercambio catiónico es media y la saturación de bases alta. Tienen una densidad aparente menor a 0,9 g/cm³ y alta fijación de fosfato. La principal característica es presentar un horizonte argílico o kándico cuyo límite superior se ubica por encima de los 125 cm y la saturación de bases en los primeros 50 cm es mayor a 35%.

Se localizan en régimen de humedad údico y la velocidad de infiltración de esta unidad de suelos es muy lenta (< 1,5 mm/h). En el momento de la descripción del suelo, el grado de humedad fue húmedo.

Estos suelos ocupan una superficie aproximada de 1.698 ha que representa el 6,17% del área de estudio total. El perfil modal se identifica con el código CSp-NVI_D4-85-0016.

g) *Pachic Melanudands* (85, 86)

Estos suelos están desarrollados a partir de materiales volcánicos sobre la Formación Tarqui (Tobas y aglomerados (dacíticos, riolíticos y andesíticos) caolinizados, con bajo porcentaje de lava), dentro de la geoforma denominada vertiente abrupta de derrames volcánicos tabulares, en pendientes medias a fuertes (>25-40%) y fuertes (>40-70%).

Las características morfológicas y físicas de este Subgrupo taxonómico presentan un perfil tipo A/Bw1/Bw2, profundo (150 cm), bien drenado y de escorrentía rápida. Muestra un epipedón melánico (A) de 65 cm de espesor, color negro (10YR 2/1), textura franco-arcillo-arenosa y estructura tipo bloques subangulares, reacción al NaF fuerte. Subyace un horizonte cámbico (Bw1) de 35 cm de espesor, color pardo-amarillento oscuro (10YR 3/4), textura arcillosa y estructura tipo bloques subangulares, reacción al NaF media. Finalmente un horizonte cámbico (Bw2) de 50 cm de espesor, color amarillo-parduzco (10YR 6/6), textura arcillo-limosa en campo y estructura tipo bloques subangulares, reacción al NaF ligera.

Los resultados de laboratorio indican que son suelos de pH medianamente ácido; con niveles altos de materia orgánica. La capacidad de intercambio catiónico es baja y la

saturación de bases baja. Tienen una densidad aparente menor a $0,9 \text{ g/cm}^3$ y alta fijación de fosfato. La principal característica es presentar un contenido de 6% o más de carbono orgánico, colores con value y chroma de 3 ó menos en una capa de 50 cm o más de espesor dentro de los 60 cm de profundidad.

Se localizan en régimen de humedad údico. En el momento de la descripción del suelo, el grado de humedad fue húmedo.

Estos suelos ocupan una superficie aproximada de 176 ha que representa menos del 1% del área de estudio total. El perfil modal se identifica con el código CSp-NVI_D4-85-0015.

iii. Entisols

a) *Oxyaquic Ustorthents* (97)

Estos suelos están desarrollados a partir de depósitos de ladera (derrumbe) (Mezcla heterogénea de materiales finos y fragmentos angulares rocosos de muy diverso tamaño), dentro de la geoforma denominada depósitos de deslizamiento-masa deslizada, en pendientes medias (>12-25%).

Las características morfológicas y físicas de este Subgrupo taxonómico presentan un perfil tipo Ap/C1/C2/C3, superficial (18 cm) a esta profundidad presenta comunes gravas medias, moderadamente drenado y de escorrentía normal. Muestra un epipedón ócrico (Ap) de 18 cm de espesor, color pardo muy oscuro (10YR 2/2), presencia de moteados de abundancia pocos y color pardo fuerte (7.5YR 5/6), textura arcillosa y estructura tipo bloques subangulares. Subyace un horizonte (C1) de 57 cm de espesor, color amarillo pálido (WhiteP. 2.5Y_2 8/), textura arcillosa y estructura tipo masiva, presencia comunes de revestimientos de arcilla y humus (materia orgánica), localizados en las caras del agregado verticales y abundancia común. Continúa un horizonte (C2) de 40 cm de espesor, color rojo (2.5YR 5/6), textura arcillo-limosa en campo y estructura tipo masiva. Finalmente un horizonte (C3) de 35 cm de espesor, color pardo-amarillento (10YR 5/6), textura arcillosa en campo y estructura tipo masiva.

Los resultados de laboratorio indican que son suelos de pH medianamente ácido; con niveles medios de materia orgánica. La capacidad de intercambio catiónico es media y la saturación de bases media. La principal característica es no mostrar ningún desarrollo definido y están saturados con agua por más de 20 días consecutivos o 30 acumulativos (muestra moteados rojizos).

Se localizan en régimen de humedad ústico y la velocidad de infiltración de esta unidad de suelos es lenta (1,5 a 5 mm/h). En el momento de la descripción del suelo, el grado de humedad fue húmedo.

Estos suelos ocupan una superficie aproximada de 19 ha que representa menos del 1% del área de estudio total. El perfil modal se identifica con el código CSp-NVI_D4-85-0012.

3.2.1.3.2. Suelos desarrollados sobre régimen de temperatura isotérmico

El régimen de temperatura isotérmico indica temperaturas de 13 a 21°C, entre los 50 y 100 cm de profundidad, durante todo el año (adaptado FAO, 2009).

i. Inceptisols

a) *Typic Haplustepts (104)*

Estos suelos están desarrollados sobre la Formación Saraguro (Piroclastos (tobas y aglomerados gruesos con bloques de lava) y lavas (andesitas porfíricas) alternantes), dentro de la geoforma denominada niveles estructurales sobre lavas endurecidas, en pendientes medias (>12-25%).

Las características morfológicas y físicas de este Subgrupo taxonómico presentan un perfil tipo Ap/A1/A2, poco profundo (45 cm), moderadamente drenado y de escorrentía normal. Muestra un epipedón ócrico (Ap) de 25 cm de espesor, color pardo oscuro (10YR 3/3), presencia de abundantes moteados de color rojo-amarillento (5YR 5/6), textura arcillosa y estructura tipo bloques subangulares. Subyace un epipedón mólico (A1) de 10 cm de espesor, color gris muy oscuro (10YR 3/1), textura arcilla pesada y estructura tipo bloques subangulares. Finalmente un epipedón mólico (A2) de 10 cm de espesor, color gris muy oscuro (10YR 3/1), textura arcilla pesada y estructura tipo bloques subangulares.

Los resultados de laboratorio indican que son suelos de pH ligeramente ácido; con niveles medios de materia orgánica. La capacidad de intercambio catiónico es baja y la saturación de bases alta. La principal característica es tener una saturación de bases superior al 60% en todos los horizontes comprendidos entre 25 y 75 cm de profundidad.

Se localizan en régimen de humedad ústico y la velocidad de infiltración de esta unidad de suelos es lenta (1,5 a 5 mm/h). En el momento de la descripción del suelo, el grado de humedad fue húmedo.

Estos suelos ocupan una superficie aproximada de 714 ha que representa el 2,60% del área de estudio total. El perfil modal se identifica con el código CSp-NVI_D2-81-0034.

b) *Typic Dystrustepts (105)*

Estos suelos están desarrollados sobre la Formación Saraguro (Piroclastos (tobas y aglomerados gruesos con bloques de lava) y lavas (andesitas porfíricas) alternantes), dentro de la geoforma denominada relieve volcánico colinado medio, en pendientes fuertes (>40-70%).

Las características morfológicas y físicas de este Subgrupo taxonómico presentan un perfil tipo A/Bw1/Bw2/Bw3/Cr, poco profundo (35 cm) a esta profundidad presenta toxicidad alta por aluminio o acidéz libre, bien drenado y de escorrentía rápida. Muestra un epipedón ócrico (A) de 35 cm de espesor, color pardo-grisáceo muy oscuro (10YR 3/2), textura arcillosa y estructura tipo bloques subangulares. Subyace un horizonte cámbico (Bw1) de 45 cm de espesor, color pardo oscuro (10YR 3/3), textura arcilla pesada y estructura tipo bloques subangulares. Continúa un horizonte cámbico (Bw2) de 35 cm de espesor, color pardo oscuro (7.5YR 3/4), textura arcillosa en campo y estructura tipo bloques subangulares. Continúa un horizonte cámbico (Bw3) de 30 cm de espesor, color pardo fuerte (7.5YR 5/8), textura arcillosa en campo y estructura tipo bloques subangulares. Finalmente un horizonte (Cr) de 5 cm de espesor, color pardo muy pálido (10YR 7/3).

Los resultados de laboratorio indican que son suelos de pH ácido; con niveles altos de materia orgánica. La capacidad de intercambio catiónico es media. La principal característica es tener una saturación de bases inferior al 60% en todos los horizontes comprendidos entre 25 y 75 cm de profundidad.

Se localizan en régimen de humedad ústico. En el momento de la descripción del suelo, el grado de humedad fue húmedo.

Estos suelos ocupan una superficie aproximada de 93 ha que representa menos del 1% del área de estudio total. El perfil modal se identifica con el código CSp-NVI_D2-98-0034.

c) Typic Eutrudepts (107)

Estos suelos están desarrollados sobre la Formación Saraguro (Piroclastos (tobas y aglomerados gruesos con bloques de lava) y lavas (andesitas porfiríticas) alternantes), dentro de la geoforma denominada vertiente abrupta de derrames volcánicos tabulares, en pendientes muy fuertes (>70-100%).

Las características morfológicas y físicas de este Subgrupo taxonómico presentan un perfil tipo A1/A2/Bw, moderadamente profundo (85 cm), bien drenado y de escorrentía rápida. Muestra un epipedón ócrico (A1) de 15 cm de espesor, color pardo muy oscuro (10YR 2/2), textura franco-arcillo-arenosa y estructura tipo bloques subangulares con granular. Subyace un epipedón mólico (A2) de 20 cm de espesor, color pardo muy oscuro (10YR 2/2), textura franco-arcillo-arenosa y estructura tipo bloques subangulares con granular. Finalmente un horizonte cámbico (Bw) de 50 cm de espesor, color pardo-amarillento (10YR 5/4), textura franco-arenosa y estructura tipo bloques subangulares con granular.

Los resultados de laboratorio indican que son suelos de pH medianamente ácido; con niveles medios de materia orgánica. La capacidad de intercambio catiónico es baja y la saturación de bases alta. La principal característica es tener una saturación de bases superior al 60% en algún horizonte comprendido entre 25 y 75 cm de profundidad.

Se localizan en régimen de humedad údico. En el momento de la descripción del suelo, el grado de humedad fue muy seco.

Estos suelos ocupan una superficie aproximada de 243 ha que representa menos del 1% del área de estudio total. El perfil modal se identifica con el código CSp-NVI_D2-81-0032.

d) Vertic Haplustepts (108, 109)

Estos suelos están desarrollados sobre la Formación Saraguro (Piroclastos (tobas y aglomerados gruesos con bloques de lava) y lavas (andesitas porfiríticas) alternantes), dentro de la geoforma denominada vertiente abrupta de derrames volcánicos tabulares, en pendientes fuertes (>40-70%) y muy fuerte (>70-100%).

Las características morfológicas y físicas de este Subgrupo taxonómico presentan un perfil tipo A1/A2/Bw/C, poco profundo (30 cm) a esta profundidad presenta toxicidad alta por aluminio o acidéz libre, bien drenado y de escorrentía rápida. Muestra un epipedón ócrico (A1) de 30 cm de espesor, color pardo-grisáceo muy oscuro (10YR 3/2), textura arcillosa y estructura tipo bloques angulares. Subyace un epipedón ócrico (A2) de 30 cm de espesor, color pardo muy oscuro (10YR 2/2), textura arcilla pesada y estructura tipo bloques subangulares. Continúa un horizonte cámbico (Bw) de 40 cm de espesor, color pardo oscuro (7.5YR 3/3), textura arcillosa en campo y estructura tipo bloques subangulares. Finalmente un horizonte (C) de 60 cm de espesor, color pardo muy oscuro (10YR 2/2), textura arcillosa en campo y estructura tipo masiva.

Los resultados de laboratorio indican que son suelos de pH ácido; con niveles altos de materia orgánica. La capacidad de intercambio catiónico es media y la saturación de bases alta. La principal característica es tener una saturación de bases superior al 60% en todos los horizontes comprendidos entre 25 y 75 cm de profundidad, presenta grietas con una anchura de 5 mm o más y caras de fricción o agregados en forma de cuña en una capa de 15 cm o más dentro de los 125 cm de profundidad.

Se localizan en régimen de humedad ústico. En el momento de la descripción del suelo, el grado de humedad fue húmedo.

Estos suelos ocupan una superficie aproximada de 156 ha que representa menos del 1% del área de estudio total. El perfil modal se identifica con el código CSp-NVI_D2-98-0031.

e) Humic Dystrustepts (111)

Estos suelos están desarrollados sobre la Formación Tarqui (Tobas y aglomerados (dacíticos, riolíticos y andesíticos) caolinizados, con bajo porcentaje de lava), dentro de la geoforma denominada relieves escalonados sobre capas de lava endurecida y otros materiales volcánicos, en pendientes fuertes (>40-70%).

Las características morfológicas y físicas de este Subgrupo taxonómico presentan un perfil tipo Ap/A1/A2/Cr, moderadamente profundo (75 cm), bien drenado y de escorrentía rápida. Muestra un epipedón ócrico (Ap) de 15 cm de espesor, color pardo oscuro (10YR 3/3), textura franco-arcillosa y estructura tipo bloques subangulares. Subyace un epipedón úmbrico (A1) de 30 cm de espesor, color pardo-grisáceo muy oscuro (10YR 3/2), textura arcillosa y estructura tipo bloques subangulares. Continúa un epipedón úmbrico (A2) de 30 cm de espesor, color pardo muy oscuro (10YR 2/2), textura arcillosa y estructura tipo bloques subangulares. Finalmente un horizonte (Cr) de 25 cm de espesor, color pardo-amarillento oscuro (10YR 4/6), y estructura tipo masiva.

Los resultados de laboratorio indican que son suelos de pH medianamente ácido; con niveles bajos de materia orgánica. La capacidad de intercambio catiónico es baja. La principal característica es tener una saturación de bases inferior al 60% en uno o más horizontes comprendidos entre 25 y 75 cm de profundidad, adicional presentan un epipedón úmbrico o mólico.

Se localizan en régimen de humedad ústico. En el momento de la descripción del suelo, el grado de humedad fue húmedo.

Estos suelos ocupan una superficie aproximada de 124 ha que representa menos del 1% del área de estudio total. El perfil modal se identifica con el código CSp-NVI_D4-85-0018.

f) Oxic Dystrudepts (112)

Estos suelos están desarrollados sobre la Formación Tarqui (Tobas y aglomerados (dacíticos, riolíticos y andesíticos) caolinizados, con bajo porcentaje de lava), dentro de la geoforma denominada relieves escalonados sobre capas de lava endurecida y otros materiales volcánicos, en pendientes medias (>12-25%).

Las características morfológicas y físicas de este Subgrupo taxonómico presentan un perfil tipo Ap/Bw/Bg, poco profundo (25 cm) a esta profundidad presenta toxicidad alta por aluminio o acidéz libre, moderadamente drenado y de escorrentía normal. Muestra un

epipedón mólico (Ap) de 25 cm de espesor, color gris muy oscuro (10YR 3/1), textura arcillosa y estructura tipo bloques subangulares con granular. Subyace un horizonte cámbico (Bw) de 65 cm de espesor, color negro (10YR 2/1), presencia de abundantes moteados de color rojo-amarillento (5YR 5/6), textura arcillosa y estructura tipo bloques subangulares. Finalmente un horizonte cámbico (Bg) de 35 cm de espesor, color gris-parduzco claro (10YR 6/2), presencia de abundantes moteados de color gris (10YR 6/1), textura arcillosa en campo y estructura tipo masiva con bloques subangulares.

Los resultados de laboratorio indican que son suelos de pH ácido; con niveles altos de materia orgánica. La capacidad de intercambio catiónico es baja. La principal característica es tener una saturación de bases inferior al 60% en uno o más horizontes comprendidos entre 25 y 75 cm de profundidad, adicional poseen 50% o más del volumen del suelo entre 25 cm y 100 cm una CIC de menos de 24 cmol/kg de arcilla.

Se localizan en régimen de humedad údico y la velocidad de infiltración de esta unidad de suelos es muy lenta (< 1,5 mm/h). En el momento de la descripción del suelo, el grado de humedad fue húmedo.

Estos suelos ocupan una superficie aproximada de 35 ha que representa menos del 1% del área de estudio total. El perfil modal se identifica con el código CSp-NVI_D2-81-0029.

g) Typic Haplustepts (115)

Estos suelos están desarrollados a partir de depósitos de ladera (derrumbe) (Mezcla heterogénea de materiales finos y fragmentos angulares rocosos de muy diverso tamaño), dentro de la geoforma denominada depósitos de deslizamiento, masa deslizada, en pendientes fuertes (>40-70%).

Las características morfológicas y físicas de este Subgrupo taxonómico presentan un perfil tipo A1/A2/Bw/2C1/2C2, moderadamente profundo (90 cm), bien drenado y de escorrentía rápida. Muestra un epipedón ócrico (A1) de 30 cm de espesor, color pardo muy oscuro (10YR 2/2), textura franco-arcillosa y estructura tipo bloques subangulares. Subyace un epipedón ócrico (A2) de 30 cm de espesor, color negro (10YR 2/1), textura franco-arcillosa y estructura tipo bloques subangulares. Continúa un horizonte cámbico (Bw) de 30 cm de espesor, color pardo oscuro (7.5YR 3/3), textura arcillo-arenosa en campo y estructura tipo bloques subangulares y angulares. Continúa un horizonte (2C1) de 30 cm de espesor, color pardo-oliva (2.5Y 4/4), textura arena media en campo y estructura tipo masiva porosa. Finalmente un horizonte (2C2) de 30 cm de espesor, color pardo oscuro (7.5YR 3/3).

Los resultados de laboratorio indican que son suelos de pH ligeramente ácido; con niveles bajos de materia orgánica. La capacidad de intercambio catiónico es baja y la saturación de bases alta. La principal característica es tener una saturación de bases superior al 60% en todos los horizontes comprendidos entre 25 y 75 cm de profundidad.

Se localizan en régimen de humedad ústico. En el momento de la descripción del suelo, el grado de humedad fue levemente húmedo.

Estos suelos ocupan una superficie aproximada de 43 ha que representa menos del 1% del área de estudio total. El perfil modal se identifica con el código CSp-NVI_D2-98-0033.

h) Oxyaquic Dystrustepts (116)

Estos suelos están desarrollados a partir de depósitos de ladera (derrumbe) (Mezcla heterogénea de materiales finos y fragmentos angulares rocosos de muy diverso tamaño), dentro de la geoforma denominada depósitos de deslizamiento, masa deslizada, en pendientes medias (>12-25%).

Las características morfológicas y físicas de este Subgrupo taxonómico presentan un perfil tipo Ap/Bw1/Bw2/2Bg/2C, poco profundo (50 cm) a esta profundidad presenta abundantes gravas finas, moderadamente drenado y de escorrentía normal. Muestra un epipedón ócrico (Ap) de 12 cm de espesor, color pardo-grisáceo (10YR 5/2), presencia de moteados de abundancia común y color rojo-amarillento (5YR 5/6), textura franco-arcillo-arenosa y estructura tipo granular y bloques subangulares. Subyace un horizonte cámbico (Bw1) de 23 cm de espesor, color gris (10YR 5/1), presencia de abundantes moteados de color pardo-rojizo oscuro (5YR 3/4), textura arcillo-arenosa y estructura tipo bloques subangulares. Continúa un horizonte cámbico (Bw2) de 15 cm de espesor, color gris (5YR 5/1), presencia de abundantes moteados de color rojo-amarillento (5YR 4/6), textura franco-arcillo-arenosa y estructura tipo bloques subangulares. Continúa un horizonte cámbico (2Bg) de 45 cm de espesor, color gris oscuro (10YR 4/1), presencia de abundantes moteados de color rojo-amarillento (5YR 4/6), textura franco-arcillo-limosa en campo y estructura tipo bloques subangulares. Finalmente un horizonte (2C) de 35 cm de espesor, color gris (10YR 6/1), presencia de abundantes moteados de color pardo-rojizo oscuro (5YR 3/4), textura areno-francosa en campo y estructura tipo masiva.

Los resultados de laboratorio indican que son suelos de pH ligeramente ácido; con niveles bajos de materia orgánica. La capacidad de intercambio catiónico es baja y la saturación de bases alta en el epipedón. La principal característica es tener una saturación de bases inferior al 60% en uno o más horizontes entre 25 y 75 cm de profundidad, adicional dentro de los 60 cm de profundidad presenta empobrecimientos redox con un chroma menor o igual 2.

Estos suelos se clasifican como Dystrustepts, aunque no correspondería por su saturación de bases, pero debido a su CIC baja (<10 cmol/kg), la saturación de bases es poco confiable y encajan mejor en este entorno edáfico de lavado permanente de bases.

Se localizan en régimen de humedad ústico y la velocidad de infiltración de esta unidad de suelos es muy lenta (< 1,5 mm/h). En el momento de la descripción del suelo, el grado de humedad fue húmedo.

Estos suelos ocupan una superficie aproximada de 149 ha que representa menos del 1% del área de estudio total. El perfil modal se identifica con el código CSp-NVI_D2-81-0031.

i) Oxic Haplustepts (117)

Estos suelos están desarrollados a partir de depósitos fluvio glaciares (Bloques y gravas en matriz de grano fino, con ocasionales niveles de arenas), dentro de la geoforma denominada depósito glaciar modelado por acción fluvial, en pendientes medias (>12-25%).

Las características morfológicas y físicas de este Subgrupo taxonómico presentan un perfil tipo Ap/A/Bw/C1/C2, moderadamente profundo (88 cm), moderadamente drenado y de escorrentía normal. Muestra un epipedón ócrico (Ap) de 30 cm de espesor, color pardo oscuro (10YR 3/3), textura arcillosa y estructura tipo bloques subangulares con granular. Subyace un epipedón ócrico (A) de 30 cm de espesor, color pardo-amarillento oscuro

(10YR 3/4), textura arcillosa y estructura tipo bloques subangulares. Continúa un horizonte cámbico (Bw) de 28 cm de espesor, color pardo oscuro (10YR 3/3), presencia de abundantes moteados de color rojo-amarillento (5YR 4/6), textura arcillosa en campo y estructura tipo bloques subangulares. Continúa un horizonte (C1) de 22 cm de espesor, color pardo-grisáceo muy oscuro (10YR 3/2), presencia de muchos moteados de color rojo-amarillento (5YR 4/6), textura arcillosa en campo y estructura tipo masiva. Finalmente un horizonte (C2) de 5 cm de espesor, color pardo muy oscuro (10YR 2/2), presencia de moteados de abundancia pocos y color rojo-amarillento (5YR 4/6), textura arcillosa en campo y estructura tipo masiva.

Los resultados de laboratorio indican que son suelos de pH prácticamente neutro; con niveles medios de materia orgánica. La capacidad de intercambio catiónico es baja y la saturación de bases alta. La principal característica es tener una saturación de bases superior al 60% en todos los horizontes comprendidos entre 25 y 75 cm de profundidad, adicional poseen 50% o más del volumen del suelo entre 25 cm y 100 cm una CIC de menos de 24 cmol/kg de arcilla.

Se localizan en régimen de humedad ústico y la velocidad de infiltración de esta unidad de suelos es lenta (1,5 a 5 mm/h). En el momento de la descripción del suelo, el grado de humedad fue levemente húmedo.

Estos suelos ocupan una superficie aproximada de 188 ha que representa menos del 1% del área de estudio total. El perfil modal se identifica con el código CSp-NVI_D2-81-0033.

ii. Entisols

a) *Aridic Ustorthents (110)*

Estos suelos están desarrollados sobre la Formación Saraguro (Piroclastos (tobas y aglomerados gruesos con bloques de lava) y lavas (andesitas porfíricas) alternantes), dentro de la geoforma denominada vertiente rectilínea, en pendientes medias (>12-25%).

Las características morfológicas y físicas de este Subgrupo taxonómico presentan un perfil tipo Ap/C, superficial (20 cm), bien drenado y de escorrentía normal. Muestra un epipedón ócrico (Ap) de 20 cm de espesor, color pardo-grisáceo muy oscuro (10YR 3/2), textura franco-arcillosa y estructura tipo bloques subangulares. Finalmente un horizonte (C) de 15 cm de espesor, color pardo oscuro (10YR 3/3).

Los resultados de laboratorio indican que son suelos de pH medianamente alcalino; con niveles bajos de materia orgánica. La capacidad de intercambio catiónico es media y la saturación de bases alta. La principal característica es no mostrar ningún desarrollo definido y presentar una transición entre régimen de humedad ústico y arídico.

Se localizan en régimen de humedad ústico y la velocidad de infiltración de esta unidad de suelos es lenta (1,5 a 5 mm/h). En el momento de la descripción del suelo, el grado de humedad fue seco.

Estos suelos ocupan una superficie aproximada de 334 ha que representa el 1,22% del área de estudio total. El perfil modal se identifica con el código CSp-NVI_D2-87-0035.

b) Typic Ustorthents (113)

Estos suelos están desarrollados sobre la Formación Tarqui (Tobas y aglomerados (dacíticos, riolíticos y andesíticos) caolinizados, con bajo porcentaje de lava), dentro de la geoforma denominada relieves escalonados sobre capas de lava endurecida y otros materiales volcánicos, en pendientes medias (>12-25%).

Las características morfológicas y físicas de este Subgrupo taxonómico presentan un perfil tipo Ap/Cr, superficial (20 cm), bien drenado y de escorrentía normal. Muestra un epipedón ócrico (Ap) de 20 cm de espesor, color rojo débil (10R 4/3), textura franco-arcillosa y estructura tipo bloques subangulares. Finalmente un horizonte (Cr) de 105 cm de espesor.

Los resultados de laboratorio indican que son suelos de pH prácticamente neutro; con niveles bajos de materia orgánica. La capacidad de intercambio catiónico es media y la saturación de bases alta. La principal característica es no mostrar ningún desarrollo definido.

Se localizan en régimen de humedad ústico y la velocidad de infiltración de esta unidad de suelos es moderadamente lenta (5 a 20 mm/h). En el momento de la descripción del suelo, el grado de humedad fue seco.

Estos suelos ocupan una superficie aproximada de 76 ha que representa menos del 1% del área de estudio total. El perfil modal se identifica con el código CSp-NVI_D2-87-0027.

iii. Mollisols

a) Entic Haplustolls (114)

Estos suelos están desarrollados sobre la Formación Tarqui (Tobas y aglomerados (dacíticos, riolíticos y andesíticos) caolinizados, con bajo porcentaje de lava), dentro de la geoforma denominada vertiente abrupta de derrames volcánicos tabulares, en pendientes fuertes (>40-70%).

Las características morfológicas y físicas de este Subgrupo taxonómico presentan un perfil tipo A1/A2/Cr, poco profundo (40 cm) a esta profundidad presenta un horizonte muy compacto, bien drenado y de escorrentía rápida. Muestra un epipedón mólico (A1) de 20 cm de espesor, color pardo-grisáceo muy oscuro (10YR 3/2), textura arcillosa y estructura tipo bloques subangulares. Subyace un epipedón mólico (A2) de 20 cm de espesor, color pardo-grisáceo muy oscuro (10YR 3/2), textura arcillosa y estructura tipo bloques subangulares. Finalmente un horizonte (Cr) de 55 cm de espesor, color gris-parduzco claro (10YR 6/2), y estructura tipo masiva.

Los resultados de laboratorio indican que son suelos de pH medianamente ácido; con niveles bajos de materia orgánica. La capacidad de intercambio catiónico es baja y la saturación de bases alta. La principal característica es presentar en el perfil un epipedón mólico, no poseen un horizonte cámbico y debajo del mólico (25cm) no reúnen los requisitos para cámbico, excepto el color.

Se localizan en régimen de humedad ústico. En el momento de la descripción del suelo, el grado de humedad fue levemente húmedo.

Estos suelos ocupan una superficie aproximada de 146 ha que representa menos del 1% del área de estudio total. El perfil modal se identifica con el código CSp-NVI_D4-85-0017.

iv. Vertisols

a) *Leptic Haplusterts (106)*

Estos suelos están desarrollados sobre la Formación Saraguro (Piroclastos (tobas y aglomerados gruesos con bloques de lava) y lavas (andesitas porfíricas) alternantes), dentro de la geoforma denominada vertiente abrupta, en pendientes muy fuerte (>70-100%).

Las características morfológicas y físicas de este Subgrupo taxonómico presentan un perfil tipo A1/A2/Bss/Cr, moderadamente profundo (55 cm), bien drenado y de escorrentía rápida. Muestra un epipedón mólico (A1) de 20 cm de espesor, color pardo muy oscuro (10YR 2/2), textura franco-arcillosa y estructura tipo bloques subangulares con granular. Subyace un epipedón ócrico (A2) de 35 cm de espesor, color negro (10YR 2/1), textura arcillosa y estructura tipo bloques subangulares. Continúa un horizonte cámbico (Bss) de 35 cm de espesor, color negro (10YR 2/1), textura arcillosa en campo y estructura tipo prismática a bloques, presencia de pocas caras de fricción, con intersección parcial, localizados en las caras del agregado. Finalmente un horizonte (Cr) de 60 cm de espesor.

Los resultados de laboratorio indican que son suelos de pH ligeramente ácido; con niveles medios de materia orgánica. La capacidad de intercambio catiónico es media y la saturación de bases alta. La principal característica es presentar caras de fricción o agregados en forma de cuña, grietas de 5 mm o más de grosor y 25 cm o más de longitud dentro de los primeros 50 cm del suelo, adicional tienen un contacto dénsico, lítico, paralítico o el límite superior de un duripán, dentro de los 100 cm de la superficie del suelo.

Se localizan en régimen de humedad ústico. En el momento de la descripción del suelo, el grado de humedad fue levemente húmedo.

Estos suelos ocupan una superficie aproximada de 79 ha que representa menos del 1% del área de estudio total. El perfil modal se identifica con el código CSp-NVI_D2-81-0040.

3.2.2. Dominio Fisiográfico: Vertientes y relieves de Cuencas Interandinas

Incluido dentro del estrecho corredor interandino, este dominio, fragmentado y discontinuo, incluye a las zonas más elevadas de dicho pasillo o depresión. Los relieves superiores del mismo llegan a contactar con el dominio de Cimas frías, en clara ruptura de pendiente con él. Los relieves inferiores se enlazan con el dominio de Relieves de fondo de Cuencas Interandinas.

La dirección meridiana, N-S, que presenta en la zona septentrional de la Sierra, pasa a direcciones NO-SE y NNE-SSO en la zona central. Hacia la parte meridional de la Sierra, la Cordillera Real queda como la única franja continua de relieve y el corredor interandino, muy desdibujado. En la zona donde se localiza este cantón, todavía se observa una dirección NNE-SSO en las franjas que componen este dominio.

Mientras que en las zonas más altas (que pueden llegar hasta los 3.100 msnm) el dominio presenta pendientes elevadas y pronunciada disección, las vertientes inferiores aparecen con pendientes globalmente más suaves y una disección menos acusada; éstas llegan a descender hasta límites muy variables, en función de la altitud del fondo de las cuencas con las que se enlazan, en este caso, al final del valle de la quebrada Agritunas desciende hasta los 2.200 msnm y en el valle del río León hasta los 1.800 msnm.

Se ubica en el sector central del cantón, en ambos lados del río Udushapa y en la zona septentrional a lo largo de la vertiente norte del río León, siendo el segundo dominio en cuanto a extensión. Presenta principalmente vertientes de muy diversas características y formas estructurales con predominio de niveles estructurales sobre lavas endurecidas.

3.2.2.1. Vertientes y relieves inferiores de las Cuencas Interandinas, con parcial cobertura piroclástica (Sierra Sur)

Este contexto se encuentra bajo condiciones climáticas más secas que su continuación, las vertientes superiores (Vertientes y relieves superiores de cuencas interandinas, sin cobertura piroclástica, Sierras Central y Meridional, aunque este contexto no aparece en este cantón), con características morfológicas similares, siendo sus principales diferencias las derivadas de los procesos morfodinámicos actuales, de carácter muy activo en algunos sectores (intenso abarrancamiento superficial, pequeños conos de deyección en la desembocadura de las incisiones, generación de conos rocosos al pie de escarpes pronunciados, etc.). En la zona noroeste del cantón se puede observar un cambio más abrupto en la transición hacia este contexto y en general una pendiente muy fuerte. En la zona norte del valle del río León aparecen grandes coluviones antiguos, similares a los grandes deslizamientos que aparecen en la terminación meridional del mismo valle.

En el cantón Oña, este contexto se ubica en los sectores central y septentrional, con alturas que oscilan entre los 1.200 y los 3.100 msnm. Su extensión total se aproxima a los 76 km² de la cual, más de la mitad está compuesta por diversas vertientes y coluviones y depósitos de deslizamiento asociados. También se encuentra una importante representación de niveles estructurales sobre lavas endurecidas.

3.2.2.1.1. Suelos desarrollados sobre régimen de temperatura isotérmico

El régimen de temperatura isotérmico indica temperaturas de 13 a 21°C, entre los 50 y 100 cm de profundidad, durante todo el año (adaptado FAO, 2009).

i. Inceptisols

a) Typic Haplustepts (118, 119)

Estos suelos están desarrollados sobre Rocas metamórficas (Rocas metamórficas indiferenciadas), dentro de las geoformas denominadas vertiente heterogénea y vertiente rectilínea con fuerte disección, en pendientes medias a fuertes (>25-40%) y fuertes (>40-70%).

Las características morfológicas y físicas de este Subgrupo taxonómico presentan un perfil tipo A/Bw/Cr, moderadamente profundo (60 cm), moderadamente drenado y de escorrentía normal. Muestra un epipedón ócrico (A) de 35 cm de espesor, color pardo-grisáceo oscuro (10YR 4/2), textura arcillosa y estructura tipo bloques subangulares. Subyace un horizonte cámbico (Bw) de 25 cm de espesor, color gris muy oscuro (10YR 3/1), presencia de muchos moteados de color rojo-amarillento (5YR 4/6), textura arcilla pesada y estructura tipo prismática. Finalmente un horizonte (Cr) de 15 cm de espesor.

Los resultados de laboratorio indican que son suelos de pH ligeramente ácido; con niveles medios de materia orgánica. La capacidad de intercambio catiónico es media y la saturación

de bases alta. La principal característica es tener una saturación de bases superior al 60% en todos los horizontes comprendidos entre 25 y 75 cm de profundidad.

Se localizan en régimen de humedad ústico y la velocidad de infiltración de esta unidad de suelos es lenta (1,5 a 5 mm/h). En el momento de la descripción del suelo, el grado de humedad fue húmedo.

Estos suelos ocupan una superficie aproximada de 224 ha que representa menos del 1% del área de estudio total. El perfil modal se identifica con el código CSp-NVI_D2-81-0027.

b) Typic Calciustepts (123, 126)

Estos suelos están desarrollados sobre la Formación Saraguro (Piroclastos (tobas y aglomerados gruesos con bloques de lava) y lavas (andesitas porfíricas) alternantes), dentro de las geoformas denominadas superficie de chevron y vertiente de chevron, en pendientes fuertes (>40-70%) y muy fuertes (>70-100%).

Las características morfológicas y físicas de este Subgrupo taxonómico presentan un perfil tipo A/Bkk/Ck, superficial (15 cm) a esta profundidad presenta toxicidad alta por carbonatos libres, bien drenado y de escorrentía rápida. Muestra un epipedón ócrico (A) de 15 cm de espesor, color pardo-grisáceo muy oscuro (10YR 3/2), textura franco-arcillosa y estructura tipo bloques subangulares, caracterizados por la presencia de carbonatos, en cantidad frecuente y en forma de cal polvorienta dispersa. Subyace un horizonte cálcico (Bkk) de 55 cm de espesor, color gris claro (2.5Y 7/2), textura arcillosa y estructura tipo bloques subangulares, caracterizados por la presencia de carbonatos, en cantidad generalizada y en forma de cal polvorienta dispersa. Finalmente un horizonte (Ck) de 68 cm de espesor, color gris claro (2.5Y 7/2), textura arcillo-arenosa en campo y estructura tipo masiva, caracterizados por la presencia de carbonatos en cantidad muy abundante y en forma de cal polvorienta dispersa.

Los resultados de laboratorio indican que son suelos de pH medianamente alcalino; con niveles altos de materia orgánica. La capacidad de intercambio catiónico es alta y la saturación de bases alta. Presenta un contenido de 45% de carbonatos totales. La principal característica es presentar un horizonte diagnóstico que cumple las condiciones para cálcico.

Se localizan en régimen de humedad ústico. En el momento de la descripción del suelo, el grado de humedad fue seco.

Estos suelos ocupan una superficie aproximada de 96 ha que representa menos del 1% del área de estudio total. El perfil modal se identifica con el código CSp-NVI_D1-98-0044.

c) Typic Haplustepts (125)

Estos suelos están desarrollados sobre la Formación Saraguro (Piroclastos (tobas y aglomerados gruesos con bloques de lava) y lavas (andesitas porfíricas) alternantes), dentro de la geoforma denominada vertiente abrupta con fuerte disección, en pendientes muy fuertes (>70-100%).

Las características morfológicas y físicas de este Subgrupo taxonómico presentan un perfil tipo A/Bw/C/Cr, moderadamente profundo (60 cm), bien drenado y de escorrentía rápida. Muestra un epipedón ócrico (A) de 20 cm de espesor, color pardo muy oscuro (7.5YR 2.5/3),

textura arcillosa y estructura tipo bloques subangulares. Subyace un horizonte cámbico (Bw) de 40 cm de espesor, color pardo-rojizo oscuro (2.5YR 2.5/4), textura arcilla pesada y estructura tipo bloques subangulares. Continúa un horizonte (C) de 35 cm de espesor, color pardo fuerte (7.5YR 4/6), y estructura tipo masiva. Finalmente un horizonte (Cr) de 30 cm de espesor, color amarillo-parduzco (10YR 6/8).

Los resultados de laboratorio indican que son suelos de pH ligeramente ácido; con niveles medios de materia orgánica. La capacidad de intercambio catiónico es alta y la saturación de bases alta. La principal característica es tener una saturación de bases superior al 60% en todos los horizontes comprendidos entre 25 y 75 cm de profundidad.

Se localizan en régimen de humedad ústico. En el momento de la descripción del suelo, el grado de humedad fue seco.

Estos suelos ocupan una superficie aproximada de 1.199 ha que representa el 4,36% del área de estudio total. El perfil modal se identifica con el código CSp-NVI_D1-98-0047.

d) Typic Calciustepts (127)

Estos suelos están desarrollados sobre la Formación Saraguro (Piroclastos (tobas y aglomerados gruesos con bloques de lava) y lavas (andesitas porfíricas) alternantes), dentro de la geoforma denominada vertiente de chevron, en pendientes fuertes (>40-70%).

Las características morfológicas y físicas de este Subgrupo taxonómico presentan un perfil tipo A/Bk1/Bk2/Ck, poco profundo (40 cm) a esta profundidad presenta pocas gravas finas, bien drenado y de escorrentía rápida. Muestra un epipedón ócrico (A) de 20 cm de espesor, color pardo muy oscuro (10YR 2/2), textura arcillosa y estructura tipo bloques subangulares. Subyace un horizonte cálcico (Bk1) de 20 cm de espesor, color pardo-rojizo oscuro (5YR 3/3), textura franco-arcillosa y estructura tipo bloques subangulares, caracterizados por la presencia de carbonatos en cantidad abundante y en forma de pseudomicelio. Continúa un horizonte cálcico (Bk2) de 60 cm de espesor, color pardo-rojizo oscuro (5YR 3/4), textura franco-arcillosa y estructura tipo bloques angulares, caracterizados por la presencia de carbonatos en cantidad muy abundante y en forma de pseudomicelio. Finalmente un horizonte (Ck) de 20 cm de espesor, color pardo oscuro (7.5YR 3/4), textura arcillosa en campo y estructura tipo masiva, caracterizados por la presencia de carbonatos en cantidad frecuente y en forma de concreciones duras.

Los resultados de laboratorio indican que son suelos de pH medianamente alcalino; con niveles bajos de materia orgánica. La capacidad de intercambio catiónico es alta y la saturación de bases alta. La principal característica es presentar un horizonte diagnóstico que cumple las condiciones para cálcico.

Se localizan en régimen de humedad ústico. En el momento de la descripción del suelo, el grado de humedad fue levemente húmedo.

Estos suelos ocupan una superficie aproximada de 2 ha que representa menos del 1% del área de estudio total. El perfil modal se identifica con el código CSp-NVI_D1-98-0043.

e) *Typic Haplustepts (128)*

Estos suelos están desarrollados sobre la Formación Saraguro (Piroclastos (tobas y aglomerados gruesos con bloques de lava) y lavas (andesitas porfíricas) alternantes), dentro de la geoforma denominada vertiente heterogénea, en pendientes fuertes (>40-70%).

Las características morfológicas y físicas de este Subgrupo taxonómico presentan un perfil tipo A/Bw1/Bw2/Ab, profundo (150 cm), bien drenado y de escorrentía rápida. Muestra un epipedón ócrico (A) de 45 cm de espesor, color pardo-grisáceo (2.5Y 5/2), textura franco-arcillo-arenosa y estructura tipo granular y bloques subangulares. Subyace un horizonte cámbico (Bw1) de 35 cm de espesor, color pardo-oliva claro (2.5Y 5/3), textura franco-arcillo-arenosa y estructura tipo bloques subangulares. Continúa un horizonte cámbico (Bw2) de 40 cm de espesor, color pardo-oliva claro (2.5Y 5/4), textura arcillo-arenosa en campo y estructura tipo bloques subangulares. Finalmente un horizonte (Ab) de 30 cm de espesor, color pardo-grisáceo oscuro (2.5Y 4/2), textura arcillo-arenosa en campo y estructura tipo bloques subangulares.

Los resultados de laboratorio indican que son suelos de pH prácticamente neutro; con niveles bajos de materia orgánica. La capacidad de intercambio catiónico es media y la saturación de bases alta. La principal característica es tener una saturación de bases superior al 60% en todos los horizontes comprendidos entre 25 y 75 cm de profundidad.

Se localizan en régimen de humedad ústico. En el momento de la descripción del suelo, el grado de humedad fue húmedo.

Estos suelos ocupan una superficie aproximada de 872 ha que representa el 3,17% del área de estudio total. El perfil modal se identifica con el código CSp-NVI_D2-86-0024.

f) *Oxic Dystrustepts (129, 130)*

Estos suelos están desarrollados sobre la Formación Saraguro (Piroclastos (tobas y aglomerados gruesos con bloques de lava) y lavas (andesitas porfíricas) alternantes), dentro de la geoforma denominada vertiente heterogénea, en pendientes medias (>12-25%) y medias a fuertes (>25-40%).

Las características morfológicas y físicas de este Subgrupo taxonómico presentan un perfil tipo Ap/Bw/C1/C2, moderadamente profundo (55 cm), bien drenado y de escorrentía normal. Muestra un epipedón mólico (Ap) de 25 cm de espesor, color pardo-grisáceo muy oscuro (10YR 3/2), textura arcillosa y estructura tipo bloques subangulares. Subyace un horizonte cámbico (Bw) de 30 cm de espesor, color pardo-amarillento oscuro (10YR 4/6), textura arcilla pesada y estructura tipo bloques angulares. Continúa un horizonte (C1) de 45 cm de espesor, color pardo-amarillento (10YR 5/6), textura arcillo-limosa en campo y estructura tipo masiva. Finalmente un horizonte (C2) de 50 cm de espesor, color pardo-amarillento (10YR 5/8), textura arcillosa en campo y estructura tipo masiva.

Los resultados de laboratorio indican que son suelos de pH medianamente ácido; con niveles bajos de materia orgánica. La capacidad de intercambio catiónico es baja. La principal característica es tener una saturación de bases inferior al 60% en todos los horizontes comprendidos entre 25 y 75 cm de profundidad, adicional poseen 50% o más del volumen del suelo entre 25 cm y 100 cm una CIC de menos de 24 cmol/kg de arcilla.

Se localizan en régimen de humedad ústico y la velocidad de infiltración de esta unidad de suelos es muy lenta ($< 1,5$ mm/h). En el momento de la descripción del suelo, el grado de humedad fue húmedo.

Estos suelos ocupan una superficie aproximada de 848 ha que representa el 3,08% del área de estudio total. El perfil modal se identifica con el código CSp-NVI_D2-98-0027.

g) Aridic Haplustepts (131)

Estos suelos están desarrollados sobre la Formación Saraguro (Piroclastos (tobas y aglomerados gruesos con bloques de lava) y lavas (andesitas porfiríticas) alternantes), dentro de la geoforma denominada vertiente rectilínea, en pendientes fuertes ($>40-70\%$).

Las características morfológicas y físicas de este Subgrupo taxonómico presentan un perfil tipo A/Bw/Cr/R, poco profundo (22 cm) a esta profundidad presenta pocas piedras, bien drenado y de escorrentía rápida. Muestra un epipedón ócrico (A) de 22 cm de espesor, color pardo-amarillento claro (10YR 6/4), textura franco-arcillosa y estructura tipo bloques subangulares. Subyace un horizonte cámbico (Bw) de 28 cm de espesor, color pardo-amarillento (10YR 5/4), textura franca y estructura tipo bloques subangulares. Continúa un horizonte (Cr) de 50 cm de espesor, color negro (10YR 2/1),. Finalmente un horizonte (R) de 45 cm de espesor, color oliva pálido (5Y 6/3).

Los resultados de laboratorio indican que son suelos de pH medianamente alcalino; con niveles bajos de materia orgánica. La capacidad de intercambio catiónico es alta y la saturación de bases alta. La principal característica es tener una saturación de bases superior al 60% en todos los horizontes comprendidos entre 25 y 75 cm de profundidad y presenta una transición entre régimen de humedad ústico y arídico.

Se localizan en régimen de humedad ústico. En el momento de la descripción del suelo, el grado de humedad fue levemente húmedo.

Estos suelos ocupan una superficie aproximada de 96 ha que representa menos del 1% del área de estudio total. El perfil modal se identifica con el código CSp-NVI_D2-87-0036.

h) Torrertic Haplustepts (132, 133)

Estos suelos están desarrollados sobre la Formación Saraguro (Piroclastos (tobas y aglomerados gruesos con bloques de lava) y lavas (andesitas porfiríticas) alternantes), dentro de la geoforma denominada vertiente rectilínea, en pendientes medias ($>12-25\%$) y medias a fuertes ($>25-40\%$).

Las características morfológicas y físicas de este Subgrupo taxonómico presentan un perfil tipo Ap/Bw/Bss/Bk, moderadamente profundo (60 cm), moderadamente drenado y de escorrentía normal. Muestra un epipedón ócrico (Ap) de 30 cm de espesor, color gris muy oscuro (10YR 3/1), textura arcillosa y estructura tipo bloques subangulares. Subyace un horizonte cámbico (Bw) de 30 cm de espesor, color pardo muy oscuro (10YR 2/2), textura arcillosa y estructura tipo bloques angulares. Continúa un horizonte cámbico (Bss) de 20 cm de espesor, color negro (10YR 2/1), textura arcilla pesada y estructura tipo bloques angulares, presencia de muchas caras de fricción, sin intersección, localizados en las caras del agregado. Finalmente un horizonte (Bk) de 20 cm de espesor, color pardo (10YR 5/3), textura franco-arcillo-arenosa en campo y estructura tipo bloques subangulares, caracterizados por la presencia de carbonatos en cantidad frecuente y en forma de nódulos.

Los resultados de laboratorio indican que son suelos de pH prácticamente neutro; con niveles bajos de materia orgánica. La capacidad de intercambio catiónico es alta y la saturación de bases alta. Presenta un contenido de 6% de carbonatos totales. La principal característica es tener una saturación de bases superior al 60% en todos los horizontes comprendidos entre 25 y 75 cm de profundidad, presenta grietas dentro de los 125 cm que tienen 5 mm o más de grosor a través de un espesor de 30 cm o más y caras de fricción o agregados en forma de cuña en una capa de 15 cm o mas de espesor dentro de los 125 cm.

Se localizan en régimen de humedad ústico y la velocidad de infiltración de esta unidad de suelos es moderadamente lenta (5 a 20 mm/h). En el momento de la descripción del suelo, el grado de humedad fue levemente húmedo.

Estos suelos ocupan una superficie aproximada de 366 ha que representa el 1,33% del área de estudio total. El perfil modal se identifica con el código CSp-NVI_D2-87-0034.

i) Oxic Haplustepts (136)

Estos suelos están desarrollados sobre la Formación Tarqui (Tobas y aglomerados (dacíticos, riolíticos y andesíticos) caolinizados, con bajo porcentaje de lava), dentro de la geoforma denominada relieve volcánico montañoso, en pendientes muy fuerte (>70-100%).

Las características morfológicas y físicas de este Subgrupo taxonómico presentan un perfil tipo Ap/Bw/C, moderadamente profundo (85 cm), bien drenado y de escorrentía rápida. Muestra un epipedón ócrico (Ap) de 25 cm de espesor, color pardo-grisáceo muy oscuro (10YR 3/2), textura franco-arcillosa y estructura tipo bloques subangulares. Subyace un horizonte cámbico (Bw) de 60 cm de espesor, color pardo oscuro (10YR 3/3), textura arcillosa y estructura tipo bloques subangulares y angulares. Finalmente un horizonte (C) de 50 cm de espesor, color pardo-grisáceo oscuro (10YR 4/2), textura franco-arcillosa en campo.

Los resultados de laboratorio indican que son suelos de pH ligeramente ácido; con niveles bajos de materia orgánica. La capacidad de intercambio catiónico es baja y la saturación de bases alta. La principal característica es tener una saturación de bases superior al 60% en todos los horizontes comprendidos entre 25 y 75 cm de profundidad, adicional poseen 50% o más del volumen del suelo entre 25 cm y 100 cm una CIC de menos de 24 cmol/kg de arcilla.

Se localizan en régimen de humedad ústico. En el momento de la descripción del suelo, el grado de humedad fue seco.

Estos suelos ocupan una superficie aproximada de 65 ha que representa menos del 1% del área de estudio total. El perfil modal se identifica con el código CSp-NVI_D4-91-0024.

j) Typic Haplustepts (138)

Estos suelos están desarrollados sobre la Formación Tarqui (Tobas y aglomerados (dacíticos, riolíticos y andesíticos) caolinizados, con bajo porcentaje de lava), dentro de la geoforma denominada vertiente abrupta de derrames volcánicos tabulares, en pendientes fuertes (>40-70%).

Las características morfológicas y físicas de este Subgrupo taxonómico presentan un perfil tipo A/Bw1/Bw2/Cr, moderadamente profundo (95 cm), bien drenado y de escorrentía rápida. Muestra un epipedón ócrico (A) de 25 cm de espesor, color pardo-grisáceo oscuro (10YR 4/2), textura franco-arcillo-arenosa y estructura tipo bloques subangulares. Subyace un horizonte cámbico (Bw1) de 40 cm de espesor, color pardo (7.5YR 4/3), textura franco-arenosa y estructura tipo bloques subangulares. Continúa un horizonte cámbico (Bw2) de 30 cm de espesor, color pardo-amarillento (10YR 5/4), textura franco-arenosa en campo y estructura tipo bloques subangulares. Finalmente un horizonte (Cr) de 45 cm de espesor, color pardo-amarillento oscuro (10YR 4/6).

Los resultados de laboratorio indican que son suelos de pH prácticamente neutro; con niveles medios de materia orgánica. La capacidad de intercambio catiónico es media y la saturación de bases alta. La principal característica es tener una saturación de bases superior al 60% en todos los horizontes comprendidos entre 25 y 75 cm de profundidad.

Se localizan en régimen de humedad ústico. En el momento de la descripción del suelo, el grado de humedad fue seco.

Estos suelos ocupan una superficie aproximada de 80 ha que representa menos del 1% del área de estudio total. El perfil modal se identifica con el código CSp-NVI_D2-86-0026.

k) Humic Dystrustepts (142)

Estos suelos están desarrollados sobre la Formación Tarqui (Tobas y aglomerados (dacíticos, riolíticos y andesíticos) caolinizados, con bajo porcentaje de lava), dentro de la geoforma denominada vertiente heterogénea con fuerte disección, en pendientes medias a fuertes (>25-40%).

Las características morfológicas y físicas de este Subgrupo taxonómico presentan un perfil tipo A1/A2/Bw/BC/Cr, superficial (12 cm) a esta profundidad presenta toxicidad alta por aluminio o acidéz libre, horizonte muy compacto, grava fina en proporción dominante, bien drenado y de escorrentía rápida. Muestra un epipedón úmbrico (A1) de 12 cm de espesor, color gris muy oscuro (10YR 3/1), textura arcillosa y estructura tipo bloques subangulares con granular. Subyace un epipedón úmbrico (A2) de 23 cm de espesor, color pardo-grisáceo muy oscuro (10YR 3/2), textura arcillosa y estructura tipo bloques subangulares con granular, presencia de pocos revestimientos de arcilla, localizados en las caras del agregado. Continúa un horizonte cámbico (Bw) de 15 cm de espesor, color rojo (2.5YR 5/6), textura arcillosa y estructura tipo bloques subangulares, presencia de pocos revestimientos de arcilla, localizados en las caras del agregado. Continúa un horizonte (BC) de 58 cm de espesor, color rojo (2.5YR 5/8), textura franco-arcillo-limosa en campo y estructura tipo bloques subangulares, presencia de pocos revestimientos de arcilla, localizados verticalmente en las caras del agregado. Finalmente un horizonte (Cr) de 32 cm de espesor, color pardo-rojizo claro (2.5YR 7/4), textura franca en campo y estructura tipo masiva.

Los resultados de laboratorio indican que son suelos de pH ácido; con niveles altos de materia orgánica. La capacidad de intercambio catiónico es baja y la saturación de bases baja. La principal característica es tener una saturación de bases inferior al 60% en uno o más horizontes comprendidos entre 25 y 75 cm de profundidad, adicional presentan un epipedón úmbrico o mólico.

Se localizan en régimen de humedad ústico. En el momento de la descripción del suelo, el grado de humedad fue húmedo.

Estos suelos ocupan una superficie aproximada de 729 ha que representa el 2,65% del área de estudio total. El perfil modal se identifica con el código CSp-NVI_D4-93-0019.

l) Humic Dystrustepts (143)

Estos suelos están desarrollados sobre la Formación Tarqui (Tobas y aglomerados (dacíticos, riolíticos y andesíticos) caolinizados, con bajo porcentaje de lava), dentro de la geoforma denominada vertiente r rectilínea con abruptos, en pendientes fuertes (>40-70%).

Las características morfológicas y físicas de este Subgrupo taxonómico presentan un perfil tipo A1/A2/Bw, profundo (140 cm), bien drenado y de escorrentía rápida. Muestra un epipedón úmbrico (A1) de 15 cm de espesor, color pardo muy oscuro (7.5YR 2.5/3), textura franco-arcillo-arenosa y estructura tipo bloques subangulares. Subyace un epipedón úmbrico (A2) de 35 cm de espesor, color pardo muy oscuro (7.5YR 2.5/2), textura arcilla pesada y estructura tipo bloques subangulares. Finalmente un horizonte cámbico (Bw) de 90 cm de espesor, color pardo-rojizo oscuro (5YR 3/4), textura arcillosa y estructura tipo bloques subangulares.

Los resultados de laboratorio indican que son suelos de pH medianamente ácido; con niveles altos de materia orgánica. La capacidad de intercambio catiónico es baja y la saturación de bases media. La principal característica es tener una saturación de bases inferior al 60% en uno o más horizontes comprendidos entre 25 y 75 cm de profundidad, adicional presentan un epipedón úmbrico o mólico.

Se localizan en régimen de humedad ústico. En el momento de la descripción del suelo, el grado de humedad fue seco.

Estos suelos ocupan una superficie aproximada de 164 ha que representa menos del 1% del área de estudio total. El perfil modal se identifica con el código CSp-NVI_D3-82-0014.

m) Vertic Haplustepts (145)

Estos suelos están desarrollados a partir de depósitos de ladera (derrumbe) (Mezcla heterogénea de materiales finos y fragmentos angulares rocosos de muy diverso tamaño), dentro de la geoforma denominada depósitos de deslizamiento, masa deslizada, en pendientes medias (>12-25%).

Las características morfológicas y físicas de este Subgrupo taxonómico presentan un perfil tipo Ap/Bw1/Bw2, moderadamente profundo (70 cm), bien drenado y de escorrentía normal. Muestra un epipedón ócrico (Ap) de 30 cm de espesor, color pardo-grisáceo muy oscuro (10YR 3/2), textura arcillosa y estructura tipo bloques subangulares. Subyace un horizonte cámbico (Bw1) de 40 cm de espesor, color pardo muy oscuro (10YR 2/2), textura arcillosa y estructura tipo bloques subangulares. Finalmente un horizonte cámbico (Bw2) de 45 cm de espesor, color pardo-oliva (2.5Y 4/4), textura arcillosa en campo y estructura tipo masiva con bloques angulares (forma de cuña).

Los resultados de laboratorio indican que son suelos de pH ligeramente alcalino; con niveles bajos de materia orgánica. La capacidad de intercambio catiónico es alta y la saturación de bases alta. La principal característica es tener una saturación de bases superior al 60% en todos los horizontes comprendidos entre 25 y 75 cm de profundidad, presenta grietas con

una anchura de 5 mm o más y caras de fricción o agregados en forma de cuña en una capa de 15 cm o más dentro de los 125 cm de profundidad.

Se localizan en régimen de humedad ústico y la velocidad de infiltración de esta unidad de suelos es lenta (1,5 a 5 mm/h). En el momento de la descripción del suelo, el grado de humedad fue húmedo.

Estos suelos ocupan una superficie aproximada de 115 ha que representa menos del 1% del área de estudio total. El perfil modal se identifica con el código CSp-NVI_D1-98-0046.

n) Typic Haplustepts (147)

Estos suelos están desarrollados a partir de depósitos de ladera (coluvial) (Mezcla heterogénea de materiales finos y fragmentos angulares rocosos, con ausencia de estratificación y estructuras de ordenamiento interno), dentro de la geoforma denominada coluvión antiguo, en pendientes fuertes (>40-70%).

Las características morfológicas y físicas de este Subgrupo taxonómico presentan un perfil tipo A/Bw/C, moderadamente profundo (65 cm), bien drenado y de escorrentía rápida. Muestra un epipedón ócrico (A) de 20 cm de espesor, color pardo-grisáceo muy oscuro (10YR 3/2), textura franco-arcillo-arenosa y estructura tipo bloques subangulares con granular. Subyace un horizonte cámbico (Bw) de 45 cm de espesor, color pardo (10YR 4/3), textura franco-arcillo-arenosa y estructura tipo bloques subangulares. Finalmente un horizonte (C) de 75 cm de espesor.

Los resultados de laboratorio indican que son suelos de pH prácticamente neutro; con niveles medios de materia orgánica. La capacidad de intercambio catiónico es media y la saturación de bases alta. La principal característica es tener una saturación de bases superior al 60% en todos los horizontes comprendidos entre 25 y 75 cm de profundidad.

Se localizan en régimen de humedad ústico. En el momento de la descripción del suelo, el grado de humedad fue muy seco.

Estos suelos ocupan una superficie aproximada de 19 ha que representa menos del 1% del área de estudio total. El perfil modal se identifica con el código CSp-NVI_D3-81-0014.

o) Typic Haplustepts (152)

Estos suelos están desarrollados a partir de depósitos coluvio aluviales (Limos, arcillas, arenas, gravas y bloques), dentro de la geoforma denominada coluvio-aluvial antiguo, en pendientes medias (>12-25%).

Las características morfológicas y físicas de este Subgrupo taxonómico presentan un perfil tipo Ap/Bw/C, moderadamente profundo (60 cm), bien drenado y de escorrentía normal. Muestra un epipedón mólico (Ap) de 30 cm de espesor, color gris muy oscuro (2.5Y 3/1), textura arcillosa y estructura tipo bloques subangulares y angulares. Subyace un horizonte cámbico (Bw) de 30 cm de espesor, color pardo-grisáceo muy oscuro (2.5Y 3/2), textura arcillosa y estructura tipo bloques subangulares y angulares. Finalmente un horizonte (C) de 30 cm de espesor, color pardo-grisáceo oscuro (2.5Y 4/2), textura arcillo-arenosa en campo y estructura tipo masiva.

Los resultados de laboratorio indican que son suelos de pH medianamente alcalino; con niveles bajos de materia orgánica. La capacidad de intercambio catiónico es alta y la saturación de bases alta. La principal característica es tener una saturación de bases superior al 60% en todos los horizontes comprendidos entre 25 y 75 cm de profundidad.

Se localizan en régimen de humedad ústico y la velocidad de infiltración de esta unidad de suelos es moderadamente lenta (5 a 20 mm/h). En el momento de la descripción del suelo, el grado de humedad fue húmedo.

Estos suelos ocupan una superficie aproximada de 8 ha que representa menos del 1% del área de estudio total. El perfil modal se identifica con el código CSp-NVI_D1-86-0048.

ii. Mollisols

a) *Entic Haplustolls* (122, 135)

Estos suelos están desarrollados sobre la Formación Saraguro (Piroclastos (tobas y aglomerados gruesos con bloques de lava) y lavas (andesitas porfíricas) alternantes) y Formación Tarqui (Tobas y aglomerados (dacíticos, riolíticos y andesíticos) caolinizados, con bajo porcentaje de lava), dentro de la geoforma denominada niveles estructurales sobre lavas endurecidas, en pendientes medias (>12-25%).

Las características morfológicas y físicas de este Subgrupo taxonómico presentan un perfil tipo Ap/A/Cr, poco profundo (40 cm) a esta profundidad presenta muchas gravas finas, bien drenado y de escorrentía normal. Muestra un epipedón mólico (Ap) de 20 cm de espesor, color pardo-grisáceo muy oscuro (10YR 3/2), textura arcillosa y estructura tipo bloques subangulares. Subyace un epipedón mólico (A) de 20 cm de espesor, color pardo muy oscuro (10YR 2/2), textura franco-arcillosa y estructura tipo bloques subangulares. Finalmente un horizonte (Cr) de 52 cm de espesor.

Los resultados de laboratorio indican que son suelos de pH ligeramente ácido; con niveles bajos de materia orgánica. La capacidad de intercambio catiónico es baja y la saturación de bases alta. La principal característica es presentar en el perfil un epipedón mólico, no poseen un horizonte cámbico y debajo del mólico (25cm) no reúnen los requisitos para cámbico, excepto el color.

Se localizan en régimen de humedad ústico y la velocidad de infiltración de esta unidad de suelos es lenta (1,5 a 5 mm/h). En el momento de la descripción del suelo, el grado de humedad fue húmedo.

Estos suelos ocupan una superficie aproximada de 179 ha que representa menos del 1% del área de estudio total. El perfil modal se identifica con el código CSp-NVI_D2-82-0023.

b) *Entic Haplustolls* (134)

Estos suelos están desarrollados sobre la Formación Saraguro (Piroclastos (tobas y aglomerados gruesos con bloques de lava) y lavas (andesitas porfíricas) alternantes), dentro de la geoforma denominada vertiente rectilínea con fuerte disección, en pendientes fuertes (>40-70%).

Las características morfológicas y físicas de este Subgrupo taxonómico presentan un perfil tipo Ap/C, poco profundo (30 cm) a esta profundidad presenta pocas gravas gruesas, bien drenado y de escorrentía rápida. Muestra un epipedón mólico (Ap) de 30 cm de espesor,

color pardo-grisáceo muy oscuro (10YR 3/2), textura arcillosa y estructura tipo bloques angulares. Finalmente un horizonte (C) de 25 cm de espesor, color pardo oscuro (10YR 3/3), textura arcillosa y estructura tipo masiva.

Los resultados de laboratorio indican que son suelos de pH prácticamente neutro; con niveles bajos de materia orgánica. La capacidad de intercambio catiónico es alta y la saturación de bases alta. La principal característica es presentar en el perfil un epipedón mólico, no poseen un horizonte cámbico y debajo del mólico (25cm) no reúnen los requisitos para cámbico, excepto el color.

Se localizan en régimen de humedad ústico. En el momento de la descripción del suelo, el grado de humedad fue levemente húmedo.

Estos suelos ocupan una superficie aproximada de 285 ha que representa el 1,04% del área de estudio total. El perfil modal se identifica con el código CSp-NVI_D2-98-0025.

c) Entic Haplustolls (137)

Estos suelos están desarrollados sobre la Formación Tarqui (Tobas y aglomerados (dacíticos, riolíticos y andesíticos) caolinizados, con bajo porcentaje de lava), dentro de la geoforma denominada vertiente abrupta, en pendientes muy fuertes (>70-100%).

Las características morfológicas y físicas de este Subgrupo taxonómico presentan un perfil tipo A1/A2/Cr, poco profundo (35 cm) a esta profundidad presenta pocas gravas medias, bien drenado y de escorrentía rápida. Muestra un epipedón mólico (A1) de 20 cm de espesor, color pardo-grisáceo muy oscuro (10YR 3/2), textura franco-arcillosa y estructura tipo granular y bloques subangulares. Subyace un epipedón mólico (A2) de 15 cm de espesor, color pardo oscuro (7.5YR 3/3), textura franco-arcillosa y estructura tipo bloques subangulares. Finalmente un horizonte (Cr) de 10 cm de espesor, color pardo-grisáceo oscuro (10YR 4/2).

Los resultados de laboratorio indican que son suelos de pH prácticamente neutro; con niveles medios de materia orgánica. La capacidad de intercambio catiónico es alta y la saturación de bases alta. La principal característica es presentar en el perfil un epipedón mólico, no poseen un horizonte cámbico y debajo del mólico (25cm) no reúnen los requisitos para cámbico, excepto el color.

Se localizan en régimen de humedad ústico. En el momento de la descripción del suelo, el grado de humedad fue levemente húmedo.

Estos suelos ocupan una superficie aproximada de 8 ha que representa menos del 1% del área de estudio total. El perfil modal se identifica con el código CSp-NVI_D4-91-0002.

d) Entic Haplustolls (139, 140, 141)

Estos suelos están desarrollados sobre la Formación Tarqui (Tobas y aglomerados (dacíticos, riolíticos y andesíticos) caolinizados, con bajo porcentaje de lava), dentro de la geoforma denominada vertiente heterogénea, en pendientes medias (>12-25%), medias a fuertes (>25-40%) y fuertes (>40-70%).

Las características morfológicas y físicas de este Subgrupo taxonómico presentan un perfil tipo Ap/2C/2Cr, poco profundo (30 cm) a esta profundidad presenta toxicidad alta por

aluminio o acidéz libre, bien drenado y de escorrentía rápida. Muestra un epipedón mólico (Ap) de 30 cm de espesor, color pardo oscuro (10YR 3/3), textura arcillosa y estructura tipo bloques subangulares. Subyace un horizonte (2C) de 70 cm de espesor, textura franco-arenosa en campo. Finalmente un horizonte (2Cr) de 25 cm de espesor.

Los resultados de laboratorio indican que son suelos de pH ácido; con niveles medios de materia orgánica. La capacidad de intercambio catiónico es alta y la saturación de bases alta. La principal característica es presentar en el perfil un epipedón mólico, no poseen un horizonte cámbico y debajo del mólico (25cm) no reúnen los requisitos para cámbico, excepto el color.

Se localizan en régimen de humedad ústico y las velocidades de infiltración de estas unidades de suelos son lenta (1,5 a 5 mm/h) y moderadamente lenta (5 a 20 mm/h). En el momento de la descripción del suelo, el grado de humedad fue húmedo.

Estos suelos ocupan una superficie aproximada de 612 ha que representa el 2,23% del área de estudio total. El perfil modal se identifica con el código CSp-NVI_D2-98-0024.

e) Oxyaquic Haplustolls (149, 150)

Estos suelos están desarrollados a partir de depósitos de ladera (coluvial) (Mezcla heterogénea de materiales finos y fragmentos angulares rocosos, con ausencia de estratificación y estructuras de ordenamiento interno), dentro de la geoforma denominada coluvión antiguo, en pendientes medias (>12-25%) y medias a fuertes (>25-40%).

Las características morfológicas y físicas de este Subgrupo taxonómico presentan un perfil tipo Ap/Bw1/Bw2, poco profundo (25 cm) a esta profundidad presenta pocas gravas medias, moderadamente drenado y de escorrentía rápida. Muestra un epipedón mólico (Ap) de 25 cm de espesor, color pardo-grisáceo muy oscuro (10YR 3/2), textura franco-arcillosa y estructura tipo bloques subangulares. Subyace un horizonte cámbico (Bw1) de 30 cm de espesor, color gris muy oscuro (7.5YR 3/1), presencia de moteados de abundancia común y color rojo-amarillento (5YR 4/6), textura arcillosa y estructura tipo bloques angulares. Finalmente un horizonte cámbico (Bw2) de 35 cm de espesor, color gris muy oscuro (2.5Y 3/1), presencia de muchos moteados de color rojo-amarillento (5YR 5/8), textura arcillosa en campo y estructura tipo bloques subangulares.

Los resultados de laboratorio indican que son suelos de pH ligeramente ácido; con niveles medios de materia orgánica. La capacidad de intercambio catiónico es alta y la saturación de bases alta. La principal característica es presentar en el perfil un epipedón mólico, adicional están saturados con agua dentro de los 100 cm por más de 20 días consecutivos y/o 30 días acumulativos (muestra moteados rojizos).

Se localizan en régimen de humedad ústico y la velocidad de infiltración de esta unidad de suelos es lenta (1,5 a 5 mm/h). En el momento de la descripción del suelo, el grado de humedad fue levemente húmedo.

Estos suelos ocupan una superficie aproximada de 378 ha que representa el 1,37% del área de estudio total. El perfil modal se identifica con el código CSp-NVI_D2-98-0026.

f) *Oxic Haplustolls* (151)

Estos suelos están desarrollados a partir de depósitos de ladera (coluvial) (Mezcla heterogénea de materiales finos y fragmentos angulares rocosos, con ausencia de estratificación y estructuras de ordenamiento interno), dentro de la geoforma denominada coluvión antiguo, en pendientes suaves (>5-12%).

Las características morfológicas y físicas de este Subgrupo taxonómico presentan un perfil tipo A1/A2/2Bw1/2Bw2/2C, profundo (110 cm), bien drenado y de escorrentía normal. Muestra un epipedón mólico (A1) de 15 cm de espesor, color pardo muy oscuro (10YR 2/2), textura arcillo-arenosa y estructura tipo granular y bloques subangulares. Subyace un epipedón mólico (A2) de 25 cm de espesor, color pardo muy oscuro (10YR 2/2), textura arcillosa y estructura tipo bloques subangulares con granular. Continúa un horizonte cámbico (2Bw1) de 40 cm de espesor, color pardo-rojizo oscuro (5YR 3/3), textura arcilla pesada y estructura tipo bloques subangulares. Continúa un horizonte cámbico (2Bw2) de 30 cm de espesor, color pardo-rojizo oscuro (5YR 3/4), textura arcillo-limosa en campo y estructura tipo bloques subangulares. Finalmente un horizonte (2C) de 40 cm de espesor.

Los resultados de laboratorio indican que son suelos de pH ligeramente ácido; con niveles altos de materia orgánica. La capacidad de intercambio catiónico es baja y la saturación de bases alta. La principal característica es presentar en el perfil un epipedón mólico y tienen una CIC aparente de menos de 24 cmol(+) por kg de arcilla en 50% o más del volumen entre una profundidad de 25 cm ya sea una profundidad de 100 cm o un contacto dénsico, lítico o paralítico.

Se localizan en régimen de humedad ústico y la velocidad de infiltración de esta unidad de suelos es moderadamente lenta (5 a 20 mm/h). En el momento de la descripción del suelo, el grado de humedad fue húmedo.

Estos suelos ocupan una superficie aproximada de 31 ha que representa menos del 1% del área de estudio total. El perfil modal se identifica con el código CSp-NVI_D2-81-0030.

iii. Vertisols

a) *Leptic Haplusterts* (120, 121)

Estos suelos están desarrollados sobre la Formación Saraguro (Piroclastos (tobas y aglomerados gruesos con bloques de lava) y lavas (andesitas porfíricas) alternantes), dentro de la geoforma denominada niveles estructurales sobre lavas endurecidas, en pendientes fuertes (>40-70%) y muy fuerte (>70-100%).

Las características morfológicas y físicas de este Subgrupo taxonómico presentan un perfil tipo Ap/Bw/Bss/Cr, poco profundo (45 cm) a esta profundidad presenta muchas gravas medias, bien drenado y de escorrentía rápida. Muestra un epipedón ócrico (Ap) de 25 cm de espesor, color pardo oscuro (7.5YR 3/3), textura franco-arcillosa y estructura tipo bloques subangulares. Subyace un horizonte cámbico (Bw) de 20 cm de espesor, color pardo oscuro (7.5YR 3/2), textura arcillosa y estructura tipo bloques subangulares. Continúa un horizonte cámbico (Bss) de 20 cm de espesor, color negro (7.5YR 2.5/1), textura arcilla pesada y estructura tipo bloques angulares (de forma de cuña), presencia de pocos de caras de fricción, con intersección parcial, localizados en las caras del agregado y abundancia poca. Finalmente un horizonte (Cr) de 10 cm de espesor, color pardo-amarillento claro (10YR 6/4).

Los resultados de laboratorio indican que son suelos de pH ligeramente ácido; con niveles bajos de materia orgánica. La capacidad de intercambio catiónico es media y la saturación de bases alta. La principal característica es presentar caras de fricción o agregados en forma de cuña, grietas de 5 mm o más de grosor y 25 cm o más de longitud dentro de los primeros 50 cm del suelo, adicional tienen un contacto dénsico, lítico, paralítico o el límite superior de un duripán, dentro de los 100 cm de la superficie del suelo.

Se localizan en régimen de humedad ústico. En el momento de la descripción del suelo, el grado de humedad fue levemente húmedo.

Estos suelos ocupan una superficie aproximada de 688 ha que representa el 2,50% del área de estudio total. El perfil modal se identifica con el código CSp-NVI_D2-98-0032.

b) Typic Haplusterts (144)

Estos suelos están desarrollados a partir de depósitos de ladera (derrumbe) (Mezcla heterogénea de materiales finos y fragmentos angulares rocosos de muy diverso tamaño), dentro de la geoforma denominada depósitos de deslizamiento, masa deslizada, en pendientes fuertes (>40-70%).

Las características morfológicas y físicas de este Subgrupo taxonómico presentan un perfil tipo A/Bss/Bw/C, poco profundo (30 cm) a esta profundidad presenta comunes piedras, bien drenado y de escorrentía rápida. Muestra un epipedón ócrico (A) de 30 cm de espesor, color negro (10YR 2/1), textura arcillo-arenosa y estructura tipo bloques subangulares. Subyace un horizonte cámbico (Bss) de 40 cm de espesor, color pardo muy oscuro (10YR 2/2), textura arcilla pesada y estructura en forma de bloques con forma de cuña, presencia comunes de caras de fricción con intersección total, localizados en las caras del agregado y abundancia común. Continúa un horizonte cámbico (Bw) de 40 cm de espesor, color pardo oscuro (10YR 3/3), textura arcilla pesada en campo y estructura tipo bloques angulares. Finalmente un horizonte (C) de 20 cm de espesor, color pardo-amarillento oscuro (10YR 4/4), textura arcillosa en campo y estructura tipo masiva.

Los resultados de laboratorio indican que son suelos de pH prácticamente neutro; con niveles bajos de materia orgánica. La capacidad de intercambio catiónico es media y la saturación de bases alta. La principal característica es presentar caras de fricción o agregados en forma de cuña, grietas de 5 mm o más de grosor y 25 cm o más de longitud dentro de los primeros 50 cm del suelo.

Se localizan en régimen de humedad ústico. En el momento de la descripción del suelo, el grado de humedad fue húmedo.

Estos suelos ocupan una superficie aproximada de 6 ha que representa menos del 1% del área de estudio total. El perfil modal se identifica con el código CSp-NVI_D3-82-0013.

c) Typic Haplusterts (148)

Estos suelos están desarrollados a partir de depósitos de ladera (coluvial) (Mezcla heterogénea de materiales finos y fragmentos angulares rocosos, con ausencia de estratificación y estructuras de ordenamiento interno), dentro de la geoforma denominada coluvión antiguo, en pendientes medias a fuertes (>25-40%).

Las características morfológicas y físicas de este Subgrupo taxonómico presentan un perfil tipo Ap/Bss1/Bss2, superficial (20 cm) a esta profundidad presenta un horizonte muy compacto, bien drenado y de escorrentía normal. Muestra un epipedón mólico (Ap) de 20 cm de espesor, color gris muy oscuro (2.5Y 3/1), textura arcillosa y estructura tipo bloques angulares. Subyace un horizonte cámbico (Bss1) de 40 cm de espesor, color gris muy oscuro (2.5Y 3/1), textura arcillosa y estructura tipo bloques angulares, presencia de pocas caras de fricción con intersección total, localizados en las caras del agregado. Finalmente un horizonte cámbico (Bss2) de 45 cm de espesor, color pardo-grisáceo oscuro (2.5Y 4/2), textura arcillosa en campo y estructura tipo bloques subangulares y angulares, presencia de muy pocas caras de fricción con intersección total, localizados en las caras del agregado.

Los resultados de laboratorio indican que son suelos de pH medianamente alcalino; con niveles medios de materia orgánica. La capacidad de intercambio catiónico es alta y la saturación de bases alta. La principal característica es presentar caras de fricción o agregados en forma de cuña, grietas de 5 mm o más de grosor y 25 cm o más de longitud dentro de los primeros 50 cm del suelo.

Se localizan en régimen de humedad ústico y la velocidad de infiltración de esta unidad de suelos es moderadamente lenta (5 a 20 mm/h). En el momento de la descripción del suelo, el grado de humedad fue húmedo.

Estos suelos ocupan una superficie aproximada de 4 ha que representa menos del 1% del área de estudio total. El perfil modal se identifica con el código CSp-NVI_D1-86-0047.

iv. Alfisols

a) *Typic Haplustalfs* (124)

Estos suelos están desarrollados sobre la Formación Saraguro (Piroclastos (tobas y aglomerados gruesos con bloques de lava) y lavas (andesitas porfiríticas) alternantes), dentro de la geoforma denominada vertiente abrupta, en pendientes muy fuertes (>70-100%).

Las características morfológicas y físicas de este Subgrupo taxonómico presentan un perfil tipo Ap/Bt1/Bt2/Ab, profundo (130 cm), bien drenado y de escorrentía rápida. Muestra un epipedón ócrico (Ap) de 14 cm de espesor, color pardo (10YR 5/3), textura franco-arcillo-arenosa y estructura tipo bloques subangulares con granular. Subyace un horizonte argílico (Bt1) de 38 cm de espesor, color pardo-grisáceo oscuro (10YR 4/2), textura franco-arcillo-arenosa y estructura tipo bloques subangulares, presencia de pocos revestimientos de arcilla, localizados en las caras del agregado verticales. Continúa un horizonte argílico (Bt2) de 32 cm de espesor, color gris oscuro (10YR 4/1), textura franco-arcillo-arenosa y estructura tipo bloques subangulares, presencias comunes de revestimientos de arcilla, localizados en las caras del agregado. Finalmente un horizonte (Ab) de 46 cm de espesor, color gris muy oscuro (10YR 3/1), presencia de muchos moteados de color rojo-amarillento (5YR 5/8), textura franco-arcillo-arenosa y estructura tipo bloques subangulares con granular, presencia de muchos revestimientos de arcilla, localizados en las caras del agregado.

Los resultados de laboratorio indican que son suelos de pH ligeramente ácido; con niveles bajos de materia orgánica. La capacidad de intercambio catiónico es media y la saturación de bases alta. La principal característica es presentar iluviación de arcilla a horizontes subsuperficiales y una saturación de bases superior a 35%.

Se localizan en régimen de humedad ústico. En el momento de la descripción del suelo, el grado de humedad fue húmedo.

Estos suelos ocupan una superficie aproximada de 122 ha que representa menos del 1% del área de estudio total. El perfil modal se identifica con el código CSp-NVI_D4-93-0021.

v. Entisols

a) Typic Ustorthents (146)

Estos suelos están desarrollados a partir de depósitos de ladera (coluvial) (Mezcla heterogénea de materiales finos y fragmentos angulares rocosos, con ausencia de estratificación y estructuras de ordenamiento interno), dentro de la geoforma denominada macrocoluvión, en pendientes medias (>12-25%).

Las características morfológicas y físicas de este Subgrupo taxonómico presentan un perfil tipo Ap/C1/C2, superficial (20 cm), bien drenado y de escorrentía normal. Muestra un epipedón ócrico (Ap) de 20 cm de espesor, color pardo (10YR 4/3), textura franco-arcillosa y estructura tipo bloques subangulares. Subyace un horizonte (C1) de 40 cm de espesor, color pardo-grisáceo (10YR 5/2). Finalmente un horizonte (C2) de 40 cm de espesor, color pardo-grisáceo (10YR 5/2).

Los resultados de laboratorio indican que son suelos de pH medianamente ácido; con niveles bajos de materia orgánica. La capacidad de intercambio catiónico es baja y la saturación de bases alta. La principal característica es no mostrar ningún desarrollo definido.

Se localizan en régimen de humedad ústico y la velocidad de infiltración de esta unidad de suelos es muy lenta (< 1,5 mm/h). En el momento de la descripción del suelo, el grado de humedad fue húmedo.

Estos suelos ocupan una superficie aproximada de 204 ha que representa menos del 1% del área de estudio total. El perfil modal se identifica con el código CSp-NVI_D2-87-0028.

3.2.2.1.2. Suelos desarrollados sobre régimen de temperatura isohipertérmico

El régimen de temperatura isohipertérmico indica temperaturas mayores a 21°C, entre los 50 y 100 cm de profundidad, durante todo el año (adaptado FAO, 2009).

i. Entisols

a) Lithic Ustic Torriorthents (153)

Estos suelos están desarrollados sobre la Formación Saraguro (Piroclastos (tobas y aglomerados gruesos con bloques de lava) y lavas (andesitas porfiríticas) alternantes), dentro de la geoforma denominada vertiente heterogénea con fuerte disección, en pendientes fuertes (>40-70%).

Las características morfológicas y físicas de este Subgrupo taxonómico presentan un perfil tipo A/R, poco profundo (30 cm) a esta profundidad presenta contacto lítico, bien drenado y de escorrentía rápida. Muestra un epipedón ócrico (A) de 30 cm de espesor, color pardo-grisáceo muy oscuro (10YR 3/2), textura arcillosa y estructura tipo bloques subangulares.

Finalmente un horizonte (R) de 20 cm de espesor, caracterizados por la presencia de carbonatos en cantidad abundante y en forma de cal polvorienta dispersa.

Los resultados de laboratorio indican que son suelos de pH ligeramente alcalino; con niveles bajos de materia orgánica. La capacidad de intercambio catiónico es alta y la saturación de bases alta. La principal característica es no mostrar ningún desarrollo definido, estar ubicados en régimen de humedad arídico que limita con el régimen ústico y presentar un contacto lítico dentro de los 50 cm de profundidad.

Se localizan en régimen de humedad arídico. En el momento de la descripción del suelo, el grado de humedad fue seco.

Estos suelos ocupan una superficie aproximada de 60 ha que representa menos del 1% del área de estudio total. El perfil modal se identifica con el código CSp-NVI_D1-98-0042.

3.2.3. Dominio Fisiográfico: Relieves de fondo de Cuencas Interandinas

Su origen generalmente estructural, ha permitido el desarrollo de cuencas que posteriormente se han rellenado por depósitos lacustres, fluviales y volcánicos, principalmente. En el cantón Oña este dominio se localiza en el sector centro-norte, representa una depresión entre la quebrada Agritunas y el río León, dentro de la cual se encuentran relieves relictos generados por vertientes abruptas de derrames volcánicos y niveles estructurales sobre lavas endurecidas, entre las lomas Pauta y Yunguilla. Está representado por relieves de fondo de cuencas interandinas sin cobertura piroclástica.

3.2.3.1. Relieves de fondo de Cuencas Interandinas con parcial cobertura piroclástica

Los fondos de las cuencas interandinas del centro y sur del Ecuador, a los que hace referencia este contexto, incluyen, principalmente, la terminación de los valles de los ríos Jubones y León, los relieves monocinales de la cuenca de Cuenca, los fondos de cubetas con rellanos escalonados de Cañar y Cuenca, así como los relieves en capas superpuestas de la cuenca de Cuenca y de la depresión Nabón-Las Nieves. Finalmente, pertenecen también a este contexto los restos y testigos de glaciares que aparecen en la parte inferior del valle de Girón y en la cuenca de Catamayo.

En el primero de estos emplazamientos, la terminación de los valles de los ríos Jubones y León, se extiende una zona de vertientes de fuerte inclinación con abundantes síntomas y evidencias de inestabilidad de laderas y otra de grandes vertientes rectilíneas a menor altura.

En el cantón Oña, este contexto presenta relieves en capas superpuestas de baja inclinación que dan niveles estructurales sobre lavas endurecidas y otras formas de suave buzamiento, en la cuenca de Nabón-Las Nieves. Se localiza en la zona centro-norte, encajada entre las vertientes del río León y la Quebrada Agritunas, ocupando una superficie de aproximadamente 34 km².

3.2.3.1.1. Suelos desarrollados sobre régimen de temperatura isotérmico

El régimen de temperatura isotérmico indica temperaturas de 13 a 21°C, entre los 50 y 100 cm de profundidad, durante todo el año (adaptado FAO, 2009).

i. Inceptisols

a) *Typic Haplustepts (154)*

Estos suelos están desarrollados sobre la Formación Saraguro (Piroclastos (tobas y aglomerados gruesos con bloques de lava) y lavas (andesitas porfiríticas) alternantes), dentro de la geoforma denominada niveles estructurales sobre lavas endurecidas, en pendientes fuertes (>40-70%).

Las características morfológicas y físicas de este Subgrupo taxonómico presentan un perfil tipo A/Bw1/Bw2/Bw3/Cr, moderadamente profundo (100 cm), bien drenado y de escorrentía normal. Muestra un epipedón ócrico (A) de 10 cm de espesor, color pardo-grisáceo oscuro (10YR 4/2), textura franca y estructura tipo bloques subangulares. Subyace un horizonte cámbico (Bw1) de 15 cm de espesor, color pardo-amarillento oscuro (10YR 4/4), textura franco-arcillo-arenosa y estructura tipo bloques subangulares y desmenuzable. Continúa un horizonte cámbico (Bw2) de 45 cm de espesor, color pardo (10YR 4/3), textura franco-arcillo-arenosa y estructura tipo bloques subangulares y desmenuzable. Continúa un horizonte cámbico (Bw3) de 30 cm de espesor, color pardo-amarillento (10YR 5/4), textura areno-francosa en campo y estructura tipo bloques subangulares y desmenuzable. Finalmente un horizonte (Cr) de 35 cm de espesor.

Los resultados de laboratorio indican que son suelos de pH ligeramente ácido; con niveles bajos de materia orgánica. La capacidad de intercambio catiónico es alta y la saturación de bases alta. La principal característica es tener una saturación de bases superior al 60% en todos los horizontes comprendidos entre 25 y 75 cm de profundidad.

Se localizan en régimen de humedad ústico. En el momento de la descripción del suelo, el grado de humedad fue levemente húmedo.

Estos suelos ocupan una superficie aproximada de 610 ha que representa el 2,22% del área de estudio total. El perfil modal se identifica con el código CSp-NVI_D2-87-0037.

b) *Aridic Calcustepts (155)*

Estos suelos están desarrollados sobre la Formación Saraguro (Piroclastos (tobas y aglomerados gruesos con bloques de lava) y lavas (andesitas porfiríticas) alternantes), dentro de la geoforma denominada niveles estructurales sobre lavas endurecidas, en pendientes medias (>12-25%).

Las características morfológicas y físicas de este Subgrupo taxonómico presentan un perfil tipo A/Bk/Cr, superficial (20 cm) a esta profundidad presenta comunes gravas finas, bien drenado y de escorrentía normal. Muestra un epipedón ócrico (A) de 20 cm de espesor, color pardo-grisáceo oscuro (10YR 4/2), textura arcillosa y estructura tipo bloques subangulares. Subyace un horizonte cálcico (Bk) de 30 cm de espesor, color gris muy oscuro (2.5Y 3/1), textura arcillosa y estructura tipo bloques subangulares con granular, caracterizados por la presencia de carbonatos en cantidad abundante y en forma de

interestratificaciones. Finalmente un horizonte (Cr) de 60 cm de espesor,, caracterizados por la presencia de carbonatos en cantidad muy abundante y en forma de interestratificaciones.

Los resultados de laboratorio indican que son suelos de pH medianamente alcalino; con niveles bajos de materia orgánica. La capacidad de intercambio catiónico es alta y la saturación de bases alta. Presenta un contenido de 17% de carbonatos totales. La principal característica es presentar un horizonte diagnóstico que cumple las condiciones para cálcico dentro de los 100 cm o un horizonte pretrocálcico dentro de los 150 cm de profundidad, poseen carbonatos libres o una clase textural areno francosa por encima de los horizontes mencionados anteriormente, adicional indica una transición del régimen de humedad ústico y arídico.

Se localizan en régimen de humedad ústico y la velocidad de infiltración de esta unidad de suelos es moderadamente lenta (5 a 20 mm/h). En el momento de la descripción del suelo, el grado de humedad fue levemente húmedo.

Estos suelos ocupan una superficie aproximada de 14 ha que representa menos del 1% del área de estudio total. El perfil modal se identifica con el código CSp-NVI_D2-87-0033.

c) Aridic Calciustepts (157)

Estos suelos están desarrollados sobre la Formación Saraguro (Piroclastos (tobas y aglomerados gruesos con bloques de lava) y lavas (andesitas porfíricas) alternantes), dentro de la geoforma denominada vertiente abrupta, en pendientes muy fuertes (>70-100%).

Las características morfológicas y físicas de este Subgrupo taxonómico presentan un perfil tipo A/Bk1/Bk2/Bw, superficial (20 cm), bien drenado y de escorrentía rápida. Muestra un epipedón ócrico (A) de 20 cm de espesor, color pardo fuerte (7.5YR 4/6), textura franco-arenosa y estructura tipo grano simple. Subyace un horizonte cálcico (Bk1) de 40 cm de espesor, color pardo (7.5YR 4/4), textura franco-arenosa y estructura tipo bloques subangulares, caracterizados por la presencia de carbonatos en cantidad frecuente y en forma de pseudomicelio. Continúa un horizonte cálcico (Bk2) de 50 cm de espesor, color pardo oscuro (7.5YR 3/4), textura franco-arcillosa en campo y estructura tipo bloques subangulares. Finalmente un horizonte cámbico (Bw) de 30 cm de espesor, color pardo fuerte (7.5YR 4/6), textura franco-arcillosa en campo y estructura tipo bloques subangulares.

Los resultados de laboratorio indican que son suelos de pH ligeramente alcalino; con niveles bajos de materia orgánica. La capacidad de intercambio catiónico es alta y la saturación de bases alta. La principal característica es presentar un horizonte diagnóstico que cumple las condiciones para cálcico dentro de los 100 cm o un horizonte pretrocálcico dentro de los 150 cm de profundidad, poseen carbonatos libres o una clase textural areno francosa por encima de los horizontes mencionados anteriormente, adicional indica una transición del régimen de humedad ústico y arídico.

Se localizan en régimen de humedad ústico. En el momento de la descripción del suelo, el grado de humedad fue seco.

Estos suelos ocupan una superficie aproximada de 31 ha que representa menos del 1% del área de estudio total. El perfil modal se identifica con el código CSp-NVI_D2-99-0021.

d) *Typic Haplustepts (164, 165, 166, 167)*

Estos suelos están desarrollados a partir de depósitos de ladera (coluvial) (Mezcla heterogénea de materiales finos y fragmentos angulares rocosos, con ausencia de estratificación y estructuras de ordenamiento interno), a partir de depósitos fluvio glaciares (Bloques y gravas en matriz de grano fino, con ocasionales niveles de arenas) y a partir de depósitos fluvio lacustres (depósitos lagunares) (Depósitos detríticos (lutitas y limos predominantes)), dentro de las geoformas denominadas coluvión antiguo, depósito glaciar modelado por acción fluvial y laguna colmatada, en pendientes plana (0-2%), suaves (>5-12%) y medias (>12-25%).

Las características morfológicas y físicas de este Subgrupo taxonómico presentan un perfil tipo Ap/Bw1/Bw2/Bw3, profundo (135 cm), moderadamente drenado y de escorrentía normal. Muestra un epipedón ócrico (Ap) de 20 cm de espesor, color pardo-grisáceo (10YR 5/2), textura arcilla pesada y estructura tipo bloques subangulares. Subyace un horizonte cámbico (Bw1) de 35 cm de espesor, color pardo (10YR 4/3), presencia de moteados de abundancia pocos y color pardo fuerte (7.5YR 5/8), textura arcilla pesada y estructura tipo bloques subangulares y angulares. Continúa un horizonte cámbico (Bw2) de 20 cm de espesor, color pardo (7.5YR 4/3), textura arcillosa en campo y estructura tipo bloques subangulares y angulares. Finalmente un horizonte cámbico (Bw3) de 60 cm de espesor, color pardo (7.5YR 4/4), textura arcillosa en campo y estructura tipo bloques angulares.

Los resultados de laboratorio indican que son suelos de pH ligeramente ácido; con niveles bajos de materia orgánica. La capacidad de intercambio catiónico es baja y la saturación de bases alta. La principal característica es tener una saturación de bases superior al 60% en todos los horizontes comprendidos entre 25 y 75 cm de profundidad.

Se localizan en régimen de humedad ústico y las velocidades de infiltración de estas unidades de suelos son lenta (1,5 a 5 mm/h) y moderadamente lenta (5 a 20 mm/h). En el momento de la descripción del suelo, el grado de humedad fue húmedo.

Estos suelos ocupan una superficie aproximada de 465 ha que representa el 1,69% del área de estudio total. El perfil modal se identifica con el código CSp-NVI_D2-86-0042.

En esta unidad edáfica existe una inclusión con características específicas que se detallan a continuación:

- *Typic Haplusterts CSp-NVI_D2-87-0029*

Las características morfológicas y físicas de este Subgrupo taxonómico presentan un perfil tipo Ap/A/Bss/Ck, moderadamente profundo (80 cm), moderadamente drenado y de escorrentía lenta. Muestra un epipedón ócrico (Ap) de 20 cm de espesor, color gris oscuro (10YR 4/1), textura franco-arcillosa y estructura tipo bloques angulares. Subyace un epipedón ócrico (A) de 30 cm de espesor, color pardo-grisáceo muy oscuro (2.5Y 3/2), textura franco-arcillo-arenosa y estructura tipo bloques angulares. Continúa un horizonte cámbico (Bss) de 30 cm de espesor, color gris muy oscuro (2.5Y 3/1), textura arcillosa y estructura tipo masiva con bloques subangulares, presencia comunes de de caras de fricción, con intersección parcial, localizados en las caras del agregado. Finalmente un horizonte (Ck) de 30 cm de espesor, color pardo-grisáceo muy oscuro (2.5Y 3/2), textura franco-arcillo-arenosa en campo y estructura tipo masiva, caracterizados por la presencia de carbonatos en cantidad frecuente y en forma de pseudomicelio.

Los resultados de laboratorio indican que son suelos de pH ligeramente ácido; con niveles bajos de materia orgánica. La capacidad de intercambio catiónico es media y la saturación de bases alta. La principal característica es presentar caras de fricción o agregados en forma de cuña, grietas de 5 mm o más de grosor y 25 cm o más de longitud dentro de los primeros 50 cm del suelo.

Se localizan en régimen de humedad ústico. En el momento de la descripción del suelo, el grado de humedad fue levemente húmedo

ii. Vertisols

a) *Typic Haplusterts (156)*

Estos suelos están desarrollados sobre la Formación Saraguro (Piroclastos (tobas y aglomerados gruesos con bloques de lava) y lavas (andesitas porfíricas) alternantes), dentro de la geoforma denominada superficie inclinada disectada, en pendientes medias (>12-25%).

Las características morfológicas y físicas de este Subgrupo taxonómico presentan un perfil tipo A/Bss/Cr, moderadamente profundo (60 cm), bien drenado y de escorrentía normal. Muestra un epipedón ócrico (A) de 25 cm de espesor, color gris oscuro (2.5Y 4/1), textura arcillosa y estructura tipo bloques subangulares. Subyace un horizonte cámbico (Bss) de 35 cm de espesor, color gris muy oscuro (2.5Y 3/1), textura arcilla pesada y estructura tipo bloques en forma de cuña, presencia de muchos de caras de fricción, sin intersección, localizados en las caras del agregado. Finalmente un horizonte (Cr) de 15 cm de espesor.

Los resultados de laboratorio indican que son suelos de pH prácticamente neutro; con niveles bajos de materia orgánica. La capacidad de intercambio catiónico es alta y la saturación de bases alta. La principal característica es presentar caras de fricción o agregados en forma de cuña, grietas de 5 mm o más de grosor y 25 cm o más de longitud dentro de los primeros 50 cm del suelo.

Se localizan en régimen de humedad ústico y la velocidad de infiltración de esta unidad de suelos es lenta (1,5 a 5 mm/h). En el momento de la descripción del suelo, el grado de humedad fue húmedo.

Estos suelos ocupan una superficie aproximada de 427 ha que representa el 1,55% del área de estudio total. El perfil modal se identifica con el código CSp-NVI_D2-86-0034.

b) *Chromic Calciusterts (160, 161)*

Estos suelos están desarrollados sobre la Formación Saraguro (Piroclastos (tobas y aglomerados gruesos con bloques de lava) y lavas (andesitas porfíricas) alternantes), dentro de la geoforma denominada vertiente heterogénea, en pendientes medias (>12-25%) y medias a fuertes (>25-40%).

Las características morfológicas y físicas de este Subgrupo taxonómico presentan un perfil tipo A/Bss/Bssk/Bkk, poco profundo (50 cm) a esta profundidad presenta pocas gravas finas, bien drenado y de escorrentía normal. Muestra un epipedón ócrico (A) de 25 cm de espesor, color gris oscuro (10YR 4/1), textura arcillo-arenosa y estructura tipo bloques angulares. Subyace un horizonte cámbico (Bss) de 25 cm de espesor, color gris muy oscuro (10YR 3/1), textura arcilla pesada y estructura tipo bloques angulares (de forma de cuña), presencia comunes de de caras de fricción con intersección total, localizados en las caras

del agregado. Continúa un horizonte cálcico (Bssk) de 15 cm de espesor, color gris oscuro (10YR 4/1), textura arcillosa en campo y estructura tipo bloques angulares, caracterizados por la presencia de carbonatos en cantidad muy abundante y en forma de capa dura cementada (menos de 10cm de grosor), presencia comunes de caras de fricción con intersección total, localizados en las caras de agregados horizontales. Finalmente un horizonte cálcico (Bkk) de 30 cm de espesor, color gris claro (10YR 7/1), textura arcillo-limosa en campo y estructura tipo bloques angulares. Además presenta una continua cementación por carbonatos.

Los resultados de laboratorio indican que son suelos de pH ligeramente alcalino; con niveles bajos de materia orgánica. La capacidad de intercambio catiónico es media y la saturación de bases alta. La principal característica es presentar un horizonte cálcico o petrocálcico dentro de los 100 cm de la superficie del suelo y poseen en uno a más horizontes dentro de los 30 cm 50% o más de un value de 4 o más (húmedo) o un value en seco de 6 o más, o un chroma de 3 o más.

Se localizan en régimen de humedad ústico y las velocidades de infiltración de estas unidades de suelos son lenta (1,5 a 5 mm/h) y moderadamente lenta (5 a 20 mm/h). En el momento de la descripción del suelo, el grado de humedad fue levemente húmedo.

Estos suelos ocupan una superficie aproximada de 370 ha que representa el 1,34% del área de estudio total. El perfil modal se identifica con el código CSp-NVI_D1-99-0039.

c) Typic Haplusterts (163)

Estos suelos están desarrollados sobre la Formación Saraguro (Piroclastos (tobas y aglomerados gruesos con bloques de lava) y lavas (andesitas porfíricas) alternantes), dentro de la geoforma denominada vertiente rectilínea con fuerte disección, en pendientes medias a fuertes (>25-40%).

Las características morfológicas y físicas de este Subgrupo taxonómico presentan un perfil tipo A/Bss/Cr, moderadamente profundo (55 cm), bien drenado y de escorrentía normal. Muestra un epipedón ócrico (A) de 15 cm de espesor, color gris muy oscuro (2.5Y 3/1), textura arcillosa y estructura tipo bloques subangulares y angulares. Subyace un horizonte cámbico (Bss) de 40 cm de espesor, color gris muy oscuro (5Y 3/1), textura arcilla pesada y estructura tipo bloques angulares, presencia de muchas caras de fricción con intersección total, localizados en las caras del agregado. Finalmente un horizonte (Cr) de 20 cm de espesor.

Los resultados de laboratorio indican que son suelos de pH prácticamente neutro; con niveles bajos de materia orgánica. La capacidad de intercambio catiónico es media y la saturación de bases alta. La principal característica es presentar caras de fricción o agregados en forma de cuña, grietas de 5 mm o más de grosor y 25 cm o más de longitud dentro de los primeros 50 cm del suelo.

Se localizan en régimen de humedad ústico y la velocidad de infiltración de esta unidad de suelos es moderadamente lenta (5 a 20 mm/h). En el momento de la descripción del suelo, el grado de humedad fue seco.

Estos suelos ocupan una superficie aproximada de 357 ha que representa el 1,30% del área de estudio total. El perfil modal se identifica con el código CSp-NVI_D2-86-0035.

iii. Entisols

a) *Typic Ustorthents* (158)

Estos suelos están desarrollados sobre la Formación Saraguro (Piroclastos (tobas y aglomerados gruesos con bloques de lava) y lavas (andesitas porfiríticas) alternantes), dentro de la geoforma denominada vertiente abrupta de derrames volcánicos tabulares, en pendientes muy fuertes (>70-100%).

Las características morfológicas y físicas de este Subgrupo taxonómico presentan un perfil tipo A/C/Cr, poco profundo (30 cm) a esta profundidad presenta muchas piedras, excesivamente drenado y de escorrentía rápida. Muestra un epipedón ócrico (A) de 30 cm de espesor, color pardo (7.5YR 4/3), textura franco-arcillosa y estructura tipo granular y bloques subangulares. Subyace un horizonte (C) de 40 cm de espesor, color pardo (7.5YR 4/4), textura franco-arcillosa y estructura tipo masiva y desmenuzable. Finalmente un horizonte (Cr) de 45 cm de espesor.

Los resultados de laboratorio indican que son suelos de pH ligeramente alcalino; con niveles bajos de materia orgánica. La capacidad de intercambio catiónico es media y la saturación de bases alta. La principal característica es no mostrar ningún desarrollo definido.

Se localizan en régimen de humedad ústico. En el momento de la descripción del suelo, el grado de humedad fue seco.

Estos suelos ocupan una superficie aproximada de 229 ha que representa menos del 1% del área de estudio total. El perfil modal se identifica con el código CSp-NVI_D2-86-0033.

b) *Typic Ustorthents* (159)

Estos suelos están desarrollados sobre la Formación Saraguro (Piroclastos (tobas y aglomerados gruesos con bloques de lava) y lavas (andesitas porfiríticas) alternantes), dentro de la geoforma denominada vertiente heterogénea, en pendientes fuertes (>40-70%).

Las características morfológicas y físicas de este Subgrupo taxonómico presentan un perfil tipo A/C1/C2, superficial (20 cm) a esta profundidad presenta comunes gravas finas, bien drenado y de escorrentía rápida. Muestra un epipedón ócrico (A) de 20 cm de espesor, color gris oscuro (10YR 4/1), textura arcillosa y estructura tipo granular y bloques subangulares. Subyace un horizonte (C1) de 110 cm de espesor, color pardo-grisáceo (10YR 5/2), textura franco-arcillosa y estructura tipo masiva porosa y desmenuzable. Finalmente un horizonte (C2) de 25 cm de espesor, color pardo (7.5YR 5/3), textura arcillo-limosa en campo y estructura tipo masiva porosa y desmenuzable.

Los resultados de laboratorio indican que son suelos de pH medianamente alcalino; con niveles bajos de materia orgánica. La capacidad de intercambio catiónico es alta y la saturación de bases alta. La principal característica es no mostrar ningún desarrollo definido.

Se localizan en régimen de humedad ústico. En el momento de la descripción del suelo, el grado de humedad fue húmedo.

Estos suelos ocupan una superficie aproximada de 692 ha que representa el 2,52% del área de estudio total. El perfil modal se identifica con el código CSp-NVI_D2-86-0031.

c) *Lithic Ustorthents* (162)

Estos suelos están desarrollados sobre la Formación Saraguro (Piroclastos (tobas y aglomerados gruesos con bloques de lava) y lavas (andesitas porfíricas) alternantes), dentro de la geoforma denominada vertiente rectilínea, en pendientes fuertes (>40-70%).

Las características morfológicas y físicas de este Subgrupo taxonómico presentan un perfil tipo A/R, superficial (20 cm) a esta profundidad presenta muchas gravas medias, bien drenado y de escorrentía rápida. Muestra un epipedón ócrico (A) de 20 cm de espesor, color pardo-grisáceo oscuro (10YR 4/2), textura franco-arcillosa y estructura tipo bloques subangulares. Finalmente un horizonte (Cr) de 20 cm de espesor.

Los resultados de laboratorio indican que son suelos de pH prácticamente neutro; con niveles bajos de materia orgánica. La capacidad de intercambio catiónico es baja y la saturación de bases alta. La principal característica es no mostrar ningún desarrollo definido y presentan un contacto lítico antes de 50 cm de profundidad.

Se localizan en régimen de humedad ústico. En el momento de la descripción del suelo, el grado de humedad fue seco.

Estos suelos ocupan una superficie aproximada de 204 ha que representa menos del 1% del área de estudio total. El perfil modal se identifica con el código CSp-NVI_D2-86-0032.

3.3. Resumen de resultados

El cantón Oña ocupa una superficie aproximada de 29.406 ha coincidiendo con el total de superficie intervenida para el presente estudio (Figura 3.1) y en él aparecen representados tres dominios fisiográficos: Cimas frías de las Cordilleras Occidental y Real, Vertientes y relieves de Cuencas Interandinas y Relieves de fondo de Cuencas Interandinas.

El dominio fisiográfico Cimas frías de las Cordilleras Occidental y Real se localiza en la parte centro-sur y norte del cantón, con los regímenes de humedad údico y ústico y regímenes de temperatura isofrígido, isotérmico e isomésico. Donde se han descrito Inceptisols, Andisols, Mollisols, Entisols, Vertisols e Histosols.

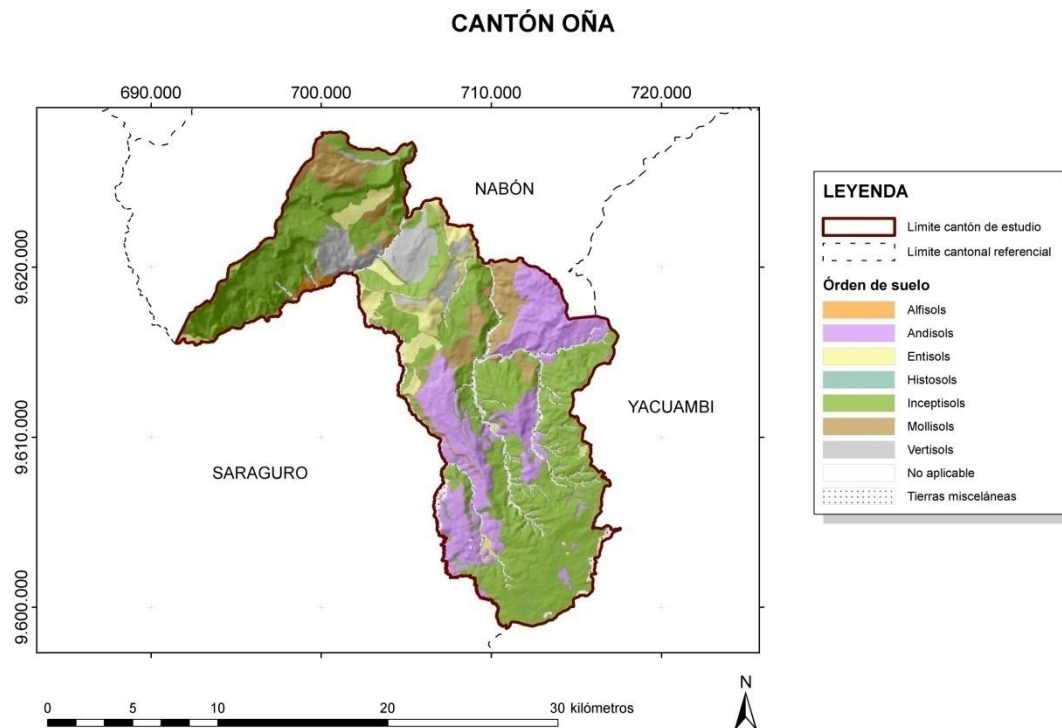
El dominio fisiográfico Vertientes y relieves de Cuencas Interandinas, se localiza en la parte centro y norte del cantón, con los regímenes de humedad ústico y arídico y los regímenes de temperatura encontrados son isotérmico e isohipertérmico. Donde se han descrito Inceptisols, Vertisols, Alfisols, Mollisols y Entisols.

En el cantón se describe además la presencia del dominio fisiográfico Relieves de fondo de Cuencas Interandinas, localiza en la parte centro-norte del cantón. El régimen de humedad es ústico, el régimen de temperatura es isotérmico. Donde se han descrito Inceptisols, Vertisols y Entisols.

En líneas generales, tal como se muestra Gráfico 3.1 y Cuadro 3.2, puede decirse que en el cantón Oña predominan los suelos del orden Inceptisols con 15.800 ha (53,73%), seguidos por el orden Andisols con 5.299 ha (18,02%), continúa el orden Mollisols con 2.385 ha (8,09%), sigue el orden Vertisols con 1.931 ha (6,57%), continúa el orden Entisols con 1.921 ha (6,53%), a continuación orden Alfisols con 122 ha (0,42%) y por último el orden

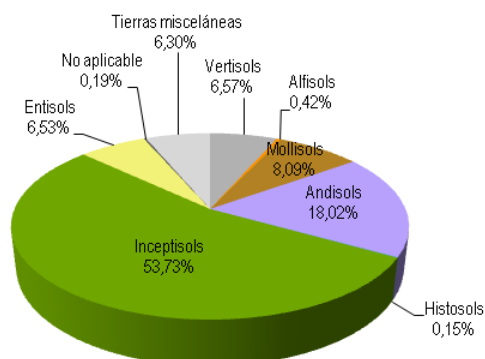
Histosols con 43 ha (0,15%). Por su parte, la superficie del área de estudio que no ha sido caracterizada (Tierras misceláneas y No aplicable) suma un total de 1.910 ha (6,49%).

Figura 3.3. Ubicación de los diferentes órdenes de suelos en el cantón Oña



Fuente: Consorcio Tracasa-Nipsa, 2015.

Gráfico 3.1. Representación de la distribución porcentual de los órdenes de suelos en el cantón Oña



Fuente: Consorcio Tracasa-Nipsa, 2015.

Cuadro 3.2. Órdenes de suelos en el cantón Oña

Orden de Suelo (SSS-USDA, 2006)	Superficie aproximada	
	ha	%*
Inceptisols	15.800	53,73
Andisols	5.299	18,02
Mollisols	2.380	8,09
Vertisols	1.931	6,57
Entisols	1.921	6,53
Alfisols	122	0,42
Histosols	43	0,15
No aplicable ¹	57	0,19
Tierras misceláneas ²	1.853	6,30
Total	29.406	100

* Porcentaje calculado respecto a la superficie total del área de estudio.

¹No aplicable: masas de agua (lagunas, ríos, cauces y meandros, terrazas bajas, pantanos, etc.)

²Tierras misceláneas: eriales y geoformas excluidas (valles en V, barrancos...).

Fuente: Consorcio Tracasa-Nipsa, 2015.

3.3.1. Inceptisols

Corresponde a suelos jóvenes con un débil pero notable grado de desarrollo del perfil, que presentan ya sea un epipedón úmbrico o un horizonte cámbico.

Los subgrupos correspondientes al orden Inceptisols encontrados en el cantón pertenecen a tres subórdenes y siete grandes grupos como se muestra en el Cuadro 3.3.

Cuadro 3.3. Diferentes subgrupos encontrados dentro del orden Inceptisols en el cantón Oña

Orden	Suborden	Gran Grupo	Subgrupo	ha	%*	
Inceptisols	Ustepts	Haplustepts	Typic Haplustepts	4.245	14,44	
			Torrertic Haplustepts	366	1,25	
			Vertic Haplustepts	271	0,92	
			Oxic Haplustepts	253	0,86	
			Aridic Haplustepts	96	0,33	
		Dystrustepts	Humic Dystrustepts	1.018	3,46	
			Oxic Dystrustepts	848	2,88	
			Aquic Dystrustepts	149	0,51	
			Typic Dystrustepts	93	0,32	
		Calcustepts	Typic Calcustepts	117	0,40	
			Aridic Calcustepts	45	0,15	
		Cryepts	Humicryepts	Typic Humicryepts	4.015	13,65
				Lithic Humicryepts	70	0,24
	Dystrocryepts		Lithic Dystrocryepts	428	1,46	
			Fluventic Dystrocryepts	56	0,19	
	Udepts	Dystrudepts	Oxic Dystrudepts	1.543	5,25	
			Andic Dystrudepts	1.295	4,40	
			Humic Dystrudepts	620	2,11	
			Typic Dystrudepts	29	0,10	
		Eutrudepts	Typic Eutrudepts	243	0,83	
Total				15.800	53,73	

* Porcentaje calculado respecto a la superficie total del área de estudio.

Fuente: Consorcio Tracasa-Nipsa, 2015.

Representan aproximadamente un 53,73% del área total de estudio y se distribuyen casi en la totalidad del cantón, en el dominio fisiográfico Cimas frías de las Cordilleras Occidental y Real con los contextos morfológicos Paisajes glaciares, Paisajes de páramo con modelado periglaciario y huellas glaciares poco marcadas y Relieves de los márgenes de las cimas frías, así también el dominio fisiográfico Vertientes y relieves de Cuencas Interandinas, que contiene al contexto morfológico Vertientes y relieves inferiores de las Cuencas Interandinas, con parcial cobertura piroclástica (Sierra Sur), continua el dominio fisiográfico Relieves de fondo de Cuencas Interandinas con el contexto morfológico Relieves de fondo de Cuencas Interandinas con parcial cobertura piroclástica.

Este orden de suelo se encuentra en las siguientes geoformas: relieve colinado medio, superficie alta disectada, superficie ondulada lacustre, vertiente heterogénea con fuerte disección, relieve colinado bajo, drumlins, morrenas, depósito glaciario modelado por acción fluvial, superficie inclinada, abrupto de superficie inclinada, relieve colinado alto, vertiente heterogénea, relieve volcánico colinado alto, relieve volcánico colinado medio, relieves escalonados sobre capas de lava endurecida y otros materiales volcánicos, depósitos de

deslizamiento, masa deslizada, coluvión antiguo, coluvio-aluvial antiguo, coluvio-aluvial reciente, superficie de meseta volcánica disectada, interfluvio de cimas redondeadas, vertiente rectilínea con fuerte disección, vertiente abrupta de derrames volcánicos tabulares, vertiente rectilínea con abruptos, coluvión reciente, niveles estructurales sobre lavas endurecidas, superficie de chevron, vertiente abrupta con fuerte disección, vertiente de chevron, relieve volcánico montañoso, vertiente abrupta, laguna colmatada y vertiente rectilínea.

Las características generales de los grandes grupos se describen a continuación:

3.3.1.1. Haplustepts

Los suelos de este gran grupo se ubican en áreas localizadas en régimen de humedad ústico la característica principal de estos suelos es el nivel alto de saturación de bases (mayor del 60%).

3.3.1.2. Dystrustepts

Este gran grupo del orden de los Inceptisols se ubica en el régimen de humedad del suelo ústico la característica principal de estos suelos es el nivel bajo de saturación de bases (menos del 60%).

3.3.1.3. Calciustepts

Este gran grupo del orden de los Inceptisols se ubica en el régimen de humedad del suelo ústico y presenta un horizonte cálcico con su límite superior dentro de los 100 cm o un horizonte petrocálcico que tiene su límite superior dentro de los 150 cm.

3.3.1.4. Humicryepts

Otro gran grupo del orden de los Inceptisols caracterizado por ubicarse en clima frío correspondiente al régimen de temperatura del suelo isofrígido y que poseen un epipedón mólico o úmbrico.

3.3.1.5. Dystrcryepts

Este gran grupo del orden de los Inceptisols se ubica en un régimen de temperatura del suelo isofrígido la característica principal de estos suelos es el nivel bajo de saturación de bases (menos del 50%).

3.3.1.6. Dystrudepts

Este gran grupo del orden de los Inceptisols se ubica en el régimen de humedad del suelo údico como característica principal de estos suelos es el nivel bajo de saturación de bases (menos del 60%).

3.3.1.7. Eutrudepts

Este gran grupo del orden de los Inceptisols se ubica en el régimen de humedad del suelo údico la característica principal de estos suelos es el nivel alto de saturación de bases (mayor del 60%).

3.3.2. Andisols

Son suelos relativamente jóvenes de origen volcánico (ceniza, vidrio, piedra pómez, lava u otros) y caracterizados por presentar materiales de fácil alteración, dominados por aluminosilicatos que forman materiales como alofano, imogolita o complejos metal-humus. Las características distintivas son la densidad aparente menor a 0,9 g/cm³, retención de fósforo de 85% o más y otras, dentro de al menos los 60 cm superiores del suelo.

Los subgrupos correspondientes al orden Andisols encontrados en el cantón pertenecen a dos subórdenes y cuatro grandes grupos como se muestra en el Cuadro 3.4.

Cuadro 3.4. Diferentes subgrupos encontrados dentro del orden Andisols en el cantón Oña

Orden	Suborden	Gran Grupo	Subgrupo	ha	%*
Andisols	Udands	Hapludands	Alfic Hapludands	1.698	5,77
			Acrudoxic Hapludands	1.087	3,70
			Typic Hapludands	197	0,67
			Alic Hapludands	120	0,41
		Melanudands	Acrudoxic Melanudands	360	1,22
			Pachic Melanudands	176	0,60
	Cryands	Haplocryands	Typic Haplocryands	1.008	3,43
			Alic Haplocryands	334	1,14
			Acrudoxic Haplocryands	59	0,20
		Melanocryands	Typic Melanocryands	260	0,88
Total				5.299	18,02

* Porcentaje calculado respecto a la superficie total del área de estudio.

Fuente: Consorcio Tracasa-Nipsa, 2015.

Representan aproximadamente un 18,02% del área total de estudio y se distribuyen en la parte centro-sur del cantón, en el dominio fisiográfico Cimas frías de las Cordilleras Occidental y Real con los contextos morfológicos Paisajes glaciares, Paisajes de páramo

con modelado periglaciario y huellas glaciares poco marcadas y Relieves de los márgenes de las cimas frías.

Este orden de suelo se encuentra en las siguientes geoformas: depresión lagunar, depósito glaciario modelado por acción fluvial, hondonadas pantanosas de origen glaciario-periglaciario, relieve volcánico colinado medio, relieves escalonados sobre capas de lava endurecida y otros materiales volcánicos, relieve volcánico colinado alto, vertiente abrupta, superficie inclinada, superficie inclinada disectada, cerro testigo, vertiente abrupta de derrames volcánicos tabulares, vertiente heterogénea, vertiente heterogénea con fuerte disección, vertiente rectilínea y relieve volcánico colinado muy alto.

Las características generales de los grandes grupos se describen a continuación:

3.3.2.1. Hapludands

Los suelos de este gran grupo se ubican en régimen de humedad del suelo údico, presentan una densidad aparente menor a 0.9 g/cm^3 y alta retención de fósforo.

3.3.2.2. Melanudands

Los suelos de este Gran Grupo correspondiente al régimen de humedad del suelo údico en cuyo perfil se identifica un horizonte superficial de color muy oscuro potente y alto contenido de carbono orgánico denominado epipedón melánico.

3.3.2.3. Haplocryands

Otro gran grupo del orden de los Andisols que tienen un régimen de temperatura del suelo isofrío, presentan una densidad aparente menor a 0.9 g/cm^3 y alta retención de fósforo.

3.3.2.4. Melanocryands

Otro gran grupo del orden de los Andisols caracterizado por ubicarse en clima frío correspondiente al régimen de temperatura del suelo isofrío. En el perfil se identifica un horizonte superficial de color muy oscuro, potente y alto contenido de carbono orgánico denominado melánico.

3.3.3. Mollisols

Suelos caracterizados por presentar colores oscuros, firmes a friables, ricos en compuestos orgánicos superficiales (epipedón mólico), con tendencia natural fértil y poseen una alta saturación de bases.

Los subgrupos correspondientes al orden Mollisols encontrados en el cantón pertenecen a dos subordenes y dos grandes grupos como se muestra en el Cuadro 3.5.

Cuadro 3.5. Diferentes subgrupos encontrados dentro del orden Mollisols en el cantón Oña

Orden	Suborden	Gran Grupo	Subgrupo	ha	%*
Mollisols	Ustolls	Haplustolls	Entic Haplustolls	1.230	4,18
			Oxyaquic Haplustolls	378	1,28
			Oxic Haplustolls	31	0,11
	Udolls	Argiudolls	Typic Argiudolls	741	2,52
Total				2.380	8,09

* Porcentaje calculado respecto a la superficie total del área de estudio.

Fuente: Consorcio Tracasa-Nipsa, 2015.

Representan aproximadamente un 8,09% del área total de estudio y se distribuye en el centro y norte del cantón, se encuentran en el dominio fisiográfico Cimas frías de las Cordilleras Occidental y Real con los contextos morfológicos Paisajes de páramo con modelado periglaciario y huellas glaciares poco marcadas y Relieves de los márgenes de las cimas frías, así también el dominio fisiográfico Vertientes y relieves de Cuencas Interandinas, que contiene a los contextos morfológicos Vertientes y relieves inferiores de las Cuencas Interandinas, con parcial cobertura piroclástica (Sierra Sur).

Este orden de suelo se encuentra en la siguiente geoforma: relieve volcánico colinado alto, vertiente abrupta de derrames volcánicos tabulares, niveles estructurales sobre lavas endurecidas, vertiente rectilínea con fuerte disección, vertiente abrupta, vertiente heterogénea y coluvión antiguo.

Las características generales del grande grupo se describen a continuación:

3.3.3.1. Haplustolls

Gran grupo del orden de los Mollisols se ubica en régimen de humedad ústico e incluye en el perfil un epipedón mólico.

3.3.3.2. Argiudolls

Los suelos de este gran grupo se ubican en régimen de humedad údico, con presencia en el perfil de un epipedón mólico y un horizonte de diagnóstico con acumulación iluvial de arcillas silicatadas denominado argílico.

3.3.4. Vertisols

Corresponde a suelos dominados por minerales arcillosos que se encogen y agrietan cuando seco; y se expande cuando húmedo (proceso de contracción-expansión característico de las arcillas 2:1 como la montmorillonita) presentan agregados en forma de cuña y caras de fricción (superficies brillantes y estriados estructurales).

Los subgrupos correspondientes al orden Vertisols encontrados en el cantón pertenecen a un suborden y dos grandes grupos como se muestra en el Cuadro 3.6.

Cuadro 3.6. Diferentes subgrupos encontrados dentro del orden Vertisols en el cantón Oña

Orden	Suborden	Gran Grupo	Subgrupo	ha	%*
Vertisols	Usterts	Haplusterts	Typic Haplusterts	794	2,70
			Leptic Haplusterts	768	2,61
		Calciusterts	Chromic Calciusterts	370	1,26
Total				1.931	6,57

* Porcentaje calculado respecto a la superficie total del área de estudio.

Fuente: Consorcio Tracasa-Nipsa, 2015.

Representan aproximadamente un 6,57% del área total de estudio y se distribuyen en pequeñas áreas en el centro y norte del cantón, se encuentra el dominio fisiográfico Cimas frías de las Cordilleras Occidental y Real con el contexto morfológico Relieves de los márgenes de las cimas frías, así también el dominio fisiográfico Vertientes y relieves de Cuencas Interandinas, que contiene a el contexto morfológico Vertientes y relieves inferiores de las Cuencas Interandinas, con parcial cobertura piroclástica (Sierra Sur), continua el dominio fisiográfico Relieves de fondo de Cuencas Interandinas con el contexto morfológico Relieves de fondo de Cuencas Interandinas con parcial cobertura piroclástica.

Este orden de suelo se encuentra en las siguientes geoformas: vertiente abrupta, niveles estructurales sobre lavas endurecidas, depósitos de deslizamiento, masa deslizada, coluvión antiguo, superficie inclinada disectada, vertiente heterogénea y vertiente rectilínea con fuerte disección.

Las características generales de los grandes grupos se describen a continuación:

3.3.4.1. Haplusterts

Gran grupo del orden de los Vertisols que presenta caras de fricción o agregados en forma de cuña, grietas de 5 mm o más de grosor y 25 cm o más de longitud dentro de los primeros 50 cm del suelo.

3.3.4.2. Calciusterts

Gran grupo del orden de los Vertisols que presenta caras de fricción dentro de los primeros 50 cm del suelo y presenta un horizonte cálcico o petrocálcico dentro de los 100 cm de suelo.

3.3.5. Entisols

Son suelos jóvenes con poco o ningún desarrollo de los horizontes del suelo, es decir no incluyen horizontes de diagnóstico o no cumplen con las características requeridas.

Los subgrupos correspondientes al orden Entisols encontrados en el cantón pertenecen a un suborden y tres grandes grupos como se muestra en el Cuadro 3.7.

Cuadro 3.7. Diferentes subgrupos encontrados dentro del orden Entisols en el cantón Oña

Orden	Suborden	Gran Grupo	Subgrupo	ha	%*
Entisols	Orthents	Ustorthents	Typic Ustorthents	1.200	4,08
			Aridic Ustorthents	334	1,14
			Lithic Ustorthents	204	0,69
			Oxyaquic Ustorthents	19	0,06
		Cryorthents	Typic Cryorthents	104	0,35
		Torriorthents	Lithic Ustic Torriorthents	60	0,20
Total				1.921	6,53

* Porcentaje calculado respecto a la superficie total del área de estudio.

Fuente: Consorcio Tracasa-Nipsa, 2015.

Representan aproximadamente un 6,53% del área total de estudio y se distribuyen principalmente en el centro-norte del cantón, se encuentra el dominio fisiográfico Cimas frías de las Cordilleras Occidental y Real con los contextos morfológicos, Paisajes de páramo con modelado periglaciario y huellas glaciares poco marcadas y Relieves de los márgenes de las cimas frías, así también el dominio fisiográfico Vertientes y relieves de Cuencas Interandinas, que contiene a los contextos morfológicos Vertientes y relieves inferiores de las Cuencas Interandinas, con parcial cobertura piroclástica (Sierra Sur), continua el dominio fisiográfico Relieves de fondo de Cuencas Interandinas con el contexto morfológico Relieves de fondo de Cuencas Interandinas con parcial cobertura piroclástica.

Este orden de suelo se encuentra en las siguientes geoformas: depósito glaciario modelado por acción fluvial, depósitos de deslizamiento, masa deslizada, vertiente rectilínea, relieves escalonados sobre capas de lava endurecida y otros materiales volcánicos, macrocoluvión, vertiente heterogénea con fuerte disección, vertiente abrupta de derrames volcánicos tabulares y vertiente heterogénea.

Las características generales de los grandes grupos se describen a continuación:

3.3.5.1. Ustorthents

Gran grupo del orden de los Entisols ubicado en régimen de humedad del suelo ústico.

3.3.5.2. Cryorthents

Gran grupo del orden de los Entisols ubicado en un régimen de temperatura del suelo isofrío.

3.3.5.3. Torriorthents

Gran grupo del orden de los Entisols ubicado en un régimen de humedad del suelo árido.

3.3.6. Alfisols

Son suelos de fertilidad natural y capacidad productiva mayor que la de Ultisoles pero menor que los Molisoles, presenta media a alta saturación de bases y un sub horizonte con enriquecimiento de arcilla que se representa con el símbolo Bt.

El subgrupo correspondiente al orden Alfisols encontrado en el cantón pertenece a un suborden y un gran grupo como se muestra en el Cuadro 3.8.

Cuadro 3.8. Diferentes subgrupos encontrados dentro del orden Alfisols en el cantón Oña

Orden	Suborden	Gran Grupo	Subgrupo	ha	%*
Alfisols	Ustalfs	Haplustalfs	Typic Haplustalfs	122	0,42
Total				122	0,42

* Porcentaje calculado respecto a la superficie total del área de estudio.

Fuente: Consorcio Tracasa-Nipsa, 2015.

Representan menos del 1% del área total de estudio y se distribuyen en pequeñas áreas en el norte del cantón, se encuentran el dominio fisiográfico Vertientes y relieves de Cuencas Interandinas, que contiene al contexto morfológico Vertientes y relieves inferiores de las Cuencas Interandinas, con parcial cobertura piroclástica (Sierra Sur).

Este orden de suelo se encuentra en la geoforma: vertiente abrupta.

Las características generales del gran grupo se describen a continuación:

3.3.6.1. Haplustalfs

Gran grupo del orden de los Alfisols se ubica en régimen de humedad údico e incluye en el perfil un horizonte diagnóstico de acumulación iluvial de arcilla denominado argílico, además presenta una saturación de bases mayor a 35%.

3.3.7. Histosols

Corresponde a suelos que se forman en grandes acumulaciones de materia orgánica vegetal en descomposición. Las capas orgánicas son típicamente al menos 40 cm o más de espesor. Presentan un mínimo de 12 a 18 % de carbono orgánico o más, y una densidad aparente muy baja.

El subgrupo correspondiente al orden Histosols encontrado en el cantón pertenece a un suborden y un grande grupo como se muestra en el Cuadro 3.9.

Cuadro 3.9. Diferentes subgrupos encontrados dentro del orden Histosols en el cantón Oña

Orden	Suborden	Gran Grupo	Subgrupo	ha	%*
Histosols	Hemists	Cryohemists	Typic Cryohemists	43	0,15
Total				43	0,15

* Porcentaje calculado respecto a la superficie total del área de estudio.

Fuente: Consorcio Tracasa-Nipsa, 2015.

Representan menos del 1% del área total de estudio y se distribuyen en el sur del cantón, se encuentra el dominio fisiográfico Cimas frías de las Cordilleras Occidental y Real en el contexto morfológico Paisajes de páramo con modelado periglacial y huellas glaciares poco marcadas.

Este orden de suelo se encuentra en las siguientes geoformas: depósito glaciar modelado por acción fluvial.

Las características generales del gran grupo se describe a continuación:

3.3.7.1. Cryohemists

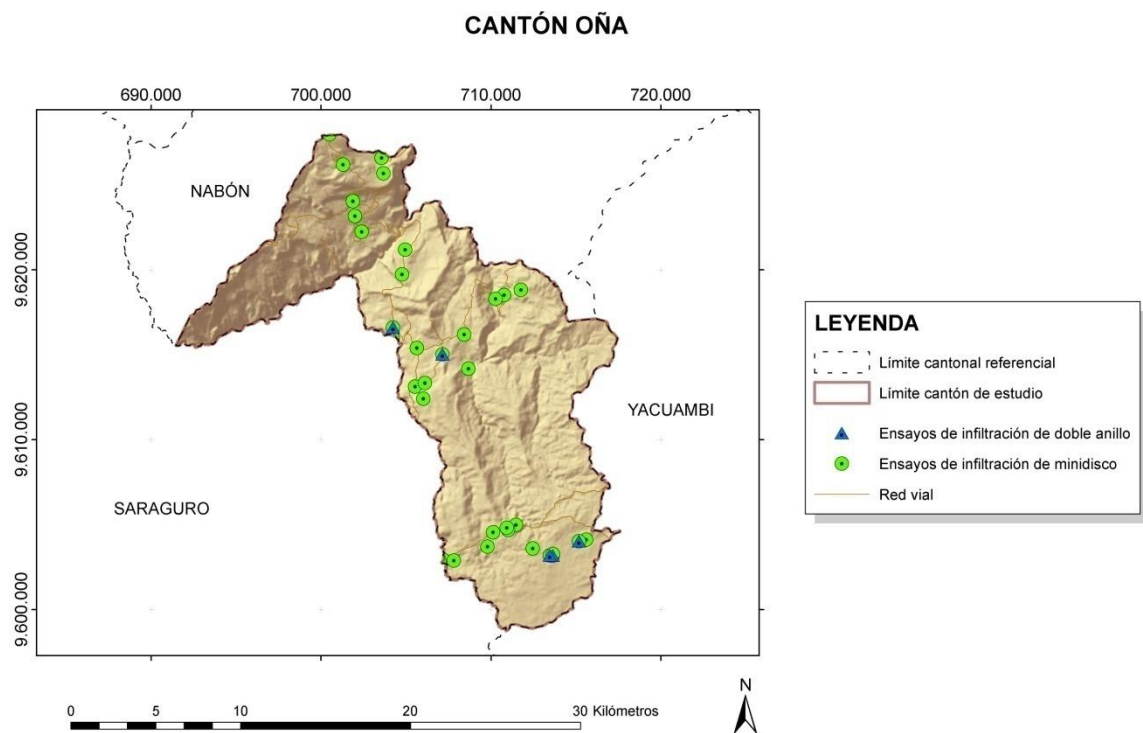
Gran grupo del orden de los Histosols que se encuentra ubicado en un régimen de temperatura del suelo isofrígido y presenta materiales hémicos es decir parcialmente descompuestos.

4. VELOCIDAD DE INFILTRACIÓN

4.1. Datos de campo

Para la caracterización del Mapa de Velocidad de infiltración a escala 1:25.000 del cantón Oña se realizaron 36 pruebas de infiltración entre el 22 de julio al 5 de agosto de 2015. En la Figura 4.1 se muestra la ubicación de cada uno de ellos.

Figura 4.1. Ubicación de los sitios donde se realizaron los ensayos de infiltración



Fuente: Consorcio Tracasa-Nipsa, 2015.

Como se muestra en el Cuadro 4.1, los ensayos realizados en el presente cantón se han llevado a cabo utilizando el dispositivo de minidisco (Decagon Devices, 2012) y el cilindro infiltrómetro (doble anillo de Muntz).

También en el presente cuadro se detallan las hojas en las que se localizan los puntos del ensayo.

Cuadro 4.1. Nombres de las hojas intervenidas, fechas y tipología de ensayo de infiltración realizado

Nombre IGM hoja 1:50m	Código IGM hoja 1:50m	Fechas de intervención	Número de ensayos*	ENSAYOS DE INFILTRACIÓN	
				Minidisco	Doble anillo
Nabón	NVI_D2	24 de 07 al 05 de 08 del 2015	20	18	2
Saraguro	NVI_D4	22 al 26 del 07 del 2015	16	13	3
Manú	NVI_D1	-	0	0	0
Total			36	31	5

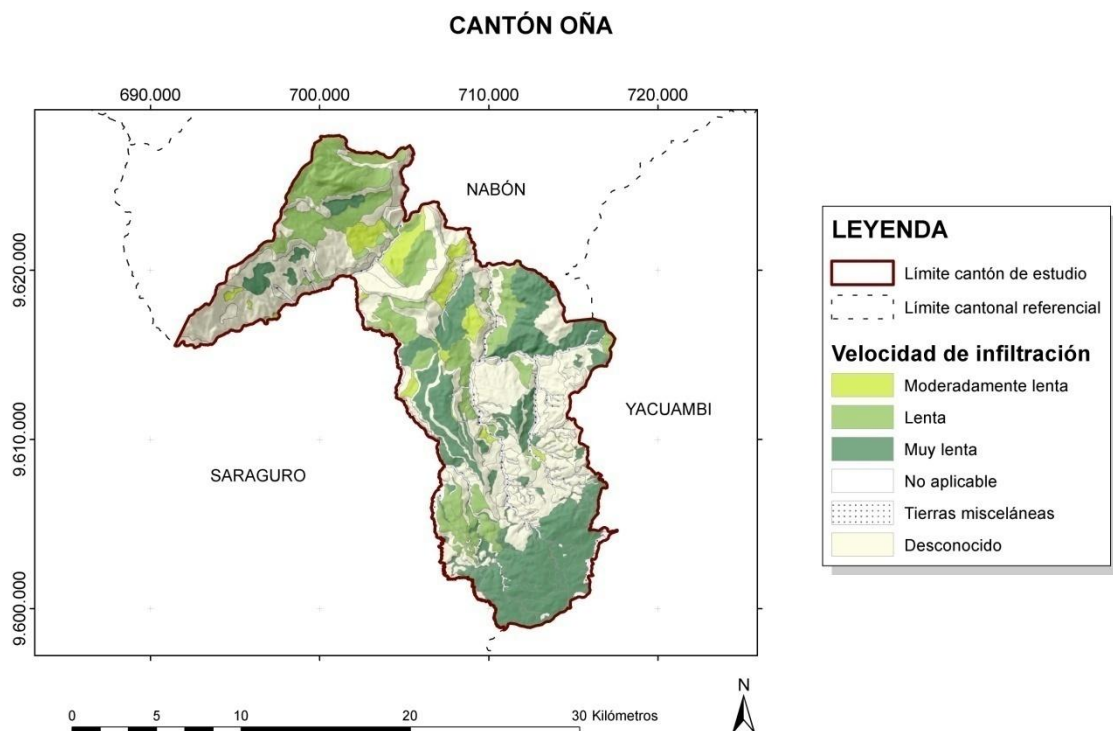
* Carta sin ensayos pueden darse por diversos motivos: suelo saturado, pendientes fuertes, entre otros.

Fuente: Consorcio Tracasa-Nipsa, 2015.

4.2. Resultados

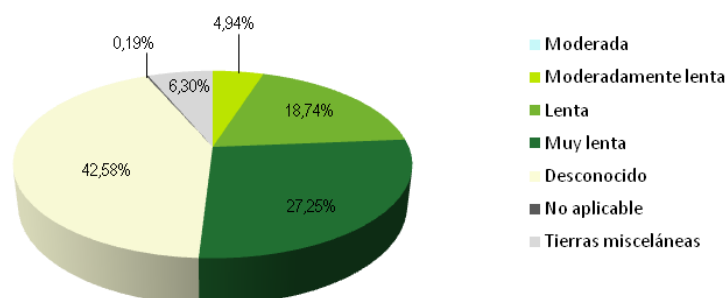
En la Figura 4.2 se presenta el mapa temático general del cantón Oña, en el que se detallan las diferentes clases de velocidad de infiltración identificadas. A partir de este mapa es posible obtener información estadística y realizar un análisis descriptivo de la infiltración en el cantón. Las superficies ocupadas por cada una de estas clases así como sus porcentajes respecto al área de estudio, se detallan el Gráfico 4.1 y Cuadro 4.2.

Figura 4.2. Mapa de Velocidad de infiltración determinada en los suelos del cantón Oña



Fuente: Consorcio Tracasa-Nipsa, 2015.

Gráfico 4.1. Distribución porcentual de las clases de Velocidad de infiltración de los suelos en el cantón



Fuente: Consorcio Tracasa-Nipsa, 2015.

Cuadro 4.2 Rangos de velocidad de infiltración del cantón

Velocidad de infiltración	Rangos (mm/h)	Superficie (ha)	Superficie (%)*
Muy Lenta	< 1,5	8.013	27,25
Lenta	1,5 a 5	5.510	18,74
Moderadamente Lenta	5 a 20	1.452	4,94
Tierras misceláneas ¹	-	1.853	6,30
No aplicable ²	-	57	0,19
Desconocido ³	-	12.521	42,58
Total		29.406	100

* Porcentaje calculado respecto a la superficie total del área de estudio.

¹ Tierras misceláneas: eriales y geoformas excluidas (valles en V, barrancos...).

² No aplicable: masas de agua (lagunas, ríos, cauces y meandros, terrazas bajas, pantanos, etc.)

³ Desconocido: la unidad edáfica está caracterizada por una calicata que carece de datos de infiltración (suelos en condiciones de saturación hídrica, entre otros).

Fuente: Consorcio Tracasa-Nipsa, 2015.

4.3. Resumen de resultados

En el cantón Oña se han identificado tres tipos de velocidad de infiltración: Muy lenta, Lenta y Moderadamente lenta.

4.3.1. Velocidad de infiltración Muy lenta

La velocidad de infiltración Muy lenta ocupa 8.013 ha, lo que representa el 27,25% de la superficie total y se encuentra localizada en parte sur, centro y pocas áreas del norte del cantón; los dominios fisiográficos corresponden a Cimas frías de las Cordilleras Occidental y Real y Vertientes y relieves de Cuencas Interandinas.

Esta velocidad de infiltración se encuentra en las siguientes geoformas superficie alta disectada, superficie ondulada lacustre, relieve colinado medio, relieve colinado bajo, depresión lagunar, drumlins, morrenas. depósito glaciario modelado por acción fluvial, hondonadas pantanosas de origen glaciario-periglaciario, relieve volcánico colinado medio, abrupto de superficie inclinada, vertiente heterogénea, vertiente heterogénea con fuerte disección, depósitos de deslizamiento, masa deslizada, coluvión antiguo, coluvio-aluvial antiguo, coluvio-aluvial reciente, relieve volcánico colinado alto, relieve volcánico colinado muy alto, relieves escalonados sobre capas de lava endurecida y otros materiales volcánicos, vertiente rectilínea y macrocoluvión, caracterizadas por pendientes: planas (0-2%), muy suaves (>2-5%), suaves (>5-12%), medias (>12-25%) y medias a fuertes (>25-40%).

Los subgrupos taxonómicos para esta categoría corresponden a Typic Humicryepts, Acrudoxic Haplocryands, Typic Melanocryands, Lithic Humicryepts, Alic Haplocryands, Fluventic Dystrocryepts, Fluvaquentic Cryohemists, Typic Cryorthents, Acrudoxic Melanudands, Acrudoxic Hapludands, Typic Hapludands, Alfic Hapludands, Humic

Dystrudepts, Oxic Dystrudepts, Aquic Dystrustepts, Oxic Dystrustepts y Typic Ustorthents, sus texturas superficiales corresponden a franco arenosas, francas, franco arcillo-arenosas, franco arcillosas y arcillosas.

En estos suelos las texturas se han descrito como franco-arenosas y la infiltración, sin embargo, es Muy lenta. Esta aparente incoherencia puede justificarse por particularidades locales que pudieron alterar el resultado de la prueba, este es el caso de suelos con humedad saturada o cercana a la saturación, condiciones en las que el ensayo de infiltración por la técnica del minidisco no reporta valores correctos debido a que está diseñado para suelos no saturados.

4.3.2. Velocidad de infiltración Lenta

La velocidad de infiltración Lenta ocupa 5.510 ha, lo que representa el 18,74% de la superficie y se encuentra localizada en varios sectores de la parte centro sur y la mayor cantidad en el norte del cantón; los dominios fisiográficos corresponden a Cimas frías de las Cordilleras Occidental y Real, Vertientes y relieves de Cuencas Interandinas y Relieves de fondo de Cuencas Interandinas.

Esta velocidad de infiltración se encuentra en las siguientes geoformas: superficie inclinada disectada, vertiente heterogénea, coluvión antiguo, relieves escalonados sobre capas de lava endurecida y otros materiales volcánicos, superficie de meseta volcánica disectada, relieve volcánico colinado medio, depósitos de deslizamiento, masa deslizada, niveles estructurales sobre lavas endurecidas, vertiente rectilínea, depósito glaciario modelado por acción fluvial y relieve volcánico colinado alto, caracterizadas por pendientes: medias (>12-25%) y medias a fuertes (>25-40%).

Los subgrupos taxonómicos para esta categoría corresponden a Lithic Dystricrypts, Typic Haplocryands, Typic Argiudolls, Humic Dystrudepts, Typic Hapludands, Oxyaquic Ustorthents, Typic Haplustepts, Aridic Ustorthents, Oxic Haplustepts, Entic Haplustolls, Vertic Haplustepts, Oxyaquic Haplustolls, Typic Haplusterts y Chromic Calciusterts, sus texturas superficiales corresponden a arcillo-arenosas, arcillosas, franco arenosas, franco arcillo-arenosas, arcillo pesadas y franco arcillosas.

En estos suelos las texturas se han descrito como franco-arenosas y la infiltración, sin embargo, es Lenta. La contradicción aparente entre la textura del suelo y la velocidad de infiltración obedece, probablemente, a cambios en el tamaño de poros capilares entre horizontes contiguos en el perfil y el grado de humedad del suelo.

4.3.3. Velocidad de infiltración Moderadamente lenta

La velocidad de infiltración Moderadamente lenta ocupa 1.452 ha, lo que representa el 4,94% de la superficie total y se encuentra localizada en varios sectores de la parte centro norte del cantón; los dominios fisiográficos corresponden a Cimas frías de las Cordilleras Occidental y Real, Vertientes y relieves de Cuencas Interandinas y Relieves de fondo de Cuencas Interandinas.

Esta velocidad de infiltración se encuentra en las siguientes geoformas: depósitos de deslizamiento, masa deslizada, superficie inclinada, vertiente heterogénea, coluvio-aluvial

antiguo, relieves escalonados sobre capas de lava endurecida y otros materiales volcánicos, vertiente rectilínea, coluvión antiguo, niveles estructurales sobre lavas endurecidas, vertiente rectilínea con fuerte disección y laguna colmatada, caracterizadas por pendientes: planas (0-2%), suaves (>5-12%), medias (>12-25%) y medias a fuertes (>25-40%).

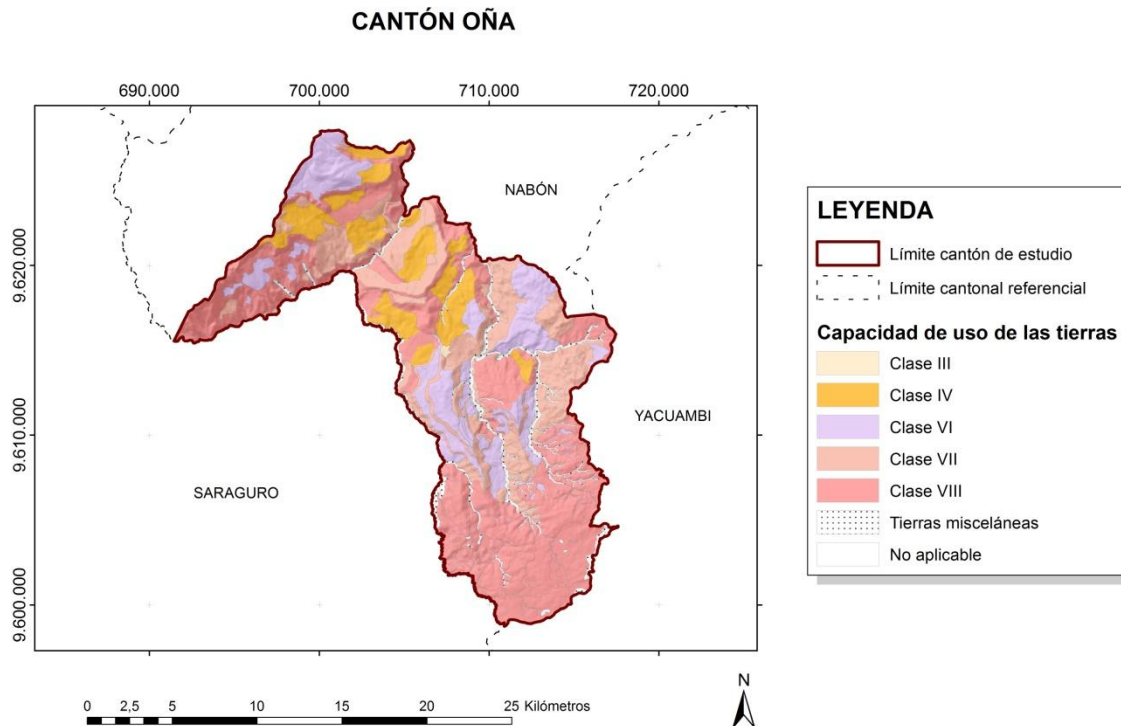
Los subgrupos taxonómicos para esta categoría corresponden a Humic Dystrudepts, Alic Hapludands, Andic Dystrudepts, Typic Ustorthents, Torrertic Haplustepts, Entic Haplustolls, Typic Haplusterts, Oxic Haplustolls, Typic Haplustepts, Aridic Calcustepts, Chromic Calcustepts, sus texturas superficiales corresponden a arcillo-arenosas, arcillosas, franco arenosas, franco arcillo-arenosas, franco arcillosas y arcilla pesada.

5. CAPACIDAD DE USO DE LAS TIERRAS

5.1. Resultados generales

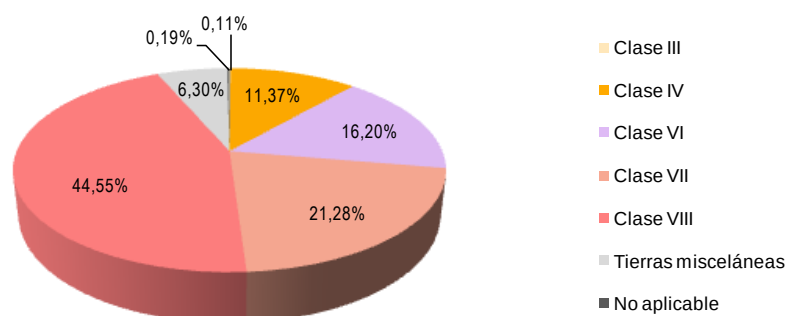
Como producto de esta fase de trabajo, se obtiene un mapa temático general del cantón Oña, con contenidos en detalle de todas las clases de capacidad de uso de las tierras (Figura 5.1). Este producto es la base para extraer información, que será presentada en una serie de cuadros y gráficos en éste y los subsiguientes apartados. Se identifican, además, los factores que limitan dicha capacidad.

Figura 5.1. Ubicación geográfica de clases de capacidad de uso de las tierras en el cantón



Fuente: Consorcio Tracasa-Nipsa, 2015.

Gráfico 5.1. Representación de la distribución porcentual de las diferentes clases de capacidad de uso de las tierras en el cantón



Fuente: Consorcio Tracasa-Nipsa, 2015.

En el cantón Oña se han identificado diferentes clases de capacidad de uso de las tierras (Gráfico 5.1 y Cuadro 5.1); en líneas generales predominan las tierras con limitaciones muy fuertes para el aprovechamiento agrícola con un porcentaje de ocupación de más del 82%. Y no alcanzan al 12% las clases arables de limitaciones ligeras a moderadas.

La Clase VIII es la mayoritaria en el cantón Oña con una representación del 44,55%. Se ubica en las zonas sur de las parroquias San Felipe de Oña, coincidiendo con las partes más altas y frías, sobre Loma Barrio Blanco y alrededor de Cerro Cortado, y en menor medida alrededor de Loma Zhuñín, Loma Chacahuillo, Loma La Punta y alrededor de la población de Molicachi. Aparece al sur de la parroquia Susudel y en las vertientes abruptas entre la población Rafael Moscoso y el río León. Esta clase hace referencia a la existencia de suelos con limitaciones muy fuertes en las que el aprovechamiento agrícola es muy complicado y su uso más adecuado sería, por tanto, el forestal, siendo preferible mantener en todo momento la vegetación arbustiva y/o arbórea con fines de protección.

La Clase VII es la segunda más abundante en el cantón Oña, con un porcentaje del 21,28%. Esta clase agrológica está distribuida de forma dispersa por todo el cantón, pero se pueden destacar en la parroquia de San Felipe de Oña las zonas alrededor de Cerro Yanacocha, Loma Piedra Blanca, Loma Tambillos y alrededor de las poblaciones El Rodeo y Baijón Chico, entre otras vertientes abruptas al este y norte de la parroquia. En la parroquia de Susudel aparece al norte de la población Shurucpamba y pequeñas áreas en Loma Pucara. Estas tierras tienen limitaciones fuertes para el uso agrícola, por lo que podrían utilizarse para aprovechamiento forestal, o si este no es viable, para fines de conservación.

La Clase VI representa el 16,20% del territorio estudiado en el cantón Oña, se distribuye en la parte noroeste de la parroquia Susudel y en el centro de la parroquia San Felipe de Oña, coincidiendo con ciertas partes altas de la Cordillera de la Allapachaca y la zona forestal por encima de la población de Baijón Chico. Las tierras de esta clase pese a tener importantes limitaciones pueden albergar ocasionalmente cultivos adaptados y/o pastos aunque su uso adecuado es el aprovechamiento forestal.

La Clase IV tiene representa el 11,37% del total de la superficie del cantón. Se localiza en zonas dispersas de relieve moderadamente suave al norte de las parroquias de San Felipe de Oña y Susudel (Figura 5.1), se puede puntualizar que sobre ellos se asientan las poblaciones de Oña y Copacabana. Esta clase agrológica indica la existencia de tierras con

moderadas limitaciones donde es necesario llevar a cabo medidas de manejo específicas, adecuadas a sus limitaciones. Además tan sólo permiten un laboreo ocasional.

Por último la clase III representa el 0,11% del cantón de estudio y se sitúa en una pequeña área al oeste de la población El Rodeo. Son clases con limitaciones ligeras que muestran una buena disposición para ser cultivadas pero representan una mínima área del cantón y no serán objeto de estudio detallado en el siguiente apartado.

Cuadro 5.1. Superficie ocupada por cada una de las clases de capacidad de uso identificadas en el cantón Oña y su distribución porcentual respecto a la superficie total del área de estudio

Capacidad de uso de las tierras	Superficie (ha)	Superficie (%) [*]
III	31	0,11
IV	3.344	11,37
VI	4.764	16,20
VII	6.257	21,28
VIII	13.101	44,55
No aplicable ¹	57	0,19
Tierras misceláneas ²	1.853	6,30
Total área de estudio	29.406	100

* Porcentaje calculado respecto a la superficie total del área de estudio.

¹No aplicable: masas de agua (lagunas, ríos, cauces y meandros, terrazas bajas, pantanos, etc.).

²Tierras misceláneas: eriales y geoformas excluidas (valles en V, barrancos...).

Fuente: Consorcio Tracasa-Nipsa, 2015.

5.2. Resumen de resultados

Para cada una de las clases de capacidad de uso identificadas en el cantón Oña, es posible interpretar los resultados en base a las condiciones particulares o factores limitantes que concurren en ellas. A continuación se discuten los resultados distinguiéndose, siempre que existan, entre:

- Tierras aptas para la agricultura y otros usos
- Tierras en las que se recomienda el aprovechamiento forestal con fines de conservación

5.2.1. Agricultura y otros usos. Tierras arables

5.2.1.1. Clase IV

En el cantón Oña la Clase IV representa el 11,37% del área de estudio, ocupando aproximadamente 3.344 ha. Las tierras englobadas en ella presentan limitaciones

moderadas siendo aún clases arables y aptas para la agricultura. Requieren de prácticas de manejo adecuadas en función de los factores limitantes.

Estas tierras se ubican mayoritariamente los dominios fisiográficos de Relieves de fondo de Cuencas Interandinas, Vertientes y relieves de las Cuencas Interandinas y Cimas frías de las Cordilleras Occidental y Real. Asociados a los contextos de Relieves de fondo de Cuencas Interandinas con parcial cobertura piroclástica, Vertientes y relieves inferiores de las Cuencas Interandinas, con parcial cobertura piroclástica (Sierra Sur) y Relieves de los márgenes de las cimas frías. Se sitúa mayoritariamente sobre las geoformas de niveles estructurales sobre lavas endurecidas, vertiente heterogénea, depósito glaciar modelado por acción fluvial, superficie inclinada disectada y vertiente rectilínea. Las litologías más abundantes son piroclastos (tobas y aglomerados gruesos con bloques de lava) y lavas (andesitas porfíricas) alternantes y, bloques y gravas en matriz de grano fino, con ocasionales niveles de arenas. Predominan las pendientes medias (>12-25%).

Los suelos descritos pertenecen mayoritariamente al orden de los Inceptisols (Typic Haplustepts, Oxyc Dystrustepts y Torrertic Haplustepts) y al orden de los Vertisols (Typic Haplusterts y Chromic Calcicusterts). Se trata de suelos moderadamente profundos y poco profundos de texturas arcillosas, con pequeñas áreas de arcilla pesada. No presentan pedregosidad o ésta es muy poca. La fertilidad es baja en general, no presentan salinidad ni toxicidad excepto para escasas 294 ha donde se ha reportado toxicidad ligera por presencia de carbonatos. El drenaje de los suelos es moderado o bueno a partes iguales, no presentan períodos de inundación o bien estos son muy cortos. El régimen de temperatura es isotérmico y el de humedad, ústico.

Tal y como se observa en el Cuadro 5.2, los principales limitantes de las tierras de esta clase se asocian a:

- La pendiente, en los casos que es media (e2)
- La textura superficial, ésta se ha definido como arcillosa, arcilla pesada y arcillo-arenosa (s2)
- La fertilidad, en aquellos casos que ha sido descrita como baja (s4)
- El régimen de humedad, en la mayoría de los casos es ústico (c1)
- La profundidad efectiva, en algunos casos estos suelos son poco profundos (s1)

Cuadro 5.2. Superficie ocupada por las distintas subclases que componen la Clase IV de capacidad de uso de las tierras y distribución porcentual de las mismas

Clase	Subclase (factores limitantes)	Superficie (ha)	Superficie (%)*
IV	IVe2s2s4c1	1.286	4,37
	IVe2s1s2s4c1	1.178	4,01
	IVe2s2c1	721	2,45
	IVe2s1s4c1	149	0,51
	IVs2s4c1	9	0,03
Total		3.344	11,37

* Porcentaje calculado respecto a la superficie total del área de estudio.

Fuente: Consorcio Tracasa-Nipsa, 2015.

5.2.2. Aprovechamiento forestal con fines de conservación

5.2.2.1. Clase VI

Las tierras de esta clase ocupan el 16,20% del territorio, lo que representa una superficie de 4.764 ha. Se trata de tierras con limitaciones fuertes o muy fuertes donde las labores de maquinaria son muy restringidas. Estas tierras son aptas para el aprovechamiento forestal y ocasionalmente pueden albergar cultivos poco restrictivos y/o pastos.

Estas tierras se ubican principalmente en el dominio Cimas frías de las Cordilleras Occidental y Real y en los contextos morfológicos Relieves de los márgenes de las cimas frías y Paisajes de páramo con modelado periglaciario y huellas glaciares poco marcadas y, en menor medida, el dominio de Vertientes y relieves de Cuencas Interandinas, en el contexto de Vertientes y relieves inferiores de las Cuencas Interandinas, con parcial cobertura piroclástica (Sierra Sur). Las geoformas dominantes son relieves escalonados sobre capas de lava endurecida y otros materiales volcánicos, vertiente heterogénea, relieve volcánico colinado alto y muy alto y superficie de meseta volcánica disectada. La litología dominante está conformada por tobos y aglomerados (dacíticos, riolíticos y andesíticos) caolinizados, con bajo porcentaje de lava y piroclastos (tobos y aglomerados gruesos con bloques de lava) y lavas (andesitas porfíricas) alternantes. Estas tierras están divididas a partes iguales por pendientes de medias a fuertes (>25-40%) y medias (>12-25%).

Los suelos descritos en esta clase pertenecen mayoritariamente al orden de los Andisols (Alfic Hapludands y Acrudoxic Hapludands), los Mollisols (Typic Argiudolls) y los Inceptisols (Humic Dystrudepts, Andic Dystrudepts y Oxic Dystrudepts), entre otros subgrupos minoritarios. Se trata de suelos profundos y, en menor medida, poco profundos, de texturas superficiales arcillosas y francas, en menor proporción. En general no presentan pedregosidad ni salinidad y la fertilidad baja, seguida de mediana y en menor abundancia muy baja. Coincidiendo la fertilidad mediana con ligera toxicidad por carbonatos en apenas 72 ha. Y la fertilidad muy baja y ciertas áreas de fertilidad baja con toxicidad alta por acidez libre y presencia de aluminio intercambiable, aproximadamente en 1.408 ha. Su drenaje es principalmente bueno, sin períodos de inundación o éstos son muy cortos. En general el régimen de temperatura de estos suelos es isomésico, apareciendo pequeñas zonas de régimen isotérmico y el de humedad es údico, apareciendo ciertas áreas de ústico.

Las subclases de capacidad de uso de la tierra encontradas en el territorio de Oña para la Clase VI aparecen detalladas en el Cuadro 5.3, del que puede interpretarse que los principales limitantes de estos suelos son:

- La pendiente, especialmente en los casos en los que ésta es media (e2) y también cuando es de media a fuerte (e3)
- La fertilidad, en los suelos que ha sido descrita como baja e incluso muy baja (s4)
- El régimen de temperatura de los suelos que es isomésico (c2)
- La textura superficial, cuando se define como arcillosa (s2)
- La toxicidad, en los casos en que hay presencia de acidez libre (s6)
- La profundidad efectiva, cuando los suelos se han descrito como poco profundos (s1)

Cuadro 5.3. Superficie ocupada por las distintas subclases que componen la Clase VI de capacidad de uso de las tierras y distribución porcentual de las mismas

Clase	Subclase (factores limitantes)	Superficie (ha)	Superficie (%)*
VI	Vle3s4c2	1.071	3,64
	Vle2s2c2	936	3,18
	Vle3s2s4s6c2	741	2,52
	Vle3s2c2	383	1,30
	Vle2s1s2s4c2	345	1,17
	Vle3s2s4c1	321	1,09
	Vle2s1s4s6c2	309	1,05
	Vle3s2c1	232	0,79
	Vle2s1s2s4s6c1	183	0,62
	Vle2s1s2s4s6c2	138	0,47
	Vle2s1s4c2	38	0,13
	Vle2s1s2s4s6	35	0,12
	Vle2s4c2	31	0,10
	Total	8.415	13,33

* Porcentaje calculado respecto a la superficie total del área de estudio.

Fuente: Consorcio Tracasa-Nipsa, 2015.

5.2.2.2. Clase VII

En el cantón Oña la clase mayoritaria es la Clase VII, que ocupa aproximadamente 6.257 ha (21,28%). Esta clase se refiere a tierras muy fuertes limitantes para el uso agrario por lo que su aprovechamiento óptimo sería el forestal con fines de conservación.

Las tierras incluidas en esta clase de capacidad de uso se presentan en los dominios fisiográficos Cimas frías de las Cordilleras Occidental y Real; Vertientes y relieves de Cuencas Interandinas; y Relieves de Fondo de Cuencas Interandinas. Se asocia a los contextos de Relieves de los márgenes de las cimas frías, Vertientes y relieves inferiores de las Cuencas Interandinas, con parcial cobertura piroclástica (Sierra Sur) y Relieves de fondo de Cuencas Interandinas con parcial cobertura piroclástica. Las geoformas más comunes en estas tierras son niveles estructurales sobre lavas endurecidas, vertiente rectilínea con fuerte disección, vertiente heterogénea con y sin fuerte disección, relieves escalonados sobre capas de lava endurecida y otros materiales volcánicos, vertiente abrupta de derrames volcánicos tabulares, coluvión antiguo, vertiente rectilínea con abruptos y relieve volcánico colinado muy alto. Se sitúa fundamentalmente sobre las litologías de tobas y aglomerados (dacíticos, riolíticos y andesíticos) caolinizados, con bajo porcentaje de lava; y piroclastos (tobas y aglomerados gruesos con bloques de lava) y lavas (andesitas porfíricas) alternantes. Las pendientes predominantes son fuertes (>40-70%) y, en menor abundancia, de medias a fuertes (>25-40%).

Los suelos descritos en esta clase pertenecen al orden de los Inceptisols (Andic Dystrudepts, Typic Haplustepts y Oxic Dystrudepts), los Mollisols (Entic Haplustolls y Oxyaquic Haplustolls), los Vertisols (Leptic Haplusterts y Typic Haplusterts) y los Andisols

(Alfic Hapludands y Acrudoxic Melanudands). Se trata de suelos poco profundos y en menor medida profundos y moderadamente profundos, en general no presentan pedregosidad. Las texturas superficiales dominantes son arcillosa, franco-arcillo-arenosa y franco-arcillosa. Su fertilidad es baja, muy baja y mediana a partes iguales. No son salinos y tampoco tóxicos en general, si bien presentan aproximadamente 2.200 ha de toxicidad alta por acidez libre y presencia de aluminio intercambiable, coincidiendo con aquellas áreas de fertilidad muy baja y, apenas 22 ha de toxicidad ligera por presencia de carbonatos. El drenaje es bueno, sin presentar períodos de inundación o éstos son muy cortos. El régimen de temperatura es isomésico e isotérmico en iguales proporciones y el régimen de humedad údico y ústico casi en iguales proporciones.

Las subclases de capacidad de uso de las tierras para la Clase VII encontradas en el territorio de Oña aparecen detalladas en el Cuadro 5.4, del que puede interpretarse que los principales limitantes de estos suelos son:

- La pendiente, en los casos que se describe de media a fuerte y fuerte (e3) y media (e2)
- La profundidad efectiva, cuando se describe como poco profunda (s1)
- La fertilidad, en los suelos que ha reportado como baja o muy baja (s4)
- Toxicidad por acidez libre y aluminio intercambiable (s6)
- El régimen de temperatura del suelo cuando se ha identificado como isomésico (c2)
- El régimen de humedad del suelo cuando se ha identificado como ústico (c1)
- La textura superficial, cuando se ha descrito como arcillosa o arcilla pesada (s2)
- Pedregosidad, en los casos que se ha descrito como frecuente (s3)

Cuadro 5.4. Superficie ocupada por las distintas subclases que componen la Clase VII de capacidad de uso de las tierras y distribución porcentual de las mismas

Clase	Subclase (factores limitantes)	Superficie (ha)	Superficie (%)*
VII	VIIe3s1s4s6c2	948	3,22
	VIIe3s4c1	777	2,64
	VIIe3s2s4s6c2	706	2,40
	VIIe3s1s4c1	639	2,17
	VIIe3s4c2	558	1,90
	VIIe3s1s2s4s6c1	523	1,78
	VIIe3s2c2	379	1,29
	VIIe3s2s3s4c1	357	1,21
	VIIe2s1s3c1	308	1,05
	VIIe3s1s2c1	285	0,97
	VIIe3s1s2s4c1	258	0,88
	VIIe3s3s4c1	164	0,56
	VIIe3s1s4c2	160	0,54
	VIIe3s1s3c1	70	0,24
	VIIe3s2c1	64	0,22
	VIIe3s1s2s4s6c2	23	0,08
	VIIe3s3c1	19	0,06
	VIIe3s1s2s4c1c2	13	0,04
	VIIe2s2s3s4c1	8	0,03
Total		23.079	36,55

* Porcentaje calculado respecto a la superficie total del área de estudio.

Fuente: Consorcio Tracasa-Nipsa, 2015.

5.2.2.3. Clase VIII

La Clase VIII es la más abundante en el cantón, ocupando aproximadamente 13.101 ha (44,55%). En estas tierras los cultivos no son aptos ya que los factores limitantes son muchos y difíciles de salvar, por lo que se recomienda mantener estos territorios bajo la vegetación natural y reservar su uso a la conservación.

Las tierras incluidas en esta clase de capacidad de uso se presentan principalmente en los dominios fisiográficos de Cimas frías de las Cordilleras Occidental y Real; Vertientes y relieves de Cuencas Interandinas; y Relieves de fondo de Cuencas Interandinas. En los contextos morfológicos de Vertientes y relieves inferiores de las Cuencas Interandinas, con parcial cobertura piroclástica (Sierra Sur), Paisajes de páramo con modelado periglaciario y huellas glaciares poco marcadas, Paisajes glaciares, Relieves de los márgenes de las cimas frías y Relieves de fondo de Cuencas Interandinas con parcial cobertura piroclástica. Las principales geoformas son vertiente heterogénea con y sin fuerte disección, superficie alta disectada, vertiente abrupta con fuerte disección, relieves escalonados sobre capas de lava endurecida y otros materiales volcánicos, vertiente abrupta de derrames volcánicos tabulares, drumlins, relieve colinado medio y alto, relieve volcánico colinado medio y

vertiente rectilínea. Mayoritariamente sobre litologías de piroclastos (tobas y aglomerados gruesos con bloques de lava) y lavas (andesitas porfíricas) alternantes; tobas y aglomerados (dacíticos, riolíticos y andesíticos) caolinizados, con bajo porcentaje de lava y granitoides y rocas metamórficas (filitas, cuarcitas, esquistos y gneises). Las pendientes son muy variadas, destacando las medias (>12-25%), seguido de fuertes (>40-70%) y muy fuertes (>70-100%), entre otras de menor abundancia.

Los suelos descritos en esta clase pertenecen principalmente al orden de los Inceptisols (Typic Humicryepts, Typic Haplustepts Oxic Dystrudepts, Humic Dystrustepts y Lithic Dystricryepts), a los Entisols (Typic Ustorthents y Aridic Ustorthents) y a los Andisols (Typic Haplocryands y Alic Haplocryands). En general son suelos poco profundos, superficiales y moderadamente profundos. Mayoritariamente no presentan pedregosidad, aunque en áreas no despreciables presenta muy poca, poca, frecuentes e incluso abundantes. Las texturas superficiales son franco-arenosas, arcillosas y franco-arcillo-arenosas en general. La fertilidad es baja fundamentalmente y, en menor medida, muy baja y mediana. No presenta salinidad salvo para 231 ha salinas y en general tampoco presenta toxicidad pero aparecen 3.234 ha de toxicidad alta por acidez libre y presencia de aluminio intercambiable y 115 ha de toxicidad por presencia de carbonatos. El drenaje es bueno con presencia de áreas en las que el drenaje es excesivo. No presentar períodos de inundación o éstos son muy cortos y el régimen de temperatura es principalmente isotérmico e isofrío y el de humedad, údico y ústico en proporciones similares.

Tal y como se observa en el Cuadro 5.5, los principales limitantes de las tierras de esta clase se asocian a:

- La pendiente, cuando se describe como media (e2), de media a fuerte, fuerte y muy fuerte (e3)
- La profundidad efectiva, cuando se describe como poco profundo o superficial (s1)
- La fertilidad, cuando se reporta como baja y muy baja (s4)
- El régimen de temperatura del suelo, cuando se describe como isomésico o isofrío (c2)
- El régimen de humedad del suelo, cuando es ústico y arídico (c1)
- La pedregosidad, cuando se describe como abundante o frecuente (s3)
- Las texturas superficiales en los casos que se describen como arcillosa (s2)
- Toxicidad por acidez libre y aluminio intercambiable (s6)
- La pedregosidad, en los casos que se describe como abundantes y frecuentes (s3)

Cuadro 5.5. Superficie ocupada por las distintas subclases que componen la Clase VIII de capacidad de uso de las tierras y distribución porcentual de las mismas

Clase	Subclase (factores limitantes)	Superficie (ha)	Superficie (%)*
VIII	VIIIe2s1s4c2	4.029	13,70
	VIIIe3s2c1	1.199	4,08
	VIIIe3s3s4c1	995	3,38
	VIIIe3s1s2s4s6c1	884	3,01
	VIIIe3s1s2s3s4c1	752	2,56
	VIIIe3s1s4s6c2	740	2,52
	VIIIe2s1s4c1	614	2,09
	VIIIe3s1s4c2	589	2,00
	VIIIe2s1s4s6c2	548	1,86
	VIIIe3s1s2s4s6c2	531	1,80
	VIIIe2s1s2s4s6c2	384	1,31
	VIIIe3s4	243	0,83
	VIIIe3s1s3s4h1c1	229	0,78
	VIIIe3s1s3s4c1	204	0,69
	VIIIe3s1s3s4h1c2	170	0,58
	VIIIe3s1s4c1	145	0,49
	VIIIe2s1s3s4h1c2	130	0,44
	VIIIe3s1s4s6h1c2	128	0,44
	VIIIe3s1s3s4s6c1	96	0,32
	VIIIe3s3c1	80	0,27
	VIIIe3c1	79	0,27
	VIIIe2s1s4h1c2	70	0,24
	VIIIe3s4c1	65	0,22
	VIIIe1s4c2	48	0,16
	VIIIe2s3s4h1c2	43	0,15
	VIIIe3s1s3s4s5c1	31	0,11
	VIIIe2s1s2s4c1c2	19	0,06
	VIIIe3s1s3s4s6c2	18	0,06
	VIIIe2s1s2s4c1	14	0,05
	VIIIe4c2	11	0,04
	VIIIe3s1s3c1	8	0,03
	VIIIe3s1s2s4c1	4	0,02
	VIIIe1s1s4c2	2	0,01
Total		13.101	44,55

* Porcentaje calculado respecto a la superficie total del área de estudio.

Fuente: Consorcio Tracasa-Nipsa, 2015.

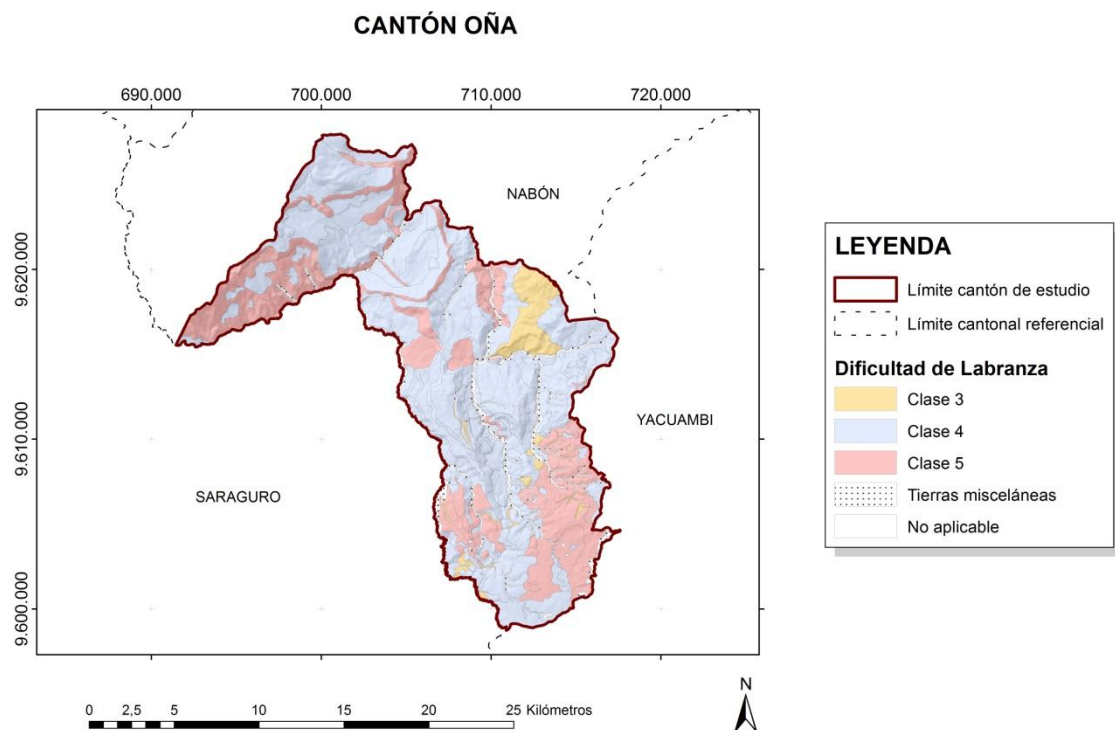
6. DIFICULTAD DE LABRANZA

6.1. Resultados generales

De igual forma que para la capacidad de uso de las tierras, como producto final de la evaluación de la dificultad de labranza de los suelos, se presenta un mapa temático general del cantón Oña, en el que se detallan las diferentes clases identificadas (Figura 6.1). A partir de este mapa, se procede a extraer cuadros y gráficos de información estadística, que sirven para la caracterización descriptiva del cantón y para la territorialización temática de sus componentes.

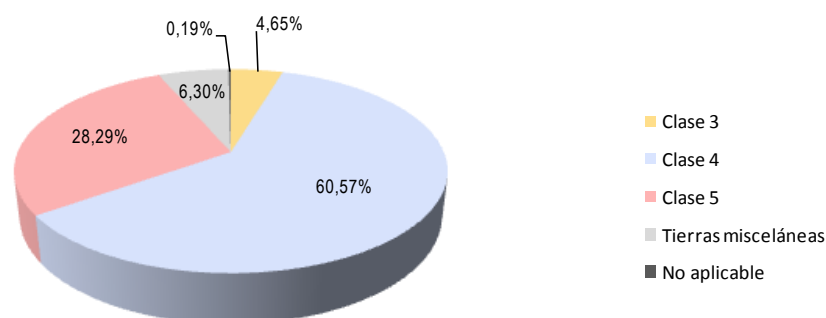
Las diferentes clases de dificultad de labranza identificadas en el presente cantón aparecen detalladas en el Cuadro 6.1 y Gráfico 6.1. De forma general, cerca del 60% de las tierras del cantón presentan una dificultad de labranza Alta y algo más de un 28% presenta clase No arable. Esto significa las restricciones para la labranza son extremas y esta se ve dificultada o inviable por una serie de factores limitantes que se estudiarán con mayor detalle en los siguientes apartados.

Figura 6.1. Ubicación geográfica de clases de dificultad de labranza de las tierras en el cantón



Fuente: Consorcio Tracasa-Nipsa, 2015.

Gráfico 6.1. Representación de la distribución porcentual de las diferentes clases de dificultad de labranza de los suelos en el cantón



Fuente: Consorcio Tracasa-Nipsa, 2015.

La Clase 4 es la más representativa en Oña, ocupando el 60,57%. Se distribuye por buena parte del cantón con menor predominancia en el sur de la parroquia Susudel y sur de la parroquia San Felipe de Oña (Figura 6.1). Esta clase de dificultad de labranza, referida a tierras con una dificultad Alta, sugiere que el laboreo de estos suelos sólo podría llevarse a cabo de forma manual, lo que determinará en gran medida la viabilidad económica de su aprovechamiento agrícola.

La Clase 5 corresponde a la segunda más representativa con un 28,29% de ocupación en el área de estudio. Se distribuye en la parte sur de la parroquia Susudel y en ciertas vertientes abruptas alrededor de la población Susudel. Al sur de la parroquia de San Felipe de Oña alrededor de la Quebrada Chorro Blanco, alrededor de las Tres Lagunas y desde Cerro La Voladera a Loma Peña Blanca. Así como alrededor de las poblaciones Chacapata, El Rodeo y Baijón Grande. Se trata de tierras en las que las limitaciones para la labranza son muy elevadas, definiéndose incluso como tierras no arables.

Por último, La Clase 3 es la tercera en representatividad con un 4,65% del total del área de estudio. Se ubica en áreas dispersas en el noroeste y centro de la parroquia San Felipe de Oña, concretamente en los relieves volcánicos por encima de la población de Baijón Chico, en ciertas áreas alrededor de Cerro Yanacocha y El Quingueado. Corresponden a tierras de dificultad de labranza Media en las que la labranza no se encuentra tan obstaculizada, por lo que, a pesar de que el uso de maquinaria puede verse restringido según el tipo de limitaciones de la zona, su arado sería viable.

Cuadro 6.1. Superficie ocupada por cada una de las clases de dificultad de labranza identificadas en el cantón Oña y su distribución porcentual respecto a la superficie total del área de estudio

Dificultad de labranza	Superficie (ha)	Superficie (%)*
3	1.367	4,65
4	17.812	60,57
5	8.318	28,29
No aplicable ¹	57	0,19
Tierras misceláneas ²	1.853	6,30
Total área de estudio	29.406	100

* Porcentaje calculado respecto a la superficie total del área de estudio.

¹ No aplicable: masas de agua (lagunas, ríos, cauces y meandros, terrazas bajas, pantanos, etc.).

² Tierras misceláneas: eriales y geoformas excluidas (valles en V, barrancos...).

Fuente: Consorcio Tracasa-Nipsa, 2015.

6.2. Resumen de resultados

Para cada una de las clases de dificultad de labranza identificadas en el cantón Oña, es posible distinguir una serie de factores limitantes que sirven de base para interpretar los resultados. En un primer momento, pueden establecerse dos grupos de tierras de acuerdo a su aptitud para la labranza:

- Tierras arables con más o menos limitaciones
- Tierras no arables con restricciones para el laboreo tan elevadas que no permitirían el manejo

En caso del cantón de estudio, se han encontrado tierras incluidas en ambos grupos.

6.2.1. Tierras arables

6.2.1.1. Clase 3

Las tierras incluidas en esta clase suponen aproximadamente 1.367 ha, representando el 4,65% del área de estudio. Engloban una serie de suelos en los que existen ciertas limitaciones para la labranza, el uso de maquinaria se ve disminuido, siendo necesarias prácticas especiales de manejo y conservación.

El total de esta clase se encuentra en el dominio fisiográfico Cimas frías de las Cordilleras Occidental y Real, en el contexto relacionado de Relieves de los márgenes de las cimas frías. En esta clase las geoformas predominantes son relieve volcánico colinado muy alto y vertiente heterogénea, sobre litologías de tobas y aglomerados (dacíticos, riolíticos y andesíticos) caolinizados, con bajo porcentaje de lava.

Se trata de tierras que presentan pendientes predominantemente de medias a fuertes (>25-40%). Son suelos profundos en general, sin afloramientos rocosos, ni pedregosidad, ni elementos gruesos. La textura en superficie es franca y en profundidad arcillo-arenosa. No se ha detectado compactación. El drenaje es bueno, sin periodos de inundación y el régimen de humedad es údico. Los suelos han sido clasificados mayoritariamente como Acrudoxic Hapludands, pertenecientes al orden de los Andisols, entre otros subgrupos minoritarios.

Las subclases de dificultad de labranza de la tierra para la Clase 3 encontradas en el territorio de Oña aparecen detalladas en el Cuadro 6.2, del que cabe interpretar que los principales limitantes en estos suelos se deben a:

- La pendiente, en los casos en los que se describe de media a fuerte (e2)
- La textura en profundidad cuando se describe como arcillo-arenosa (s8)

Cuadro 6.2. Superficie ocupada por las distintas subclases que componen la Clase 3 de dificultad de labranza de la tierra y distribución porcentual de las mismas

Clase	Subclase (factores limitantes)	Superficie (ha)	Superficie (%)*
3	3e2s8	1.047	3,56
	3e2s4	265	0,90
	3e2	55	0,19
Total		1.367	4,65

* Porcentaje calculado respecto a la superficie total del área de estudio.

Fuente: Consorcio Tracasa-Nipsa, 2015.

6.2.1.2. Clase 4

La Clase 4 de dificultad de labranza es la más abundante con una ocupación del 60,57%, aproximadamente 17.812 ha. Estas tierras están conformadas por una serie de suelos con importantes restricciones para el laboreo, por lo que éste únicamente podría llevarse a cabo de forma manual.

Las tierras de dificultad de labranza Alta se encuentran en los dominios Cimas frías de las Cordilleras Occidental y Real; Vertientes y relieves de Cuencas Interandinas. En los contextos morfológicos relacionados de Relieves de los márgenes de las cimas frías Vertientes y relieves inferiores de las Cuencas Interandinas, con parcial cobertura piroclástica (Sierra Sur), Paisajes de páramo con modelado periglacial y huellas glaciares poco marcadas, Relieves de fondo de Cuencas Interandinas con parcial cobertura piroclástica y Paisajes glaciares. Están formadas por una gran variedad de geoformas, donde abundan vertiente heterogénea con y sin fuerte disección, relieves escalonados sobre capas de lava endurecida y otros materiales volcánicos, niveles estructurales sobre lavas endurecidas, relieve volcánico colinado alto y medio, vertiente rectilínea con y sin fuerte disección, superficie alta disectada, depósito glaciar modelado por acción fluvial y vertiente abrupta de derrames volcánicos tabulares. Bajo las litologías de tobas y aglomerados (dacíticos, riolíticos y andesíticos) caolinizados, con bajo porcentaje de lava y piroclastos (tobas y aglomerados gruesos con bloques de lava) y lavas (andesitas porfíricas) alternantes.

Se trata de áreas en las que se han descrito pendientes mayoritariamente medias (>12-25%) y fuertes (>40-70%) y, en menor medida, de medias a fuertes (>25-40%). Se trata de suelos poco profundos, seguidos de suelos profundos y, en menor medida, superficiales y moderadamente profundos. En general no presentan afloramientos rocosos, ni pedregosidad superficial, ni elementos gruesos. Las texturas superficiales son arcillosas y secundariamente franco-arcillo-arenosas; en profundidad dominan las arcillosas y secundariamente las arcillas pesadas. El drenaje en general es bueno y no hay presencia de períodos de inundación o éstos son muy cortos. El régimen de humedad es údico y ústico en proporciones similares.

Los suelos son muy variados debido a su extensión y variabilidad en los factores formadores, destacan los Inceptisols (Typic Humicryepts, Typic Haplustepts, Andic Dystrudepts, Humic Dystrudepts, Oxic Dystrudepts, Oxic Dystrudepts y Humic Dystrudepts), los Andisols (Alfic Hapludands), los Mollisols (Entic Haplustolls y Typic Argiudolls), los Vertisols (Typic Haplusterts y Leptic Haplusterts) y los Entisols (Typic Ustorthents).

Las subclases de dificultad de labranza de la tierra para la Clase 4 encontradas en el territorio de Oña aparecen detalladas en el Cuadro 6.3, del que cabe interpretar que los principales factores limitantes de los suelos se relacionan con:

- La pendiente, en los casos en los que éstas son fuertes (e3) y también medias y media fuertes y medias (e2)
- Las texturas, en superficie (s7) dominan las arcillosas y en profundidad (s8) incluso las arcillas pesadas
- La profundidad efectiva, cuando se han identificado suelos superficiales y poco profundos (s4)
- Presencia de afloramientos rocosos cuando son pocos (s1)
- Pedregosidad, cuando el tamaño es de cantos y/o cantos grandes (s3)
- El régimen de humedad cuando es ústico (c1)
- La compactación en algunos de los suelos (s9)
- El drenaje, para áreas en las que se ha descrito como moderado (h1)
- La presencia de pedregosidad cuando ésta es frecuente (s2)

Cuadro 6.3. Superficie ocupada por las distintas subclases que componen la Clase 4 de dificultad de labranza de la tierra y distribución porcentual de las mismas

Clase	Subclase (factores limitantes)	Superficie (ha)	Superficie (%)*
4	4e2s7s8	2.060	7,01
	4e2s4s8	1.063	3,62
	4e3s4s8	984	3,35
	4e2s1s4	881	2,99
	4e2s3s7s8c1	848	2,88
	4e2s4s7c1	778	2,64
	4e2s4s7s8s9h1c1	732	2,49
	4e2s4s7s8c1	729	2,48
	4e3s2s3s4s7s9c1	692	2,35
	4e2s3s4	654	2,22
	4e3s9c1	652	2,22
	4e3s7s8s9	595	2,02
	4e2s7s8s9h1c1	554	1,88
	4e3s4s8s9c1	543	1,85
	4e3s4	522	1,77
	4e3	519	1,76
	4e3s7s8	491	1,67
	4e2s7s8h1c1	452	1,54
	4e2s7s8s9c1	427	1,45
	4e2s4s5s7s8s9c1	370	1,26
	4e2s2s7s8s9c1	364	1,24
	4e2s4s7s9	345	1,17
	4e2s4s9c1	334	1,14
	4e3s1s2s8s9c1	164	0,56
	4e2s5s7s8s9h1c1	160	0,54
	4e2s3s4s5s9h1c1	149	0,51
	4e3s4s7s8c1	146	0,50
	4e3s5s8s9c1	124	0,42
	4e2s4s7s8	111	0,38
	4e1s4	104	0,35
	4e3s4s7s8s9c1	99	0,34
	4e3s4s9c1	96	0,33
	4e1s1s4	83	0,28
	4e3s1s2s3s9c1	80	0,27
	4e2s4c1	76	0,26
	4e2s4	74	0,25
	4e2s4h1	71	0,24
	4e1s1s4h1	70	0,24
	4e3s1s2s4s8c1	66	0,23

	4e3s5s7s8s9h1c1	64	0,22
	4e3s2s4s7c1	60	0,20
	4s8	59	0,20
	4e3s4h1	58	0,20
	4e2s4s7s8h1	52	0,18
	4e2s2h1	43	0,15
	4e1s4s8	41	0,14
	4e3s8	39	0,13
	4e2s4s7s8s9h1	35	0,12
	4e1s5s7s8c1	31	0,11
	4e3s4s7s9c1	22	0,07
	4e2s4s7s8s9c1	19	0,06
	4e3s4s7c1	14	0,05
	4s7s8h1c1	9	0,03
	4e1s7s8h1c1	5	0,02
Total		17.812	60,57

* Porcentaje calculado respecto a la superficie total del área de estudio.

Fuente: Consorcio Tracasa-Nipsa, 2015.

6.2.2. Tierras No arables

6.2.2.1. Clase 5

En el cantón Oña las tierras No arables representan un 28,29% del territorio estudiado, ocupando 8.318 ha aproximadamente. Las tierras incluidas en esta clase engloban un tipo de terrenos cuyos impedimentos para el arado son tan elevados que no es posible realizar ningún tipo de labranza mecanizada, e incluso la manual se ve altamente dificultada.

Se sitúa en los dominios de Cimas frías de las Cordilleras Occidental y Real y en las Vertientes y relieves de Cuencas Interandinas, en los contextos relacionados de Vertientes y relieves inferiores de las Cuencas Interandinas, con parcial cobertura piroclástica (Sierra Sur); Paisajes glaciares; Relieves de los márgenes de las cimas frías; y Paisajes de páramo con modelado periglacial y huellas glaciares poco marcadas. Las geoformas más abundantes son vertiente abrupta con fuerte disección, vertiente heterogénea, relieves escalonados sobre capas de lava endurecida y otros materiales volcánicos, drumlins, superficie alta disectada, vertiente abrupta de derrames volcánicos tabulares y relieve colinado medio y alto. La litología sobre las que se desarrolla son fundamentalmente piroclastos (tobas y aglomerados gruesos con bloques de lava) y lavas (andesitas porfíricas) alternantes y granitoides y rocas metamórficas (filitas, cuarcitas, esquistos y gneises).

Las pendientes son variables, oscilando de medias (>12-25%) a muy fuertes (>70-100%). Principalmente son poco profundos y, en menor medida, moderadamente profundos. No presentan afloramientos rocosos salvo en pequeñas extensiones donde se han descrito como abundantes o muy pocas. Presenta pedregosidades inexistentes, muy pocas o pocas

en proporciones iguales. La presencia de elementos gruesos es poca en general, existiendo áreas sin y otras con presencia de comunes. En superficie dominan las texturas franco-arenosas, arcillosas, franco-arcillosas y franco-arcillo-arenosas, mientras en profundidad principalmente son franco-arcillo-arenosas, y secundariamente arcilla pesada, arcillosas y franco-arcillosas. En algunos casos se ha detectado compactación de los suelos. El drenaje es bueno, sin periodos de inundación o éstos son muy cortos. El régimen de humedad es údico y ústico en proporciones iguales.

Los suelos han sido clasificados mayoritariamente como Inceptisols (Typic Haplustepts, Typic Humicryepts, Oxic Dystrudepts y Lithic Dystricryepts), Andisols (Typic Haplocryands), Entisols (Typic Ustorthents) y Mollisols (Oxyaquic Haplustolls y Entic Haplustolls).

Las subclases de dificultad de labranza de la tierra para la Clase 5 encontradas en el territorio de Oña aparecen detalladas en el Cuadro 6.4, del que cabe interpretar que los principales limitantes en estos suelos se deben a:

- La pendiente, en los casos que es suave (e1), media y de media a fuerte (e2) y fuerte (e3)
- Presencia de pedregosidad cuando ésta es de tamaño canto y/o canto grande (s3)
- La profundidad efectiva, cuando se ha descrito como poco profundo o muy superficial (s4)
- Las texturas, en superficie (s7) dominan las arcillosas y en profundidad (s8) incluso las arcillas pesadas
- La compactación en algunos de los suelos (s9)
- El régimen de humedad en los casos que es ústico (c1)
- Afloramientos rocosos, en los casos que se ha descrito como abundante (s1)
- Pedregosidad, en los casos que se ha descrito como abundante o frecuente (s2)

Cuadro 6.4. Superficie ocupada por las distintas subclases que componen la Clase 5 de dificultad de labranza de la tierra y distribución porcentual de las mismas

Clase	Subclase (factores limitantes)	Superficie (ha)	Superficie (%)*
5	5e2s3s4	1.622	5,52
	5e3s7s8s9c1	1.199	4,08
	5e1s3s4	1.014	3,45
	5e3s1s2s3c1	872	2,97
	5e2s4s7	539	1,83
	5e2s2s3s4s8h1c1	378	1,28
	5e3s4s7	374	1,27
	5e3s3s4s7s8s9c1	285	0,97
	5e3s1s9	243	0,83
	5e3s1s2s3s4s5s9h1c1	229	0,78
	5e2s3s4s9c1	204	0,69
	5e3s1s2s3s4s5s9c1	204	0,69
	5e2s2s3s4h1	197	0,67
	5e3s4s7s8c1	155	0,53
	5e3s4s8s9c1	145	0,49
	5e3s8s9c1	145	0,49
	5e3s2s3s5c1	122	0,42
	5e2s3s7s8s9c1	115	0,39
	5e3s2s3s4h1	103	0,35
	5e3s2s3s4c1	31	0,11
	5e3s1s2s4s8c1	29	0,10
	5e2s4	29	0,10
	5e3s4	25	0,08
	5e3s2s3s5s9c1	19	0,06
	5e3s2s3s4	18	0,06
	5e3s3s4s7s8c1	13	0,04
	5e3s2s4c1	8	0,03
	5s3s4	2	0,01
Total		8.318	28,29

* Porcentaje calculado respecto a la superficie total del área de estudio.

Fuente: Consorcio Tracasa-Nipsa, 2015.

7. AMENAZA A EROSIÓN HÍDRICA

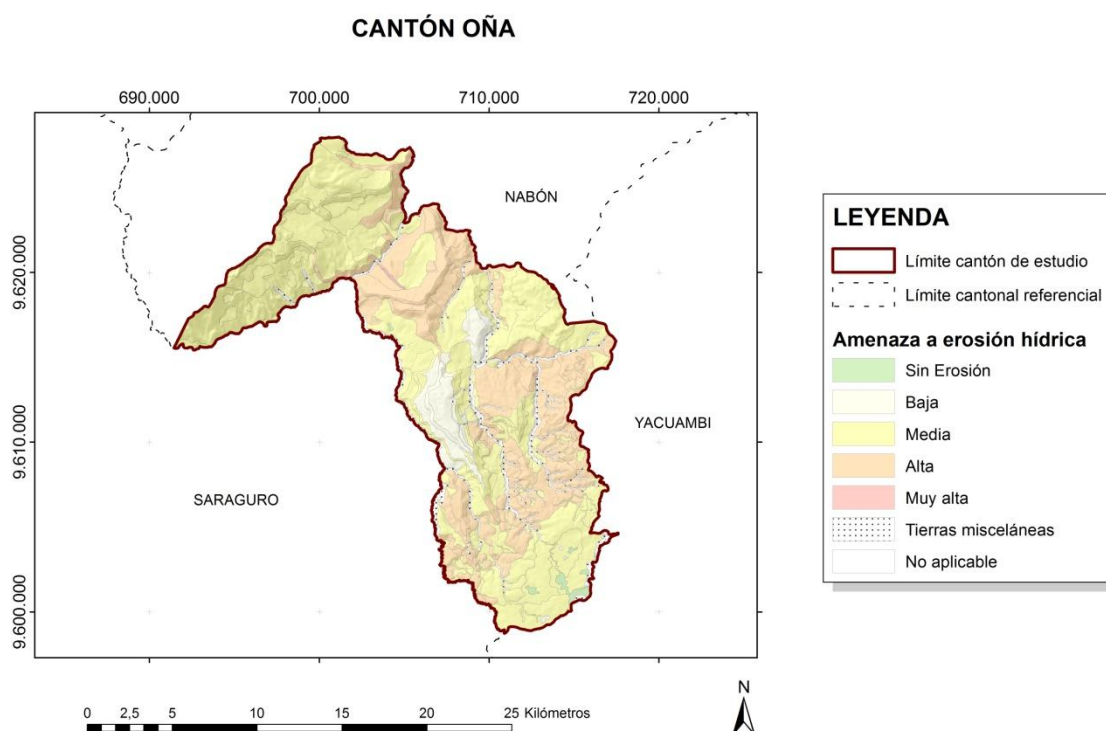
7.1. Resultados generales

En la Figura 7.1 se presenta un mapa temático general del cantón Oña, en el que se detallan las diferentes clases de amenaza a erosión hídrica identificadas. A partir de este

mapa, es posible obtener información estadística de utilidad, resumida en forma de cuadros y gráficos en los subsiguientes apartados.

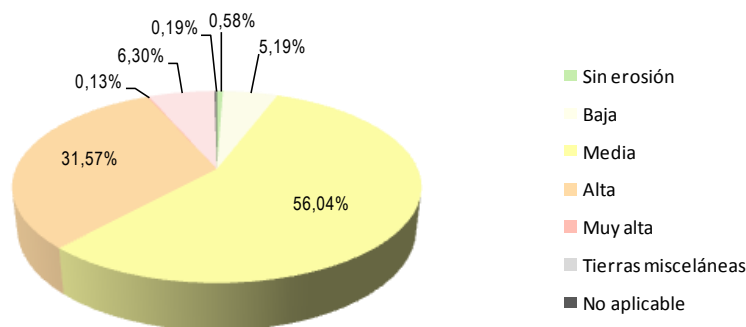
Así, en el Cuadro 7.1 y Gráfico 7.1 la información sobre la amenaza a erosión hídrica se detalla en términos numéricos, de forma que es posible distinguir diferentes clases de amenaza a erosión hídrica en el cantón, entre las cuales, predominan las tierras con amenaza Media y en segundo lugar, tierras con amenaza a erosión Alta. Los factores se combinan en clases con diferentes características que se detallan a continuación.

Figura 7.1. Ubicación geográfica de clases de amenaza a erosión hídrica en el cantón



Fuente: Consorcio Tracasa-Nipsa, 2015.

Gráfico 7.1. Representación de la distribución porcentual de las diferentes clases de amenaza a erosión hídrica en el cantón



Fuente: Consorcio Tracasa-Nipsa, 2015.

La clase con amenaza Media es la más abundante del cantón, representando el 56,04% del total del área de estudio. Se distribuye por gran parte del cantón (Figura 7.1), en la gran mayor parte de la parroquia Susudel; y en San Felipe de Oña se encuentra al sur, asociado al sistema de lagunas, en el noroeste, alrededor de la población de Oña y en el noreste en zonas dispersas a ambas orillas del río Cachihuaycu. Esta clase de amenaza a erosión hídrica sugiere que todos estos terrenos no presentan un riesgo destacado a sufrir procesos de degradación de los suelos en el corto plazo, sin embargo, se encuentran en un punto de equilibrio frágil.

La clase con amenaza Alta a erosión hídrica ocupa un área que representa el 31,57% del territorio estudiado del cantón, siendo así la segunda más representativa. Se localiza en el norte de la parroquia San Felipe de Oña, coincidiendo con zonas de baja o media cobertura vegetal y en la zona central coincidiendo con una zona de alto gradiente altitudinal y muy alto Índice de agresividad pluvial. En estos casos podría no ser suficiente con tomar medidas de prevención, sino que incluso, puede ser necesario aplicar medidas correctoras concretas y evitar así que la degradación del suelo se agrave.

Con mucha menor representatividad que la clase anterior se encuentra la clase con amenaza Baja a erosión hídrica, representando el 5,19% del área de estudio del cantón, lo cual sugiere que en ciertas zonas del cantón, los procesos de degradación asociados a la actividad agrícola o agropecuaria serían bajos, tratándose así de tierras en las que no es necesario tomar medidas especiales de protección. Estas tierras se localizan en el centro del cantón, entre Loma Llininagua y Loma Chupillones y entre Loma Shucu y la Cordillera de Allapachaca.

La clase con Sin erosión representa tan sólo un 0,58% de la zona de estudio en Oña. Estas tierras están muy localizadas en geoformas fluvio-lacustres del sistema de lagunas del sur del cantón y puntualmente al lado de Oña. Se trata de zonas en que por definición no son susceptibles de que la erosión hídrica sea medida, generalmente porque son áreas más propensas a procesos de desbordamiento y anegamiento, por lo que resulta complicado distinguir la amenaza a erosión hídrica de la de colmatación. Por representar menos del 1% de la zona de estudio no serán detalladas en el siguiente apartado.

Por último, aparece la clase con amenaza Muy alta a erosión hídrica, representando un 0,13% del territorio estudiado. Se sitúa muy puntualmente en el centro del cantón en dos

geoformas asociadas a los ríos León y Yanaurcu.. En estos casos el riesgo de degradación por erosión hídrica es muy alta y es recomendable no intervenir estas áreas, mantener su total cobertura vegetal y tener en cuenta su fragilidad en los planes de ordenación territorial. Por representar menos del 1% del área de estudio no serán detalladas en el siguiente apartado.

Cuadro 7.1. Superficie ocupada por cada una de las clases de amenaza a erosión hídrica identificadas en el cantón Oña y su distribución porcentual respecto a la superficie total del área de estudio

Amenaza a erosión hídrica	Superficie (ha)	Superficie (%)*
Sin Erosión	170	0,58
Baja	1.526	5,19
Media	16.480	56,04
Alta	9.283	31,57
Muy Alta	37	0,13
No aplicable ¹	57	0,19
Tierras misceláneas ²	1.853	6,30
Total área de estudio	29.406	100

* Porcentaje calculado respecto a la superficie total del área de estudio.

¹ No aplicable: masas de agua (lagunas, ríos, cauces y meandros, terrazas bajas, pantanos, etc.).

² Tierras misceláneas: eriales y geoformas excluidas (valles en V, barrancos...).

Fuente: Consorcio Tracasa-Nipsa, 2015.

7.2. Resumen de resultados

Tal y como se ha descrito en el apartado anterior, en el cantón Oña se han identificado diferentes clases de amenaza a erosión hídrica en base a la concurrencia de una serie de factores empleados en el modelo de cálculo. A continuación se analizan, para cada clase de amenaza, los aspectos geomorfológicos, edáficos, ecológicos y climáticos que inciden sobre los suelos y que determinan su mayor o menor grado de amenaza erosiva.

7.2.1. Tierras con amenaza Baja a erosión hídrica

Las tierras con amenaza Baja a erosión hídrica ocupa una extensión de 1.526 ha (5,19%). Estas tierras están asociadas principalmente al dominio Cimas frías de las Cordilleras Occidental y Real, asociado al contexto relieves de los márgenes de las cimas frías. La geoforma predominante es el relieve escalonado sobre capas de lava endurecida y otros materiales volcánicos, sobre litologías de tobas y aglomerados (dacíticos, riolíticos y andesíticos) caolinizados, con bajo porcentaje de lava.

Morfológicamente estas tierras están ubicadas principalmente sobre pendientes medias (>12-25%) (Foto 7.1), en menor medida fuertes (>40-70%). Las formas de vertiente fundamentalmente son mixtas, y las longitudes de éstas muy largas y largas. Así, la principal

contribución de la geomorfología a la afección de procesos erosivos se deriva de las longitudes de pendiente y ocasionalmente por pendientes fuertes.

En esta clase de amenaza a erosión hídrica predominan los Alfis Hapludands, pertenecientes a los Andisols, entre otras tipologías minoritarias. Son suelos en general profundos, de textura superficial arcillosa. Y el contenido de materia orgánica es alto para región Sierra. Así, los factores edáficos no indican amenaza a erosión hídrica.

El grado de protección vegetal es alto y el Índice de agresividad pluvial, alto (75-100 mm). Por tanto, la pluviosidad es un factor determinante del riesgo a erosión hídrica, si bien en la actualidad la cobertura vegetal es alta, en un momento de denudación puede condicionar una importante pérdida de suelo.

Foto 7.1. Zonas con amenaza Baja a erosión hídrica en el cantón



*Punto de muestreo CSp-NVI_D2-81-0030.
Ubicación: Parroquia San Felipe de Oña.
Fuente: Consorcio Tracasa-Nipsa, 2015.*

7.2.2. Tierras con amenaza Media a erosión hídrica

Esta es la clase mayoritaria en el cantón estudiado ya que representa el 56,04%, aproximadamente 16.480 ha. Las tierras sometidas a este tipo de amenaza se asocian a los dominios de Cimas frías de las Cordilleras Occidental y Real; Vertientes y relieves de Cuencas interandinas; y Relieves de fondo de las Cuencas Interandinas. Los contextos morfológicos relacionados son de Vertientes y relieves inferiores de las Cuencas Interandinas, con parcial cobertura piroclástica (Sierra Sur); Relieves de los márgenes de las cimas frías; Paisajes glaciares; y Paisajes de páramo con modelado periglacial y huellas glaciares poco marcadas. Se encuentra en una amplia variedad de geoformas, entre las que destacan vertiente heterogénea, superficie alta disectada, relieves escalonados sobre capas de lava endurecida y otros materiales volcánicos, niveles estructurales sobre lavas endurecidas, relieve volcánico colinado alto y muy alto, vertiente abrupta con fuerte disección, vertiente rectilínea, drumlins, depósito glaciar modelado por acción fluvial, coluvión antiguo y vertiente abrupta de derrames volcánicos tabulares. La litología está representada en la mayor parte del territorio por piroclastos (tobas y aglomerados gruesos

con bloques de lava) y lavas (andesitas porfiríticas) alternantes; y tobas y aglomerados (dacíticos, riolíticos y andesíticos) caolinizados, con bajo porcentaje de lava.

La pendiente dominante es media (>12-25%), y en segundo lugar fuerte (>40-70%) y de media a fuertes (>25-40%) (Foto 7.2). Las formas de vertiente son principalmente mixtas, seguida de rectilíneas e irregulares. Las longitudes de las mismas son muy largas, moderadamente largas y cortas. Se puede concluir que las pendientes fuertes y de medias a fuertes, así como las vertientes rectilíneas de muy larga longitud son los factores que en combinación condicionan los procesos erosivos que se puedan dar.

Las tipologías de suelos son muy abundantes, pudiendo destacar los Inceptisols (Typic Haplustepts, Typic Humicryepts, Oxic Dystrustepts y Humic Dystrudepts), los Andisols (Acrudoxic Hapludands y Alfic Hapludands), los Mollisols (Typic Argiudolls y Entic Haplustolls) y los Vertisols (Leptic Haplusterts). También hay otros órdenes y subgrupos pero estos son minoritarios y de poca representatividad. Se trata de suelos poco profundos, y secundariamente, profundos y moderadamente profundos. Presentan texturas superficiales arcillosas principalmente, y franco-arenosas y franco-arcillo-arenosas. El contenido de materia orgánica es alto en las partes más altas del cantón, si bien destaca una gran proporción de áreas con contenido bajo de materia orgánica, coincidiendo con las partes más bajas o deprimidas del cantón. Los factores edáficos son variados y es la combinación de los mismos los que condicionan la amenaza a erosión hídrica.

El grado de protección vegetal es alto en la parroquia de Susudel y bajo en el sur de San Felipe de Oña, prácticamente en proporciones iguales. El Índice de agresividad pluvial es muy alto en el sur del cantón y bajo en el norte, prácticamente en proporciones iguales. Así, en el norte del cantón están contribuyendo factores geomorfológicos y edáficos a categorizar estas tierras como amenaza a erosión hídrica Media mientras en el sur están contribuyendo más los factores ecológicos y edáficos.

Foto 7.2. Zonas con amenaza Media a erosión hídrica en el cantón



*Punto de muestreo CSp-NVI_D4-89-0009.
Ubicación: Parroquia San Felipe de Oña.
Fuente: Consorcio Tracasa-Nipsa, 2015.*

7.2.3. Tierras con amenaza Alta a erosión hídrica

Esta clase ocupa aproximadamente 9.283 ha, representando una superficie del 31,57% del territorio estudiado. Se ubican mayoritariamente en los dominios de Cimas frías de las Cordilleras Occidental y Real; Relieves de fondo de Cuencas Interandinas; y Vertientes y relieves de Cuencas Interandinas. En los contextos morfológicos asociados de Relieves de los márgenes de las cimas frías, Relieves de fondo de Cuencas Interandinas con parcial cobertura piroclástica, Paisajes de páramo con modelado periglacial y huellas glaciares poco marcadas y Vertientes y relieves inferiores de las Cuencas Interandinas, con parcial cobertura piroclástica (Sierra Sur). Se asocia a las geoformas de vertiente heterogénea con y sin fuerte disección, vertiente rectilínea con fuerte disección, niveles estructurales sobre lavas endurecidas, relieve colinado alto y medio; y relieves escalonados sobre capas de lava endurecida y otros materiales volcánicos. Las litologías predominante corresponden a tobas y aglomerados (dacíticos, riolíticos y andesíticos) caolinizados, con bajo porcentaje de lava y piroclastos (tobas y aglomerados gruesos con bloques de lava) y lavas (andesitas porfíricas) alternantes.

Las pendientes registradas son mayoritariamente fuertes (>40-70%) (Foto 7.3), en menor medida de medias a fuertes (>25-40%). y medias (>12-25%). Las formas de vertiente más comunes son de tipo rectilíneas, mixtas e irregulares. Presentan longitudes de pendientes muy largas principalmente y largas aunque con menor representación. Tanto las elevadas pendientes como las formas de vertiente rectilíneas y las muy largas longitudes de las mismas son determinantes para la clasificación como tierras con amenaza alta a erosión hídrica.

En esta clase de amenaza a erosión hídrica destacan los Inceptisols (Oxic Dystrudepts, Andic Dystrudepts, Typic Haplustepts, Typic Humicryepts y Humic Dystrustepts), los Entisols (Typic Ustorthents) y los Andisols (Typic Haplocryands). Se trata de suelos poco profundos, superficiales y moderadamente profundos. Su textura superficial es predominantemente arcillosa y, en menor medida, franco-arcillo-arenosa, franco-arenosa y franca, y su contenido en materia orgánica es principalmente alto.

Respecto al grado de protección vegetal éste es fundamentalmente alto y secundariamente medio y el Índice de agresividad pluvial es muy alto (>100 mm) y secundariamente medio. De este modo, de los factores ecológicos y climáticos, la precipitación, conjuntamente a las características geomorfológicas de pendientes fuertes, longitudes muy largas de pendiente y vertientes rectilíneas, parecen ser las más importantes a la hora de condicionar el grado a erosión hídrica. En los casos coincidentes con características edáficas negativas, los efectos se verán reforzados.

Foto 7.3. Zonas con amenaza Alta a erosión hídrica en el cantón



*Punto de muestreo CSp-NVI_D4-91-0008.
Ubicación: Parroquia San Felipe de Oña.
Fuente: Consorcio Tracasa-Nipsa, 2015.*

8. CONCLUSIONES

8.1. Geopedología

El estudio semidetallado a escala 1:25.000 dio como resultado una variabilidad edafológica de siete órdenes, veinte subórdenes, once grandes grupos y 45 subgrupos de suelos para el cantón Oña, en concordancia con la composición geológica y regímenes de temperatura y humedad predominantes, enmarcados en los dominios fisiográficos y contextos morfológicos presentes en la región.

Se observa en este cantón una clara predominancia del orden de suelos Inceptisols, que ocupan 15.800 ha, el 53,74% del área estudiada. También son frecuentes los suelos del orden Andisols, que cubren una superficie de 5.299 ha, representando el 18,02% del área de estudio, el orden Mollisols, que ocupan una superficie aproximada de 2.380 ha, representando el 8,10%, los Vertisols, que ocupan 1.931 ha, con el 6,57%, seguidos de los Entisols, que ocupan 1.920 ha, con el 6,53%. Otros órdenes descritos son los Alfisols y Histosols ocupando menos del 1%.

A partir de la caracterización de los suelos más representativos del cantón se llega a las siguientes conclusiones, de acuerdo a los contextos morfológicos que aparecen en el área:

- El contexto morfológico Relieves de los márgenes de las cimas frías localizadas en centro, noreste, sureste, noroeste del cantón, siendo el más frecuente en la zona de estudio (31,70%). El régimen de temperatura del suelo varían entre isomésico e isotérmico y el de humedad entre údico y ústico. Los suelos presentes en este contexto se desarrollan sobre los Depósitos fluvio glaciares, Serie Zamora, Depósitos coluvio aluviales, Depósitos de ladera (derrumbe) y Formación Tarqui.

Los suelos que más abundan son del orden Inceptisols, localizados al oeste, noreste del contexto, ocupando el 52,16%. Son suelos con un desarrollo incipiente; predominan los subgrupos Andic Dystrudepts (con régimen de humedad údico y menos del 60% de saturación de bases) y Typic Haplustepts (con régimen de humedad ústico y más del 60% de saturación de bases).

También son frecuentes los Andisols (39,02%), localizados al noreste, sureste del contexto. Son suelos de origen volcánico con densidad aparente entre 0,45 a 0,88 g/cm³ y alto porcentaje de retención de fósforo (entre 96 a 100%). Predominan los subgrupos Acrudoxic Hapludands, Acrudoxic Melanudands y Alfic Hapludands.

Los Entisols localizados al este del contexto ocupan 4,60% del mismo. Son suelos poco evolucionados, caracterizados por los subgrupos Aridic Ustorthents, Oxyaquic Ustorthents, Typic Ustorthents.

Los Mollisols sólo se han descrito en el 1,56% del contexto, localizados en el sureste del contexto. Son suelos mullidos, oscuros, con un contenido de materia orgánica medio 2,95%. Predomina el subgrupo Entic Haplustolls.

Finalmente los Vertisols representan menos del 1% del contexto, por ello no se describen en este apartado.

- El contexto morfológico Vertientes y relieves inferiores de las Cuencas Interandinas, con parcial cobertura piroclástica (Sierra Sur) se localiza en el noroeste, suroeste, y centro del cantón, cubriendo el 25,92% de la superficie estudiada. Este contexto abarca varios cantones y presenta cobertura piroclástica en algunos de ellos; sin embargo en el cantón Oña esa cobertura no está presente. El régimen de temperatura del suelo varía entre isotérmico e isohipertérmico y el de humedad entre ústico y árido.

Los suelos que más abundan son del orden Inceptisols, localizados al oeste y noreste del contexto, ocupando el 64,32% del mismo. Son suelos con un desarrollo incipiente, que incluyen una gran diversidad. Predominan los subgrupos Typic Haplustepts, Humic Dystrustepts, Oxic Dystrustepts y Torrertic Haplustepts.

Los Mollisols ocupan el 19,59% del contexto, localizados en el oeste, este del contexto. Son suelos mullidos, oscuros, con un contenido de materia orgánica medio 3,51%. Predominan el subgrupo Entic Haplustolls, Oxic Haplustolls y Oxyaquic Haplustolls.

También encontramos los Vertisols (9,17%), localizados al oeste del contexto. Son suelos con presencia de arcilla expansiva que se expande y contrae, con contenidos de capacidad de intercambio catiónico de 26,60 cmol/kg arcilla. Predominan los subgrupos Leptic Haplusterts, Typic Haplusterts.

Los Entisols sólo se han descrito en el 3,46% del contexto, localizados al oeste del contexto. Son suelos jóvenes caracterizados en este contexto por el subgrupo Lithic Ustic Torriorthents y Typic Ustorthents.

Finalmente los Alfisols ocupan el 1,61% del contexto, localizados al oeste y centro del contexto. Son suelos con iluviación de arcillas hacia horizontes subyacentes. Predominan los subgrupos Typic Haplustalfs.

- El contexto morfológico Paisajes de páramo con modelado periglaciario y huellas glaciares poco marcadas cubre el sureste, noreste y noroeste del contexto, cubriendo el (15,12%). El régimen de temperatura del suelo es isofrío, isomésico y el de humedad es údico.

Los suelos que abarcan todo el contexto son del orden Inceptisols, localizados al oeste del contexto, ocupando el 42,03%. Son suelos con un desarrollo incipiente; presentan saturación de bases menos del 60%. Predominan los subgrupos Fluventic Dystrocrepts, Humic Dystrudepts y Lithic Dystrocrepts.

También son frecuentes los Andisols (35,22%), localizados al noreste, sureste del contexto. Son suelos de origen volcánico con densidad aparente entre 0,38 a 0,71 g/cm³ y alto contenido de retención de fósforo entre 95 a 99%. Predominan los subgrupos Acrudoxic Melanudands, Alic Haplocryands y Typic Haplocryands.

Los Mollisols ocupan el 16,68% del contexto, localizados en el oeste, este del contexto. Son suelos mullidos, oscuros, con un contenido de materia orgánica alto 8,52%. Predominan el subgrupo Typic Argiudolls.

Los Entisols sólo se han descrito en el 2,34% del contexto, localizados al sureste del contexto. Son suelos jóvenes caracterizados en este contexto por el subgrupo Typic Cryorthents.

Finalmente los Histosols representan el uno por ciento lo cual no se menciona en el apartado.

- El contexto morfológico Relieves de fondo de Cuencas Interandinas con parcial cobertura piroclástica cubre el noroeste y suroeste del contexto, cubriendo 3.398 ha (11,55%). El régimen de temperatura del suelo es isohipertérmico y el de humedad es údico, ústico.

Encontramos los suelos Vertisols (33,94%), localizados al noroeste del contexto. Son suelos con presencia de arcilla expansiva que se expande y contrae, con alta capacidad de intercambio catiónico 36,30 cmol/kg arcilla. Predominan los subgrupos Chromic Calcisterts, Typic Haplusterts.

Los Entisols se han descrito en el 33,09% del contexto, localizados al noroeste del contexto. Son suelos jóvenes caracterizados en este contexto por el subgrupo Lithic Ustorthents y Typic Ustorthents.

Finalmente tenemos el orden de los Inceptisols, localizado al noroeste del contexto, ocupando el 32,97%. Son suelos con un desarrollo incipiente; presentan caracteres cálcicos. Predominan los subgrupos Aridic Calcisteps y Typic Haplusteps.

- El contexto morfológico Paisajes glaciares se encuentra ubicado en el suroeste del contexto, cubriendo 3.310 ha (11,26% del contexto). El régimen de temperatura del suelo es isofrío y el de humedad es údico.

Los suelos que abarcan todo el contexto son del orden Inceptisols, localizados al este del contexto, ocupando el 92,08%. Son suelos con un desarrollo incipiente; presentan saturación de bases menores al 60% y presentan un epipedón oscuro,

mullido, con alto contenido de materia orgánica. Predominan los subgrupos Lithic Dystricrypts, Lithic Humicrypts y Typic Humicrypts.

También son frecuentes los Andisols (2,89%), localizados al este del contexto. Son suelos de origen volcánico con densidad aparente menor a un g/cm^3 y alto contenido de retención de fósforo. Predominan los subgrupos Acrudoxic Haplocryands y Typic Melanocryands.

8.2. Velocidad de infiltración

La velocidad de infiltración que predomina en el cantón Oña es la clase Muy lenta con 8.013 ha (27,25%), seguida por las clases Lenta con 5.510 ha (18,74%) y Moderadamente lenta con 1.452 ha (4,94%). En estos suelos, las texturas superficiales son predominantemente finas o muy finas: arcilla pesada, arcillosas, arcillo-arenosas, franco-arcillosas y franco arcillo-arenosas. Puntualmente son más gruesas: franco-arenosas y francas.

En menor superficie existen suelos con texturas franco-arenosas con velocidades de infiltración Muy lenta y Lenta esta contradicción entre textura del suelo y velocidad de infiltración probablemente se debe a cambios en el tamaño de poros capilares entre horizontes contiguos en el perfil y el grado de humedad del suelo, este es el caso de suelos con humedad saturada o cercana a la saturación, condiciones en las que el ensayo de infiltración por la técnica del minidisco no reporta valores correctos debido a que está diseñado para suelos no saturados.

8.3. Capacidad de uso de las tierras

De los resultados obtenidos se concluye que el cantón Oña, que ocupa una superficie total de 29.406 ha, de las cuales se han estudiado el 100% de ellas, presenta aproximadamente un 82% de la superficie con limitaciones de fuertes a muy fuertes para el cultivo y apenas un 11% de tierras aptas para el cultivo, con limitaciones moderadas.

Debido a que en todas las tierras aptas para la agricultura es necesario llevar a cabo una inversión para su puesta en cultivo, resulta de especial interés conocer sus limitantes concretos y medidas correctoras. A continuación, se analizan las diferentes clases de capacidad de uso de las tierras, así como sus correspondientes limitantes:

- Clase IV. Representa el 11,37% del total de la superficie del cantón. Se localiza en zonas dispersas de relieve moderadamente suave al norte de las parroquias de San Felipe de Oña y Susudel, se puede puntualizar que sobre ellos se asientan las poblaciones de Oña y Copacabana. Esta clase agrológica indica la existencia de tierras con moderadas limitaciones donde es necesario llevar a cabo medidas de manejo específicas, adecuadas a sus limitaciones. Además tan sólo permiten un laboreo ocasional. Se sitúan sobre pendientes medias ($>12-25\%$), son suelos moderadamente profundos y poco profundos de texturas arcillosas, con pequeñas áreas de arcilla pesada. No presentan pedregosidad o ésta es muy poca. La fertilidad es baja en general, sin salinidad ni toxicidad salvo para escasas 294 ha donde se ha reportado toxicidad ligera por presencia de carbonatos. El drenaje de los suelos es

moderado o bueno a partes iguales, sin períodos de inundación. El régimen de temperatura es isotérmico y el de humedad, ústico.

- Clase VI. Representa el 16,20% del territorio estudiado, se distribuye en la parte noroeste de la parroquia Susudel y en el centro de la parroquia San Felipe de Oña, coincidiendo con ciertas partes altas de la Cordillera de la Allapachaca y la zona forestal por encima de la población de Bajón Chico. Las tierras de esta clase pese a tener importantes limitaciones pueden albergar ocasionalmente cultivos adaptados y/o pastos aunque su uso adecuado es el aprovechamiento forestal. Se sitúa en pendientes de medias a fuertes (>25-40%) y medias (>12-25%). Son suelos profundos y, en menor medida, poco profundos, de texturas superficiales arcillosas y francas, en menor proporción. En general no presentan pedregosidad ni salinidad y la fertilidad baja, seguida de mediana y en menor abundancia muy baja. Coincidiendo la fertilidad mediana con ligera toxicidad por carbonatos en apenas 72 ha. Y la fertilidad muy baja y ciertas áreas de fertilidad baja con toxicidad alta por acidez libre y presencia de aluminio intercambiable, aproximadamente en 1.408 ha. Su drenaje es bueno, sin períodos de inundación. En general el régimen de temperatura de estos suelos es isomésico, apareciendo pequeñas zonas de régimen isotérmico y el de humedad es údico, apareciendo ciertas áreas de ústico.
- Clase VII. Es la segunda más abundante en el cantón Oña con un porcentaje del 21,28%. Esta clase agrológica está distribuida de forma dispersa por todo el cantón, pero se pueden destacar en la parroquia de San Felipe de Oña las zonas alrededor de Cerro Yanacocha, Loma Piedra Blanca, Loma Tambillos y alrededor de las poblaciones El Rodeo y Bajón Chico, entre otras vertientes abruptas al este y norte de la parroquia. En la parroquia de Susudel aparece al norte de la población Shurucpamba y pequeñas áreas en Loma Pucara. Estas tierras tienen limitaciones fuertes para el uso agrícola, por lo que podrían utilizarse para aprovechamiento forestal, o si este no es viable, para fines de conservación. Las pendientes predominantes son fuertes (>40-70%) y, en menor medida, de medias a fuertes (>25-40%). Son suelos poco profundos y en menor medida profundos y moderadamente profundos, sin pedregosidad. Las texturas superficiales dominantes son arcillosa, franco-arcillo-arenosa y franco-arcillosa. Su fertilidad es baja, muy baja y mediana a partes iguales. No son salinos y tampoco tóxicos en general, si bien presentan aproximadamente 2.200 ha de toxicidad alta por acidez libre y presencia de aluminio intercambiable, coincidiendo con aquellas áreas de fertilidad muy baja y, apenas 22 ha de toxicidad ligera por presencia de carbonatos. El drenaje es bueno, sin períodos de inundación. El régimen de temperatura es isomésico e isotérmico en iguales proporciones y el régimen de humedad údico y ústico en iguales proporciones.
- Clase VIII. Es la mayoritaria en el cantón Oña con una representación del 44,55%. Se ubica en las zonas sur de las parroquias San Felipe de Oña, coincidiendo con las partes más altas y frías, sobre Loma Barrio Blanco y alrededor de Cerro Cortado, y en menor medida alrededor de Loma Zhuñín, Loma Chacahuillo, Loma La Punta y alrededor de la población de Molicachi. Aparece al sur de la parroquia Susudel y en las vertientes abruptas entre la población Rafael Moscoso y el río León. Esta clase hace referencia a la existencia de suelos con limitaciones muy fuertes en las que el aprovechamiento agrícola es muy complicado y su uso más adecuado sería, por tanto, el forestal, siendo preferible mantener en todo momento la vegetación arbustiva y/o arbórea con fines de protección. Las pendientes son muy variadas, destacando las medias (>12-25%), seguido de fuertes (>40-70%) y muy fuertes (>70-100%). Son suelos poco profundos, superficiales y moderadamente profundos.

Mayoritariamente no presentan pedregosidad, aunque en áreas no despreciables presenta muy poca, poca, frecuentes e incluso abundantes. Las texturas superficiales son franco-arenosas, arcillosas y franco-arcillo-arenosas en general. La fertilidad es baja fundamentalmente y, en menor medida, muy baja y mediana. No presenta salinidad salvo para 231 ha salinas y en general tampoco presenta toxicidad pero aparecen 3.234 ha de toxicidad alta por acidez libre y presencia de aluminio intercambiable y 115 ha de toxicidad por presencia de carbonatos. El drenaje es bueno con presencia de áreas en las que el drenaje es excesivo. No presentar períodos de inundación, el régimen de temperatura es principalmente isotérmico e isofrío y el de humedad, údico y ústico en proporciones similares.

8.4. Dificultad de labranza

En el presente cantón, predominan las clases de dificultad de labranza Alta por lo que el arado resulta complicado y generalmente no recomendable. A modo de resumen, se analizan las diferentes restricciones encontradas en este cantón y, en los casos en los que resulta viable, se proponen algunas técnicas de manejo:

- Clase 3. Es la tercera en representatividad con un 4,65% del total del área de estudio. Se ubica en áreas dispersas en el noroeste y centro de la parroquia San Felipe de Oña, concretamente en los relieves volcánicos por encima de la población de Bajón Chico, en ciertas áreas alrededor de Cerro Yanacocha y El Quingueado. Corresponden a tierras de dificultad media para la labranza, por lo que, a pesar de que el uso de maquinaria puede verse restringido según el tipo de limitaciones de la zona, su arado sería viable. El agente limitante más influyente es la pendiente, predominantemente de medias a fuertes (>25-40%). Los demás factores no son limitantes, tales como suelos profundos, sin afloramientos rocosos, ni pedregosidad, ni elementos gruesos. Los suelos presentan textura franca en superficie y arcillo-arenosa en profundidad, no están compactados, su drenaje es bueno, sin períodos de inundación y su régimen de humedad es údico.
- Clase 4. Es la más abundante con un 60,57%. Se distribuye por buena parte del cantón con menor predominancia en el sur de la parroquia Susudel y sur de la parroquia San Felipe de Oña. Esta clase de dificultad de labranza, referida a tierras con una dificultad Alta, sugiere que el laboreo de estos suelos sólo podría llevarse a cabo de forma manual, lo que determinará en gran medida la viabilidad económica de su aprovechamiento agrícola. Los agentes limitantes más influyentes son la pendiente, mayoritariamente medias (>12-25%) y fuertes (>40-70%), profundidades efectivas poco profundas, seguidas de profundas y, en menor medida, superficiales y moderadamente profundas y las texturas superficiales arcillosas en superficie y profundidad. Por lo demás, no presentan afloramientos rocosos, ni pedregosidad superficial, ni elementos gruesos. El drenaje en general es bueno y sin períodos de inundación. El régimen de humedad es údico y ústico en proporciones similares.
- Clase 5. Es la segunda más representativa con un 28,29% de ocupación en el área de estudio. Se distribuye en la parte sur de la parroquia Susudel y en ciertas vertientes abruptas alrededor de la población Susudel. Al sur de la parroquia de San Felipe de Oña alrededor de la Quebrada Chorro Blanco, alrededor de las Tres Lagunas y desde Cerro La Voladera a Loma Peña Blanca. Así como alrededor de las poblaciones Chacapata, El Rodeo y Bajón Grande. Se trata de tierras No arables en las que las limitaciones para la labranza son muy elevadas. Las principales limitantes

son las pendientes, oscilando de medias (>12-25%) a muy fuertes (>70-100%), profundidades efectivas poco profundas y, en menor medida, moderadamente profundas. En algunos casos se ha detectado compactación de los suelos. Por lo demás no presentan afloramientos rocosos y la presencia de elementos gruesos y pedregosidad no llega a ser limitante. Las texturas superficiales son franco-arenosas, arcillosas, franco-arcillosas y franco-arcillo-arenosas, mientras en profundidad principalmente son franco-arcillo-arenosas, y secundariamente arcilla pesada, arcillosas y franco-arcillosas. El drenaje es bueno, sin periodos de inundación y el régimen de humedad es údico y ústico en proporciones iguales.

De forma orientativa puede emplearse el Cuadro 8.1 para determinar qué prácticas de manejo o sistemas de labranza son recomendables en cada uno de las clases de dificultad de labranza.

Cuadro 8.1. Prácticas de manejo de los suelos en función de la clase de dificultad de labranza

Práctica de manejo	Unidad espacial de aplicación	Clases de dificultad de labranza			
		1	2	3	4
No labranza	ha	X			
Labranza mínima	ha	X	X		
Labranza primaria	ha			X	X
Labranza secundaria	ha		X	X	X
Cama de siembra	ha	X			
Labranza y siembra en contorno	ha		X	X	
Barreras vivas	m		X	X	X
Barreras muertas	m			X	X
Cultivos en fajas	ha	X	X	X	
Pastoreo en rotación	ha			X	X
Cobertura muerta (<i>mulching</i>)	m			X	X
Cultivo de cobertura	ha		X	X	
Rotación de cultivos	ha	X	X	X	
Barbecho mejorado	ha		X	X	
Aprovechamiento agroforestal	ha			X	X
Enmiendas orgánicas animales	kg/ha	X	X	X	X
Compost	kg/ha			X	X
Abono verde (masa vegetal sin descomponer)	kg/ha	X	X	X	X
Fertilización y enmiendas minerales	kg/ha	X	X	X	X
Terraza individual	m		X	X	X
Terraza de banco	ha		X	X	X
Terrazas de huerto	m			X	X

Fuente: adaptado de MAG y MIRENEM, 1995. Metodología para la Determinación de la Capacidad de Uso de las Tierras de Costa Rica.

8.5. Amenaza a erosión hídrica

Las clases de amenaza a erosión hídrica encontradas en el cantón Oña reflejan que, por las características del territorio, la mayoría de los suelos presentan riesgo de erosión medio a alto, puesto que esta amenaza se ha descrito como Media en aproximadamente 56% y Alta en un 32% del territorio.

El factor ecológico es variable en las diferentes regiones del cantón. El grado de agresividad de la lluvia es bajo en el norte y muy alto en el sur del cantón, donde las precipitaciones son más elevadas. En compensación, el grado de protección vegetal es bajo en el norte y alto en sur del cantón. Los aspectos más influyentes sobre la clase de amenaza a erosión hídrica se relacionan con las características geomorfológicas en la mayoría de los casos pero también en algunas de las edáficas.

En función de la calificación otorgada a las diferentes regiones, se encontraron las siguientes clases de amenaza a erosión hídrica en el cantón:

- Amenaza Baja a erosión hídrica. Estas tierras se localizan en el centro del cantón, entre Loma Llininagua y Loma Chupillones y entre Loma Shucu y la Cordillera de Allapachaca, representando el 5,19% del área de estudio del cantón. En estas zonas el riesgo de amenaza a erosión hídrica es escaso, por lo que no es necesario tomar medidas especiales. El poco riesgo que presentan viene dado principalmente por las características geomorfológicas, dado que las pendientes son medias y en menor medida fuertes, aunque las longitudes de las vertientes son muy largas. En el Cuadro 8.2 se pueden ver algunas posibles medidas que pueden ser útiles en función del uso que se quiera dar estas tierras.
- Amenaza Media a erosión hídrica. Es la mayoritaria en el cantón Oña y representa un 56,04%. Se distribuye por gran parte del cantón, con mayor dominancia en la parroquia Susudel, sur de San Felipe de Oña, alrededor de la población de Oña y a ambas orillas del río Cachiwaycu, en el noreste del cantón. Las tierras de esta clase no están expuestas a un riesgo importante de pérdida de suelo por erosión a corto plazo, pero sus características deben ser tomadas en cuenta en la planificación agrícola, para evitar futuros problemas de degradación. En estas tierras, las pendientes varían desde medias hasta fuertes, y las longitudes de las vertientes son mayoritariamente muy largas. En el norte del cantón los factores geomorfológicos y edáficos contribuyen en forma determinante a categorizar estas tierras como amenaza a erosión hídrica Media, mientras en el sur los factores ecológicos y edáficos son más relevantes. En general podrían tomarse ciertas medidas de conservación de suelos, como algunas de las que aparecen en el Cuadro 8.2.
- Amenaza Alta a erosión hídrica. ocupa un área que representa el 31,57% del territorio estudiado del cantón, siendo así la segunda más representativa. Se localiza en el norte de la parroquia San Felipe de Oña, coincidiendo con zonas de baja o media cobertura vegetal y en la zona central coincidiendo con una zona de alto gradiente altitudinal y muy alto Índice de agresividad pluvial. Estas zonas se encuentran amenazadas por los procesos erosivos, por lo tanto, todo manejo del suelo debe ir acompañado de medidas correctoras específicas, a fin de reducir la pérdida de suelo. En estas tierras las pendientes dominantes son fuertes y dominan las vertientes rectilíneas con longitudes muy largas. Edáficamente los suelos son moderadamente profundos a superficiales, con texturas arcillosas y con un contenido alto de materia orgánica. No obstante en estas tierras el Índice de agresividad pluvial

es muy alto. En el Cuadro 8.2 se plantean algunas que pueden ser de gran utilidad, siempre en función del uso al que están destinadas estas tierras.

Cuadro 8.2. Sistemas de gestión de la erosión hídrica en función de la clase de amenaza erosiva de las tierras

Práctica de manejo	Unidad espacial de aplicación	CLASES AGROLÓGICAS			
		Baja	Media	Alta	Muy alta
Canal de guardia	m			X	X
Acequias de ladera	m		X	X	X
Zanjillas de drenaje	m	X	X	X	
Vía de agua empastada	m	X	X	X	X
Terrazas de desviación	m		X	X	
Canal de desviación	m			X	X
Canal de infiltración	m		X	X	X
Camino de acceso	m	X	X	X	X
Surcos en contorno	m	X	X	X	
Surcos en contornos en pastizales	m		X	X	X
Diques en contorno (melgas)	m				X
Represa de agua	m			X	X
Barreras vivas	m	X	X	X	X
Barreras muertas	m			X	X
Cobertura muerta (<i>mulching</i>)	m		X	X	
Control de cárcavas	ha				X
Control de deslizamiento	ha				X
Control de inundación	ha		X	X	X

Fuente: adaptado de MAG y MIRENEM, 1995. Metodología para la Determinación de la Capacidad de Uso de las Tierras de Costa Rica.

9. BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

1. Amézquita, E. 1998. Propiedades Físicas de los Suelos y sus Requerimientos de Labranza; VII Congreso Sociedad Ecuatoriana de la Ciencia del Suelo, Quito, EC.
2. Arnoldus, J.M.J. 1977. Methodology used to determine the maximum potential average annual soil loss due to sheet and rill erosion in Morocco. *FAO Soils Bulletin* 34: 39–51.
3. Assouline, S. 2004. Rainfall-induced soil surface sealing: a critical review of observations, conceptual models and solutions. *Vadose Zone Journal* 3, 570–591.
4. Bolaños, J. 1989. Suelos en relación a labranza de conservación. Aspectos físicos. En: XI Seminario. Labranza de Conservación en Maíz. Documento de Trabajo, (CIMMYT-PROCIANDINO), Subregión Andina. México, pp.19–42.
5. Calvache, M. 2000. Evaluación de Sistemas de Labranza de Conservación; Tesis Doctoral UCE, Quito, EC.
6. Carmi, G., Berliner, P. 2008. The effect of soil crust on the generation of runoff on small plots in an arid environment. *Catena* 74, 37–42.
7. Carsel, R.F., Parrish R.S. 1988. Developing joint probability distributions of soil water retention characteristics. *Water Resources Research* 24, 755–769.
8. Castro Correa, C., Aliaga, C., 2010. Evaluación de la pérdida de suelo, asociada al proceso de expansión urbana y reconversión productiva. Caso: comunas de Los Andes, Quillota y Concón, valle del Aconcagua; *Revista de Geografía Norte Grande*, 45: 41–49.
9. Chelo Morocho, E. 2008. Evaluación de la Erosión Hídrica. Provincia de Bolívar. Tesis Doctoral, UEB, Guaranda, EC.
10. CLIRSEN (Centro de Levantamientos Integrados de Recursos Naturales por Sensores Remotos). 2011a. Geopedología y Amenazas Geológicas. Amenaza a Erosión Hídrica. Memoria Técnica del Cantón Jaramijó. Quito, EC.
11. CLIRSEN (Centro de Levantamientos Integrados de Recursos Naturales por Sensores Remotos). 2011b. Geopedología y Amenazas Geológicas. Evaluación de las Tierras por su Capacidad de Uso. Memoria Técnica del Cantón Jaramijó. Quito, EC.
12. CLIRSEN (Centro de Levantamientos Integrados de Recursos Naturales por Sensores Remotos), SENPLADES (Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo), MAGAP (Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuicultura y Pesca), SIGAGRO (Agricultura de Precisión, Telemática y Sistemas de Información Geográficos), MRNNR (Ministerio de Recursos Naturales No Renovables). 2011. Catálogo de Objetos. Proyecto Generación de Geoinformación para la Gestión del Territorio a Nivel Nacional. Componente 2: “Geopedología y Amenazas Geológicas”, Quito, EC.
13. CLIRSEN (Centro de Levantamientos Integrados de Recursos Naturales por Sensores Remotos); PRONAREG (Programa Nacional de Regularización); INRHI (Instituto Nacional Ecuatoriano de Recursos Hídricos); DINAC (Dirección Nacional de Avalúos y Catastros); SECS (Sociedad Ecuatoriana de la Ciencia del Suelo); UCE (Universidad Central del Ecuador). 1990. Manual para Estudios de Suelos. Quito, EC.
14. CONAGE, 2010. Metodología para levantamiento de información Geopedológica y Amenazas Geológicas del proyecto: “Generación de geoinformación para la gestión del territorio a nivel nacional escala 1: 25 000”. Quito, Ecuador: IEE (Ex CLIRSEN), 60 pp.

15. De La Rosa, D. 2008. Evaluación Agro-Ecológica de Suelos para un Desarrollo Rural Sostenible. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid, ES, 404 pp.
16. Decagon Devices, Inc. 2012. Mini Disk Infiltrometer. User's Manual. Version 10. Pullman. 30 pp.
17. Ditzler, C. 2002. Quality and Erosion. En: Lal R (Ed.). Encyclopedia of Soil Science. Dekker, New York, USA, pp. 1066–1068.
18. Duchaufour P, 1975. Manual de Edafología. Toray-Masson, Barcelona, ES, 476 pp.
19. Ebeid, M.M., Lal, R., Hall, G.F., Miller, E. 1995. Erosion effects on soil properties and soybean yield of a Miamian soil in Western Ohio in a season with below normal rainfall. Soil Technology 8, 97–108.
20. Echeverri, L., Moncayo, F. 2010. Erosividad de las lluvias en la Región Centro-Sur del Departamento de Caldas, Colombia. Revista de la Facultad Nacional de Agronomía de Medellín, 63(1): 5307–5318.
21. Elbersen, G.W., Benavides S.T., Botero, P.J. 1986. Metodología para Levantamientos Edafológicos. Segunda Parte: Especificaciones y Manual de Procedimientos. Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). Bogotá, CO, 82 pp.
22. Erenstein, O. 2002. Small conservation farming in the Tropics and Sub-tropics: a guide to the development and dissemination of mulching with crop residues and cover crops. Agriculture, Ecosystems and Environment, 100, 17–37.
23. FAO (Food and Agriculture Organization). 2012. Reactivación de Cultivos Tradicionales en Ecuador.
24. FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 2009. Guía para la Descripción de Suelos. Roma, Trad. R. Vargas. 1ª ed., Roma, IT, 99 pp.
25. FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 2001. Indicadores de la Calidad de la Tierra y su Uso para la Agricultura Sostenible y el Desarrollo Rural: Evaluación de los Recursos de la Tierra y la Función de sus Indicadores (en línea). Boletín de Tierras y Aguas de la FAO, No. 5. Roma, IT (Disponible en <ftp://ftp.fao.org/agl/agll/docs/lw5s.pdf>, consultado 20 de enero del 2015).
26. FAO (Food and Agriculture Organization). 2000. Manual de Prácticas Integradas de Manejo y Conservación de Suelo. Boletín de Tierras y Aguas de la FAO. no.8. Roma, IT, 232 pp.
27. FAO (Food and Agriculture Organization). 1992. Manual de Sistemas de Labranza para América Latina. Boletín de suelos de la FAO no. 66. Roma, IT, 193 pp.
28. Forero, M.C. 1984. Métodos de Levantamientos de Suelos (Primera parte). Centro Interamericano de Fotointerpretación (CIAF), Bogotá, CO, 83 pp.
29. Fuentes, J. 1999. El Suelo y los Fertilizantes. Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación, Ediciones Mundi-Prensa, 5ª ed., Madrid, ES.
30. García-Fayos, P. 2004. Interacciones entre la vegetación y la erosión hídrica. En: Valladares, F. 2004. Ecología del Bosque Mediterráneo en un Mundo Cambiante. Ministerio de Medio Ambiente, EGRAF, S.A. (Ed.) Madrid, ES, 309–334.
31. Gaspari, F. 2000. Plan De Ordenamiento Territorial en Cuencas Serranas Degradadas Utilizando Sistemas de Información Geográfica (S.I.G). Universidad Internacional de Andalucía, Sede Iberoamericana de la Rábida. Huelva, ES, 115 pp.

32. Gilley, J.E., Lane, L.J., Laflen J.M., Nicks, H.D., Rawls, W.J. 1988. USDA Water Erosion Prediction Project: New generation erosion prediction technology. En: Modeling, Agricultural, Forest, and Rangeland Hydrology. Symposium Proceedings. Pub. 07-88:260-263. Available from American Society of Agricultural Engineers, St. Joseph, Michigan, USA.
33. Glogiewicz, J., Rivera Santana, J.E. 1998. Técnicas y sistemas de reforestación. En: Guías de Reforestación para las Cuencas Hidrográficas de Puerto Rico. Departamento de Recursos Naturales y Ambientales, San Juan, PR, pp.27–61.
34. Holzapfel, E.A., Jara, J., Matta, R. 2001. Nivel de agua aplicado y fertirrigación bajo riego por goteo en cítricos. Agro-Ciencia, 20–31.
35. Huttel, C., Zebrowski, C., Condard, P., 1999. Paisajes Agrarios en El Ecuador; IFEA-IGM-IPGH-IRD-PUCE, Quito, EC, 285 pp.
36. IEE (Instituto Espacial Ecuatoriano), MAGAP (Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuicultura y Pesca)-SINAGAP (Sistema de Información Nacional de Agricultura, Ganadería, Acuicultura y Pesca). 2012. Generación de Geoinformación para la Gestión del Territorio a Nivel Nacional Escala 1:25.000. Geopedología. Cantón Sucre Sur, 108 pp.
37. INIAP (Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias de Ecuador). 2009. Niveles para la Interpretación de Análisis de Suelos. Quito, Estación Experimental Santa Catalina, Laboratorio del Departamento de Manejo de Suelos y Aguas (Hoja de interpretación oficial).
38. INIAP (Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias de Ecuador). 2006. Metodologías de Química de Suelos. Estación Experimental Santa Catalina, Departamento de Manejo de Suelos y Aguas. Quito, EC, 51 pp.
39. INPOFOS (Instituto de la Potasa y el Fósforo). 1997. Manual Internacional de Fertilidad de Suelos. Norcross, Potash and Phosphate Institute, USA, pp. 1–9.
40. Jaramillo, D.F. 2002. El estudio espacial de los suelos. En: Jaramillo, D.F. (Ed.). Introducción a la Ciencia del Suelo. Medellín, CO, pp. 471–589.
41. Johnson, W.M. 1963. The pedon and the polypedon. Soil Science of American Procedures 27, 212–215.
42. Jordán, A. 2010. Manual de Edafología. Universidad de Sevilla. Sevilla, España, 7 pp.
43. Klingebiel, A.A. Montgomery, P.H. 1961. Land Capability Classification United States Department of Agriculture (USDA). Handbook No 210, Washington, DC: USA Government Printing Office. 21 pp.
44. Kutilek, M. Nielsen, D.R. 1994. Soil Hydrology. Catena. Cremlingen-Destedt, Germany.
45. Landon, J.R. 1984. Tropical Soil Manual. Booker Agriculture. International Limited. Londres. 450 pp.
46. Leyton, N. 2007. Evaluación de la Pérdida de Suelo y de su Calidad Asociada al Proceso de Expansión Urbana y Reconversión Productiva. Valle del Aconcagua, Comunidad de los Andes, Quillota y Concón. Universidad Santiago de Chile Santiago de Chile, CL, 128 pp.
47. MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería), MIRENEM (Ministerio de Recursos Naturales Energía y Minas). 1995. Metodología para la Determinación de la Capacidad de Uso de las Tierras de Costa Rica. San José, CR, 267 pp.

48. MAGAP (Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca). 2012. Reabre en Beneficio del Pequeño Agricultor; BOLETÍN DE PRENSA no. 106; Quito, EC.
49. MAGAP (Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca de Ecuador), PRAT (Programa de Regulación y Administración de Tierras Rurales). 2008. Metodología de Valoración de Tierras. Quito.
50. Morgan, R. 1997. Erosión y Conservación de Suelos. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, ES, 343 pp.
51. Nearing, M.A., Foster G.R., Lane L.J., Finkner, S.C. 1989. A process-based soil erosion model for USDA. Water erosion prediction project technology. Transactions of the American Society of Agricultural Engineers 32: 1587–93.
52. Pimentel, D., Harvey, C., Resosudarmo, K., Sinclair, K., Kurz, D., McNair, M., Crist, S., Shpritz, L., Fitton, L., Saffouri, R., Blair, R. 1995. Environmental and economic costs of soil erosion and conservation benefits. Science, 267, 1117–1123.
53. Porta, J., Lopez-Acevedo, M., Reguerin, R.M., Poch, C. 2014. Edafología: Uso y Protección de Suelos. Ed. Mundi-Prensa, 3ª ed., Madrid, ES, 607 pp.
54. Porta, J., López-Acevedo, M., Poch, R. 2008. Introducción a la Edafología: Uso y Protección del Suelo. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, ES.
55. Porta, J., López-Acevedo, M. 2005. Agenda de campo de suelos. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, ES, 541 pp.
56. Porta, J., López-Acevedo, M. y Roquero, C. 2003. Edafología para la Agricultura y el Medio Ambiente. Ed. Mundi-Prensa, 3ª ed., Madrid, ES, 960 pp.
57. Rossiter, D.G. 2000. Methodology for soil resource inventories. Lecture Notes and Reference. 2nd revised version. Soil Science Division, International Institute for Aerospace Survey and Earth Science (ITC). Enschede, The Netherlands, 145 pp.
58. Saaty, T.L. 1990. Multicriteria Decision Making: The Analytic Hierarchy Process. Revised and reprinted, RWS Publications, Pittsburgh, PA, USA, 479 pp. (Original version published by McGraw-Hill, 1980).
59. SENPLADES (Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo), MAGAP (Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca), CLIRSEN (Centro de Levantamientos Integrados de Recursos Naturales por Sensores Remotos). 2008. Perfil de Proyecto: “Generación de Geoinformación para la Gestión del Territorio a Nivel Nacional”, Quito, EC.
60. SSS-USA (Soil Survey Staff, *United States Department of Agriculture*). 2010. Claves para la Taxonomía de Suelos (Keys to Soil Taxonomy traducida en español), 11th ed. USDA-Natural Resources Conservation Service, Washington, DC, USA, 365 pp.
61. SSS-USA (Soil Survey Staff, *United States Department of Agriculture*). 2006. Claves para la Taxonomía de Suelos (Keys to Soil Taxonomy traducida en español), 10th ed. USDA-Natural Resources Conservation Service, Washington, DC, USA, 330 pp.
62. SSS-USA (Soil Survey Staff, *United States Department of Agriculture*). 1975. Soil Taxonomy: A Basic System of Soil Classification for Making and Interpreting Soil Surveys. United States Department of Agriculture (USDA). Handbook No 463, 754 pp.
63. Suárez, J. 2001. Control de erosión en zonas tropicales. División Editorial y de Publicaciones Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga, CO, 556 pp.

64. Tenge, A.J., Kaihura, F.B.S., Lal, R., Singh, B.R. 1998. Erosion effects on soil moisture and corn yield on two soils at Mlingano, Tanzania. *American Journal of Alternative Agriculture* 13, 83–89.
65. UMACPA (Unidad de Manejo de la Cuenca del río Paute). 1985. Manejo de la Cuenca del río Paute. Ecuador. 151 pp.
66. US Bureau of Reclamation. 1953. Reclamation Manual, Vol. V: Irrigated Land Use, Part 2. Land classification. United States Bureau of Reclamation (USBR), Denver, Colorado, USA.
67. Winckell, A., Zebrowski, C., Sourdat, M. 1997. Los Paisajes Naturales del Ecuador: las Regiones y Paisajes del Ecuador. CEDIG-IPGH-ORSTOM-IGM. V.2 (Geografía Básica del Ecuador), Tomo 4 (Geografía Física), Quito, EC, 417 pp.
68. Wischmeier, W.H., Smith, D.D. 1978. Predicting rainfall erosion losses. A guide to conservation planning. Agriculture Handbook No. 537. USDA, Science and Education Administration, US. Government Printing Office, Washington, DC, USA, 58 pp. Disponible en: <http://naldc.nal.usda.gov/download/CAT79706928/PDF>
69. Wuddivira, M.N., Stone, R.J., Ekwue, E.I. 2009. Clay, organic matter, and wetting effects on splash detachment and aggregate breakdown under intense rainfall. *Soil Science Society of America Journal* 73, 226–232.
70. Yugcha, T. 1992. Mapa de Aptitudes Agrícolas. Ministerio de Agricultura y Ganadería. Programa Nacional de Regionalización Agraria PRONAREG. Quito, EC.
71. Zhang, R. 1997. Determination of soil sorptivity and hydraulic conductivity from the disk infiltrometer. *Soil Science Society of America Journal* 61, 1024–1030.
72. Zinck, J.A. 2012. Geopedología. Elementos de Geomorfología para Estudios de Suelos y de Riesgos Naturales. Special Lecture Notes Series. Faculty of Geo-Information Science and Earth Observation (ITC). Enschede, The Netherlands, 123 pp.

10. GLOSARIO DE TÉRMINOS TÉCNICOS DE SUELOS Y AGRICULTURA

Abanico aluvial o cono de deyección.- Formación superficial aluvial en el curso inferior de un torrente o en la salida de un río de un frente montañoso.

Abono verde.- Tipo de cultivo de cobertura que se agrega al suelo primariamente para incorporar nutrientes y materia orgánica. Este tipo de siembras no suelen emplearse para el consumo, sino que sólo se emplean para ser incorporadas al suelo posteriormente como fertilizante. Típicamente un cultivo de abono verde crece en el suelo por un período específico, luego se siega y entierra.

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.

Acequias de ladera.- Canales artificiales contruidos para conducir el agua de la lluvia en terrenos con pendientes entre 10 y 30% en los cuales no es factible construir terrazas de base ancha, cuyo objetivo es aminorar la velocidad del agua que corre por la ladera disminuyendo el peligro de erosión.

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.

Ácido fúlvico.- Dentro de las sustancias húmicas, las de peso molecular más bajo y color más claro, soluble en álcali y en ácido.

Ácido húmico.- Dentro de las sustancias húmicas, las de peso molecular y color intermedios, soluble en álcali pero insoluble en ácido.

Ácuico.- Régimen de humedad característico de suelos saturados con agua, con predominio de reacciones de reducción debido a la ausencia de oxígeno, lo cual determina la existencia de condiciones desfavorables para la actividad biológica.

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.

Afloramiento.- Parte de una formación geológica (roca, mineral o fósil) que aparece en la superficie y es directamente accesible y observable.

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 de gravitación.- El agua que se desplaza, al interior, a través de o fuera del suelo por acción de la gravedad.

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.

Agua subterránea.- La parte de la precipitación total que, en un tiempo dado, está pasando o permanece en el suelo y los estratos subyacentes, y está libre para moverse por gravedad.

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

Aluminiointercambiable.- Aluminio que ocupa sedes de intercambio. Se extrae con sal neutra no tamponada (KCl 1M; CaCl₂ ó BaCl₂).

Aluvial.- Depositado por agua de río.

Aluvión.- Material detrítico transportado y depositado transitoria o permanentemente por una corriente de agua. Puede estar compuesto por arena, grava, limo o arcilla y es un material no consolidado.

Análisis químico del suelo.- Análisis 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.

Año normal.- Año que tiene más o menos una desviación estándar de la precipitación promedio anual tomada de una estadística de larga duración (30 años o más).

Aprovechamiento agroforestal.- Forma de manejo de los recursos naturales en la cual las especies leñosas (árboles y arbustos), son utilizados en asociación deliberada con cultivos agrícolas y con pastos, en una distribución espacial (topológica) y en el tiempo (cronológica) en rotación. El propósito fundamental es diversificar y optimizar la producción respetando el principio de sostenibilidad.

Arcilla naturalmente dispersa.- En suelos en los que abundan los óxidos de hierro (Oxisols, Ultisols), los óxidos actúan de cemento de las partículas de arcilla dando lugar a pseudolimos y pseudoarenas, por lo que el contenido de arcilla naturalmente dispersa será muy bajo.

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

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

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 y constituida principalmente por granos de arena (85% o más). Puede estar cementada por carbonato cálcico, sílice o por óxidos de hierro.

Árido.- Régimen de humedad característico de suelos que permanecen secos en todo el perfil durante más o menos la mitad del año, pero en los que ninguna parte está húmeda más de tres meses consecutivos.

Aridisol.- Suelos minerales que tienen un régimen de humedad árido, un epipedón ócrico, pero no un horizonte óxico. Es un orden de la taxonomía del USDA.

Barbecho mejorado.- Técnica por la cual la tierra se deja sin sembrar o cultivar durante uno o varios ciclos vegetativos, con el propósito de recuperar y almacenar nutrientes y materia orgánica, además de evitar organismos patógenos, esperando a que sus ciclos terminen sin poder reproducirse a falta de hospedadores disponibles. También se suelen introducir regularmente las rotaciones con leguminosas, ya que éstas suministran nitrógeno al suelo a

través de su asociación simbiótica con las bacterias fijadoras del nitrógeno como las del género *Rhizobium*.

Barniz de desierto.- Cubierto o capa brillante que se forma sobre las piedras y la grava en regiones áridas.

Barreras muertas.- Ubicadas en contorno, incluyen materiales como gravas, piedras o troncos de madera, apilados de forma transversal a la pendiente y sostenidos por anclajes o estacas de madera con el fin de retener las partículas de suelo arrastradas por efecto de la escorrentía superficial. El modelo más conocido de barreras muertas son los muros de piedra.

Barreras vivas.- Hileras de plantas perennes, de crecimiento denso, sembradas en forma transversal o en contorno en las pendientes de las áreas de ladera, siguiendo las curvas de nivel. Suele emplearse en terrenos de hasta un 15% de pendiente.

Basalto.- Roca volcánica básica, negruzca, constituida esencialmente por plagioclasa y piroxeno. Puede estar presente el olivino.

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

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

Brecha.- Roca sedimentaria formada por elementos angulosos, que constituyen más del 50% de la roca y se hallan cementados.

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.

Cama de siembra.- Sistema de cultivo en el que no se lleva a cabo ningún tipo de labranza en profundidad, sino que simplemente se remueve el suelo por medio de un rastrillo pulidor e inmediatamente se depositan las semillas.

Camino de acceso.- Caminos construidos en los laterales de las fincas agrícolas, reforzados en ocasiones con piedras, a fin de evitar la compactación del suelo cultivado y la consiguiente formación de escorrentía superficial.

Canal de desviación.- Surco realizado en el terreno de forma manual o mecanizada, que se sitúa preferentemente en la parte superior o media de una ladera con el fin de capturar la escorrentía procedente de las cotas superiores. Se construye transversalmente a la pendiente con un ligero desnivel (1%) para transportar el agua a una salida estabilizada. Presenta una sección con un ancho mínimo en la base de 0,2 m y una altura efectiva mínima de 0,2 m. Las dimensiones deben permitir evacuar un volumen de agua según la precipitación de diseño. Aguas abajo, adyacente a la excavación, se construye un camellón de altura y ancho similares a la profundidad del canal y a la anchura superior de la obra, respectivamente. El largo máximo es de 100 m. Las aguas del canal siempre deben evacuar en un área receptora estabilizada.

Canal de guardia.- Canal artificial construido para colectar el agua de las precipitaciones en terrenos con pendientes fuertes y muy fuertes (>40%) a una velocidad tal que no cause erosión lateral.

Canal de infiltración.- Canales sin desnivel construidos en laderas con el objetivo de captar el agua que escurre, disminuyendo los procesos erosivos al aumentar la infiltración del agua en el suelo. Pueden ser construidas de forma manual o mecanizada y se sitúan en la parte

media de las laderas con el fin de capturar y almacenar la escorrentía proveniente de las cotas superiores.

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 de que se haya detenido todo el drenaje libre.

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

Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC).- La suma total de iones intercambiables que un suelo puede adsorber o potencial total de los suelos para adsorber cationes, expresado en centimoles de carga por 100 g de suelo.

Capacidad de Intercambio Catiónico Efectiva (CICE).- CIC determinada al pH del suelo, para afectar poco al complejo adsorbente. Se puede calcular sumando el contenido de cationes básicos de cambio (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+) y la acidez de cambio (H^+).

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

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

Carácter Oxic.- Carácter referido a diferentes subgrupos de suelos de Inceptisols y Mollisols, en los cuales la CIC es inferior a 24 cmol/kg de arcilla, en Entisols la CIC debe ser inferior a 16 cmol/kg de arcilla y para Andisols se refiere a la presencia de un horizonte óxico.

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.

Catena.- Secuencia de suelos formados a partir de un mismo material originario, que se sucede en una ladera y cuyas diferencias se deben a su posición topográfica en la ladera.

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

Climosecuencia.- Un grupo de suelos relacionados que difieren entre sí en ciertas propiedades, debido principalmente a la inclinación de la pendiente en que se formaron.

Cobertura muerta (mulching).- Es la técnica de cubrir la capa arable del suelo con material vegetal seco como hojas, hierba, ramitas, residuos del cultivo, paja etc. con el objetivo de mejorar la capacidad de infiltración hídrica y prevenir los procesos erosivos.

Coeficiente de Extensibilidad Lineal (COLE).- 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.

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

Coloide.- Material inorgánico y orgánico con partículas de tamaño muy pequeño y, por tanto, con gran área superficial, que usualmente presenta propiedades de intercambio o partículas orgánicas o inorgánicas de diámetro inferior a 0,002 milímetros. Los coloides tienen un área superficial muy grande y a menudo muy reactiva.

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

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

Compost.- Aplicación a las tierras de cultivo de material orgánico, generalmente como mezcla de residuos vegetales y animales, tras sufrir un proceso de transformación similar a la humificación de la materia orgánica del suelo, por el que se eliminan los microorganismos patógenos y se originan compuestos orgánicos de alta estabilidad química y propiedades físico-químicas beneficiosas para el 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 como consecuencia de la precipitación sucesiva de algunos compuestos químicos alrededor de un núcleo.

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

Conductividad hidráulica.- Se refiere a la mayor o menor facilidad con que el suelo deja pasar el agua a través de él por unidad de área transversal a la dirección del flujo. Tiene las unidades de velocidad.

Conglomerado.- Roca detrítica coherente, de grano grueso con más del 50% de elementos detríticos (>2 mm) redondeados.

Contexto Morfológico.- Territorio con características comunes en cuanto al tipo general de modelado y fisiografía, en el que suele predominar un tipo de sustrato geológico o de formación superficial y muy a menudo caracterizado complementariamente por la presencia generalizada o por la ausencia de cobertura piroclástica. Su extensión fluctúa en órdenes de magnitud de entre 10² a 10³ km². Agrupan siempre a distintas geoformas, algunas de las cuales son más frecuentes o características del contexto morfológico definido. Los contextos pueden hacer referencia, por ejemplo, a vertientes o relieves estructurales sobre determinadas litologías, a construcciones de tipo estrato-volcán, a piedemontes proximales o piedemontes distales con o sin cobertura piroclástica, o a vertientes homogéneas sobre granitos sin cobertura piroclástica.

Control de cárcavas.- Sistema de protección de la cabecera, paredes laterales y fondo de las cárcavas y establecimiento de canales de desviación en las mismas, utilizando materiales diversos como piedras, madera, gaviones y vegetación adaptada ecológicamente a la región.

Control de deslizamientos.- Técnicas de manejo orientadas fundamentalmente a suavizar la superficie de las depresiones o grietas para poder establecer cobertura vegetal y aumentar la estabilidad de las pendientes, evitando así los deslizamientos y derrumbes de tierras.

Control de inundación.- Sistemas de protección de las tierras en las que se combina la construcción de paredes de gaviones, diques de desviación, recanalización de cauces, muros de sedimentación y diseño de alcantarillas de drenaje, a fin de aumentar la infiltración y evitar la erosión hídrica.

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

Crotovina (Krotovina).- Antigua galería formada por animales en el horizonte del suelo, que ha sido llenada con materia orgánica o material de otro horizonte.

Cuaternario.- En Geología, periodo más moderno del Cenozoico. Comenzó al final del periodo terciario, hace 1,64 millones de años y abarca hasta nuestros días.

Cultivos de cobertura.- Se trata de cultivos en los que, en su segunda etapa de crecimiento, se conserva una buena capa de cobertura foliar que protege al suelo del impacto de las gotas de lluvia y aumenta la rugosidad del terreno. Incluye cultivos como la caña de azúcar, sorgo forrajero, pastos de corte para ganado vacuno y algunas hortalizas como la papa, ayote, camote, zanahoria, rábano y remolacha.

Cultivos en fajas.- Técnica de cultivo que consiste en dividir el campo en fajas, generalmente horizontales y perpendiculares a la pendiente, sembradas de forma alterna con distintos tipos de cultivos que se complementan para conseguir una eficaz defensa del suelo frente a la erosión.

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

Cutanes.- Recubrimiento que ocurre sobre una superficie natural del suelo (agregados, poros o partículas) generalmente de diferente naturaleza (arcillas, Fe, Mn, materia orgánica, carbonatos) que fueron transportadas perfil abajo a través del suelo.

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 .

Desprendimiento de partículas.- Mecanismo con el que se inician generalmente los procesos erosivos debido al impacto de las gotas de lluvia sobre la superficie de suelo desprotegido, y que produce la ruptura de los agregados y transporte a distancia por efecto de la salpicadura.

Detrito.- Material suelto o sedimentario. Son los productos de la erosión, el transporte o la meteorización física y química. Un material detrítico conocido son las arcillas.

Difusión.- Movimiento molecular a lo largo del 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.

Diques en contorno (melgas).- Tipo de riego por superficie en el que el agua escurre a través de pequeños cauces (surcos) o en delgadas láminas que cubren íntegramente el terreno (melgas). Hidráulicamente, el objetivo de los surcos o melgas es hacer que el agua conducida se infiltre en cortos recorridos.

Discontinuidad litológica.- Presencia de dos materiales superpuestos y muy diferentes en el perfil. Se manifiesta por cambios abruptos en sentido vertical en la litología, detectables y que condicionan el comportamiento del suelo.

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.

Dominio Fisiográfico.- Unidad territorial, que agrupa uno o más contextos morfológicos, característica de un determinado ambiente morfoclimático (p. ej., ambiente glaciario-periglaciario) o sistema morfogenético (p.ej., volcánico, litoral, aluvial); su diferenciación también se establece, a menudo, en base a unidades tectónicas y estructurales (p.ej., vertientes externas de las cordilleras, paisajes estructurales, grandes sistemas de piedemonte). Representan, en definitiva, un tipo de características del relieve que se

diferencian claramente del espacio adyacente y que se localizan en un marco geográfico definido, continuo y de considerable extensión, del orden de 10^3 a 10^4 km².

Duripán.- Horizonte subsuperficial endurecido o cementado por iluviación de sílice, que no se disuelve al ser sumergido prolongadamente en agua o ácido clorhídrico.

Edafología.- Ciencia que estudia las condiciones del suelo en relación al 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 chroma menor o igual a 2.

Endopedón.- Horizonte de diagnóstico formado dentro de los suelos.

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

Enmiendas orgánicas animales.- Aplicación al terreno de residuos orgánicos de origen animal con el fin de mejorar sus propiedades físicas, químicas y biológicas.

Epipedón.- Horizonte de diagnóstico formado en la parte superior del suelo, oscurecido por materia orgánica.

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 por su valencia.

Erosión.- Proceso natural enmarcado entre la litosfera, la atmósfera y la biosfera, que comprende el desprendimiento, transporte y posterior depósito de materiales de suelo o roca por acción de la fuerza de un fluido en movimiento. Los agentes erosivos más importantes son el agua y el viento, y la principal fuerza motriz es la gravedad.

Escarpe.- Segmento de ladera de pendiente elevada (>40%) y que no soporta sedimento. Evoluciona por caída de bloques y por deslizamientos.

Escorrentía.- Mecanismo erosivo que sigue al desprendimiento de partículas y que es característico de las lluvias intensas o duraderas. Se origina cuando el suelo no es capaz de absorber toda el agua de las precipitaciones, formándose un manto hídrico que fluye ladera abajo, arrastrando las partículas desprendidas y arrancando, a su vez, otras nuevas.

Esquistos.- Roca metamórfica, con estructura determinada por la orientación de los minerales. Derivada de lutitas y grauvacas y a veces de rocas ígneas básicas. Con granos minerales visibles a simple vista.

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

Evapotranspiración (ETP).- 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 de retirar la cosecha y que puede ser utilizado por el siguiente cultivo.

Fertilización.- Proceso por el cual se añade al suelo un tipo de compuesto mineral o conjunto de nutrientes en formas químicas saludables y asimilables por las raíces de las plantas, para mantener o incrementar el contenido de estos elementos en el suelo.

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.

Friabilidad.- Resistencia que opone un fragmento de suelo, en estado húmedo a ligeramente húmedo, al ejercer una cierta presión sobre él entre el pulgar y el índice.

Friable.- Un término descriptivo de la consistencia, que se refiere a la facilidad con que se desmorona los suelos.

Geoforma.- Geoforma (o unidad geomorfológica) se puede definir como una porción del territorio, identificable con respecto a las de su entorno inmediato desde el punto de vista perceptivo, que presenta características homogéneas en cuanto a su génesis (procesos formadores), morfología (forma del terreno), morfometría (o análisis cuantitativo del relieve: pendiente, desnivel relativo, longitud de vertiente), procesos morfodinámicos actuantes y material constitutivo (formación geológica o depósito superficial sobre la que se asienta).

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

Gigait.- Microrelieve de los suelos producido por expansión y contracción por los mismos por los cambios de humedad. En partes planas forman microrelieve.

Gleización o Gleyzación.- Hace referencia a la formación de compuestos ferrosos, debido a la presencia de condiciones reductoras en el medio. Este proceso genera colores grises y/o moteos en el suelo y pone de manifiesto condiciones de mal drenaje o de niveles freáticos fluctuantes en el suelo.

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

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

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.

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

Hidroxilo.- Grupo químico OH⁻.

Horizonte de diagnóstico.- Horizonte definido morfométricamente o, por lo menos, con la mayor precisión posible, con datos de campo y de laboratorio, para su utilización taxonómica.

Horizonte genético.- Capas de disposición horizontal o subhorizontal resultantes de la *horizonación* del material originario, por acción de procesos edafogénicos.

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

Humificación.- Proceso de descomposición de la materia orgánica conducente a la formación de humus.

Humus.- Fracción más o menos estable de la materia orgánica del suelo que queda después de haberse descompuesto la mayor parte de los residuos animales y vegetales aportados al suelo. Es de color oscuro.

Índice melánico.- Se utiliza este índice para diferenciar entre horizontes Ándicos-fúlvicos y Melánicos. Cuando el índice es $< 1,65$ es usado como criterio para el diagnóstico de horizontes ándico-melánicos.

Infiltración.- Entrada de agua en el perfil de suelo tomada desde la superficie.

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.

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

Iones intercambiables.- Iones retenidos por atracción eléctrica en la superficie con carga de los coloides y que pueden ser reemplazados por otros iones.

Isofrígido.- Régimen de temperatura característico de suelos con temperaturas de menos de 10°C , entre 50 y 100 cm de profundidad, durante todo el año. El prefijo iso- hace referencia a que no existe variación de menos de 5°C a lo largo del año.

Isohipertérmico.- Régimen de temperatura característico de suelos con temperaturas de más de $20/22^{\circ}\text{C}$, entre 50 y 100 cm de profundidad. El sufijo iso- hace referencia a que no existe variación de menos de 5°C a lo largo del año.

Isomésico.- Régimen de temperatura característico de suelos con temperaturas de 10 a 13°C , entre los 50 y 100 cm de profundidad, durante todo el año. El sufijo iso- hace referencia a que no existe variación de menos de 5°C a lo largo del año.

Isotérmico.- Régimen de temperatura característico de suelos con temperaturas de 13 a $20/22^{\circ}\text{C}$, entre los 50 y 100 cm de profundidad, durante todo el año, con una variación muy débil. El sufijo iso- hace referencia a que no existe variación de menos de 5°C a lo largo del año.

Labranza mínima.- Remoción mínima del suelo necesaria para la producción de cultivos.

Labranza primaria.- Aquella que se hace con arado de discos o de vertedera, con cinceles, subsolador o rastras pesadas para descompactar capas endurecidas e incorporar materia orgánica, con el fin de facilitar el desarrollo de los cultivos. Es agresiva y profunda (hasta unos 35 cm) y produce mayor rugosidad en el terreno.

Labranza secundaria.- Aquella que remueve el suelo superficialmente (a una profundidad aproximada de 15 cm), proporcionando mayor fraccionamiento de terrones superficiales y nivelando el terreno. Suele llevarse a cabo con rastra de discos.

Labranza y siembra en contorno o en curvas de nivel.- Consiste en trabajar el suelo siguiendo las curvas de nivel y sembrar las plantas en hileras, siguiendo también las curvas de nivel.

Labranza.- Serie secuencial de acciones que conducen a obtener, a través del tiempo, un suelo ideal para el desarrollo de las raíces de las plantas, permitiendo su crecimiento y desarrollo sin restricciones. Se trata de una práctica orientada a corregir cualquier factor limitante que posea el suelo y controlar sus procesos degradativos.

Laterización.- También llamado ferralitización, es un proceso de lixiviación intensa de bases y de sílice que genera la acumulación de Fe en forma de óxido férrico. Son característicos de climas tropicales (cálido húmedo) y lleva a la formación de Oxisols.

Levantamientos de suelos (levantamiento edafológico).- Estudio de determinación del patrón de distribución geográfica del recurso suelo en un determinado territorio, basado, principalmente, en el estudio del terreno y la descripción de perfiles de suelos. En función del nivel de detalle, este proceso permite recopilar información sobre las características y propiedades de los suelos en una región específica, clasificarlos de acuerdo a un sistema de clasificación estándar y situar sus límites en un mapa.

Levantamientos detallados.- Estos levantamientos se desarrollan en áreas en las que no existen limitaciones de acceso, planas o casi planas, con elevado desarrollo y un alto potencial agropecuario. Este tipo de levantamientos exigen un muestreo de alta intensidad, por lo que permiten obtener un amplio conocimiento de los suelos de una zona, tanto de sus propiedades como de su extensión y ubicación exacta, pero implica elevados costes de ejecución.

Levantamientos exploratorios.- Este tipo de levantamiento se realiza en zonas extensas y/o de difícil accesibilidad, por lo que implica una baja intensidad de los trabajos de campo. Puede emplearse en cualquier tipo de relieve y la información que suministra este tipo de levantamiento es muy general, con escalas de elaboración de los mapas muy pequeñas (1:500.000 ó 1:1.000.000).

Levantamientos generales.- Este tipo de levantamiento se lleva a cabo en zonas amplias, con accesibilidad limitada y que, normalmente, muestran un potencial agropecuario moderado. La intensidad del trabajo de campo es también baja. Puede aplicarse a diferentes tipos de relieve, desde áreas montañosas con desarrollo medio a zonas planas u onduladas con bajo desarrollo. La información que suministran estos estudios permite formular recomendaciones generales de manejo para las explotaciones de la zona y la escala de publicación de los mapas es de 1:100.000.

Levantamientos semidetallados.- Los levantamientos correspondientes a este nivel se llevan a cabo en aquellas zonas que presentan buena accesibilidad y en formas de relieve desde planas a onduladas, con alto a medio desarrollo y un alto potencial agropecuario. La intensidad del trabajo de campo es moderada. Este tipo de levantamientos se emplean para establecer especificaciones de anteproyectos y son los precursores de estudios más detallados. La escala a la cual se publican los mapas es considerablemente más grande, generalmente de 1:25.000.

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.

Loess.- Material transportado y depositado por el viento, que consiste principalmente en partículas del tamaño del limo.

Macroporos.- Poros grandes formados generalmente por raíces, insectos y otros animales pequeños en 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 parental.- Material no consolidado, mineral u orgánico, a partir del cual se desarrolla el suelo.

Melanización.- Es la acumulación de materiales orgánicos de color oscuro, en alguna porción del suelo, generalmente recubriendo sus partículas o sus agregados minerales. Lleva a la formación de horizontes melánicos en Andisols, mólicos en Mollisols y úmbricos en Inceptisols.

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

Mineralización.- Conversión de un elemento en forma orgánica activa a un estado inorgánico como resultado de la descomposición microbiana.

Movimientos en masa.- Mecanismos erosivos a gran escala en los que se ve afectado, no sólo los primeros centímetros de suelo, sino hasta varios centímetros de profundidad. Tienen lugar cuando, debido a eventos de intensa precipitación el suelo se satura y, por efecto de la gravedad, se convierte en un fluido viscoso que fluye ladera abajo.

Muestreo aleatorio de suelos.- Se utiliza para áreas pequeñas muy homogéneas, donde se desconoce por completo el tipo de suelo. Se realizan varios sondeos y/o muestreos que luego servirán para la elaboración del mapa a partir de la información generada.

Muestreo de suelos de ubicación específica o dirigido.- Tipo de muestreo apoyado en la interpretación de geoformas, en el que, previamente, en gabinete, se seleccionan los puntos más representativos, teniendo en cuenta los factores formadores del suelo; y, posteriormente, en campo, se intenta cumplir con su ubicación, descripción y muestreo. Se obtiene así una variabilidad edáfica relacionada con las condiciones características del entorno.

Muestreo de suelos en grilla.- Muestreo sistemático diseñado basándose en el rango de auto-correlación espacial en el que los puntos se ubican en gabinete y son caracterizados en campo. La idea es ubicar los muestreos igualmente espaciados unos de otros y, a partir del producto, elaborar el mapa.

Muestreo de suelos por zonas.- Muestreo realizado con apoyo de insumos provenientes de la teledetección, en el que se analiza la variabilidad espacial y se seleccionan los puntos en los que existe diferenciación por tonalidad, textura y vegetación, entre otras.

Muestreo de suelos.- Primera etapa de caracterización del sistema edáfico, que consiste en la extracción del material que forma el suelo, de modo tal que tenga en cuenta la variabilidad y el manejo del mismo, así como el tipo de determinaciones analíticas que van a llevarse a cabo para su caracterización.

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

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.

Pastoreo en rotación.- Tipo de pastoreo que deja al pasto descansar por un período de tiempo lo suficientemente largo como para que las plantas recuperen sus reservas y vuelvan a rebrotar. Generalmente se subdivide el campo en varias parcelas o franjas que serán

pastoreadas sistemáticamente de modo que mientras una parcela es pastoreada las demás descansan.

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.

Pedón.- División arbitraria del edafopaisaje o volumen arbitrario de suelo, establecido como la unidad mínima que permite reconocer el suelo como una entidad individual y cuyas dimensiones laterales deben ser suficientes para permitir el estudio de las formas de los horizontes, naturaleza, disposición, variabilidad y relaciones entre los mismos.

Pedregosidad.- Expresa la proporción de elementos gruesos que se hallan en la superficie de un suelo y que interfieren con el laboreo.

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 al material parental.

Permafrost.- Material permanentemente congelado que está debajo del solum o un horizonte permanentemente congelado.

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

Perúdic.- Régimen de humedad característico de suelos en los que las precipitaciones mensuales son más altas que la evapotranspiración y, en consecuencia, hay percolación del agua en el perfil durante todo el año y lixiviación de algunos elementos minerales útiles.

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.

Piroclastos.- Fragmento sólido de material volcánico arrojado al aire en una erupción.

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.

Polipedón.- Grupo o conjunto de pedones similares contiguos que definen la variabilidad espacial significativa con cambios laterales graduales y que representan la unidad espacial para la cartografía de suelos a escala grande (alto grado de detalle).

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.

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

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

(goetita). Los óxidos de hierro se concentran en las superficies de los agregados y en las paredes de los poros gruesos (antiguos canales de raíces).

Propiedades 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, en suelos francos y arcillosos) en más del 95% de la matriz.

Pseudomicelios.- Acumulaciones difusas, filiformes y discontinuas de calcita acicular. No se considera suficiente como criterio de diagnóstico para un endopodón cálcico.

Puentes de arcilla.- Arcilla iluviada que une granos minerales adyacentes.

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.

Régimen de Humedad del Suelo (RHS).- Se refiere a la presencia o ausencia de agua en el suelo o en horizontes específicos en un año normal, ya sea de un manto freático o de agua retenida a una tensión menor a 1.500 kPa (punto de marchitez permanente), lo cual se encuentra estrechamente relacionado con la disponibilidad de agua para las plantas.

Régimen de Temperatura del Suelo (RTS).- Se refiere al valor de temperatura media anual medida a los 50 cm de profundidad del suelo, para los cuales se ha definido un rango relacionado con la actividad biológica. El RTS es descrito por la temperatura media anual del suelo, las fluctuaciones estacionales promedio con respecto a la media y el gradiente de temperatura más cálido y más frío por estación dentro de la zona de enraizamiento.

Región.- Región o sistema geoestructural, puede definirse como una gran unidad geomorfológica resultante de la evolución geológica y tectónica del área en que se encuadra. Una Región, típicamente con una extensión del orden de 104 a 105 km², presenta, a esa escala de análisis, características de relieve condicionadas por las grandes estructuras geológicas (accidentes tectónicos y plegamientos mayores) y su evolución a lo largo del tiempo.

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

Represa de agua.- Muros o diques de contención contruidos con materiales generalmente artificiales que permiten contener el caudal hídrico de los pequeños cauces y regueros con el fin de frenar la velocidad del agua en su bajada por las laderas, así como crear un reservorio temporal de agua para el uso agrícola.

Rotación de cultivos.- Consiste en alternar plantas de diferentes familias y con necesidades nutritivas diferentes en un mismo lugar durante distintos ciclos, evitando que el suelo se agote y que las enfermedades que afectan a un tipo de plantas se perpetúen en el tiempo. De esta forma se aprovecha mejor el abonado (al utilizar plantas con necesidades nutritivas distintas y con sistemas radiculares diferentes), se controlan mejor las malas hierbas y se reducen los problemas de plagas y enfermedades.

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.

Sección de control.- Sección del perfil del suelo definida para facilitar la estimación de los regímenes de humedad, en la cual el límite superior es la profundidad a la cual un suelo seco (tensión de más de 1.500 kPa, pero no aire seco) será humedecido por 2,5 cm de agua en 24 horas; mientras que el límite inferior es la profundidad a la que un suelo seco será

humedecido por 7,5 cm de agua dentro de 48 horas, de forma que coinciden con las profundidades de enraizamiento para muchos cultivos.

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

Silicatos.- Minerales formadores de rocas que contienen silicio.

Slickensides (caras de deslizamiento).- Superficies pulidas que se forman cuando dos pedos se frotan entre sí cuando el suelo se expande en respuesta a la mojadura.

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 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 reserva). 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 muestra efervescencia cuando se le añade ácido clorhídrico diluido al 10%.

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

Suelo orgánico.- Un suelo que contiene, en el solum, un alto porcentaje de materia orgánica (>15-20%)

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 catiónico), o las dos condiciones a la vez.

Suelo sódico.- El término sódico se refiere a un suelo que hayan 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.

Suelo truncado.- Suelo que ha perdido todo o parte del horizonte o los horizontes superiores.

Suelo.- Sistema natural dinámico, abierto a la atmósfera y a la corteza terrestre, compuesto por una serie de constituyentes sólidos (minerales y materia orgánica), líquidos y gaseosos, que se encuentra sobre la corteza terrestre, ocupa un espacio y es caracterizado por una o ambas de las siguientes propiedades: presenta horizontes o capas que se distinguen del material inicial como resultado de procesos de adición, pérdida, transferencia y transformaciones de energía y materia; y/o actúa como soporte para el crecimiento de las plantas en el medio ambiente.

Surcos en contorno en pastizales.- Obra estratégica de captación de agua que, de forma análoga a los surcos en contorno utilizados en cultivos, permite incrementar la lámina de

agua infiltrada para incrementar la producción de forraje y disminuir las pérdidas de suelo por erosión.

Surcos en contorno.- Sistema de cultivo del suelo que permite realizar las labores agrícolas siguiendo líneas guía o curvas de nivel. Estas pueden ser trazadas a nivel (con todos sus puntos a igual cota) o bien con una suave pendiente de 0,2-0,5% para permitir el desagüe no erosivo del exceso de agua en eventos de precipitación intensa. Las líneas guías siguen fielmente el relieve del terreno y por lo general resultan curvas muy sinuosas y no paralelas.

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

Terraza individual.- Pequeñas plataformas redondas, semicirculares o cuadradas de aproximadamente 1,2 a 2 m de diámetro que se construyen antes de plantar árboles frutales o cultivos semi-permanentes, con el fin de captar el agua de escorrentía o precipitación, facilitando su almacenamiento e infiltración. Se suelen instalar en terrenos con pendientes comprendidas entre 20 y 50% y con un horizonte superficial de más de 30 cm de espesor.

Terrazas de banco o bancales.- Sistema de terrazas en forma de escalones continuos, generalmente amplios, aunque su amplitud varía con la pendiente y el cultivo concreto que se quiera establecer. La pendiente del banco es inversa, de un 5% aproximadamente. El sitio donde se construyen debe tener un suelo profundo, especialmente en lo que se refiere al grosor del horizonte superficial. El borde de la terraza debe ser protegido con vegetación permanente. Este tipo de terrazas aprovecha eficientemente el agua de lluvia o de riego y facilita el laboreo.

Terrazas de desviación.- Sistema de terrazas caracterizado por la existencia de sistemas de desagüe del exceso de agua hacia un cauce natural o empastado, que puede ubicarse en diferentes partes del terreno.

Terrazas de huerto.- Terrazas establecidas para el cultivo de árboles frutales en terrenos con pendientes fuertes de 50 a 60%. La distancia entre pendientes, por las fuertes pendientes, es menor que la distancia entre acequias de ladera, aunque depende de las especies a cultivar, desde los 6 ó 7 metros para cítricos y macadimia, hasta 9 ó 12 metros para árboles de aguacate o mango. El ancho del banco varía entre 1,4 a 1,5 metros. Son construidas con una pendiente inversa a la pendiente general del terreno. Se usan zanjillas de drenaje para coleccionar el agua.

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

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

Textura gruesa.- Se refiere a una elevada cantidad de partículas gruesas en el suelo, indicando la presencia de un alto porcentaje de arena.

Tierra.- Área de la superficie del globo terrestre que se puede delinear, abarcando todos los atributos de la biosfera inmediatamente por encima y por debajo de su superficie. Comprende, además del propio suelo, todo el ambiente físico que lo rodea, incluyendo otros recursos, estructuras y procesos como el clima, el relieve, el medio hidrográfico y las poblaciones de flora y fauna. También hace referencia a los resultados de la actividad humana presente y pasada y, de hecho, este término se ha vinculado históricamente con la Agricultura y, en los tiempos más modernos, con el Medio Ambiente y colateralmente con la Industria.

Tierras misceláneas.- Unidad cartográfica que incluye aquellas superficies "sin suelo".

Údico.- Régimen de humedad característico de suelos que no están secos en todo el perfil durante más de tres meses consecutivos la mayoría de los años.

Unidad cartográfica homogénea.- Una unidad cartográfica es el conjunto de delineaciones en un mismo mapa que presentan las mismas propiedades y una significación parecida (misma definición e idénticos atributos, que varían dentro de un determinado intervalo). La unidad cartográfica base es el polipedón pero ésta sólo resulta representable en mapas muy detallados.

Unidad Edáfica.- Unidad representada por el mismo dominio fisiográfico/contexto morfológico, geoforma, formación geológica, pendiente, régimen de humedad y de temperatura del suelo, tanto en zonas de semidetalle como de reconocimiento.

Unidad Geoclima.- Unidad espacial que resulta de la combinación de la información geomorfológica (contexto morfológico, morfología o geoforma, formación geológica, pendiente, etc.) y la información climática (régimenes de humedad y temperatura de los suelos).

Ústico.- Régimen de humedad característico de suelos en los que la sección de control está seca en alguna o en todas sus partes por 90 días o más acumulativos en años normales, pero que, sin embargo, está húmeda en alguna parte por más de 180 días acumulativos por año o por 90 días o más consecutivos. Este régimen de humedad es intermedio entre el régimen arídico y údico.

Velocidad de Infiltración.- Velocidad con que el agua penetra en el suelo y que reviste gran importancia debido a la variación de las características de suelo, tanto temporales como espaciales, durante el proceso dinámico que se produce por la interacción de la fase líquida del agua con la sólida de las partículas de suelo.

Vía de agua empastada.- Infraestructura utilizada para recolectar el agua de las estructuras denominadas canales de guardia, acequias y zanjillas de drenaje. Si existen vías de agua naturales en la región, se rectifican y profundizan considerando la cantidad de agua que debe evacuar en eventos críticos de precipitación. En caso contrario, se construyen en sentido longitudinal, ladera abajo.

Zanjillas de drenaje.- Pequeños canales artificiales más pequeños que los anteriores, cavados directamente en el terreno para recolectar y conducir el exceso del agua de las precipitaciones. Suelen emplearse en pendientes menos pronunciadas (< 10%).



11. ANEXOS

Anexo 1.- Equivalencias entre los subgrupos de suelos de acuerdo a la *Soil Taxonomy* (2006) y *Soil Taxonomy* (2010)

Anexo 2. Códigos de las variables que aparecen en la base de datos

Anexo 3. Categorización de las variables edáficas que aparecen en la memoria

Anexo 4. Productos generados en cada cartografía temática

Anexo 5. Fichas de campo de los perfiles referidos en esta memoria