

**UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO**

**COLEGIO DE POSTGRADOS**

**“Identificación de los Impactos a través de las Actividades  
Antrópicas ejercidas sobre los Suelos utilizando la  
Teledetección, en el cantón Santa Lucia, Provincia del Guayas”**

**Giovanny Patricio Segarra Ramírez**

Tesis de grado presentada como requisito para la obtención del título de  
Maestría en Sistemas de Información Geográfica

Quito

Enero de 2011

**Universidad San Francisco de Quito**

**Colegio de Postgrados**

**HOJA DE APROBACION DE TESIS**

**“Identificación de los Impactos a través de las Actividades Antrópicas  
ejercidas sobre los Suelos utilizando la Teledetección, en el cantón Santa  
Lucia, Provincia del Guayas”**

**Giovanny Patricio Segarra Ramírez**

Nombre, título académico  
Director de la Tesis .....

Nombre, título académico  
Miembro del Comité de Tesis .....

Nombre, título académico  
Miembro del Comité de Tesis .....

Nombre, título académico  
Miembro del Comité de Tesis .....

Nombre, título académico  
Director de la Maestría .....

Nombre, título académico  
Decano del Colegio de la especialización.....

Nombre, título académico  
Decano del Colegio de Postgrados .....

Quito, enero de 2011

**©Derechos de autor  
Giovanny Patricio Segarra Ramírez  
2011**

## RESUMEN

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

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

El presente estudio pretende utilizar una delimitación de áreas homogéneas para obtener una zonificación de las tierras orientada a la mejor utilización del recurso suelo, para identificar impactos ecológicos y paisajísticos en el cantón Santa Lucía, provincia del Guayas.

## ABSTRACT

This study was an evaluation of soil of Canton Santa Lucia, province of Guayas. The purpose of this study was to identify the morphological, physical and chemical weapons and also to know the determinants of the potential and limitations of this natural resource for purposes of improving productivity in agriculture and forestry.

We used modern techniques of remote sensing techniques and geographic information systems. The result was a thematic map base and information specialty, multi-date. This information is a fundamental input for land use planning, rural land valuation, assessment of natural resources, improving productivity, disaster response, use and soil protection, sustainable production, food security, among others.

Furthermore, this trial showed a delineation of homogeneous areas, which allowed same land zoning aimed at better utilization of soil resources. Also, it could identify the ecological and landscape in the Canton Santa Lucia, province of Guayas.

## TABLA DE CONTENIDOS

RESUMEN.....	IV
ABSTRACT .....	V
CAPÍTULO I.....	1
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. OBJETIVOS.....	3
2.1. OBJETIVO GENERAL .....	3
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	3
3. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	3
3.1. ACTIVIDAD SOCIOECONÓMICA .....	4
3.2. SISTEMAS DE PRODUCCION .....	5
CAPÍTULO II.....	7
4. MARCO TEÓRICO .....	7
4.1. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS.....	7
4.1.1. EL PEDÓN.....	7
4.1.2. POLIPEDÓN.....	8
4.1.3. SUELOS ENTERRADOS.....	8
4.1.4. UNIDAD CARTOGRÁFICA O DE MAPEO .....	8
4.1.5. ÁREAS MISCELÁNEAS .....	9
4.1.6. UNIDAD CARTOGRÁFICA HOMOGÉNEA .....	9
4.1.6.1. CONSOCIACIONES .....	9
4.1.6.2. GRUPOS INDIFERENCIADOS.....	10
4.1.7. UNIDAD CARTOGRÁFICA COMPUESTA O HETEROGÉNEA.....	10
4.1.7.1. ASOCIACIONES Y COMPLEJOS .....	10
4.1.8. INCLUSIONES .....	10
4.2. EL SISTEMA USDA (SOIL TAXONOMY).....	11
4.2.1. UNIDADES TAXONÓMICAS VS. UNIDADES DE MAPEO .....	11
4.2.2. NORMAS DE NOMENCLATURA SEGÚN LA SOIL TAXONOMY.....	11
4.2.3. ALGUNAS CONSIDERACIONES ADICIONALES .....	12
4.2.3.1. INTERGRADOS .....	12
4.2.3.2. EXTRAGRADOS.....	13
4.3. UNIDADES AMBIENTALES .....	13
4.3.1. LA LLANURA ALUVIAL RECIENTE.....	13
4.3.2. LA LLANURA ALUVIAL ANTIGUA.....	14
4.3.3. CORDILLERA CHONGÓN COLONCHE.....	14
4.3.4. RELIEVES ESTRUCTURALES Y COLINADOS TERCIARIOS.....	15
4.3.5. PIEDEMONTE ANDINO.....	16
4.3.6. VERTIENTES EXTERNAS DE LA CORDILLERA OCCIDENTAL .....	17
4.4. FORMACIONES GEOLÓGICAS Y LITOLOGÍA.....	17
4.5. UNIDAD GENÉTICA.....	19
4.6. MÉTODOS DE LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN .....	20
4.6.1. MÉTODOS SINTÉTICOS.....	20
4.6.2. MÉTODOS ANALÍTICOS.....	20
4.6.3. BREVE DESCRIPCIÓN DE ALGUNOS MÉTODOS .....	20
4.6.3.1. LEVANTAMIENTO NO-SISTEMÁTICO .....	20
4.6.3.2. LEVANTAMIENTO EN GRILLA .....	20
4.6.3.3. LEVANTAMIENTO CONTINUÓ.....	20
4.6.3.4. LEVANTAMIENTO FISIAGRÁFICO.....	21
4.6.3.5. LEVANTAMIENTO LIBRE.....	21
4.7. EL MAPA Y EL REPORTE GENERAL DE LEVANTAMIENTO DE SUELOS .....	21
4.7.1. TIPOS DE LEYENDAS.....	22
4.7.1.1. LEYENDA DE MAPEO .....	22
4.7.1.2. LEYENDA DESCRIPTIVA.....	22

4.7.1.3. LEYENDA INTERPRETATIVA.....	22
4.7.1.4. TIPOS DE MAPAS.....	22
4.7.2. ELABORACIÓN DEL MAPA.....	24
4.7.3. EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL MAPA.....	24
5. EL ENFOQUE GEO-PEDOLÓGICO.....	25
5.1. DEFINICIÓN.....	25
5.2. EL ENFOQUE GEO-PEDOLÓGICO COMPARADO CON OTROS ENFOQUES.....	28
5.3. SUSTENTABILIDAD.....	28
5.4. AGROECOLOGÍA.....	29
5.4.1. ELEMENTOS AGROECOLÓGICOS QUE INFLUYEN EN LA PRODUCCIÓN AGRÍCOLA.....	30
5.4.1.1. CLIMA.....	30
5.4.1.2. SUELO Y TOPOGRAFÍA.....	30
5.4.1.3. RECURSOS HÍDRICOS.....	30
5.4.1.4. ÁRBOLES.....	30
5.4.1.5. FACTOR HUMANO.....	31
5.4.2. RIESGOS EN LA PRODUCCIÓN AGRÍCOLA.....	31
5.5. EVALUACIÓN DE TIERRAS POR SU CAPACIDAD DE USO.....	31
5.5.1. EVALUACIÓN DE TIERRAS.....	31
5.5.2. MODELOS DE EVALUACIÓN.....	32
5.5.3. MODELO EMPÍRICO.....	33
5.5.4. MODELOS MECANICISTAS O DE SIMULACIÓN DINÁMICA.....	33
5.5.5. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS.....	34
CAPÍTULO III.....	37
6. METODOLOGÍA DE TRABAJO.....	37
6.1. ELABORACIÓN DE CARTOGRAFÍA BÁSICA.....	37
6.1.1. DIAGNOSTICO Y RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN.....	37
6.1.2. DESARROLLO DE LA GENERACIÓN DEL MAPA BASE.....	37
6.2. CARACTERIZACIÓN CLIMÁTICA.....	38
6.2.1. CARTOGRAFÍA CLIMÁTICA.....	39
6.2.2. ELABORACIÓN DE MAPAS CLIMÁTICOS.....	39
6.2.2.1. TRAZADO DE ISOYETAS.....	39
6.2.2.2. TRAZADO SE ISOTERMAS.....	39
6.2.2.3. ELABORACIÓN DEL MAPA CLIMÁTICO.....	40
6.2.2.4. BALANCE CLIMÁTICO.....	41
6.2.3. CARTOGRAFÍA DEL RÉGIMEN CLIMÁTICO DEL SUELO.....	42
6.3. COBERTURA Y USO DE LA TIERRA.....	43
6.3.1. RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN.....	44
6.3.2. INTERPRETACIÓN DE ORTOIMÁGENES Y ORTOFOTOS.....	44
6.3.3. TRATAMIENTO DIGITAL DE IMÁGENES.....	45
6.3.4. INTERPRETACIÓN VISUAL EN PANTALLA.....	45
6.3.5. COMPROBACIÓN DE CAMPO.....	46
6.3.6. VALIDACIÓN DE INFORMACIÓN.....	46
6.3.7. ELABORACIÓN DE MAPAS TEMÁTICOS DEFINITIVOS.....	46
6.4. CARTOGRAFÍA TEMÁTICA DE SUELOS Y GEOMORFOLOGÍA.....	47
6.4.1. FUENTES DE INFORMACIÓN.....	47
6.4.2. MODELO CONCEPTUAL PARA ELABORAR EL MAPA GEOMORFOLÓGICO.....	48
6.4.3. ANÁLISIS, EVALUACIÓN Y TRATAMIENTO DE LA INFORMACIÓN SECUNDARIA.....	49
6.4.4. ELABORACIÓN DEL MAPA GEOPEDOLÓGICO.....	50
6.4.4.1. MAPA GEOMORFOLÓGICO.....	50
FOTOINTERPRETACIÓN.....	51
6.4.4.2. CARTOGRAFÍA PRONAREG-ORSTOM.....	55
6.4.4.3. MODELO DIGITAL DE ELEVACIÓN (MDE) OBTENIDO DEL SRTM.....	55
6.4.4.4. IMÁGENES DE SATÉLITE.....	57
6.4.4.5. SELECCIÓN DE LOS SITIOS DE MUESTREO.....	58
6.4.5. TRABAJO DE CAMPO.....	61
6.4.5.1. EQUIPOS Y MATERIALES.....	61
6.4.5.2. TIPO DE OBSERVACIONES.....	62

6.4.5.3. UBICACIÓN DE LOS SITIOS DE OBSERVACIÓN EN CAMPO.....	64
6.4.5.4. DESCRIPCIÓN DE LAS OBSERVACIONES.....	66
6.4.5.5. TOMA DE MUESTRAS .....	67
6.5. ELABORACIÓN DEL MAPA DE IMPACTOS ANTRÓPICOS SOBRE EL SUELO .....	71
6.5.1. ELABORACIÓN DEL MAPA DE CAPACIDAD DE USO.....	71
6.5.1.1. DEFINICIÓN DE LAS VARIABLES .....	71
CAPÍTULO IV .....	82
7. RESULTADOS .....	82
7.1. CARTOGRAFÍA BÁSICA 1:25 000.....	82
7.1.1. DIGITALIZACIÓN DE LA CARTOGRAFÍA.....	82
7.1.2. CLASIFICACIÓN DE CAMPO Y TOPONIMIA (NOMBRES GEOGRÁFICOS).....	82
7.1.3. GENERACIÓN DEL MAPA BASE.....	83
7.2. CONDICIONES CLIMATOLÓGICAS .....	83
7.2.1. SERIES DE DATOS DE PRECIPITACIÓN Y TEMPERATURA .....	83
7.2.2. ZONAS DE PRECIPITACIÓN.....	84
7.2.3. ZONAS DE TEMPERATURA.....	84
7.2.4. ZONAS CLIMÁTICAS.....	85
7.2.5. BALANCE CLIMÁTICO.....	86
7.2.5.1. EVAPOTRANSPIRACIÓN POTENCIAL .....	86
7.2.5.2. DÉFICIT HÍDRICO.....	86
7.2.5.3. PERÍODO SECO.....	87
7.3. USO Y COBERTURA VEGETAL.....	88
7.4. GEOMORFOLOGÍA Y SUELOS .....	89
7.4.1. UNIDAD AMBIENTAL: LLANURA ALUVIAL RECIENTE.....	91
7.4.1.1. NIVEL PLANO (NB).....	91
7.4.1.2. NIVEL ONDULADO CON PRESENCIA DE AGUA PLANO (NA).....	92
7.4.1.3. NIVEL LIGERAMENTE ONDULADO (NO).....	94
7.4.1.4. DIQUE O BANCO ALUVIAL (D) .....	96
7.4.1.5. BASIN (B).....	98
7.4.1.6. MEANDRO ABANDONADO (M).....	99
7.4.1.7. CAUCE ABANDONADO (CA) .....	100
7.4.1.8. VALLE FLUVIAL (VA) .....	101
7.4.2. UNIDAD AMBIENTAL: LLANURA ALUVIAL ANTIGUA.....	102
7.4.2.1. SUPERFICIE POCO DISECTADA (L1).....	102
7.4.2.2. SUPERFICIE DISECTADA (L2) .....	105
7.4.2.3. VALLES INDIFERENCIADOS (VI).....	108
7.4.2.4. VALLE FLUVIAL (VA) .....	111
7.4.3. UNIDAD AMBIENTAL: RELIEVES ESTRUCTURALES Y COLINADOS TERCIARIOS.....	111
7.4.3.1. VALLE FLUVIAL (VA).....	111
7.4.3.2. VALLE INDIFERENCIADO (VI) .....	113
7.4.3.3. COLUVIO ALUVIAL ANTIGUO (Co).....	114
7.4.3.4. TESTIGO DE CORNISA DE MESA (S5) .....	114
7.4.3.5. RELIEVE ONDULADO A COLINADO MUY BAJO (R1).....	116
7.4.3.6. RELIEVE COLINADO BAJO (R2).....	118
7.4.4. UNIDAD AMBIENTAL: CORDILLERA CHONGÓN COLONCHE.....	120
7.4.4.1. CERRO TESTIGO (CT).....	120
7.5. CAPACIDAD DE USO DE LA TIERRA .....	121
7.5.1. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS .....	121
7.5.2. ELABORACIÓN DE MATRICES DE INTERACCIÓN.....	123
7.5.3. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LAS CLASES DE CAPACIDAD.....	125
7.6. ELABORACIÓN DEL MAPA DE IMPACTOS ANTRÓPICOS SOBRE LOS SUELOS.....	131
7.7. PROPUESTA DE MANEJO DE LOS SUELOS.....	134
CAPÍTULO V .....	137
CONCLUSIONES.....	142
CAPÍTULO VI .....	146
RECOMENDACIONES .....	146



## LISTA DE CUADROS

<b>Cuadro 1.</b> Población Económica Activa (PEA) de 5 años y más.....	4
<b>Cuadro 2.</b> Tabla resumen de los Sistemas de Producción.....	6
<b>Cuadro 3.</b> Cartas topográficas escala 1: 50 000.....	38
<b>Cuadro 4.</b> Tipos de imágenes utilizadas.....	38
<b>Cuadro 5.</b> Zonas de humedad y régimen de humedad del suelo.....	42
<b>Cuadro 6.</b> Zonas de temperatura y régimen de temperatura del suelo.....	43
<b>Cuadro 7.</b> Imágenes satelitales que se utilizó.....	45
<b>Cuadro 8.</b> Resumen de la información secundaria de suelos recopilada.....	49
<b>Cuadro 9.</b> Desniveles relativos utilizados adaptados de PRONAREG-ORSTOM 1982.....	52
<b>Cuadro 10.</b> Categorización de cimas y vertientes adaptada de PRONAREG-ORSTOM 1982.....	52
<b>Cuadro 11.</b> Categorización de la pendiente.....	53
<b>Cuadro 12.</b> Categorización de formas de relieve.....	53
<b>Cuadro 13.</b> Categorización de la variable geológica.....	54
<b>Cuadro 14.</b> Categorización de la variable Unidad genética.....	55
<b>Cuadro 15.</b> Descripción y simbología de los tipos pendiente.....	72
<b>Cuadro 16.</b> Clase de uso de la tierra por la pendiente.....	73
<b>Cuadro 17.</b> Categorías de profundidad efectiva de los suelos.....	73
<b>Cuadro 18.</b> Clase de uso de la tierra por la profundidad efectiva.....	74
<b>Cuadro 19.</b> Clases y subclases de textura.....	74
<b>Cuadro 20.</b> Agrupación de clases y subclases de texturas.....	75
<b>Cuadro 21.</b> Categorías de pedregosidad de los suelos.....	76
<b>Cuadro 22.</b> Categorías de pedregosidad de los suelos.....	76
<b>Cuadro 23.</b> Clases de drenaje en los suelos.....	77
<b>Cuadro 24.</b> Clases de drenaje en los suelos.....	78
<b>Cuadro 25.</b> Niveles de Salinidad del suelo.....	78
<b>Cuadro 26.</b> Clase de uso de la tierra por la salinidad.....	79
<b>Cuadro 27.</b> Características de las zonas climáticas del Ecuador.....	80
<b>Cuadro 28.</b> Clase de uso de la tierra por zonas de humedad.....	81
<b>Cuadro 29.</b> Total Uso y Cobertura del Cantón Santa Lucía.....	88
<b>Cuadro 30.</b> Categorías de Uso y Cobertura del Cantón Santa Lucía.....	89
<b>Cuadro 31.</b> Especificaciones técnicas para las ocho clases de tierra.....	122
<b>Cuadro 32.</b> Clases de capacidad de uso con pendiente.....	123
<b>Cuadro 33.</b> Clases de pendiente con profundidad.....	123
<b>Cuadro 34.</b> Interacción del cuadro 33 con textura superficial.....	124
<b>Cuadro 35.</b> Interacción del cuadro 34 con pedregosidad.....	124
<b>Cuadro 36.</b> Interacción del cuadro 35 con drenaje.....	124
<b>Cuadro 37.</b> Interacción del cuadro 36 con zonas de humedad.....	125
<b>Cuadro 38.</b> Interacción del cuadro 37 con salinidad.....	125
<b>Cuadro 39.</b> Superficie y porcentaje de ocupación por cada clase de tierras del cantón Santa Lucía.....	130
<b>Cuadro 40.</b> Correspondencia agrológica del uso y cobertura del suelo, con su respectivo peso matricial, utilizados para el análisis de impactos antrópicos.....	131
<b>Cuadro 41.</b> Correspondencia de uso y cobertura del suelo para las clases agrológicas, con su respectivo peso matricial, utilizados para el análisis de impactos antrópicos.....	131
<b>Cuadro 42.</b> Matriz de cruzamiento utilizada para el análisis de impactos antrópicos.....	132
<b>Cuadro 43.</b> Superficie y porcentaje de impactos Santa Lucía.....	133
<b>Cuadro 44.</b> Prácticas de conservación de suelos y agua según la Clase Agrológica.....	136

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Localización geográfica del área de estudio en el Ecuador.....	3
<b>Figura 2.</b> Modelo conceptual para elaborar el mapa geomorfológico.....	49
<b>Figura 4.</b> Imagen del satélite SPOT (tamaño de píxel 5x5 m).....	58
<b>Figura 5.</b> Discriminación de la cobertura vegetal.....	59
<b>Figura 6.</b> Interpretación de las geoformas.....	59
<b>Figura 7.</b> División del mapa geomorfológico.....	60
<b>Figura 8.</b> Perfiles en calicata.....	63
<b>Figura 9.</b> Pasos de la barrenación para muestreo de suelos. ....	64
<b>Figura 10.</b> Barrenaciones realizadas con el barreno tipo EDELMAN.....	64
<b>Figura 12.</b> Equipo básico para la ubicación de los sitios de observación.....	66
<b>Figura 13.</b> Plantilla informática con información del perfil del suelo. ....	67
<b>Figura 14.</b> Personal técnico en plena labor de recolección de muestras.....	68
<b>Figura 15.</b> Proceso de muestreo de suelos.....	69
<b>Figura 16.</b> Guía de muestreo o manifiesto.....	70
<b>Figura 17.</b> Muestras de suelos listas para ser ingresadas al laboratorio.....	71
<b>Figura 18.</b> Perfil del suelo Fluventic Eutrudepts. Terreno con cultivo de banano,cacao y mango en el sector La Semira, 2009.....	90
<b>Figura 18.</b> Cultivo de arroz en nivel plano, sector Galápagos.....	91
<b>Figura 19.</b> Nivel ondulado con presencia de agua, sector Voluntad de Dios.....	93
<b>Figura 20.</b> Nivel ligeramente ondulado, sector Graciela.....	94
<b>Figura 21.</b> Dique aluvial, sector El Limón.....	96
<b>Figura 22.</b> Basin, sector La Saiba.....	98
<b>Figura 23.</b> Valle fluvial del Estero El Cascol, sector Corazón.....	101
<b>Figura 24.</b> Superficie poco disectada, sector Las Abras. ....	102
<b>Figura 25.</b> Superficie disectada al fondo, sector La Picadura.....	106
<b>Figura 25.</b> Valle indiferenciado con cultivos de arroz, sector Potosí. ....	109
<b>Figura 27.</b> Al fondo valle fluvial con cultivos de arroz, sector Loma Larga.....	112
<b>Figura 28.</b> Testigo de cornisa de la Formación Borbón, sector La Ceiba.....	115
<b>Figura 29.</b> Relieve ondulado a colinado muy bajo, sector Las Cabuyas.....	116
<b>Figura 30.</b> Relieve colinado bajo, sector La Ceiba.....	118

## LISTA DE ANEXOS

<b>Anexo 1.</b> Cartografía base del cantón Santa Lucía
<b>Anexo 2.</b> Zonas de precipitación del cantón Santa Lucía
<b>Anexo 3.</b> Zonas de temperatura atmosférica del cantón Santa Lucía
<b>Anexo 4.</b> Zonas climáticas del cantón Santa Lucía
<b>Anexo 5.</b> Zonas evapotranspiración potencial del cantón Santa Lucía
<b>Anexo 6.</b> Zonas déficit hídrico del cantón Santa Lucía
<b>Anexo 7.</b> Zonas períodos secos del cantón Santa Lucía
<b>Anexo 8.</b> Mapa de Uso y Cobertura Vegetal del cantón Santa Lucía
<b>Anexo 9.</b> Mapa Geomorfológico del cantón Santa Lucía
<b>Anexo 10.</b> Mapa de Suelos del cantón Santa Lucía
<b>Anexo 11.</b> Mapa de Capacidad de Uso de Tierra del cantón Santa Lucía
<b>Anexo 12.</b> Mapa de Impactos Antrópicos del cantón Santa Lucía
<b>Anexo 13.</b> Resumen de datos de temperatura media de la cuenca del Río Guayas
<b>Anexo 14.</b> Resumen de datos de precipitación de la cuenca del Río Guayas

# CAPÍTULO I

## 1. INTRODUCCIÓN

La calidad ambiental es un tema de interés público. La pureza del aire, del agua y del suelo es de fundamental importancia para la supervivencia del hombre. En muchas regiones del globo ya no se encuentra ni siquiera los índices mínimos de pureza. Muchos ríos, lagos y represas se han transformado en depósitos de residuos urbanos, agrícolas e industriales y los suelos han sido degradados química, física y biológicamente en ocasiones en forma irreparable. La humanidad percibió en esta condición una amenaza para su existencia y reaccionó de manera firme contra la destrucción del medio culminando con acciones como la ECO-92 y la Agenda 21.

El uso inadecuado del suelo es una fuente muy importante de contaminación. El descuido del hombre en controlar la erosión es, por ejemplo, una fuente potencial de contaminación de ríos, lagos, sin contar con la pérdida misma del suelo. El manejo inadecuado de los insumos agrícolas, la baja calidad de las aguas de riego, la disposición poco disciplinada de los residuos de la agricultura, la industria y las ciudades pueden resultar en la acumulación de sustancias en el suelo que pueden ser tóxicas para las plantas. Estas sustancias pueden potencialmente entrar en la cadena alimenticia. Debido a estas relaciones, y dada su importancia en el ecosistema, el suelo ocupa un papel preponderante en el control de la calidad del ambiente.

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

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

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

Con esta premisa se han revisado experiencias en otros países latinoamericanos, en donde se han estructurado propuestas metodológicas de bajos costos y tiempos, tales como, la identificación de las formas del relieve bajo el enfoque geo-pedológico.

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

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

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

## 2. OBJETIVOS

### 2.1. Objetivo general

- Identificar los impactos a través de las actividades antrópicas ejercidas sobre los suelos utilizando la Teledetección, en el cantón Santa Lucía, para conocer como se está utilizando este recurso suelo y lograr mantener a largo plazo su potencial de aprovechamiento.

### 2.2. Objetivos específicos

- Realizar un diagnóstico actualizado del área de estudio, mediante la generación o compilación de los siguientes mapas; mapa de suelos, pendientes a escala 1:25.000, y mapas de climáticos a escala 1:50.000.
- Realizar el mapa de uso actual y cobertura vegetal del cantón Santa Lucía a escala 1:25.000, mediante la interpretación visual de imágenes satelitales.
- Obtener el mapa de zonificación de tierras rurales a escala 1:25.000, en base al mapa de pendientes, suelo, clima.
- Generar mediante el cruzamiento del mapa de zonificación de tierras y del mapa de uso actual y cobertura vegetal, el mapa de impactos antrópicos sobre los suelos.
- Proponer el plan de manejo de los suelos de la zona rural del cantón Santa Lucía, plasmado en un mapa a escala 1:25.000.

## 3. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

El Cantón Santa Lucía tiene una superficie aproximada de 36 240,11 ha, está ubicado al norte de la provincia del Guayas, entre las coordenadas 612 514 y 9 809 970 (Figura 1). El área de estudio según información altimétrica (MAG-IICA-CLIRSEN, 2001), se encuentra entre 10 y 160 m.s.n.m.

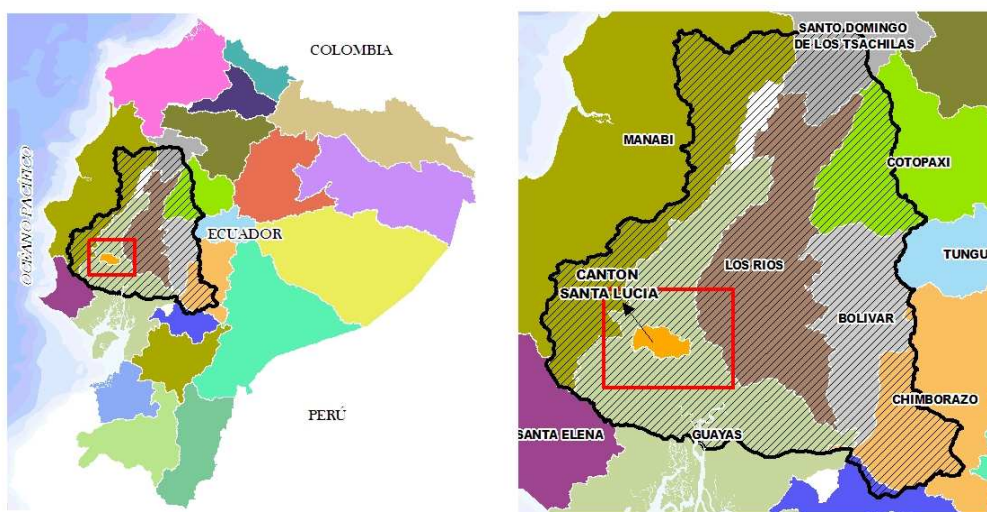


Figura 1. Localización geográfica del área de estudio en el Ecuador

### 3.1. ACTIVIDAD SOCIOECONÓMICA

La población del Cantón Santa Lucía, según el Censo del 2001, representa el 1,0 % del total de la Provincia del Guayas; ha crecido en el último período intercensal 1990-2001, a un ritmo del 1,9 % promedio anual. El 79,5 % de su población reside en el Área Rural; se caracteriza por ser una población joven, ya que el 40,7 % de la población son menores de 20 años,

Según el INEC (VI Censo de población y Vivienda 2001) la población económicamente activa (PEA) del área rural del cantón Santa Lucía la integran un total de 33.868 personas de las cuales 17.944 son hombres y 15.924 son mujeres, los cuales se dedican a actividades de agricultura ganadería, caza y silvicultura, tal cual como se muestra en el siguiente cuadro:

**Cuadro 1.** Población Económica Activa (PEA) de 5 años y más.

<b>SEGÚN GRUPO DE OCUPACION</b>	<b>TOTAL</b>	<b>HOMBRES</b>	<b>MUJERES</b>
Miembros, profesionales, técnicos	250	129	121
Empleados de oficina	128	75	53
Trabajadores de los servicios	779	520	259
Agricultores	2991	29934	57
Operarios y operadores de maquinarias	955	837	118
Trabajo no calificados	5212	4911	301
Otros	1044	834	210
<b>TOTAL</b>	<b>11359</b>	<b>37240</b>	<b>1119</b>

<b>SEGÚN RAMAS DE OCUPACION</b>	<b>TOTAL</b>	<b>HOMBRES</b>	<b>MUJERES</b>
Agricultura, ganadería, caza, pesca, silvicultura	7579	7438	141
Manufactura	407	331	76
Construcción	241	237	4
Comercio	912	716	196
Enseñanza	218	92	126
Otras actividades	2002	1426	576
<b>TOTAL</b>	<b>11359</b>	<b>10240</b>	<b>1119</b>

*INEC. VI Censo de Población y Vivienda 2001.*

Se puede observar en el cuadro 1, que la mayor ocupación según grupos ocupacionales es el trabajo no calificado con 5 212 habitantes y según ramas de actividades es la agricultura, ganadería, caza, pesca y silvicultura con 7 579 habitantes.

La segunda ocupación más importante es el comercio al por mayor y al por menor, seguida de otras actividades comunitarias sociales y personales de tipo servicios, y de industrias manufactureras. Estas tres actividades acogen a un grupo de 371 personas.

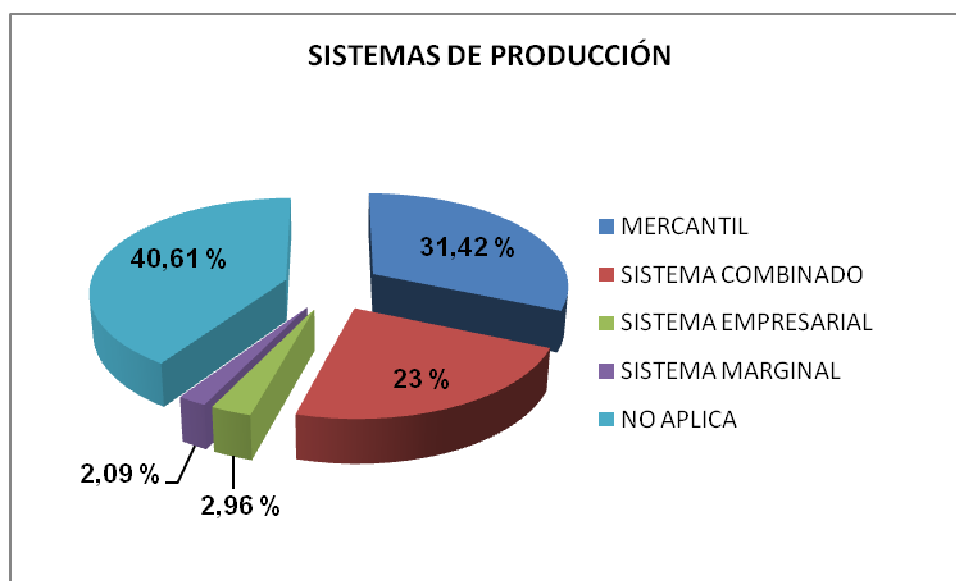
### 3.2. SISTEMAS DE PRODUCCION

El cantón Santa Lucía tiene una superficie total de 36 240,11 hectáreas, de las cuales 21 524,50 ha, que corresponden al 59,39% de la superficie total del cantón, se han caracterizado dentro de un sistema productivo.

El sistema predominante en el cantón Santa Lucía es el Mercantil con una superficie de 11 387,18 ha, las mismas que representan el 31,42%, el Sistema Combinado tiene un área de 8 335,09 ha con una participación del 23%, el Sistema Empresarial se presenta con 1 073,75 ha que representa el 2,96% del área, y finalmente el Sistema Marginal figura tan solo con 728,48 ha, lo que corresponde al 2,01% del área total del cantón.

Es importante mencionar que 14 715,61 hectáreas (40,61% de superficie del cantón) no se encuentran bajo un sistema productivo, pues corresponden a áreas naturales, centros poblados, ríos dobles, infraestructuras.

**Gráfico 1.** Porcentaje de Sistemas de Producción. Santa Lucía. 2009.



Es importante señalar que dentro de este cantón existen dos sistemas de riego de CEDEGE denominados Proyecto de sistema de riego El Mate e Higuerón. La mayor fuente de ingresos de este cantón es la producción agrícola, con un fuerte predominio del cultivo de arroz. Se encuentran 11 piladoras, la mayoría de ellas en buen estado, con una capacidad de pilada en promedio de 26 qq/hora.

En este cantón se encuentra trabajando con los productores de la zona el Plan América, el mismo que se encarga de proporcionar capacitación sobre cultivos de la zona y ayuda en la dotación de riego.

La siguiente tabla que se presenta a continuación, muestra el concepto de cada sistema y un breve resumen por cada sistema de producción, de esta

manera será más fácil ver las diferencias existentes entre los sistemas de producción del cantón Santa Lucía.

**Cuadro 2.** Tabla resumen de los Sistemas de Producción.

<b>Sistema de Producción</b>	<b>Uso de la Tierra</b>	<b>Mano de Obra</b>	<b>Destino de la Producción</b>
<b>Empresarial</b>	Productos de exportación: Arroz Manejo: Químico, Semilla: Certificada y Registrada Maquinaria: Propia Capacitación: Continua Riego: Si posee	Asalariada Permanente	Internacional Local: Guayaquil
<b>Combinado</b>	Productos: Arroz Manejo Químico Semilla: Seleccionada Maquinaria: Propia y Alquilada Capacitación: Frecuente Riego: Si posee	Asalariada Permanente	Local: Santa Lucía, Lomas de Sargentillo, El Laurel y Daule
<b>Mercantil</b>	Productos: Arroz, Cacao. Manejo: Químico Semilla: Seleccionada Maquinaria: Alquilada Capacitación: poco frecuente Riego: si posee	Familiar y Prestamanos Permanente Asalariada Ocasional	Local: Santa Lucía
<b>Marginal</b>	Producto Autoconsumo: Arroz, Pastos cultivados Manejo: Sin control fitosanitario Semilla: Seleccionada Maquinaria: escasa Capacitación: no posee Riego: no posee	Familiar Vende su fuerza de trabajo fuera de la finca	Autoconsumo Local: Santa Lucía



## CAPÍTULO II

### 4. MARCO TEÓRICO

#### 4.1. Definición de términos

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

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

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

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

##### 4.1.1. El pedón

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

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

Un pedón tiene el volumen más pequeño en el cual uno debería describir y muestrear un suelo para representar la naturaleza y arreglo de horizontes y

variabilidad en base a las propiedades preservadas en las muestras. Un pedón es comparable en muchas formas a una unidad de celda de cristal.

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

#### **4.1.2. Polipedón**

Se define como un grupo de pedones similares y continuos que tienen propiedades que oscilan dentro de los límites de las propiedades conceptuales de una serie de suelos. Un polipedón puede rodear a otros en la misma forma que el agua rodea una isla, pero los límites de un polipedón se localiza en el lugar en donde no hay suelo, o donde los pedones tienen características que varían significativamente. Las características que difieren tienen alguna relación con la naturaleza y el arreglo de los horizontes, si estos están presentes. Si no hay horizontes, las características que diferencian están relacionadas con la naturaleza del suelo en mineralogía, estructura, consistencia, textura, entre otras (MALAGÓN, 1983).

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

#### **4.1.3. Suelos enterrados**

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

#### **4.1.4. Unidad cartográfica o de mapeo**

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

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

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

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

#### **4.1.5. Áreas misceláneas**

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

#### **4.1.6. Unidad cartográfica homogénea**

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

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

##### **4.1.6.1. Consociaciones**

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

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

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

#### **4.1.6.2. Grupos Indiferenciados**

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

#### **4.1.7. Unidad cartográfica compuesta o heterogénea**

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

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

##### **4.1.7.1. Asociaciones y Complejos**

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

#### **4.1.8. Inclusiones**

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

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

## 4.2. El sistema USDA (Soil Taxonomy)

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

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

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

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

### 4.2.1. Unidades taxonómicas vs. Unidades de mapeo

La clasificación taxonómica agrupa individuos; una unidad de mapeo es una asociación geográfica. Los límites de la Taxonomía de Suelos están definidos para agrupar individuos "similares", los límites de una unidad de mapeo están en la práctica definidos geográficamente (Rossiter, 2000).

### 4.2.2. Normas de nomenclatura según la Soil Taxonomy

*Ejemplos de nomenclatura:*

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

### Complejo: “Complejo Fluvetic Eutrudepts-Aquic Hapluderts”

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

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

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

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

### **4.2.3. Algunas consideraciones adicionales**

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

#### **4.2.3.1. Intergrados**

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

- Se adicionan horizontes a los grandes grupos definitivos, incluyendo a un horizonte argílico que subyace a un horizonte spódico y a un horizonte enterrado, así como a una gruesa capa de materiales orgánicos que han sido enterrados por un delgado suelo mineral.
- Horizontes intermitentes.
- Una o más de las propiedades de otros grandes grupos que son expresados en algunos de los suelos, pero son subordinados de las propiedades de los grandes grupos y de las cuales los subgrupos son miembros. Un ejemplo son las diferentes profundidades de los horizontes, saturación y reducción, entre otros. Un ejemplo puede ser un alfisol que posee un epipedón ócrico pequeño y delgado, o también un epipedón mólico pequeño y de color claro. Esta característica puede resultar a partir de una pradera invalidada por árboles o un bosque que es invadido por pastizales, o simplemente por erosión causada por actividad humana.

### **4.2.3.2. Extragrados**

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

## **4.3. Unidades Ambientales**

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

### **4.3.1. *La Llanura Aluvial Reciente***

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

Existen además diques, basines, cauces y meandros abandonados. De estas unidades, los diques quizás son los que revisten mayor importancia ya que controlan las inundaciones y presentan un rico ecosistema y suelo de buenas características que permite la existencia de arboricultura tropical, incluyendo cacao, mango y banano, entre otros.

- Ecología: Bosque seco tropical.
- Geoformas: Niveles planos y ondulados, bancos, basines, meandros y cauces abandonados.
- Geología: Depósitos aluviales.
- Edafología: Suelos muy arcillosos, arcillo-limosos y limo-arenosos.
- Uso actual de las tierras: Cultivos de ciclo corto, pastos; autoconsumo y, comercio local y regional.
- Infraestructura vial y poblacional: Vía arterial Jujan-Los Ríos. Vía colectora Babahoyo Palmar. El Progreso-Salitre. Centros poblados: Samborondón, Milagro, Eloy Alfaro, Guayaquil.
- Peligros naturales: Inundaciones por desbordamiento y anegamiento.

### **4.3.2. La Llanura Aluvial Antigua**

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

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

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

### **4.3.3. Cordillera Chongón Colonche**

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



Sus características son:

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

#### **4.3.4. Relieves Estructurales y Colinados Terciarios**

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

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

También pueden tener un origen estructural, presentando mesas, que son plataformas horizontales formadas por el levantamiento de capas sedimentarias; o cuestras que son formas del relieve modeladas por erosión diferencial levantadas en series monoclinales de escaso buzamiento.

Son aprovechados en las partes bajas para pastizales y cultivos diversos, o tienen vegetación remanente. Las partes altas se caracterizan por la presencia de vegetación natural arbustiva, herbácea y arbórea.

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

#### **4.3.5. Piedemonte Andino**

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

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

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

- Ecología: Bosque húmedo tropical.
- Geoformas: Conos de esparcimiento y deyección antiguos y recientes, planos a moderadamente disectados.
- Geología: Depósitos aluviales de tipo torrencial.
- Edafología: Suelos derivados de cenizas volcánicas; otros, arenarcillosos y pedregosos.
- Cobertura natural: Pequeñas manchas de bosque húmedo muy intervenido.
- Uso actual de las tierras: Plantaciones permanentes, arboricultura tropical, pastos, cultivos de ciclo corto; autoconsumo y, comercio local y regional.
- Infraestructura vial y poblacional: Vía arterial Luz de América-Patricia Pilar. Los Ríos-La Maná. Vía colectora Naranjito-Bucay. Centros poblados: Echeandía, Naranjito.
- Peligros naturales: En conos de deyección recientes, peligro de torrencialidad.

### 4.3.6. Vertientes Externas de la Cordillera Occidental

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

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

### 4.4. Formaciones geológicas y litología

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

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

- a. *Depósitos aluviales*: Son depósitos cuaternarios compuestos generalmente de arcillas, limos y arenas acarreados por cuerpos aluviales.
- b. *Depósitos coluviales*: Son depósitos cuaternarios compuestos por detritos de diferente diámetro, aunque su composición varía de acuerdo a la unidad ambiental a la que pertenece. Se acumulan al pie de laderas, cuando se desprenden debido a la gravedad.
- c. *Depósitos coluvio-aluviales*: corresponden a depósitos formados por la acción de la deposición de materiales aluviales por corrientes fluviales sumados a los aportes gravitacionales laterales de los relieves que la rodean.

- d. *Formación Pichilingue (Terrazas Indiferenciadas -Pleistoceno)*: Están formadas por bancos de arcillas y arenas poco o nada consolidados (separados en partes) provenientes de la erosión de la Cordillera de los Andes, acarreados por aguas torrenciales y fluviales. Son sedimentos que ahora integran la base de la mayor parte de los terrenos fértiles de la planicie litoral. El espesor es desconocido, pero posiblemente pasa los mil metros.
- e. *Formación Balzar (Plio<sub>B</sub>)* El afloramiento típico se encuentra en el corte dejado por el Río Daule entre Balzar y Pichincha donde se presenta desde abajo hacia arriba en capas de conglomerados, areniscas de grano fino a medio, arcillas laminadas de color café con moluscos, restos de plantas silicificadas y mantos de arena y toba. El contacto con la formación Onzole es discordante, y con la Formación Borbón está interdigitada, dando esta evidencia las areniscas de grano medio a grueso que se observan tanto en la Formación Borbón como en la Formación Balzar (pueblo de Pichincha). Con las extensas terrazas pleistocénicas el contacto es normal. Se sugiere una edad pliocénica para la Formación Balzar.
- f. *Formación Borbón (Plio<sub>Bb</sub>)* (Stainforth, 1948) La localidad tipo está en el Río Santiago, en el oriente de la Provincia de Esmeraldas, junto a Borbón. En la base es un conglomerado que descansa discordantemente sobre las formaciones Onzole y Playa Grande. Sigue luego una arenisca de grano grueso en bancos compactos con abundantes megafósiles en bolsones irregulares. Según los moluscos corresponde a una fácies marina. Bristow, 1976, la considera equivalente a la Formación Progreso en el sur. La edad varía según la posición relativa a la playa en la cuenca de sedimentación.
- g. *Formación Onzole, (MioOz)* (Stainforth, 1948) El afloramiento tipo se encuentra en el curso medio del Río Onzole, afluente del Cayapas. Consiste preponderantemente de limolitas azules, lutitas limosas y raramente areniscas y conglomerados. En sectores es rica en moluscos. Su espesor es variable (de 0 a 550 m). Descansa concordantemente sobre la Formación Angostura y, cuando ésta está ausente, sobre el Miembro Villingota de la Formación San Pedro aparentemente también en forma concordante. La micro-fauna presente no ayuda en la determinación de la edad. Bristow y Hoffstetter, 1977, estiman que es una unidad cuya edad varía según la posición relativa a la playa en la cuenca de sedimentación.
- h. *Formación Cayo, (K<sub>3y</sub>)*: (Olsson, 1942). La localidad tipo está ubicada en la orilla sur de la Bahía de Puerto Cayo. Está expuesta ampliamente en la Cordillera Chongón Colonche y muy esporádicamente al Norte de Jama. Tiene un espesor de 3000 m en el sur y se adelgaza progresivamente al norte. La base de la formación está compuesta por brecha volcánica de composición intermedia a básica y toda la parte inferior está dominada por arenisca verde tobácea. Más arriba se presenta menos volcánica y en el tope de la formación las rocas dominantes son argilitas y pedernal. Subyace al material terciario que rellena las Cuencas Progreso y Manabí, descansando con una aparente discordancia sobre la Formación Piñón

- i. *Formación Piñón, (K<sub>3P</sub>):* (Landes en Tschopp, 1948). Los afloramientos más extensos ocurren en la Cordillera Chongón Colonche. A lo largo de la Costa central del Ecuador aflora como un cinturón discontinuo. Desde Guayaquil es delineable a través de la Cordillera Chongón Colonche hasta Manta. Exposiciones esporádicas en la Península de Santa Elena son consideradas olistolitos, hacia el Norte una serie de afloramientos discontinuos se presentan cerca de la costa al Oeste de Portoviejo. En la localidad tipo, en el río Piñón, la formación está expuesta sobre una distancia de 3 km. Comprende principalmente rocas ígneas básicas: diabasa, basalto equigranular de grano fino, aglomerado basáltico, toba, escasos lentes capas delgadas de argilita, y complejos de diques. También se han observado pillow lavas, hialoclastitas y metabasaltos. Subyace a la Formación Cayo a través de un contacto variable que va de gradual a discordante angular.
- j. *Unidad Macuchi: (PaEocM)* (BGS - CODIGEM, 1993). Corresponde a una secuencia de arco submarino, volcanoclástica, predominantemente sedimentaria, con volcánicos intercalados, posiblemente lavas u hojas subvolcánicas. Litológicamente está compuesta por areniscas volcánicas de grano grueso, brechas, tobas, hialoclastitas, limolitas volcánicas, microgabros/diabasas, basaltos subporfiríticos, lavas en almohadillas y escasas calcarenitas con características geoquímicas relacionadas a subducción. Consecuentemente, la Unidad Macuchi se considera del Eoceno temprano a medio o más antigua, y teniendo en cuenta que no se observa su base, es probable que parte de la secuencia sea de edad Paleocena. La mayor parte de las facies de la Unidad Macuchi son productos de actividad volcánica efusiva submarina, ya sean productos eruptivos o material retrabajado depositado por procesos de flujo de masas.

#### 4.5. Unidad genética

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

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

## **4.6. Métodos de levantamiento de información**

La principal limitante en el levantamiento de suelos se refiere a que al realizar el estudio en campo se observa una fracción muy pequeña de suelo y el mecanismo de muestreo es usualmente destructivo, ya que se altera las características originales. Algunas prácticas, insumos y herramientas ayudan a la interpretación de las características de suelo como son la teledetección, la interpretación del uso del suelo y la más destacada la geomorfología (adaptado de Rossiter, 2000).

### **4.6.1. Métodos sintéticos**

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

### **4.6.2. Métodos analíticos**

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

### **4.6.3. Breve descripción de algunos métodos**

#### **4.6.3.1. Levantamiento no-sistemático**

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

#### **4.6.3.2. Levantamiento en grilla**

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

#### **4.6.3.3. Levantamiento continuo**

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

#### **4.6.3.4. Levantamiento fisiográfico**

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

#### **4.6.3.5. Levantamiento libre**

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

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

### **4.7. El mapa y el reporte general de levantamiento de suelos**

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

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

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

El objetivo del levantamiento cartográfico de los suelos es describir las características y propiedades de los suelos de una área determinada, clasificar

los suelos y situar sus límites en un mapa. Con ello se conocerá la distribución en el paisaje y se podrá hacer predicciones acerca de su comportamiento y establecer cómo se puede utilizar (Rossiter, 2000).

#### **4.7.1. Tipos de leyendas**

Cada una de las áreas más o menos homogéneas en el mapa deberán tener un nombre y sus propiedades deberán ser descritas (Rossiter, 2000).

##### **4.7.1.1. Leyenda de mapeo**

El conjunto de los nombres de las unidades de mapeo es la leyenda de mapeo. Esta nos provee de los nombres para referirnos a las áreas dentro del mapa. Ejemplo: Es decir que la unidad de color amarillo corresponde a un Vertic Eutrodepts.

##### **4.7.1.2. Leyenda descriptiva**

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

##### **4.7.1.3. Leyenda interpretativa**

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

##### **4.7.1.4. Tipos de mapas**

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

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

Por su Escala

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

- Escalas pequeñas 1: 5 000 000 a 1: 250 000



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

Representan países, comunidades autónomas, regiones o provincias.

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

- Escalas medias 1: 100 000 a 1: 25 000

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

- Escalas grandes 1: 25 000 a 1: 5 000

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

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

Por sus Objetivos

- Básicos

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

- De propiedades

Representaciones de cualquier propiedad del suelo: mapa de textura, de nitrógeno, de pH, de contenido en carbonatos, de materia orgánica, profundidad del suelo, etc. Se representan áreas en las que la propiedad elegida está dentro de un margen establecido. En ocasiones estos mapas

pueden estar conformados por un conjunto de isolíneas (agrupación de puntos con igual valor para una determinada propiedad).

- Temáticos

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

#### **4.7.2. Elaboración del mapa**

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

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

#### **4.7.3. Evaluación de la calidad del mapa**

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

La escala del mapa, ya que determina la densidad de observaciones y el conocimiento de la realidad de terreno que da soporte al mapa y el porcentaje de superficie ocupada por impurezas.

El grado de abstracción o nivel de generalización del mapa, que puede haber hecho perder una gran cantidad de observación y hacer aumentar el porcentaje de impurezas.

Los límites entre delineación nunca son tan abruptos como la línea que los indica en el mapa podría hacer creer, y como fueron identificados.

## 5. EL ENFOQUE GEO-PEDOLÓGICO

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

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

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

### 5.1. Definición

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

La metodología utilizada en el marco del proyecto, se amplía brevemente a continuación según los niveles del sistema jerárquico del enfoque geopedológico (adaptado de Rossiter, 2000).

- a. Identificación de las **Unidades Ambientales** (nivel 1 de jerarquía), son áreas homogéneas, caracterizadas por propiedades físicas, bióticas y por su relación con procesos ecológicos; donde el criterio básico utilizado para la delimitación es el del paisaje, entendido como la interrelación o articulación de los elementos: relieve, litología, suelos, uso del suelo y vegetación. El paisaje no es la simple suma de elementos geográficos separados, sino que es el resultado de las combinaciones dinámicas, a veces inestables de elementos físicos, biológicos y antropológicos, que concatenados hacen del paisaje un cuerpo único, indisociable, en perpetua evolución.
- b. Dentro de cada Unidad ambiental se debe identificar el origen parental de las unidades, para luego dividir las unidades del nivel por la **litología** (tipo de roca). Esto puede derivar de información secundaria e interpretación de fotografías.
- c. Dentro de cada Unidad litológica se debe identificar las unidades genéticas del relieve, la cuales se encuentran en una larga lista, en este enfoque se identificó como **Morfología**.
- d. Por el nivel de detalle de este estudio, y las características de los insumos disponibles, las unidades morfológicas son susceptibles de ser subdivididas en base al desnivel relativo y pendientes dominantes. A la cual se la denomina **Morfometría**, resultando así una subdivisión de las unidades morfológicas.
- e. Finalmente se identifica las **áreas de muestreo** a ser intervenidas en campo, vale la pena aclarar que originalmente se sugirió delimitar transectos, pero como se dispone de información generada por PRONAREG-ORSTOM ha servido para focalizar los sitios de muestreo, por lo que se optó por un **sistema de muestreo dirigido**. Con lo cual se ha caracterizado cada una de las unidades morfológicas, dirigiendo los esfuerzos a zonas con mayor dificultad.
- f. Se debe ubicar en campo los **sitios de muestreo** dirigidos, los cuales estarán en zonas representativas, en lo posible tratando de cubrir todas las unidades morfológicas. El levantamiento de información en campo se lo realiza llenando un ficha, en la que se registra la mayor cantidad de información tanto del paisaje local como de los suelos y al mismo tiempo

se realizan observaciones suplementarias con un barreno con 2 objetivos: El primero es corroborar en otro sitio de la misma unidad que corresponda al perfil modal y el segundo es verificar los límites de las unidades.

- g. Si los suelos encontrados dentro de una unidad morfológica son **significativamente diferentes**, en ese momento el equipo técnico determina si los suelos pueden ser mapeados separadamente a la escala de mapeo, esto ayudado con insumos como fotografías aéreas o imágenes de satélite, que permiten identificar cambios de el tipo en la cobertura vegetal o uso del suelo, lo cual le permite al técnico discernir con mayor criterio.
- h. De ser el caso, la información puede ser **extrapolada** a unidades que no han sido visitadas y que cumplen con las características de la zona donde se levantó la información. También deben ser resueltos problemas en las zonas donde existe incapacidad para delimitar como unidad homogénea, entonces se la clasifica como el tipo de unidad a la que corresponde.

## **5.2. El enfoque geo-pedológico comparado con otros enfoques**

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

## **5.3. Sustentabilidad**

Según GIRT, J. (1990), para hablar de desarrollo sustentable es preciso reconciliar los aspectos económicos con las dimensiones biofísicas de los recursos naturales y la capacidad de los distintos ecosistemas para responder a la demanda que sobre ellos coloca la sociedad.

Según la Sociedad Ecuatoriana de la Ciencia del Suelo (SECS, 1999), se debe tener en cuenta que la degradación de estos recursos no es una consecuencia inevitable del progreso humano, sino más bien una consecuencia de un tipo de crecimiento económico cruelmente insustentable en términos ecológicos y desigual e injusto en términos sociales. Es bueno que se entienda que la degradación ambiental no es una consecuencia del desarrollo, sino de una modalidad particular de éste, haciéndose necesaria una urgente corrección de rumbo. La solución no radica entonces en desacelerar el desarrollo sino más bien en cambiar cualitativa y cuantitativamente el modelo, manteniendo como objetivo principal el mejoramiento de la calidad de vida, pensando que el crecimiento no es solamente el incremento de la producción. Por eso una zonificación de las tierras y planificación del uso de la tierra son ingredientes

fundamentales para la definición de cualquier estrategia de desarrollo sustentable.

#### **5.4. Agroecología**

Según YÉPEZ (2000), la agroecología trata de los factores directamente relacionados con el medio de producción de alimentos.

Los principales elementos que intervienen en la producción agrícola son: Suelo, clima, agua, vegetación, animales (domésticos y salvajes), microorganismos, plagas y enfermedades, el hombre.

Todos estos factores deben estar relacionados y el mal manejo de uno de ellos puede conducir a su desequilibrio ambiental y destrucción de los recursos.

Algunos ejemplos de desequilibrios agroecológicos incluyen: Erosión del suelo, destrucción del bosque, sequías, inundaciones, enfermedades humanas, de animales y de plantas.

El resultado global del mal manejo de los recursos de la naturaleza y de la agricultura en particular es: el hambre para las sociedades humanas .

Los problemas ecológicos y agroecológicos pueden ser considerados a diferentes niveles:

- NIVEL GLOBAL: Efecto invernadero, agujero de ozono, extinción de especies.
- NIVEL CONTINENTAL: Lluvias ácidas, contaminación de ríos, agotamiento de los recursos hídricos.
- NIVEL NACIONAL: Polución de los recursos hídricos, sobrepastoreo, deforestación, fuegos, incendios.
- NIVEL REGIONAL: Drenaje, aguas servidas y desechos, residuos agrícolas, polución de ríos y lagos.
- NIVEL LOCAL: Erosión, pestes y enfermedades, falta de fertilidad en el suelo,

Las principales razones de los disturbios agroecológicos en los países en vías de desarrollo son: La presión demográfica, la escasez de recursos económicos; y la dificultad de encontrar soluciones específicas a estos problemas (YÉPEZ, J. 2000).

### **5.4.1. Elementos Agroecológicos que influyen en la producción agrícola**

#### **5.4.1.1. Clima**

Según KATZIR, el clima es uno de los mayores limitantes en la producción agrícola. Las relaciones entre: Temperatura, precipitaciones (regularidad y abundancia de lluvias), humedad; y disponibilidad de energía solar determinan la localización y las fronteras de las regiones agrícolas, así como la diversificación y los tipos de cosecha. Diferentes tecnologías pueden ser utilizadas para superar las limitaciones impuestas a la agricultura por los factores climáticos (tales como el uso de invernaderos y riego).

#### **5.4.1.2. Suelo y Topografía**

Según el Manual de Conservación de Suelos de la U.S.D.A., la composición física y química del suelo determinan el tipo de vegetación que puede crecer y de aquí los tipos de cosechas que pueden ser sostenidas por el sistema de suelo.

Por otro lado THOMPSON (1962), afirma que si bien la composición química del suelo puede ser fácilmente manejada en base a sistemas de: fertilización, riego, drenaje, etc., la topografía puede impedir el uso de buenos suelos para la agricultura.

Siendo que la topografía ha sido siempre un factor limitante para la producción agrícola, las técnicas para superar estas limitaciones, desde hace siglos, fueron desarrolladas por diferentes civilizaciones, especialmente las terrazas (HERNÁNDEZ, T. 1999).

#### **5.4.1.3. Recursos Hídricos**

La disponibilidad y la calidad de agua es uno de los más importantes factores que determinan la producción agrícola y su frecuencia. La presencia de ríos, de lagos y otras fuentes de provisión de agua, además de su buen manejo, facilitan el mantenimiento de la producción agrícola (KATZIR, R. s.f.).

#### **5.4.1.4. Árboles**

Estos son elementos importantes en el mantenimiento de ecosistemas naturales o implantados. La existencia de los árboles normalmente estabiliza el sistema suelo y el microclima, preserva la desertificación vegetal y animal en el agrosistema, así como en ocasiones ayuda en la regulación de plagas (apoyando el control natural de insectos y malas hierbas). El manejo del árbol en el agrosistema (agroforestación) es un elemento importante a considerar en cualquier proyecto de desarrollo rural (BUSTAMANTE, C. 1999).



#### **5.4.1.5. Factor Humano**

Para YÉPEZ (2000), la agricultura es una actividad humana, en consecuencia, la producción agrícola, el tipo de sistema agrícola y ecológico y los efectos de las actividades de la agricultura al ambiente, son determinados por los sistemas sociales y económicos que utilizan los recursos naturales. Una extrema carga sobre el suelo, el mal uso de insumos en agricultura, etc., son el resultado de limitaciones productivas, económicas y sociales.

Las prácticas agrícolas que resultan de presiones económicas y sociales, afectan la ecología y el ambiente, causando daños por: Deforestación, mal uso de plaguicidas, riego, salinización, polución, erosión, desertificación (SECS, 1999).

#### ***5.4.2. Riesgos en la producción agrícola***

Según la SECS (1999), hasta cierto punto, cualquier actividad implementada a favor de la producción agrícola. Lleva consigo un cierto grado de riesgo potencial al ambiente de manera negativa o destructiva, por ejemplo:

- La fertilización puede acarrear contaminación de aguas subterráneas o salinización de suelos.
- El uso de maquinaria agrícola pesada causa compactación de los suelos.
- El cultivo en laderas incrementa la erosión.
- Los monocultivos traen consigo un desbalance biológico, con un incremento de plagas destructivas y enfermedades.
- La deforestación en muchos casos causa daños irreversibles en el clima y en los suelos.

En definitiva, cualquier proceso de desarrollo rural dirigido a la producción agrícola, utiliza los recursos naturales locales para la producción de alimentos. A largo plazo, este proceso puede poner en peligro la disponibilidad y calidad de estos recursos (YÉPEZ, J. 2000).

La agroecología logra considerar los medios de producción agrícola a través de un análisis integrado, con el fin de disminuir los peligros ecológicos potenciales (KATZIR, R. s.f.).

### **5.5. Evaluación de Tierras por su Capacidad de Uso**

#### ***5.5.1. Evaluación de tierras***

La tierra es un recurso limitado y no renovable y el crecimiento de la población humana determina la existencia de conflictos en torno a su aprovechamiento. Es urgente armonizar los diversos tipos de tierras con el aprovechamiento más racional posible, a fin de optimizar la producción sostenible y satisfacer diversas necesidades de la sociedad, conservando al

mismo tiempo, los ecosistemas frágiles y la herencia genética (FAO 1994, citado por INAB, sf).

Según Dalence 2001, citado por Guarachi, 2001, la clasificación de las tierras en base a su capacidad de uso estriba en que permite conocer el potencial y las limitaciones de las mismas, de tal manera que hace posible la planificación adecuada de su uso, proporcionando así, una base sólida para el desarrollo sostenido de las poblaciones dependientes.

Para Carrera 1986, citado por Guarachi, 2001, los estudios de clasificación de tierras se pueden obtener de una predicción confiable concerniente a la capacidad natural productiva del recurso tierra, además de permitir normar adecuadamente el sistema de explotación empleado en la zona, mediante el establecimiento de un plan de acción pública regional.

Se puede definir la evaluación de tierras como "todo método para explicar o predecir el potencial de uso de la tierra" (Van Diepen et al., 1991). En otras palabras selecciona el tipo de suelo más adecuado u óptimo para un uso determinado (De La Rosa, 2008).

En la selección de un sistema de evaluación para aplicar a una zona determinada, donde se trata de transferir los conocimientos acumulados en la zona representativa de referencia a unos escenarios desconocidos, hay que tener en cuenta dos aspectos fundamentales. En primer lugar que el sistema de evaluación seleccionado responda a los objetivos concretos que se persiguen en la aplicación y en segundo lugar que el sistema haya sido desarrollado en una zona de referencia que no difiera grandemente de las características de la zona de aplicación (De La Rosa, 2008).

El proceso de evaluación, es independiente de la escala de los estudios básicos, siempre que se facilite toda la información necesaria para aplicar dichos sistemas. No obstante, según el tipo de usuario a quien vaya dirigido estos estudios pueden ser realizados a escala regional o generalizada (de mayor uso a nivel político) y escala local o detallada (de mayor uso a nivel técnico y de agricultor) (De La Rosa, 2008).

En el Ecuador los sistemas de evaluación que han sido utilizados son el Sistema Americano o de las ocho clases, el Sistema Bureau of Reclamation con fines de riego, que considera seis clases y el Sistema Agrológico de capacidad de uso con fines de catastro que contempla el estudio de ocho clases, los cuales en algunos casos no son aplicados textualmente y en otros, se han realizado ciertas adaptaciones (CLIRSEN, 1990).

### **5.5.2. Modelos de evaluación**

La mejor manera de analizar y, sobre todo, sintetizar el conocimiento de un sistema natural complejo, es la modelización de dicho sistema, siendo un modelo, una representación simplificada de la realidad con el que se pueden obtener resultados sin tener que llevar a cabo experimentos reales (De la Rosa,

2008). Estos modelos se clasifican en modelos empíricos y modelos mecanicistas o de simulación o de simulación dinámica.

### **5.5.3. Modelo empírico**

Establece las relaciones basadas en la experiencia o el conocimiento del sistema, los cuales incluyen: Métodos cualitativos, métodos estadísticos, sistemas paramétricos, modelos expertos, modelos de lógica difusa, modelos en red neuronal. Dentro de estos modelos los más utilizados son:

**Métodos cualitativos:** Pueden considerarse como simples descripciones subjetivas sobre la aptitud de los suelos para determinados usos, agrupando los diferentes tipos de suelos en ciertas clases o categorías de aptitud. Estos sistemas de evaluación de suelos dependen en gran medida de la experiencia y del conocimiento intuitivo, constituyendo verdaderos sistemas empíricos que no ofrecen la menor expresión cuantitativa (De la Rosa, 2008).

**Sistemas paramétricos:** Consisten en métodos semi-cuantitativos o aritméticos de evaluación de suelos que consideran los efectos numéricos inferidos de varias características sobre el comportamiento potencial de un tipo de uso del suelo. Los sistemas paramétricos tienen en cuenta la acción directa de las características o factores más significativos y contabilizan, a su vez, la interacción entre dichos factores mediante una simple multiplicación o suma de los índices correspondientes a cada factor (De la rosa, 2008).

La selección de los factores y su importancia es flexible, lo cual implica una subjetividad del método (Van Diepen et al, 1991). Rossiter (1994) menciona algunas desventajas de este método, las que están relacionadas con una elección arbitraria, exactitud y la forma de presentar las variables en una función matemática.

### **5.5.4. Modelos Mecanicistas o de simulación dinámica**

Tratan de modelizar los mecanismos biofísicos, según las leyes de la naturaleza, para predecir los cambios de un sistema a lo largo del tiempo, incluye modelos híbridos (Rositer, 2004, citado por De la Rosa, 2008).

Existen una serie de sistemas de evaluación relacionados con la potencialidad de los suelos los cuales se agrupan de acuerdo a diferentes categorías, según la finalidad y la metodología seguida:

- Potencial Agro-climático:  
Sistemas Papadakis: Paramétrica.  
Sistema FAO-AEZ: Híbrida.
- Capacidad General de Uso:  
Sistema USDA-LCC: Cualitativa.  
Índice de Storie: Paramétrica.
- Aptitud Relativa Agrícola:

Sistema de Sys y Verheye: Paramétrica.

- Aptitud Relativa Forestal:  
Modelo Sierra: Red neuronal.
- Aptitud para Riego:  
Sistema USBR: Cualitativa.
- Fertilidad Natural:  
Sistema FCC: Cualitativa.
- Predicción de Cosecha:  
Modelo Albero: Estadística.  
Modelo WOFOST: Simulación dinámica.  
Sistema DDSAT: Sistema ayuda decisión.

### **5.5.5. Definición de términos**

**Suelo:** El Suelo es un cuerpo natural que comprende a sólidos (minerales y materia orgánica), líquidos y gases que ocurren en la superficie de la tierra, que ocupa un espacio, y que se caracteriza por uno o ambos de los siguientes: horizontes o capas que se distinguen del material inicial como resultado de las adiciones, pérdidas, transferencias y transformaciones de energía y materia o por la habilidad de soportar plantas enraizadas en un ambiente natural (Soil Survey Staff, 2006).

Al suelo se lo considera como un complejo dinámico, caracterizado por una atmósfera interna y que adquiere progresivamente sus propiedades por la acción combinada de los factores del medio. La roca madre se altera por la influencia del clima y de la vegetación; el medio biológico forma materia orgánica o humus y así se establece interacciones entre los minerales de la roca y el humus de la biosfera (Duchaufour, 1970 citado por González et al, 1986).

**Tierra:** La tierra es un 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, incluyendo el clima en la zona cercana a la superficie, el suelo y las formas del terreno, la superficie hidrológica -incluyendo lagos poco profundos, ríos, humedales y pantanos-, las capas sedimentarias cercanas a la superficie y las reservas de aguas subterráneas asociadas a las mismas, las poblaciones de la flora y la fauna, las formas de colonización de la población humana y los resultados físicos de la actividad humana anterior y actual -terrazas, estructuras para reserva o drenaje de aguas, caminos, construcciones, etc. (FAO, 1976).

**Capacidad de uso de la tierra:** Determinación en términos físicos, del soporte que tiene una unidad de tierra de ser utilizada para determinados usos o coberturas y/o tratamientos. Generalmente se basa en el principio de la máxima intensidad de uso soportable sin causar deterioro físico del suelo (Klingebield y Montgomery 1961, citado en INAB, sf).

**Aptitud de la tierra:** La aptitud de uso de la tierra se refiere a la capacidad de ésta para su aprovechamiento bajo una categoría o tipo de utilización, desde el punto de la producción agropecuaria y/o forestal, en condiciones naturales (SIA, 1997, citado por Guarachi, 2001).

**Capacidad versus Aptitud:** La capacidad se refiere a las clases generales de utilización de la tierra (semejante a clases mayores de utilización de la tierra del esquema FAO) en vez de sistemas específicos de utilización de tierras (tipos de utilización de la FAO), para los cuales hablamos acerca de aptitud de áreas de tierra. Por lo tanto no podemos esperar realizar reportes detallados acerca de utilización y manejo de tierras en una clasificación de la capacidad (Rossiter, 1998).

**Capacidad agrícola del suelo:** Es la adaptación que presenta el terreno a determinado uso: la producción de cultivos anuales en los valles, pastizales en las laderas y bosques en las montañas (Torres, 1981).

**Clasificación de tierras por capacidad de uso:** Es un proceso de interpretación sistemática de suelo, clima, vegetación y otros aspectos, el cual permite ordenar y agrupar en clases a la tierra, según su aptitud o capacidad, de acuerdo al grado de limitaciones que la misma presenta, permitiendo de esta manera definir su uso potencial (CLIRSEN, 1990).

**Evaluación de tierras:** Ritchers (1995), citado por INAB, sf, señala que es la actividad que describe e interpreta aspectos básicos de clima, vegetación, suelos y de otros aspectos biofísicos y socioeconómicos para identificar probables usos de la tierra y compararlos con el rendimiento estimado de su aplicación sostenible, es decir su aplicación deseada.

Es la combinación de los resultados de las cualidades de tal manera que expresen una aptitud total, las clases de aptitud expresan la aptitud general de la tierra y se puede expresar como un valor físico a menudo arbitrario o un valor económico (FAO, 2003).

**Uso potencial de la tierra:** Un concepto más próximo al uso potencial de la tierra sería aquel que refiere la producción agrícola como un indicador que engloba las condiciones ambientales que caracterizan el terreno y los tipos de utilización agrícola, pecuarios y forestales que muestran la posibilidad de ser establecidos en él, así como el grado en que los requerimientos técnicos y biológicos de cada tipo de utilización pueden satisfacer por el conjunto de condiciones ambientales del terreno (Duch et al., sf).

**Uso agrícola de la tierra:** Es una actividad parcial del proceso global de producción en que se halla inmersa y se desenvuelve la sociedad en su conjunto, que se distingue por el carácter de los productos. Dentro de la producción agrícola en general, puede definirse: Uso agrícola, uso pecuario y uso forestal (Duch et al., sf).

**Limitación:** Es una cualidad de la tierra con su expresión como criterio diagnóstico, que afecta adversamente el potencial de la tierra para una clase específica de uso (CLIRSEN, 1990).

## **CAPÍTULO III**

### **6. METODOLOGÍA DE TRABAJO**

La descripción de la metodología se basa en dos aspectos fundamentales:

- En la primera parte se describe los métodos estándares de obtención de información, luego de obtenida, cómo fue analizada y evaluada hasta que se encuentre apta para ser utilizada en la investigación.
- En la segunda parte se describe la metodología de la investigación realizada, como se llegó a la zonificación de tierras utilizando los datos y parámetros obtenidos en la parte anterior.

#### **6.1. Elaboración de cartografía básica**

Como punto fundamental para tener una buena base cartográfica sobre la cual volcar toda la información que se genere, es necesario la estandarización de los datos cartográficos. Esto está relacionado principalmente con la obtención del mapa base, los cuales deben contener; poblaciones, sistemas de drenaje, vías de acceso, etc. fundamentalmente para tener una buena representación de las características topográficas de la zona.

Se ha determinado que esta investigación se realiza a escala 1: 25.000 para la presentación de resultados, así como también, para los estudios de campo y de oficina.

##### ***6.1.1. Diagnostico y Recopilación de información***

- Recopilación de cartografía base escala 1:25.000 del IGM. Imágenes satelitales, fotografías aéreas, otros relacionados con el módulo.
- Preparación de cartografía base secundaria para trabajo de campo.
- Adquirir y recopilar imágenes de sensores remotos y de Sensores aerotransportados de alta y baja resolución correspondientes a la cuenca del Río Guayas en el tiempo estipulado en el cronograma de actividades.
- Georeferenciación, geocodificación, ortorectificación y generación de mosaicos de las imágenes satelitales y sensores de alta resolución de las áreas específicas de la Cuenca del Río Guayas en el tiempo estipulado en el cronograma de actividades.

##### ***6.1.2. Desarrollo de la generación del Mapa Base***

- Obtener las ortofotos y ortoimágenes del área de estudio.
- Elaboración del mapa base a escala 1:25.000

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

**Fotografía aérea:** Identificadas en el foto índice del Instituto Geográfico Militar (IGM) las fotografías escala 1: 60 000 más actuales disponibles se procedió a su adquisición. Cabe señalarse que en esta primera etapa del proyecto se ha debido utilizar esta escala debido a la inexistencia de fotografía 1: 30 000 para toda la zona de estudio, y a la inconveniencia técnica de la mezcla de fotografías de diferentes escalas.

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

**Modelos digitales del terreno:** Debido a la inexistencia de modelos de resolución adecuada para la escala de trabajo, se recopilaron aquellos disponibles (SRTM), que a pesar de no concordar con la escala de trabajo, se usan como referencia, en especial en aquellos sitios en los que el relieve tiene desniveles relativos significativos. El SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) tiene tamaño de celda de 90 m y fue generado por la NASA y la National Imagery and Mapping Agency (NIMA) ([http://www.src.com/datasets/SRTM30\\_Info\\_Page.html](http://www.src.com/datasets/SRTM30_Info_Page.html)).

**Cuadro 3.** Cartas topográficas escala 1: 50 000.

Código	Cartas Topográficas
MIV-D4	Colimes
NIV-C3	Palestina
MIV-F2	Pedro Carbo
NIV-E1	Santa Lucía

**Cuadro 4.** Tipos de imágenes utilizadas.

Sensor	Resolución	Código	Fecha
SPOT	5 m	K637J354	17/06/2007
SPOT	5 m	K637J353	05/04/2007
SPOT	5 m	K637J353	24/09/2007

## 6.2. Caracterización climática

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

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



### **6.2.1. Cartografía climática**

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

- Transferencia de la información cartográfica secundaria

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

- Ajuste cartográfico

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

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

### **6.2.2. Elaboración de mapas climáticos**

#### **6.2.2.1. Trazado de isoyetas**

El trazado se realizó en toda la Cuenca, con una red de isoyetas medias anuales en intervalos de 100 mm, con base en los resultados antes mencionados y homogeneizados para el período 1985-2006. A fin de facilitar el trazado de isoyetas se tomó en cuenta el relieve, la orografía y las observaciones en el campo, que se realizaron en el reconocimiento terrestre. Las isoyetas medias anuales permitirán calcular las precipitaciones anuales medias que tiene la cuenca, subcuencas y microcuencas, como parte del balance hídrico a realizarse el año 2010.

#### **6.2.2.2. Trazado se isotermas**

Igualmente se realizó en toda la Cuenca. Con la finalidad de estimar el perfil vertical de la temperatura (disminución de la temperatura con la altura), se realizó un estudio de correlación lineal temperatura-altura con los valores de la temperatura media registrados en las estaciones meteorológicas existentes en la cuenca. Se trazaron las isotermas cada grado centígrado, con base en la topografía, aplicando para cada zona la correlación lineal más adecuada.

Se estimó la temperatura del suelo, teniendo en cuenta la relación aceptada internacionalmente de que, en forma general, ésta es un grado centígrado más alta que la atmosférica.

### **6.2.2.3. Elaboración del mapa climático**

Existe una gran variedad de métodos para la clasificación de los climas del Ecuador, siendo éstos simples o complejos, de los cuales, ninguno es realmente satisfactorio para las realidades climáticas del país. En el presente trabajo se utilizó la clasificación climática propuesta por el Dr. Pierre Pourrut, investigador de la ex ORSTOM que trabajó por muchos años en el país. Esta clasificación está basada en parámetros escogidos por su simplicidad y cuyos valores están subdivididos en un número limitado de categorías.

Los parámetros tomados en cuenta son las precipitaciones totales anuales y sus regímenes, así como las temperaturas medias mensuales que, combinados, dan los diferentes tipos de clima.

Los criterios adoptados son:

Para caracterizar el régimen de lluvias, se recurre al número anual de picos pluviométricos:

- Ecuatorial, cuando se observa dos picos pluviométricos.
- Tropical, cuando se registra únicamente un máximo lluvioso y una sola estación seca muy marcada.
- Subtropical, puede o no tener estaciones secas, son intermedias entre Tropical y Ecuatorial, la precipitación y temperatura varían según la altitud.
- Uniforme, cuando las lluvias están bien distribuidas a lo largo del año.

Para caracterizar la altura anual de las precipitaciones, se adoptaron los siguientes límites:

- Seco, precipitaciones anuales inferiores a 500 mm.
- Semi-húmedo, entre 500 y 1000 mm.
- Húmedo, entre 1000 y 2000 mm.
- Muy húmedo, entre 2000 y 3000 mm.
- Lluvioso, superior a 3000 mm.

Para clasificar las temperaturas anuales, escogió las siguientes clases:

- Megatérmico, para temperaturas medias superiores a 22°C
- Mesotérmico, para temperaturas entre 12 y 22°C.
- Frío, para temperaturas entre 8 y 12°C.
- Alta montaña, para temperaturas entre 4 y 8°C.

#### **6.2.2.4. Balance climático**

Es un procedimiento por el cual se comparan los ingresos de agua (precipitación), con los egresos (evapotranspiración potencial), mediante cálculos en los cuales se hace intervenir al suelo con su capacidad máxima de retención de agua y la curva de desecación.

De las series medias mensuales generadas anteriormente, se obtienen los datos estadísticos de la precipitación, necesarios para los cálculos del balance. A continuación se explica la forma de computar la evapotranspiración potencial, el déficit hídrico, el período seco y el período vegetativo.

- Evapotranspiración potencial – ETP

Este parámetro climático depende de muchos factores ambientales (temperatura, radiación, viento, déficit de saturación, etc.) que utilizan formulas simples o complejas, dependiendo de sus autores.

En razón de la dificultad de disponerse de todos los datos ambientales en la mayoría de estaciones que se encuentran en la Cuenca y con la finalidad de estandarizar el procedimiento, se analizó el método que utilizando parámetros mas comunes, los resultados sean aplicables a las condiciones del área de estudio.

Para el presente estudio se utilizó el método de estimación de Thornthwaite que para el cálculo de la evapotranspiración potencial, requiere la media mensual de la temperatura y la ubicación geográfica de las estaciones.

- Déficit hídrico

Para llegar a la determinación de zonas de déficit hídrico en la Cuenca del Río Guayas, se procedió al cálculo del balance por el método de Thornthwaite modificado por la FAO, teniéndose como insumos la mediana de la precipitación, por ser la mas representativa de las variaciones medias mensuales, la ETP y la capacidad máxima de retención de agua en el suelo que se consideró de 300 mm para los suelos de la Costa y 200 mm, para los de la Sierra.

Del procedimiento utilizado, cuyos resultados se presentan en el anexo de gráficos, se obtiene la Evapotranspiración Real (ER) y el déficit hídrico mensual y anual, determinándose los meses deficitarios para la actividad agrícola.

Del gráfico elaborado con valores mensuales de la relación entre ER y ETP, expresada en porcentaje, se obtienen:

- Período seco. El lapso en el cual la curva  $(ER/ETP)*100$  está por debajo del 50%.
- Período vegetativo. El lapso en el cual la curva  $(ER/ETP)*100$ , está por encima del 75%.

### 6.2.3. Cartografía del régimen climático del suelo

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

- Relación del volumen total anual de lluvias con el régimen de humedad del suelo (Cuadro 6).
- Relación entre la temperatura media ambiental y la temperatura media del suelo a 50 cm de profundidad. Se define una diferencia de 1 °C entre la temperatura media anual ambiental ( $t_{maa}$ ) y la temperatura media anual del suelo ( $t_{mas}$ ) a 50 cm (Cuadro 4.4b), es decir (Porta *et al.*, 2003):

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

**Cuadro 5.** Zonas de humedad y régimen de humedad del suelo.

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

Fuente: Mejía L., 2009.

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

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

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

**Cuadro 6.** Zonas de temperatura y régimen de temperatura del suelo.

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

Fuente: Mejía L., 2009.

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

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

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

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

### 6.3. Cobertura y uso de la tierra

Se realizó una recopilación de información de la zona de estudio, sobre cobertura vegetal y uso de la tierra a escalas 1:50 000, 1: 25 000 y mayores en MAGAP, MAE, CEDEGE, ESPOL y CLIRSEN y otras instituciones públicas y privadas.

La leyenda establecida para la elaboración de la cartografía temática de uso del suelo mediante la interpretación de las imágenes y mosaicos de ortofotos es una leyenda consensuada entre CLIRSEN y SIGAGRO, la misma que fue adaptada al catálogo de Objetos Nacional.

El nivel de estudio se determinó a semidetalle, estableciéndose el nivel de trabajo para la interpretación temática a una escala de 1:15 000, y la representación gráfica de los mapas a color a la escala 1:25 000.

La unidad mínima de mapeo e interpretación se la definió en 16 milímetros cuadrados equivalentes a 1 Ha a la escala 1:25 000

Para la generación de la cartografía de uso de la tierra a escala 1:25 000, se consideró el siguiente proceso metodológico:

- Recopilación de información de uso de la tierra.
- Análisis y estandarización de la información secundaria sobre: Uso agrícola, ganadero, forestal, áreas erosionadas, urbanas, entre otros.
- Adquisición de ortoimágenes (resolución espacial 5 metros y/o menor) y mosaicos de ortofotos actualizadas a la fecha de elaboración del estudio o las que se han recopilado desde el 2005.
- Interpretación de la cartografía temática (identificación de los diferentes tipos de uso, sobre las imágenes satelitales y/o mosaicos digitales de ortofotos).
- Comprobación de campo con uso de GPS.
- Reinterpretación (Ajustes)

### **6.3.1. Recopilación de Información**

Se recopiló la información cartográfica sobre Cobertura Vegetal y Uso de la Tierra, a escala 1:50.000 / 1:25.000 o mayores, existente en las instituciones siguientes:

- MAGAP, en El Sistema de Información Geográfica y Agropecuaria (SIGAGRO)
- CLIRSEN, Centro de Levantamientos Integrados de Recursos Naturales por sensores Remotos.
- MAE, Dirección de Información, Investigación y Educación Ambiental
- CEDEGE, Comisión de Estudios para el Desarrollo de la Cuenca del Río Guayas y de la Península de Santa Elena.
- Gobiernos Seccionales de la Cuenca del Río Guayas
- CELIR Comisión Especial de Límites Internos de la República
- INEC Instituto Nacional de estadísticas y censos
- ONG's

### **6.3.2. Interpretación de Ortoimágenes y Ortofotos**

Antes de interpretar y elaborar las cartas de Cobertura y Uso de la Tierra se realizó un reconocimiento de campo de las áreas de estudio.

En esta fase se realizó la interpretación de las imágenes satelitales de las áreas de estudio, que se ejecutó sobre 13 imágenes multispectrales de los satélites SPOT 5 y Ortofotos, con resolución espacial de 5 m. y 0.61 m

respectivamente, actualizadas a los años 2005 al 2009, con las siguientes características:

**Cuadro 7.** Imágenes satelitales que se utilizó.

<b>Satélite</b>	<b>Bandas</b>	<b>Resolución (m)</b>	<b>Tamaño (km<sup>2</sup>)</b>
SPOT 5	4 Multiespectrales	5 x5 m	60 x 60

Además, se realizó la interpretación visual en pantalla de los dos mosaicos de ortofotos entregados por el Instituto Geográfico Militar, actualizados a los años 2000 y 2005.

El método empleado en la clasificación digital de las imágenes satelitales, se basó en los siguientes pasos:

- Tratamiento digital de imágenes
- Clasificación no supervisada
- Interpretación visual en pantalla

Realizada la interpretación, se procedió al levantamiento de información de campo, para obtener información sobre los diferentes tipos de cobertura y uso de la tierra y se documentó gráficamente el informe técnico. Posteriormente se efectuó la validación de la información recabada en campo.

### **6.3.3. Tratamiento Digital de Imágenes**

Para que una imagen sea apta para ser utilizada en el trabajo de interpretación debió llenar algunos requisitos que fueron verificados para evaluar su calidad:

- Bajo porcentaje de cobertura de nubes en un límite que no represente una distorsión técnica en los diferentes procesos y tratamientos digitales.
- Buena calidad radiométrica, sin bandeamientos, falta de información, etc.
- Buena calidad geométrica, sin problemas entre bandas, entre líneas, etc.

Se aplicó a las imágenes, realces de tipo espectral y espacial, tendientes a mejorar la imagen satelital, manejando el histograma de las bandas 2, 3, y 4, en una combinación de bandas de falso color RGB (4/3/2)

Las imágenes de la zona tienen la proyección Universal Transversa de Mercator (UTM), Elipsoide y Datum Horizontal del Sistema Mundial WGS 84, Zona 17 sur.

### **6.3.4. Interpretación Visual en Pantalla**

La imagen raster realizada sirvió para la interpretación visual en pantalla, obteniéndose de esta manera un mapa inicial de cobertura y uso; luego se afinó

la interpretación al nivel de detalle adecuado para la escala de representación 1:25 000, trabajando para ello a escalas de 1:15 000 o mayores.

Posteriormente se realizó la codificación de las diferentes unidades de interpretación de acuerdo a los códigos asignados en la Leyenda de Cobertura Vegetal y Uso de la Tierra definida para el estudio de la Cuenca del Río Guayas; de esta manera se obtuvieron las cartas temáticas preliminares a 1: 25 000.

Los mapas preliminares son una primera aproximación de los mapas temáticos, en base a los cuales se identificaron las áreas con problemas de codificación de sus respectivas unidades de interpretación.

### **6.3.5. Comprobación de Campo**

El trabajo de campo necesitó de la preparación de impresiones a color en papel de las imágenes del área de estudio, así como de mapas temáticos preliminares superpuestos con los mapas base con vías, ríos y pueblos que facilitaron la ubicación y la identificación de las unidades temáticas en el campo.

Se realizó un barrido de todo el cantón tomando puntos GPS, en cada sitio se llenó una ficha de campo y se tomaron fotografías para documentar gráficamente la cobertura vegetal y uso de la tierra de dicho sitio.

### **6.3.6. Validación de Información**

La información de campo permitió tener polígonos con mayor certeza en cuanto a la codificación o asignación de símbolos de la leyenda definida para el estudio, empleando para ello la información recabada de los diferentes tipos de cobertura existente en cada punto de control, los mismos que son puntos georeferenciados adquiridos con GPS.

Luego de la visita de campo se realizó la corrección de los mapas preliminares empleando la información de cada uno de los puntos GPS y las fotografías para determinar el tipo de cobertura y uso de la tierra definitivo.

### **6.3.7. Elaboración de Mapas Temáticos Definitivos**

Antes de editar la base de datos del mapa temático se ejecutó la generalización de los polígonos a fin de suavizar las líneas de los mismos; inmediatamente se eliminó las áreas menores a 1 Ha que pudieran haberse creado al unir el mapa base con el de cobertura y uso.

La edición de la base de datos del mapa se realizó en la tabla de atributos, eliminando los campos innecesarios y añadiendo los campos SIMBOLOGÍA, USO\_COBERT, DESCRIPCIÓN y HA donde se agregan los nombres de las coberturas y usos correspondientes a cada código de la base de datos.

En el campo de DESCRIPCIÓN, se anotan las características representativas de la unidad, si la tuviese.



Las estructuras gráfica y alfanumérica del mapa temático de cobertura y uso, se editaron empleando el software ArcGIS 9.3

## **6.4. Cartografía temática de suelos y geomorfología**

### **6.4.1. Fuentes de información**

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

- Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca (MAGAP): SIG AGRO (Quito-Pichincha).
- Corporación de Estudios para el Desarrollo de la Cuenca del Río Guayas: CEDEGE (Guayaquil-Guayas).
- Secretaria Nacional del Agua: ex INERHI (Quito-Pichincha).
- Centro de Reconversión Económica de Manabí: CRM (Portoviejo-Manabí).
- CORPECUADOR (Guayaquil-Guayas).
- Cartografía de suelos de la sierra ecuatoriana a escala 1:50 000 (PRONAREG/ORSTOM 1980-1982): SIGAGRO-MAGAP.
- Leyenda de suelos para la Sierra Ecuatoriana a escala 1: 50 000. PRONAREG-ORSTOM. 1983: SIGAGRO-MAGAP.
- Cartografía morfopedológica de la costa ecuatoriana a escala 1: 200 000 (PRONAREG/ORSTOM): SIGAGRO-MAGAP.
- Cartografía de aptitudes agrícolas de la costa ecuatoriana a escala 1: 200 000 (PRONAREG/ORSTOM): SIG AGRO-MAGAP.
- Estudio detallado de suelos con fines de riego. Proyecto Nuevos Ingenios Azucareros en la zona de Vinces. Escala 1: 25 000.
- Estudio detallado de suelos con fines de riego para el Proyecto Catarama. MAG-JIICA. Escala 1: 25 000.
- Estudios detallados de suelos para el Proyecto PRATT.
- Cartografía base topográfica a escala 1: 50 000. SIG AGRO-MAGAP.
- Estudio y mapas de suelos a nivel detallado de la cuenca del Río Guayas CEDEGE.

#### **6.4.2. Modelo conceptual para elaborar el mapa geomorfológico**

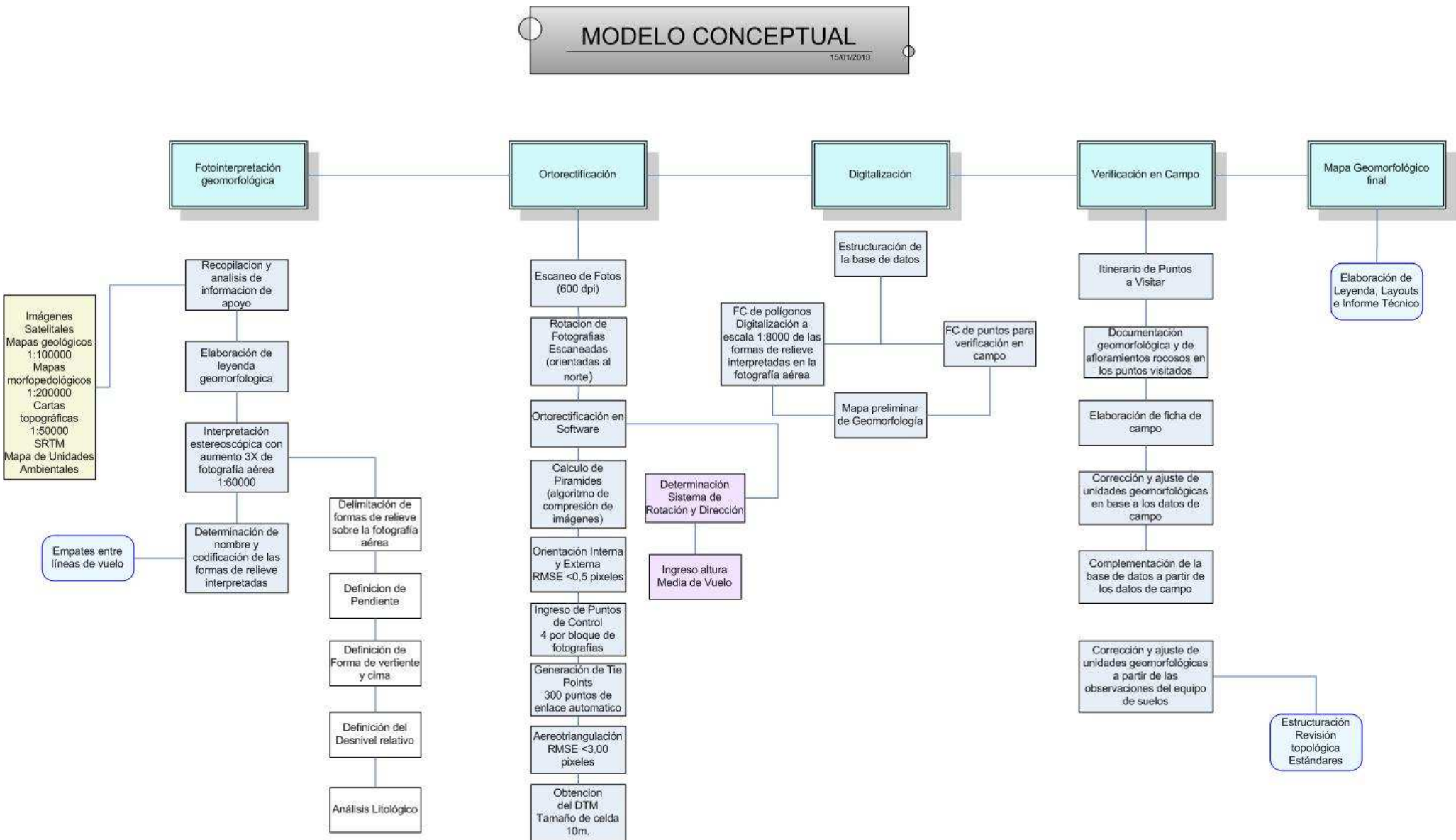
La metodología presentada a continuación surge como una alternativa para realizar el levantamiento de suelos con una optimización de los recursos en cuanto a personal, tiempo de intervención en campo, y dinero.

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

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

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

El estudio en sí incluye la elaboración del mapa y documento geomorfológico, el mismo que se realiza a través de diversas etapas, la primera de las cuales consiste en la recopilación, estudio y evaluación de la información bibliográfica y cartográfica. Ya en la ejecución del trabajo se procede a la interpretación de las fotografías aéreas, a la digitalización y estructuración de las unidades geomorfológicas; y en la tercera etapa se realiza la verificación de campo, ajuste de los mapas y elaboración de los mapas finales y la memoria técnica. En la Figura 2, explora estas diferentes fases de la metodología.



**Figura 2.** Modelo conceptual para elaborar el mapa geomorfológico.

### 6.4.3. Análisis, evaluación y tratamiento de la información secundaria

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

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

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

**Cuadro 8.** Resumen de la información secundaria de suelos recopilada.

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

Fuente: Adaptado de Mejía L., 2009.

#### **6.4.4. Elaboración del mapa geopedológico**

##### **6.4.4.1. Mapa Geomorfológico**

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

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

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

Fotografía aérea: Las características de las fotografías aéreas utilizadas son:

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

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

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

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

Imágenes satelitales: De diversos sensores, según el área en estudio.

Modelos digitales del terreno: Debido a la inexistencia de modelos de resolución adecuada para la escala de trabajo, se recopilaron aquellos disponibles (SRTM, SPOT), que a pesar de no concordar con la escala de

trabajo, se usan como referencia, en especial en aquellos sitios en los que el relieve tiene desniveles relativos significativos. El SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) tiene tamaño de celda de 90 m y fue generado por la NASA y la National Imagery and Mapping Agency (NIMA) (fuente [http://www.src.com/datasets/SRTM30\\_Info\\_Page.html](http://www.src.com/datasets/SRTM30_Info_Page.html)).

### **Fotointerpretación**

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

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

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

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

#### **Criterios delimitadores:**

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

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

**Cuadro 9.** Desniveles relativos utilizados adaptados de PRONAREG-ORSTOM 1982

Tipo	Cod
0 a 5 m	1
6 a 15 m	2
16 a 50 m	3
51 a 100 m	4
101 a 200 m	5
201 a 300 m	6
>300 m	7

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

**Cuadro 10.** Categorización de cimas y vertientes adaptada de PRONAREG-ORSTOM 1982.

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

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

**Cuadro 11.** Categorización de la pendiente

<b>Tipo</b>	<b>Descripción</b>	<b>Cod</b>
Plana	0 a 2 %	(1)
Muy suave	2 a 5 %	(2)
Suave	5 a 12 %	(3)
Media	12 a 25 %	(4)
Media a fuerte	25 a 40 %	(5)
Fuerte	40 a 70 %	(6)
Muy fuerte	70 a 100 %	(7)
Escarpada	> a 100 %	(8)

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

**Cuadro 12.** Categorización de formas de relieve

<b>Forma del relieve</b>	<b>Cod</b>
Valle fluvial	Va
Valle indiferenciado	Vi
Terraza baja y cauce actual	Tb
Terraza media	Tm
Terraza alta	Ta
Terrazas indiferenciadas	Ti
Testigo de cono de deyección	Tcy
Superficie de cono de deyección reciente	Cy
Superficie de cono de deyección antiguo	Cds
Abrupto de cono de deyección antiguo	Cda
Superficie de cono de esparcimiento	Ces
Nivel plano	Nb
Nivel ondulado con presencia de agua	Na
Nivel ligeramente ondulado	No
Asociación de niveles planos y niveles ondulados	Na/Nb
Dique o banco aluvial	D
Cauce abandonado	Ca
Basin	B
Meandro abandonado	M
Superficie poco disectada	L1
Superficie disectada	L2
Superficie muy disectada	L3
Garganta con presencia de valles indiferenciados	Grp
Garganta con presencia de terrazas	Grt
Depresión de decantación	Dc



Coluvión reciente	Cr
Coluvión antiguo	Can
Coluvio aluvial reciente	Cv
Coluvio aluvial antiguo	Co
Encañonamiento	E
Superficie de mesa	S1
Cornisa de mesa	S2
Vertiente de mesa	S3
Encañonamiento de mesa	S4
Testigo de cornisa de mesa	S5
Superficie de cuesta	C1
Frente de cuesta	C2
Vertiente de cuesta	C3
Encañonamiento de cuesta	C4
Relieve ondulado a colinado muy bajo	R1
Relieve colinado bajo	R2
Relieve colinado medio	R3
Relieve colinado alto	R4
Relieve colinado muy alto	R5
Relieve montañoso	R6
Cerro testigo	Ct

#### **Criterios caracterizadores:**

Las unidades ya definidas se caracterizan de acuerdo a:

**Geología:** Se refiere a la composición de las formas del relieve en cuanto a su sustrato rocoso (litología) o formación superficial. Dependiendo de la litología estarán relacionados fenómenos como disectamiento, patrón de drenaje y movimientos en masa, que se pueden identificar en la fotografía y que se relacionan con la información secundaria obtenida directamente de las cartas geológicas a escala 1:100000 de la Ex – CODIGEM.

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

**Cuadro 13.** Categorización de la variable geológica

<b>GEOLOGIA</b>	<b>Cod</b>	
	Formación Piñón	P
	Formación Cayo	C
	Formación Angostura	A
FORMACIONES	Formación Onzole	O
GEOLOGICAS	Formación Borbón	B
	Formación Balzar	Bz
	Formación Daule	D
	Unidad Macuchi	Ma
	Formación Pichilingue	Pch
	Afloramientos metamórficos	M
	Rocas graníticas	G

FORMACIONES	Depósitos aluviales	1
SUPERFICIALES	Depósitos coluviales	2
	Depósitos coluvio aluviales	3

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

**Cuadro 14.** Categorización de la variable Unidad genética

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

#### **6.4.4.2. Cartografía PRONAREG-ORSTOM**

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

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

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

#### **6.4.4.3. Modelo digital de elevación (MDE) obtenido del SRTM**

##### ***Modelo Digital de Elevación (MDE)***

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

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

ellos, se encuentran estrechamente asociados a la forma y altitud de la superficie del terreno en los que se desarrollan.

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

### ***La Misión SRTM (Shuttle Radar Topography Mission)***

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

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

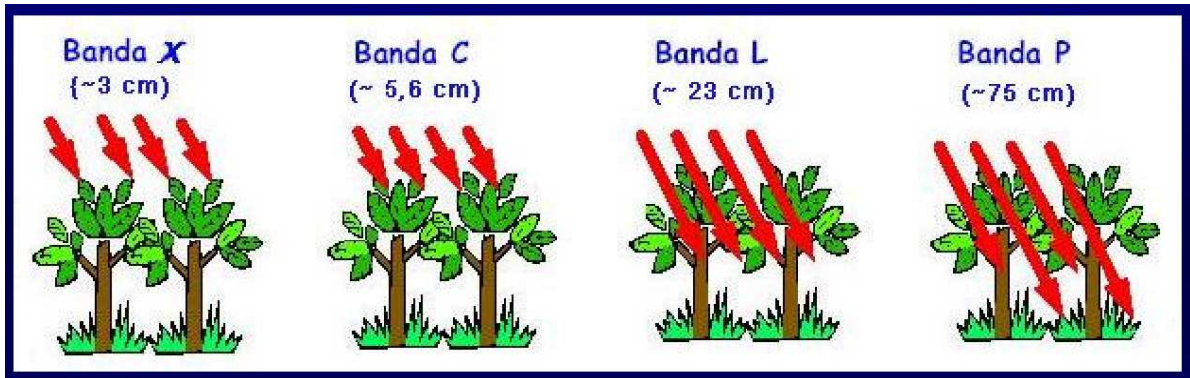
Existen varias versiones del MDT del SRTM, por así mencionarlos, entre los cuales se puede resumir de la siguiente manera:

La primera versión de los datos del SRTM fue proporcionado desde el servidor de USGS (<ftp://e0srp01u.ecs.nasa.gov/srtm/>) en resoluciones espaciales de 1 grado (tamaño de píxel), en 2003. Luego los datos fueron procesados para los Estados Unidos en resoluciones de 1 arc segundo (aproximadamente en 30 m), y para el resto del mundo en 3 arc segundo (aproximadamente en 90 m). STRM30 es un modelo digital de elevación global, el que comprende una combinación de datos de Shuttle Radar Topography Mission, tomado en febrero del 2000 y el set de datos de U.S. Geological Survey's GTOPO30.

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

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

Como se puede visualizar en la Figura 3, la banda C que utiliza el SRTM, toma la altura de la vegetación, este factor es muy importante en el momento de la interpretación monoscópica.



**Figura 3.** Penetración de bandas en diferentes longitudes de onda.

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

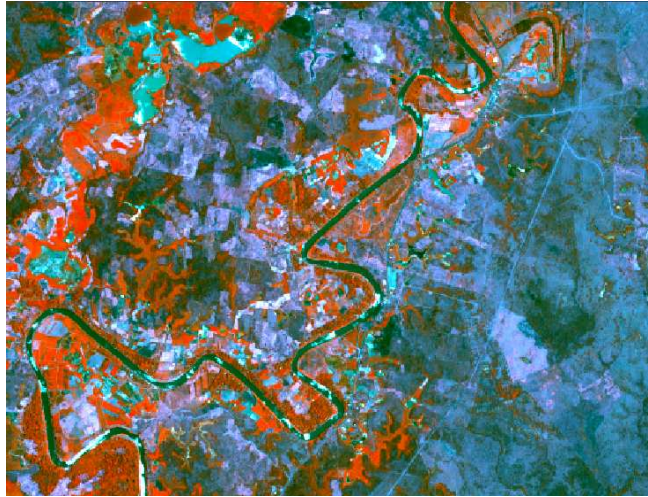
Banda X	~ 3 cm	RADAMBRASIL, SAR-SIPAM, SRTM
Banda C	~ 5.6 cm	RADARSAT-1, SRTM, ASAR, ERS
Banda L	~ 23 cm	JERS-1, SAR-SIPAM
Banda P	~ 75 cm	AirSAR

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

#### **6.4.4.4. Imágenes de satélite**

Algunas veces, indicios no relacionados con la geoforma, pueden dar buena correlación con los diferentes tipos de suelos. El ejemplo clásico es la vegetación incluyendo condiciones de cultivo (Rossiter, 2000). Para lo cual, el análisis de las imágenes de satélite que cubren el área de estudio son de gran ayuda al representar un insumo clave para la interpretación de diferentes unidades de suelo, las mismas que la geomorfología no discrimina. Por lo anterior, este insumo conjuntamente con el mapa geomorfológico es clave para la planificación de la ubicación de las observaciones que se deben llevar a cabo durante las salidas de campo. Esto se logra, al realizar un procesamiento previo de las mismas obteniendo una significativa discriminación de los diferentes tipos de vegetación (Figura 4).

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



**Figura 4.** Imagen del satélite SPOT (tamaño de píxel 5x5 m).

#### **6.4.4.5. Selección de los sitios de muestreo**

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

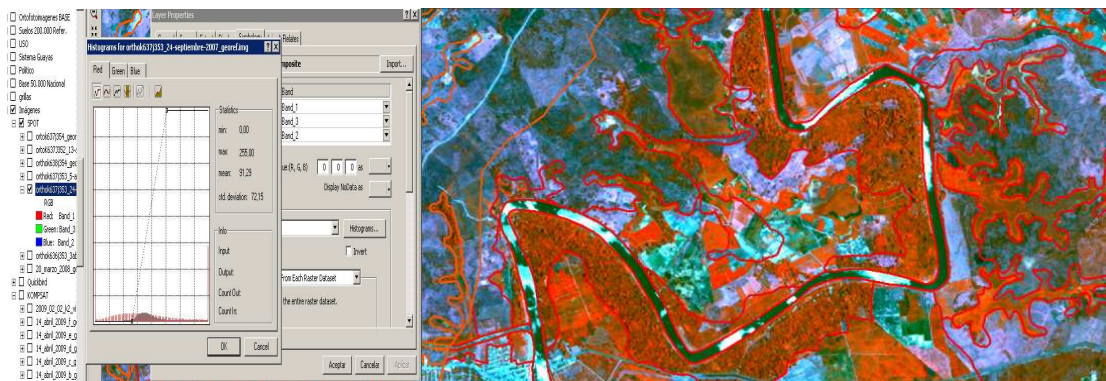
El procedimiento cuenta con los siguientes pasos para su ejecución:

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

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

##### Etapa 1: Análisis de insumos disponibles

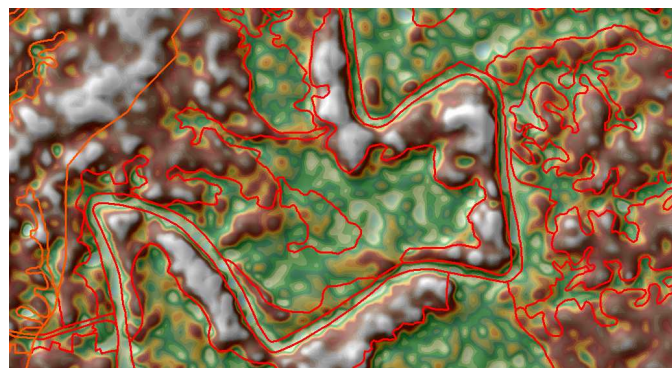
Constituye el primer procedimiento a seguir, para la planificación de los trabajos de campo. En esta etapa, se realiza la selección de la mejor combinación de bandas de las imágenes satelitales, así como, la manipulación de sus histogramas, artificios que permiten una mejor discriminación para identificar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



**Figura 5.** Discriminación de la cobertura vegetal.

En la Figura 5, se muestra una imagen SPOT, donde se puede discriminar distintas coberturas vegetales dentro de las diferentes unidades geomorfológicas.

Dentro de este paso también se considera el análisis del MDT del SRTM previamente procesado (incorporando el mapa de sombras -iluminación-obtenido a través del mismo y realizando el mejoramiento visual aplicando el método de resamplado convolución cúbica) para analizar las diferentes geoformas, lo cual permite llevar a cabo un control de calidad del mapa geomorfológico, que es el insumo principal para generar el mapa de suelos.



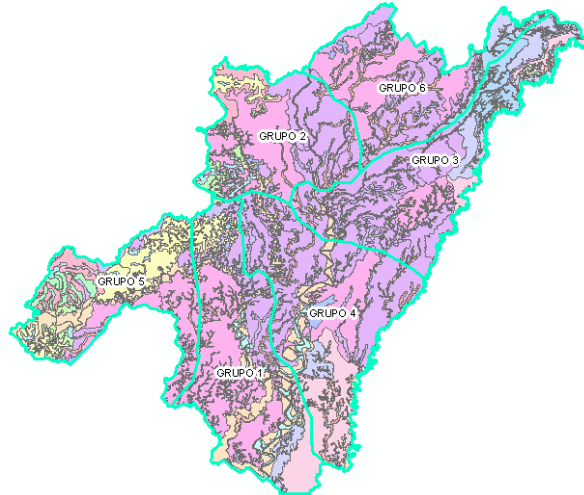
**Figura 6.** Interpretación de las geoformas.

En la Figura 6, se muestra que la interpretación de geoformas por fotointerpretación (límites de color rojo) presentan una tendencia similar a las geoformas discriminadas en el MDT.

#### Etapa 2: División del área de estudio

Todas las áreas que son intervenidas por el módulo de suelos, son previamente divididas equitativamente entre los grupos de trabajo, con el objetivo de intensificar el análisis de todas y cada una de las unidades geomorfológicas presentes en el mapa. De esta manera, se logra una mayor presión de muestreo y un mejor enfoque técnico en la caracterización edáfica de las unidades; con lo cual, se discrimina un mayor número de unidades de suelo; así como también, permite una extrapolación adecuada de la

información (a las unidades no visitadas) de manera técnica y confiable. De la misma manera, cada grupo realiza el análisis para la ubicación de los sitios de muestreo dirigido. Esto permite realizar un análisis más detallado ya que el área que estudia cada grupo es más pequeña y manejable, asegurando así, la calidad del mapa de suelos.



**Figura 7.** División del mapa geomorfológico.

En la Figura 7, se muestra la división del mapa geomorfológico, para seis grupos de trabajo, previa su intervención en campo.

#### Etapa 3: Creación de archivos digitales

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

#### Etapa 4: Cruce de información

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

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

### Etapa 5: Ubicación de los sitios de muestreo dirigido

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

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

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

#### **6.4.5. Trabajo de campo**

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

##### **6.4.5.1. Equipos y materiales**

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

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



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

#### **6.4.5.2. Tipo de observaciones**

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

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

#### **Observaciones en calicata (perfil)**

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

La descripción de perfiles modales consiste en el análisis visual de las diferentes características morfológicas en los cada uno de los horizontes y/o

capas del suelo, y para lo cual se utiliza la “GUIA PARA LA DESCRIPCIÓN DE PERFILES DE SUELOS DE LA FAO”.

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

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



**Figura 8.** Perfiles en calicata.

En la Figura 8, se observa perfiles en calicata, donde se pueden observar los diferentes horizontes, para muestreo de suelos.

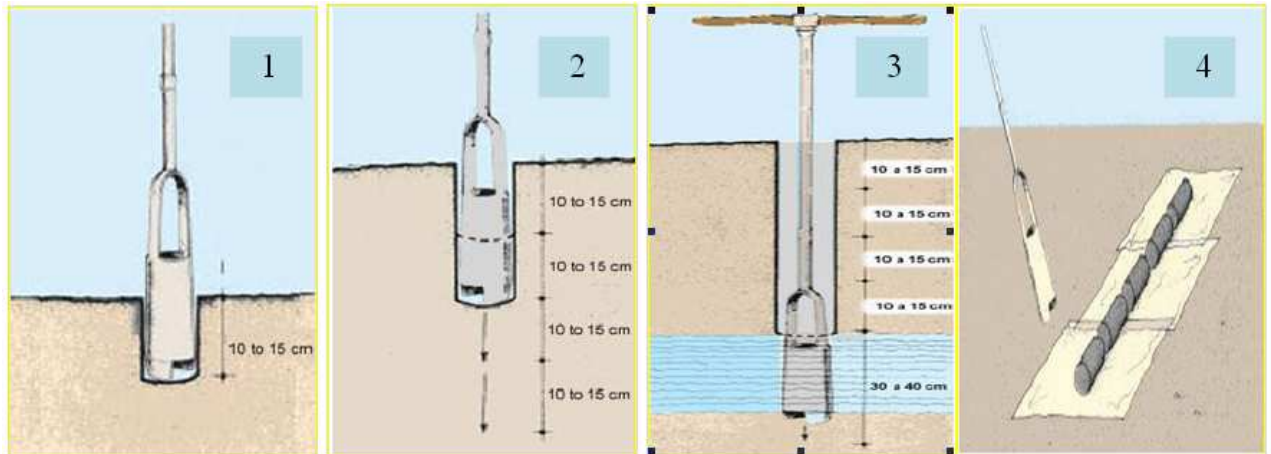
### **Observaciones detalladas de comprobación (barrenaciones)**

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

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

Es decir, la barrenación sirve para identificar la continuidad del rango de características del perfil modal o para ampliar el rango de características de las unidades de suelos. Se realiza en huecos de unos 50 cm de lado y profundidad suficiente para estudiar el horizonte B, si está presente, o para describir los 50

cm del perfil, si el horizonte B no existe. La parte profunda del perfil se caracterizó con la ayuda de un barreno tipo EDELMAN, que perfora hoyos de 10 cm de diámetro y extrae muestras del suelo (de 10 a 15 cm) a diferentes profundidades hasta 1,20 m, extrayendo el barreno cuidadosamente para mantener el suelo en su lugar, tal como estaba en el terreno, y colocando la muestra en una lámina de material plástico o una hoja de periódico. Ver Figura 9 y 10.



**Figura 9.** Pasos de la barrenación para muestreo de suelos.

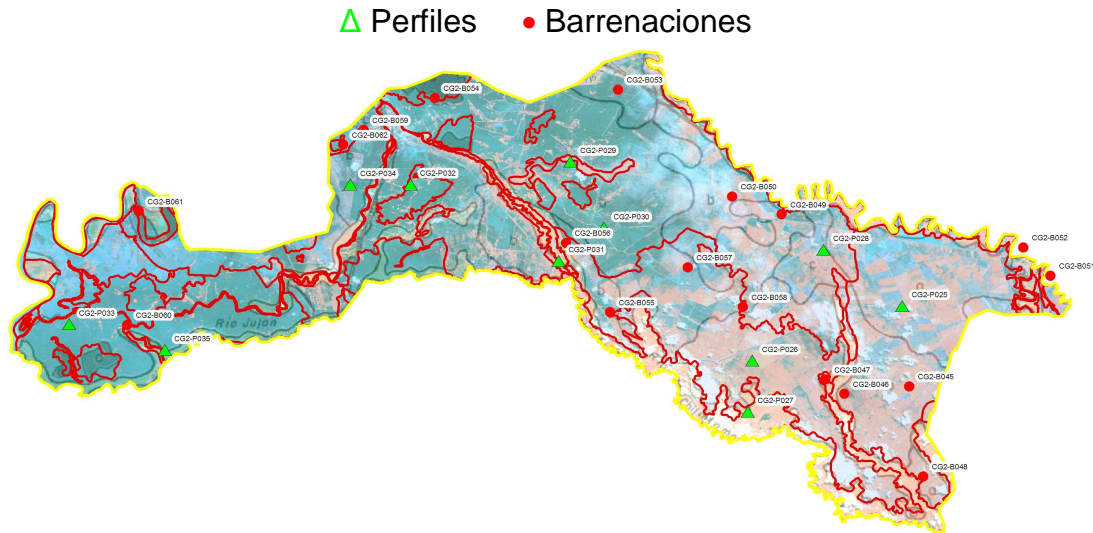


**Figura 10.** Barrenaciones realizadas con el barreno tipo EDELMAN.

#### **6.4.5.3. Ubicación de los sitios de observación en campo**

En la ubicación del sitio de muestreo se consideran varios puntos que nos permiten seleccionar las zonas más representativas para dicho trabajo.

Entre las cuales en función de los factores formadores del suelo (material parental, tiempo, clima, relieve y vegetación) mediante un análisis espacial de información secundaria (PRONAREG-ORSTOM) y productos de sensores remotos (imágenes satelitales, SRTM y ortofotos), y el insumo principal el mapa geomorfológico generado, a partir de los cuales se selecciona las unidades homogéneas de suelos. Ver Figura 11.



**Figura 11.** Planificación de perfiles y barrenaciones.

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

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

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



**Figura 12.** Equipo básico para la ubicación de los sitios de observación.

#### **6.4.5.4. Descripción de las observaciones**

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

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

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

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

La ficha consta de cuatro partes principales:

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

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

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

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

GENERACIÓN DE GEOINFORMACIÓN PARA LA GESTIÓN DEL TERRITORIO Y VALORACIÓN DE TIERRAS RURALES  
DE LA CUENCA DEL RÍO GUAYAS, ESCALA 1:25000

**DESCRIPCIÓN DEL PERFIL DEL SUELO**

**1. UBICACIÓN**

1.1. DIVISIÓN POLÍTICA ADMINISTRATIVA

PROVINCIA: **GUAYAS**

CANTÓN: **SAN JACINTO DE YAGUACHI**

PARRQUIA: **SAN JACINTO DE YAGUACHI**

SITIO: **PUERTO MATE**

1.2. LOCALIZACIÓN (UTM, WGS84 Zona 17S)


COORD X: **649.019** m

COORD Y: **9.781.083** m


ALTITUD: **7** m.s.n.m.

Punto GPS: \_\_\_\_\_

**FOTO PANORÁMICA**



**FOTO DEL PERFIL**



**2. REGISTRO DE LA OBSERVACIÓN**

2.1. No. PERFIL: **CG4-P001**

2.2. FECHA DE DESCRIPCIÓN: **21/07/2009**

2.3. AUTORES: **MONCAYO, P.; HARO, R.; SEGARRA, G.**

2.4. NOMBRE DE LA CARTA Y/O ORTOFOTO: \_\_\_\_\_

**Cargar Imagen** **Grabar Foto** **Cargar Imagen** **Grabar Foto**

**3. FACTORES DE FORMACIÓN DEL SUELO**

3.1. REGÍMENES CLIMÁTICOS DEL SUELO

3.1.1. TEMPERATURA

3.1.2. HUMEDAD

3.2. INUNDACIÓN

3.2.1. MES DE OCURRENCIA: **ENERO-ABRIL**

3.2.2. DURACIÓN (en meses): **4**

3.3. GEOMORFOLOGÍA

3.3.1. MORFOLOGÍA: **LLANURA ONDULADA**

3.3.2. PENDIENTE: **GENERAL 0-5**

3.3.3. GEOLOGÍA: **DEPÓSITOS ALUVIALES**

3.3.4. RELIEVE: **Plano**

3.4. USO DE LA TIERRA

3.4.1. USO DE LA TIERRA: **ÁREAS AGROPECUARIAS/ CULTIVOS DE CICLO CORTO**

3.4.2. CULTIVOS: **ARRÓZ**

3.4.3. INFLUENCIA HUMANA: **RIEGO POR INUNDACIÓN/ NEVELACIÓN**

3.4.4. VEGETACIÓN: **NINGUNA**

**4. DESCRIPCIÓN DE LOS HORIZONTES DEL SUELO**

4.1. CARACTERÍSTICAS DE LA SUPERFICIE

4.1.1. AFLORAMIENTO ROCOSO Y/O FRAGMENTO GRUESO

Cod	Cobertura	%	Fragmento	Distancia (m)
S	<input checked="" type="checkbox"/> Sin a picas	>10%	1	> 50
P	<input type="checkbox"/> Picas	10 - 25%	2	20 - 50
F	<input type="checkbox"/> Frecuentes	25 - 50%	3	5 - 20
A	<input type="checkbox"/> Abundantes	50 - 75%	4	2 - 5
R	<input type="checkbox"/> Pedregoso o rocoso	<75%	5	< 2

4.1.2. EROSIÓN

CATEGORÍA

N  Sin evidencia de erosión

W  Erosión hídrica o deposición

WS  Erosión laminar

WR  Erosión por surcos

WG  Erosión por cárcavas

WT  Erosión por galería (túneles)

WD  Deposition por agua

WA  Erosión hídrica y eólica

M  Movimiento en masa

NK  No conocido

SUPERFICIE

0  0

1  0 - 5

2  5 - 10

3  10 - 25

4  25 - 50

5  > 50

GRADO

S  Ligero

M  Moderado

4.1.3. ENCOSTRAMIENTO

Cod	Grosor (mm)
N	<input type="checkbox"/> Ninguno
F	<input checked="" type="checkbox"/> Delgado < 2
M	<input type="checkbox"/> Medio 2 - 5
C	<input type="checkbox"/> Grueso 5 - 20
V	<input type="checkbox"/> Muy grueso > 20

4.1.4. GRIETA

Cod	Ancho (cm)
F	<input type="checkbox"/> Fino < 1
M	<input type="checkbox"/> Medio 1 - 2
W	<input type="checkbox"/> Ancho 2 - 5
V	<input type="checkbox"/> Muy ancho 5 - 10
E	<input type="checkbox"/> Extremadamente ancho > 10

4.1.5. DRENAJE

EXTERNIO

Lento

Normal

Rápido

INTERNIO

Excesivo

Bueno

Moderado

Eliminar registro

Registro: 1 de 51

**Figura 13.** Plantilla informática con información del perfil del suelo.

#### 6.4.5.5. Toma de muestras

##### Toma de muestras de suelos en calicata (perfil)

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

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

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



**Figura 14.** Personal técnico en plena labor de recolección de muestras.

### **Toma de muestras de suelos en barrenaciones**

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

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

<b>CG3 – P001</b>	
<b>30-50 cm</b>	<b>2/3</b>

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



**Figura 15.** Proceso de muestreo de suelos.

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



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

El número de muestras está estrechamente relacionado con la profundidad efectiva del suelo y el tipo de observación si es perfil (P) ó barrenación (B) según el caso, la profundidad se refiere a la potencia que tiene el horizonte que se lo expresa en cm. Ver Figura 15.

PROYECTO "GENERACIÓN DE GEOINFORMACIÓN PARA LA GESTIÓN DEL TERRITORIO Y VALORACIÓN DE LAS TIERRAS RURALES DE LA CUENCA DEL RÍO GUAYAS ESCALA 1:25.000" COMPONENTE SUELOS MUESTRAS DE LABORATORIO											
GRUPO DE TRABAJO		5									
FECHA		Del 29 de septiembre al 08 de octubre de 2009 (3ra. salida de campo)									
NOMBRE DEL EDAFOLOGO		AYALA, O. LOAYZA, V. SGHIRLA, S.									
CÓDIGO DE PERFIL	NUMERO DE MUESTRA	PROFUNDIDAD	TIPO MUESTRA*	PROVINCIA	CANTÓN	PARROQUIA	LUGAR	X	Y	TIPO ANÁLISIS**	OBSERVACIONES
CG5-P001	1 de 3	0.15	P	LOS RIOS	BABAHOYO	PIMOCHA	Mango Morado	658922	9793518	A	30/09/2009
CG5-P001	2 de 3	15.40	P	LOS RIOS	BABAHOYO	PIMOCHA	Mango Morado	658922	9793518	A	30/09/2009
CG5-P001	3 de 3	40.90	P	LOS RIOS	BABAHOYO	PIMOCHA	Mango Morado	658922	9793518	A	30/09/2009
CG5-P002	1 de 2	0.20	P	LOS RIOS	BABAHOYO	PIMOCHA	Coop. Veinticinco de octubre	655664	9795882	A	30/09/2009
CG5-P002	2 de 2	20.90	P	LOS RIOS	BABAHOYO	PIMOCHA	Coop. Veinticinco de octubre	655664	9795882	A	30/09/2009
CG5-B001	1 de 1	90.115	P	LOS RIOS	BABAHOYO	PIMOCHA	Coop. Veinticinco de octubre	655664	9795882	B	30/09/2009
CG5-P002	densidad		P	LOS RIOS	BABAHOYO	PIMOCHA	Coop. Veinticinco de octubre	655664	9795882	densidad aparente	30/09/2009
* P=PERFIL; B=BARRENACION Las coordenadas X y Y están en el sistema espacial de referencia UTM WGS84 ZONA 17 SUR											
ENTREGADO POR:				RECIBÍ CONFORME:				Fecha: Babahoyo, 12 de octubre de 2009			
Ing. Santiago Sghirla JEFE DE GRUPO 5 MÓDULO 2 "SUELOS"				Ing. Augusto R. González A. JEFE DE MÓDULO MÓDULO 2 "SUELOS"							

**Figura 16.** Guía de muestreo o manifiesto.

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

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



**Figura 17.** Muestras de suelos listas para ser ingresadas al laboratorio.

## **6.5. Elaboración del mapa de impactos antrópicos sobre el suelo**

### ***6.5.1. Elaboración del mapa de capacidad de uso.***

Para la evaluación de la capacidad de uso de las tierras del cantón Santa Lucía se acopla a un modelo empírico cualitativo, siendo una adaptación de la metodología utilizada por el Programa de Regularización y Administración de Tierras Rurales (PRAT), es decir sigue los mismos procedimientos de interacciones de matrices, guiados por especificaciones técnicas para los catorce cantones, controlando y calificando todas las interacciones de combinaciones de factores.

Por lo expuesto anteriormente, el método de clasificación aplicado en la evaluación de la capacidad de uso de la tierra adopta la simbología de la clasificación basada en el Sistema Americano de la USDA-LCC, la cual define el grado de limitaciones de uso, utilizando el símbolo (I) para indicar ligeras limitaciones, aumentando progresivamente hasta llegar al símbolo (VIII) que indica severas limitaciones.

La aplicación de las ocho clases y subclases del sistema americano, se debe a que este sistema es el de mayor difusión a nivel mundial, el más ampliamente utilizado y adaptado para ajustarse mejor a los objetivos y disponibilidad de la información básica local (De la Rosa, 2008).

La elaboración del mapa de evaluación de la capacidad de uso de la tierra, se realizó con información levantada en campo y analizada en función a los atributos de la base de datos del mapa de suelos.

#### **6.5.1.1. Definición de las variables**

En esta etapa se evaluaron variables edáficas, climáticas y geomorfológicas con el fin de seleccionar las de mayor influencia en la determinación de las clases de capacidad de uso.

En este sentido, de la base de datos del mapa de suelos conformado por 14 variables (físicas y químicas), se seleccionaron las siguientes: pendiente, profundidad efectiva, textura superficial, pedregosidad, drenaje y salinidad; ya que las mismas influyen directamente en establecimiento y manejo de los sistemas de producción.

El clima fue considerado en función de zonas de humedad tomado como parámetros la precipitación, temperatura, meses secos y déficit hídrico.

### ***Pendiente:***

Se consideró la variable pendiente para la evaluación de tierras por su capacidad de uso, pues constituye un factor determinante al incidir directamente en las diferentes prácticas agronómicas y mecánicas para el cultivo de la tierra (PRAT, 2008).

Este factor determina a su vez, las medidas de conservación y las prácticas de manejo necesarias para la preservación del suelo y agua.

**Cuadro 15.** Descripción y simbología de los tipos de pendiente.

<b>Etiqueta</b>	<b>Símb</b>	<b>Descripción</b>
Plana 0-2%	(1)	Relieves completamente planos.
Muy suave 2 a 5%	(2)	Relieves casi planos.
Suave 5-12%	(3)	Relieves ligeramente ondulados.
Media 12-25%	(4)	Relieves medianamente ondulados.
Media a fuerte 25-40%	(5)	Relieves mediana a fuertemente disectados.
Fuerte 40-70%	(6)	Relieves fuertemente disectados.
Muy fuerte 70-100%	(7)	Relieves muy fuertemente disectados.
Escarpada > a 100%	(8)	Relieves escarpados, es decir con pendiente de 45 grados.
12-25%/0-2%	(9)	Pendientes variables en las cimas y en las laderas.
25-40%/0-2%	(10)	Pendientes variables en las cimas y en las laderas.
12-25%/2-5%	(11)	Pendientes variables en las cimas y en las laderas.
25-40%/2-5%	(12)	Pendientes variables en las cimas y en las laderas.

En base a los 8 rangos de pendiente definidas sin considerar las asociaciones (cuadro 2) se determinó en el presente estudio 7 categorías de pendientes para la clasificación de capacidad de uso, como se indica en el cuadro 16.

**Cuadro 16.** Clase de uso de la tierra por la pendiente.

Clase	Pendiente (%)
I	0-2
II	Menor a 5
III	Menor a 12
IV	Menor a 25
V	Menor a 12
VI	Menor a 40
VII	Menor a 70
VIII	Cualquiera*

\* Nótese que a la clase de tierra VIII corresponde la denominación “cualquiera”, a la cual pueden corresponder los diferentes rangos del catálogo de objetos detallados en cuadro 15.

### ***Profundidad***

La profundidad efectiva de un suelo constituye el grosor de las capas del suelo y subsuelo en las cuales las raíces pueden penetrar sin dificultad, en busca de agua, nutrimentos y sostén (MAG et al, 1995).

Al estar su límite inferior definido por capas u horizontes compactos que impiden el desarrollo de las raíces, como arcillas muy densas y compactas, horizontes cementados, compactos, estratos rocosos o pedregoso continuos, nivel freático asociado con gleización u horizontes con concreciones tóxicas de algún elemento como Cu, Mn o Ca, ésta variable puede marcar la diferencia entre un suelo productivo y otro que no lo sea, pues esta propiedad regula directa o indirectamente varias funciones de los suelos agrícolas en beneficio de las plantas (Narro, 1994).

**Cuadro 17.** Categorías de profundidad efectiva de los suelos.

Etiqueta o categoría	Símbolo	Descripción
Superficial	S	La profundidad efectiva del suelo se mide en centímetros de manera perpendicular a la superficie terrestre, siendo para esta clase de 0 a 20 cm de profundidad.
Poco profundo	Pp	La profundidad efectiva del suelo se mide en centímetros de manera perpendicular a la superficie terrestre, siendo para esta clase de 21 a 50 cm de profundidad.
Moderadamente profundo	M	La profundidad efectiva del suelo se mide en centímetros de manera perpendicular a la superficie terrestre, siendo para esta clase de 51 a 100 cm de profundidad.
Profundo	P	La profundidad efectiva del suelo se mide en cm, de manera perpendicular a la superficie terrestre, siendo para esta clase > 100 cm de profundidad.

En base a los cuatro rangos de profundidad definidos previamente en el cuadro 17, estos rangos se relacionan en forma general con las clases de capacidad de uso de tierra como se indica en el cuadro 18.

**Cuadro 18.** Clase de uso de la tierra por la profundidad efectiva.

Clase	Profundidad (cm)
I	Mayor a 100
II	Mayor a 50
III	Mayor a 20
IV	Mayor a 20
V	Cualquiera
VI	Mayor a 50
VII	Mayor a 20
VIII	Cualquiera

\* Nótese que a la clase de tierra V y VIII corresponde la denominación “cualquiera”, a la cual pueden corresponder los diferentes rangos del catálogo de objetos detallados en cuadro 18.

### **Textura**

La textura se define como el porcentaje en peso del suelo mineral que queda comprendido en varias fracciones de tamaño de partículas (De La Rosa, 2008).

La importancia de conocer la textura o clase textural a la que pertenece un suelo consiste en que permite hacer una deducción aproximada de las propiedades generales del suelo, y así ajustar las prácticas de manejo, labranza, riego y fertilización de este a fin de obtener mayor eficiencia en la producción agrícola. La información relativa a la textura del suelo también puede utilizarse para clasificar suelos, evaluar y valorar tierras, determinar la capacidad de uso, etc (Narro, 1994).

**Cuadro 19.** Clases y subclases de textura.

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

Franco arenoso	FA	Clase determinada según el triángulo de texturas de Suelos, muestran mayor capacidad de uso agrícola.
Franco limoso	FL	
Franco arcilloso	FY	
Franco arcillo-arenoso	FYA	
Franco arcillo-limoso	FYL	
Limoso	L	Clase determinada según el triángulo de texturas de Suelos.
Arcilloso	Y	Clase determinada según el triángulo de texturas de Suelos, tienden a no drenar bien, se compactan con facilidad y se cultivan con dificultad y, a su vez, presentan una buena capacidad de retención de agua y nutrientes.
Arcillo-arenoso	YA	
Arcillo-limoso	YL	
Arcilla pesada	YP	
Sin suelo	Sin	Roca, Afloramientos rocosos.
No aplicable	NA	Se considera todas las áreas que no son suelo como: centros poblados, ríos dobles o con características similares.

Para la caracterización de la variable textura superficial, en el presente estudio se establecieron cinco grupos, los cuales se indican en el cuadro 20.

**Cuadro 20.** Agrupación de clases y subclases de texturas.

Grupos Texturales				
Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4	Grupo 5
Franco	Franco arcilloso	Arcillo - arenoso	Arenas	Arcilla pesada
Franco arcillo arenoso	Franco arcillo limoso	Arcillo - limoso	(muy fina,	
Franco arenoso	Limo	Areno francoso	fina, media	
Franco limoso		Arcilloso	y gruesa)	

El grupo 1 corresponde a la clase de tierra I, el grupo 1,2 y 3 a la clase II, los grupos 1, 2, 3 y 4 a la clase III, en tanto que para las clases de tierra IV, V, VI, VII y VIII se atribuirá la denominación "cualquiera", entendiéndose con ello, que cualquier grupo textural incluyendo el 5, puede corresponder a dichas clases.

Las clases texturales que se muestran en el cuadro 20, fueron agrupadas de acuerdo a su comportamiento, limitaciones y propiedades en cinco grupos que se definen a continuación:

### ***Pedregosidad***

Se refiere a la presencia o ausencia de fragmentos gruesos superficiales o presentes en los horizontes de solum que afecten a la mecanización y desarrollo de la plantas; también incluyen aquellos que se exponen parcialmente; están descritos en términos de porcentaje de cobertura.

La pedregosidad es considerada un factor limitante para el uso del territorio.

**Cuadro 21.** Categorías de pedregosidad de los suelos.

Etiqueta	Símbolo	Descripción
Sin	S	No posee fragmentos gruesos.
Muy pocas	M	< 10 % de fragmentos gruesos, y no interfieren con el laboreo.
Poca	P	10 a 25 % de fragmentos gruesos, existe interferencia con el laboreo, es posible el cultivo de plantas de escarda (maíz, plantas con raíces útiles y tubérculos).
Frecuente	F	25 a 50 % de fragmentos gruesos, existe dificultad para el laboreo, es posible la producción de heno y pasto.
Abundantes	A	50 a 75 % de fragmentos gruesos, no es posible el uso de maquinaria agrícola, solo se puede utilizar máquinas livianas y herramientas manuales.
Pedregoso o rocoso	R	> 75 % de fragmentos gruesos en la superficie, excesivamente pedregoso como para ser cultivado.
No aplicable	NA	Se considera todas las áreas que no son suelo como: centros poblados, ríos dobles o con características similares a estas al representarlas o cartografiarlas.

*Fuente: Guía para la Descripción de Suelos (FAO, 2009). Agenda de Campo. Porta, J y López, M. 2005*

Para la caracterización de la variable drenaje, en el presente estudio se agrupó en cinco grupos, los cuales se indican en el cuadro 22.

**Cuadro 22.** Categorías de pedregosidad de los suelos.

Clase	Pedregosidad
I	Menor a 10 %
II	Menor a 25 %
III	Menor a 25 %
IV	Menor a 25 %
V	Menor a 50 %
VI	Menor a 25 %
VII	Menor a 50 %
VIII	Cualquiera

En cuadro 22, se observa que a la clase I corresponde la categoría de pedregosidad “menor a 10 %”, a la clase II, III, IV y VI corresponde la categoría de pedregosidad “menor a 25 %”, a la clase V y VII, corresponde la categoría de pedregosidad “menor a 50 %”, en tanto que para la clase de tierra VIII se atribuirá la denominación “cualquiera”, entendiéndose con ello, que cualquier categoría de pedregosidad incluyendo “mayor a 75 %”, puede corresponder a dichas clases.

## Drenaje

El drenaje de un suelo expresa la rapidez con que se elimina el agua sobrante en relación con las aportaciones (FAO, 2009).

La clase de drenaje es un atributo del suelo que viene determinado por un conjunto de propiedades (estructura, textura, porosidad, existencia de una capa impermeable, permeabilidad, posición del suelo en el paisaje y color) (Porta *et al.*, 2005).

Es necesario evaluar esta variable debido a que la misma condiciona el uso del suelo ya que sirve para diagnosticar zonas inundables, zonas húmedas y definir limitaciones para el desarrollo de las raíces.

**Cuadro 23.** Clases de drenaje en los suelos.

Etiqueta o categoría	Símbolo	Descripción
Excesivo	E	Eliminación rápida del agua en relación al aporte por la lluvia. Suelos generalmente de texturas gruesas. Normalmente ningún horizonte permanece saturado durante varios días después de un aporte de agua.
Bueno	B	Eliminación fácil del agua de precipitación, aunque no rápidamente. Suelos de textura media a fina. Algunos horizontes pueden permanecer saturados durante unos días después de un aporte de agua. Sin moteados en los 100 cm superiores o con menos de un 2 % entre los 60 y 100 cm.
Moderado	M	Eliminación lenta del agua en relación al aporte de agua. Suelos con un amplio intervalo de texturas. Algunos horizontes pueden permanecer saturados durante más de una semana después del aporte de agua. Moteados del 2 al 20 % entre 60 y 100 cm.
Mal drenado	X	Eliminación muy lenta del agua en relación al suministro. Suelos con un amplio intervalo de texturas. Los horizontes permanecen saturados por agua durante varios meses. Rasgos gléicos, propiedades estágnicas (moteados y coloraciones naranja o herrumbrosas en los canales de raíces). Problemas de hidromorfismo. Estas características se observan por lo general en zonas deprimidas y con régimen de humedad ácuico.
Sin suelo	Sin	Roca, Afloramientos rocosos
No aplicable	NA	Se considera todas las áreas que no son suelo como: centros poblados, ríos dobles o con características similares a estas al representarlas o cartografiarlas.

Para la caracterización de la variable drenaje, en el presente estudio se agrupó en cinco grupos, los cuales se indican en el cuadro 24.



**Cuadro 24.** Clases de drenaje en los suelos.

Clase	Drenaje
I	Bueno
II	Bueno y Moderado
III	Excesivo, Moderado y Bueno
IV	Cualquiera
V	Cualquiera
VI	Cualquiera
VII	Cualquiera
VIII	Cualquiera

### **Salinidad**

La salinidad es una característica del suelo que se debe a su contenido excesivo de sales y en especial de sodio (Na), limita el crecimiento de los cultivos, debido a que las plantas no pueden absorber una cantidad suficiente de agua para funcionar adecuadamente (Potash & Phosphate Institute, 1997).

Este proceso puede tener lugar en ambientes áridos (régimen de humedad arídico) y semiáridos (régimen de humedad xérico), en llanuras costeras, estuarios y deltas en donde los suelos acumulan sales procedentes del material original así como también se puede presentar en zonas de cultivos por acción antrópica (Porta, 2008 y De la Rosa, 2008).

**Cuadro 25.** Niveles de Salinidad del suelo.

Etiqueta o categoría	Símbolo	Descripción
No salino	NS	< 2,0 dS/m. Nivel de sales que no limitan el rendimiento.
Ligeramente salino	LS	2,0 a 4,0 dS/m. Nivel de sales ligeramente tóxico con excepción de cultivos tolerantes.
Salino	S	> 4,0 a 8,0 dS/m. Nivel de sales tóxico en mayoría de cultivos.
Muy salino	MS	> 8,0 dS/m. Nivel de sales muy tóxico en los cultivos.
Sin suelo	Sin	Se considera áreas de afloramientos rocosos.
No aplicable	NA	Se considera todas las áreas que no son suelo como: centros poblados, ríos dobles o con características similares a estas al representarlas o cartografiarlas.

**Cuadro 26.** Clase de uso de la tierra por la salinidad.

<b>Reclasificación (Clases)</b>	<b>Salinidad (dS/m)</b>
I	Menor a 2
II	Menor a 4
III	Menor a 8
IV	Cualquiera
V	Cualquiera
VI	Cualquiera
VII	Cualquiera
VIII	Cualquiera

En el cuadro 26, se presenta que a la clase I corresponde la categoría de salinidad “no salino”, a la clase II, corresponde la categoría de salinidad “ligeramente salino”, para la clase III corresponde la clase “salino”, en tanto que para las clases de tierra IV, V, VI, VII y VIII se atribuirá la denominación “cualquiera”, entendiéndose con ello, que cualquier categoría de salinidad incluyendo la categoría “muy salino” puede corresponder a dichas clases.

### ***Zonas de humedad***

Las zonas de humedad fueron obtenidas mediante el cruzamiento de información entre los mapas de meses secos, déficit hídrico, precipitación y temperaturas, generados por el componente de “Clima e Hidrología”, el resultado de este cruzamiento fue analizado con el cuadro 22 de características climáticas.

### ***Clima***

Constituye uno de los factores determinantes en el tipo de suelo y de vegetación e influye por lo tanto, en los aspectos de la vida humana y en la utilización de la tierra, por lo que su consideración resulta imprescindible en los estudios del medio biofísico que abarquen zonas con distintos climas, como es el caso de la clasificación de tierras (PRAT, 2008).

El clima determina la elección de cultivos, también decide el lugar donde puede cultivarse las primeras materias primas; este además controla no solamente la existencia sino también las dirección de las rutas comerciales (Miller, 1982).

**Cuadro 27.** Características de las zonas climáticas del Ecuador.

Pisos altitudinales			Bajo	Intermedio	Alto	Muy alto
Límites			0-(1600) 1800 m	1600 (1800)- (2800) 3200 m	2800 (3200) - 3600 m	>3600 m
Temperatura promedio anual			> 20°/22°	13° - 20°/22°	10° - 13°	<10°
<b>Zona de humedad</b>	<b>N</b>					
Árida	12	P:	<300 mm			
		D:	> 1000 m			
Muy seca	10 - 11	P:	300 - 600 mm	700 - 1000 mm		
		D:	850 - 1000 mm	300 - 800 mm		
Seca	8 - 10	P:	500 - 2000 mm	400 - 1000 mm*	< 600 mm	
		D:	500 - 850 mm	150 - 600 mm	>150 mm	
Húmeda	4 - 8	P:	600 - 2500 mm	800 - 1500 mm	600 - 1200 mm*	600 mm
		D:	250 - 500 mm	100 - 300 mm	50 - 150 mm	140 mm
Húmeda con garua	4 - 8	P:	1000 - 2000 mm			
		D:	250 - 500 mm			
Muy húmeda	1 - 4	P:	1000 - 4000 mm	700 - 3000 mm		
		D:	< 250 mm	< 150 mm	600 - 2000 mm*	1100 mm
Muy húmeda con neblina	1 - 4	P:	1800 - 4000 mm	800 - 3000 mm	< 50 mm	20 mm
		D:	< 250 mm	<250 mm		
Hiperhúmeda	0	P:	3000 - 6500 mm	1000 - 1500 mm		
		D:	0 mm	0 mm	1000 - 3000 mm*	1000 - 2000 mm
Hiperhúmeda con neblina	0	P:	2500 - 6500 mm	2000 - 4000 mm	0 mm	0 mm
		D:	0 mm	0 mm		

N: Número de meses secos por año

P: Precipitaciones, total anual

D: Déficit hídrico, total anual

\* El reducido número de estaciones climatológicas y pluviométricas solo permite dar indicaciones aproximadas.

*Fuente: Winckell, A. et al. 1997. Condiciones generales del medio natural.*

### **Precipitación**

Se define como la cantidad de agua caída en una zona determinada, ya sea en forma de lluvia, nieve, granizo o rocío, desde las nubes a la superficie de la tierra.

El término precipitación es utilizado para determinar la caída de agua, tanto en estado sólido como en estado líquido. Se mide en alturas de precipitación, su unidad es el milímetro que equivale a la altura obtenida por la caída de un litro de agua sobre la superficie de un metro cuadrado (PRAT, 2008).

### **Déficit Hídrico**

Definida como la variable que resulta de la comparación de la evapotranspiración potencial y de la precipitación lo cual permite determinar,

periodos o valores absolutos de déficit de agua para el aprovechamiento de especies vegetales (PRAT, 2008). Es decir, que existe déficit hídrico cuando el valor de la evaporación supera al de las precipitaciones sin tomar en cuenta el agua disponible en el suelo (MAG *et al.*, 1987).

### **Temperatura**

La temperatura es el elemento climático que indica el grado de calor o frío sensible en la atmósfera, teniendo como fuente generadora de dicho calor al sol. La tierra no recibe igual energía solar en todas sus partes, por lo tanto hay variación de temperatura y ésta es dada por muchas causas: la altitud, distancia al mar, la latitud, vegetación, diferencia de temperatura del día y noche, hora del día, época del año y otros factores (PRAT, 2008).

En cuadro 27, se presentan las zonas de humedad para las clases de tierra, en donde se observa que la zona de humedad considerada para la clase I contempla a la categoría “húmeda”, no así para las clase II, III, IV, V, VI, VII y VIII las cuales corresponde la denominación “cualquiera”, que incluye las categorías “húmeda y/o seca”.

**Cuadro 28.** Clase de uso de la tierra por zonas de humedad.

<b>Clases</b>	<b>Zonas de Humedad</b>
I	Húmeda
II	Cualquiera
III	Cualquiera
IV	Cualquiera
V	Cualquiera
VI	Cualquiera
VII	Cualquiera
VIII	Cualquiera

## CAPÍTULO IV

### 7. RESULTADOS

#### 7.1. Cartografía básica 1:25 000

##### *7.1.1. Digitalización de la cartografía.*

En este proceso se incorporó toda la información que contiene una fotografía aérea o imagen satelital previamente georeferenciada. En la digitalización de la cartografía planimétrica a escala 1:25.000 se trazaron los siguientes objetos:

- Vías
- Hidrografía
- Centro poblados
- Infraestructura
- Puntos acotados
- Generación del límite cantonal

##### *7.1.2. Clasificación de campo y toponimia (nombres geográficos).*

La clasificación se la realizó sobre fotografía aérea o las imágenes con verificaciones físicas de los accidentes naturales y artificiales, acopio de datos actuales e históricos de los mismos, en base a dos o más fuentes de información, dando prioridad a la proporcionada por personas autóctonas o residentes de varios años en el lugar.

Se ejecutó la clasificación de Campo de acuerdo con las normas y especificaciones técnicas vigentes de todos los detalles discernibles en conformidad con la escala del trabajo 1:25.000:

- Se ubicaran los nombres de todas las parroquias rurales, barrios, ciudadelas, urbanizaciones.
- Se realizaran las respectivas ubicaciones de la toponimia, en varios detalles como: ríos, quebradas, canales y otros elementos hidrográficos y orográficos.
- Se ubicaran los nombres de parques y áreas de recreación.
- Se ubicaran las Instituciones públicas y privadas importantes.
- Se ubicaran las escuelas, iglesias, subcentros de salud, cementerios, retenes policiales, etc.
- Se ubicaran las torres y líneas de energía eléctrica de alta tensión.
- Infraestructura vial, aeroportuaria, de telecomunicaciones y energética (centrales hidroeléctricas y termoeléctricas, líneas de transmisión y sub-estaciones)

Una vez comprobado en gabinete y campo la información proporcionada por las entidades oficiales de la Infraestructura, se procederá a la edición,

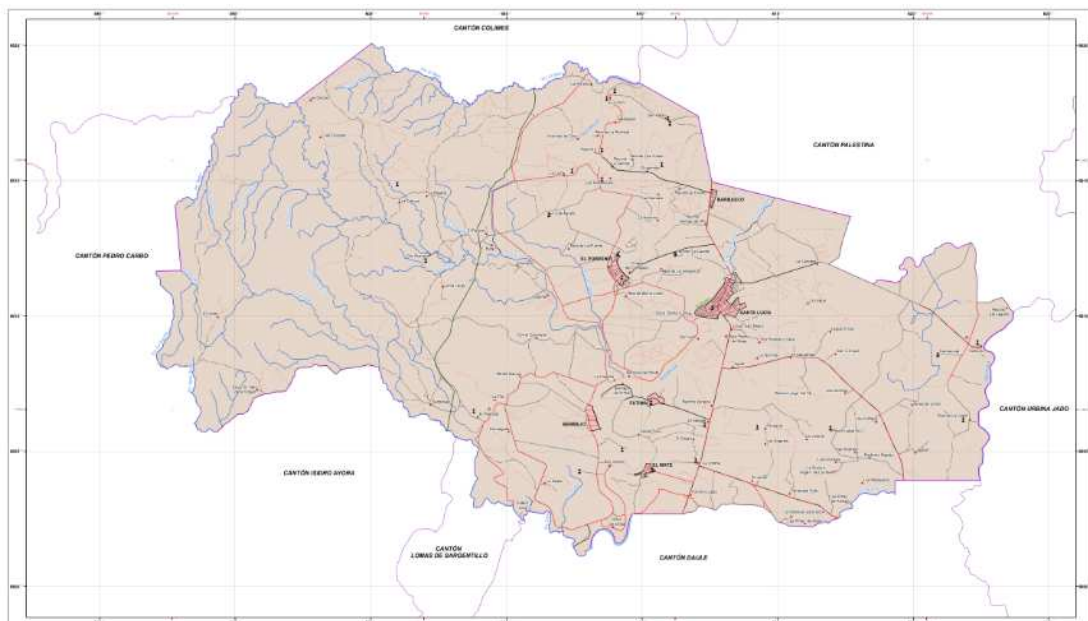
simbolización y estandarización de la información utilizando el sistema de referencia y proyección manejadas.

### **7.1.3. Generación del mapa base**

En esta actividad se realizó el diseño de la siguiente información marginal:

- Título del mapa
- Leyenda
- Simbología
- Tarjeta
- Escala gráfica
- Escala numérica
- Cuadrículas geográficas y planas
- Mapa de ubicación a nivel nacional
- Toponimia.
- Índice de hojas

Además se tomaron las normas internacionales en cuanto a colores y simbología de las diferentes entidades que representa un mapa planimétrico, ver Anexo No. 1.



**Anexo 1.** Mapa planimétrico del cantón Santa Lucía

## **7.2. Condiciones Climatológicas**

### **7.2.1. Series de datos de precipitación y temperatura**

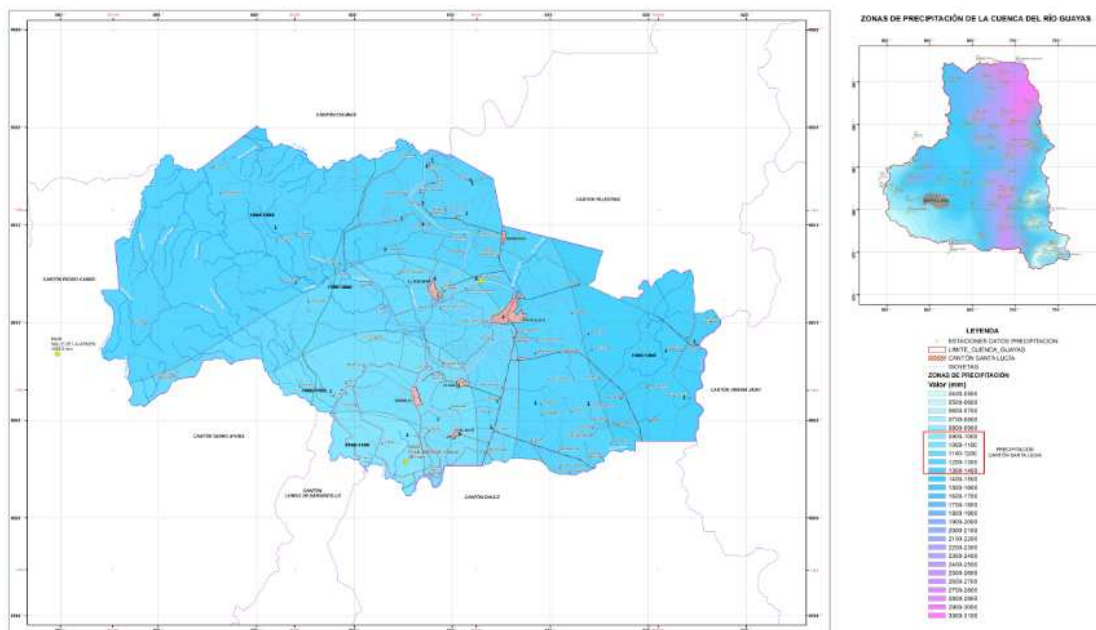
De los datos diarios entregados por el INAMHI, se obtuvieron series de promedios medios mensuales y anuales que se utilizaron en el procesamiento

y elaboración de los mapas climáticos de la Cuenca del Río Guayas. Ver anexo 13 y 14 .

### 7.2.2. Zonas de precipitación

La distribución espacial de la precipitación, se representa como isolíneas y zonas, ver en el Anexo No. 2.

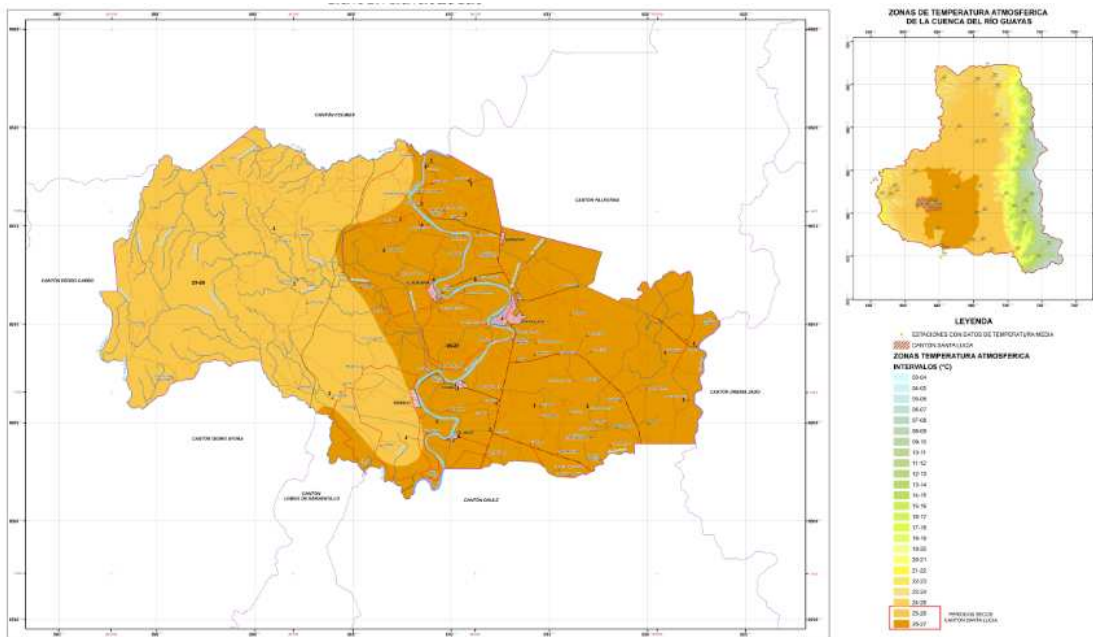
La variación de las precipitaciones desde menos de 900 mm en el extremo sur oriental, hasta los 1400 mm al nororiente, que se constituye en el final de una franja casi vertical sur-norte, de mayor precipitación.



**Anexo 2.** Mapa de zonas de precipitación del cantón Santa Lucía

### 7.2.3. Zonas de temperatura

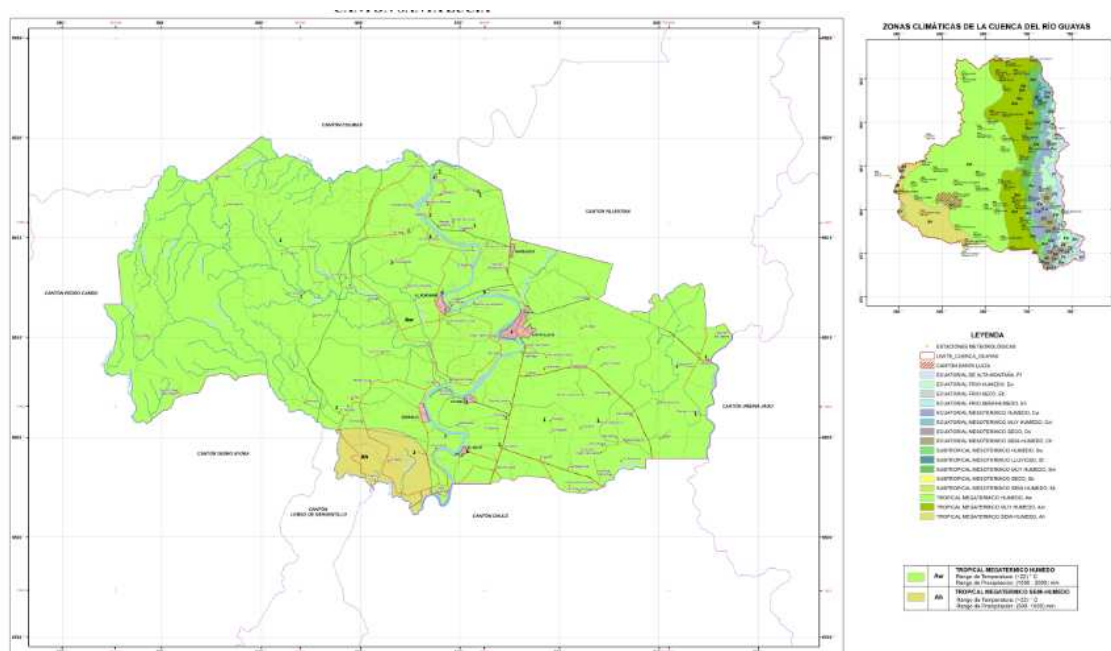
Se encuentran temperaturas medias anuales desde los 25°C, hasta los 27 °C. La distribución espacial de la temperatura atmosférica se presenta como isolíneas y zonas, ver en el Anexo No.3.



Anexo 3. Mapa de zonas de temperatura atmosférica del cantón Santa Lucia

**7.2.4. Zonas climáticas**

Los tipos de clima Ecuatorial, con sus variaciones de acuerdo a la temperatura y precipitación, se encuentran entre Tropical Megatérmico Húmedo y Tropical Megatérmico Semihúmedo. Ver Anexo No. 4.



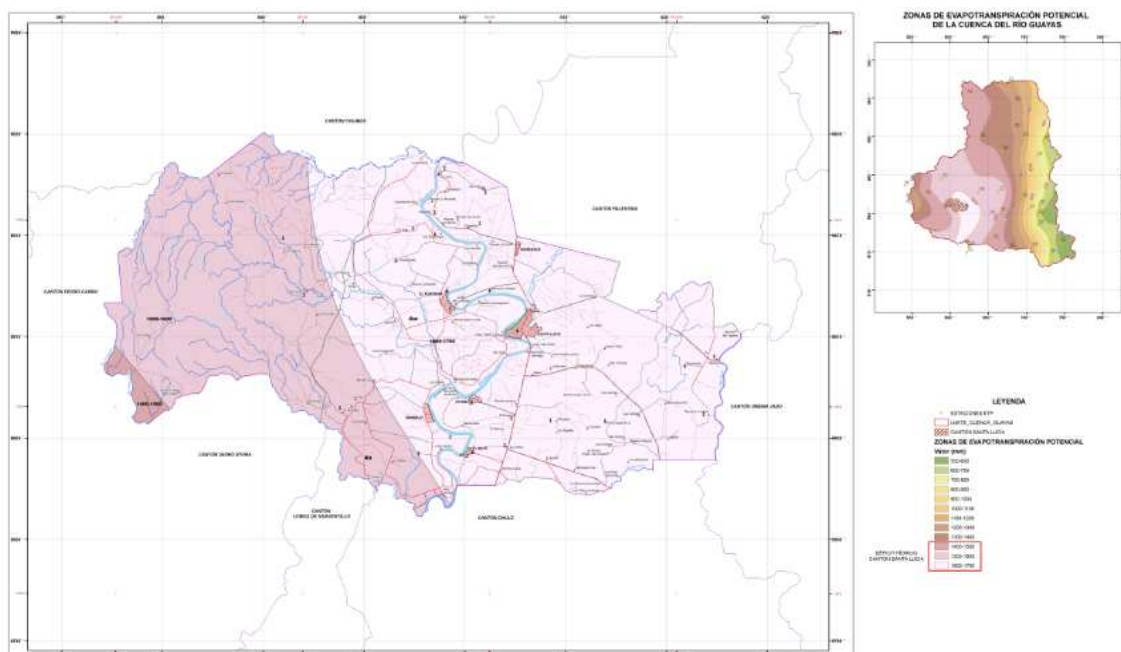
Anexo 4. Mapa de zonas climáticas del cantón Santa Lucia



## 7.2.5. Balance climático

### 7.2.5.1. Evapotranspiración potencial

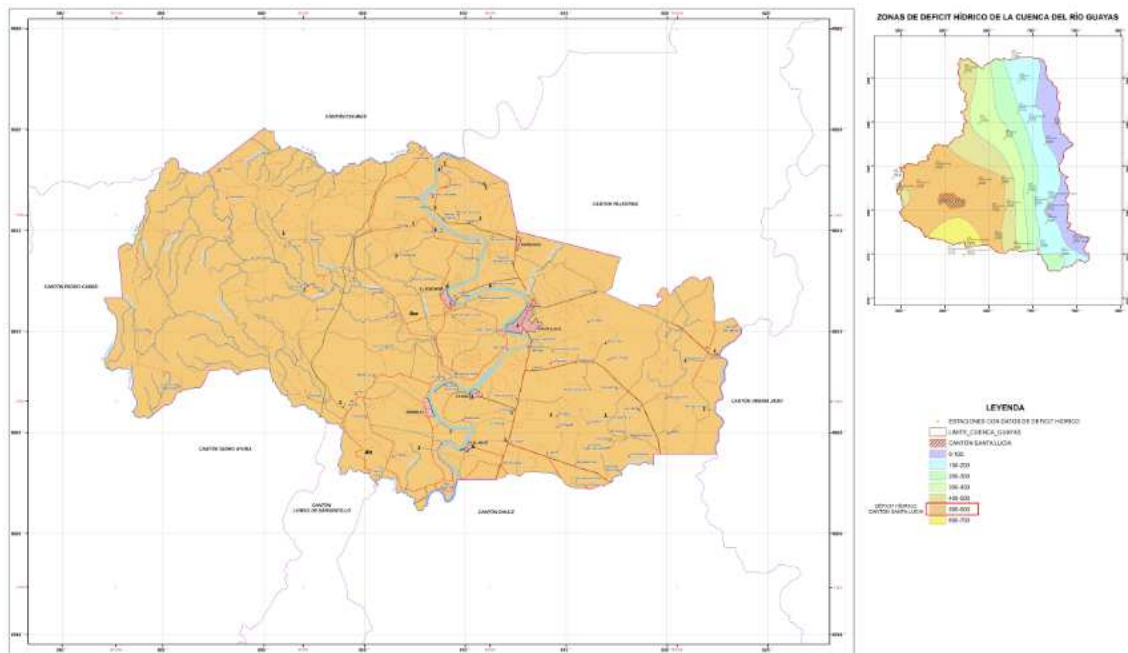
La evapotranspiración potencial varía desde las zonas de 1400 a 1700 mm. El mapa de evapotranspiración potencial, se presenta en el Anexo No. 5.



**Anexo 5.** Mapa de zonas evapotranspiración potencial del cantón Santa Lucía

### 7.2.5.2. Déficit hídrico

El mayor déficit hídrico, se localiza en todo el cantón, con 600 mm o 600 litros por metro cuadrado de superficie. Hacia el occidente disminuye a 500 mm. El mapa se presenta en el Anexo No. 6.

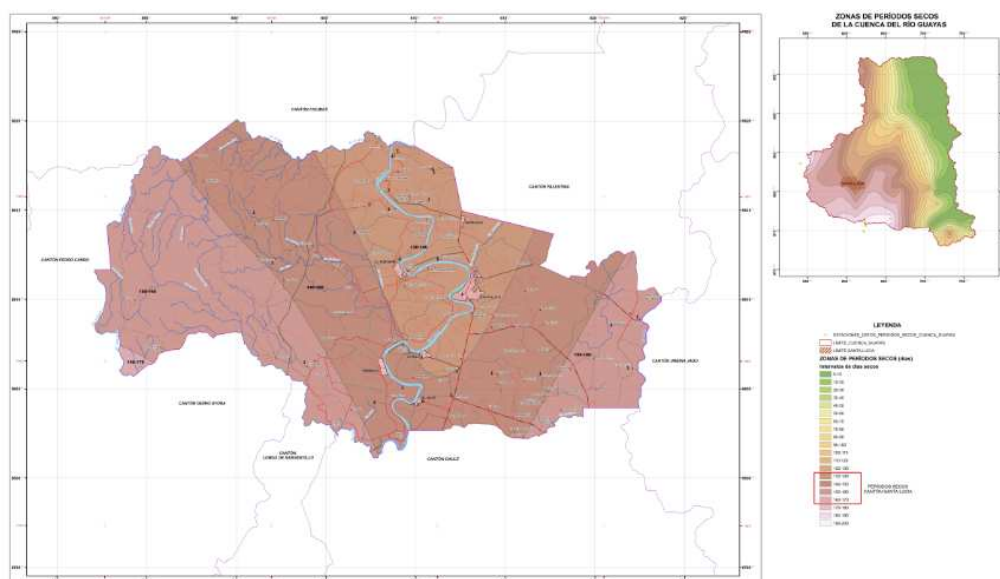


**Anexo 6.** Mapa de zonas déficit hídrico del cantón Santa Lucía

### **7.2.5.3. Período seco**

El mapa de zonas de período seco, se representa en el Anexo de Mapas No.7, como el número de días secos con intervalos de 10, representados por isolíneas. En el mapa se ubican las estaciones que se utilizaron, con la anotación del número de días y el inicio y fin del período seco.

El número de días secos medios anuales varían desde 130 al norte, hasta 150 al sur, en un intervalo medio anual de julio a diciembre. El número de días del período vegetativo favorable para la agricultura va de 150 al sur hasta 160 al norte, entre enero a mayo. Ver Anexo No. 7.



**Anexo 7.** Mapa de zonas períodos secos del cantón Santa Lucía

### 7.3. Uso y Cobertura Vegetal

El Cantón Santa Lucía posee una superficie total de 36 240,11 ha cubierto en su mayoría por cultivos de arroz que ocupan aproximadamente la mitad del territorio del cantón con 19 684,11 ha que se ubican al noroeste; el segundo en importancia es la vegetación natural conformado por: pasto natural con 6 838,31 hectáreas, vegetación arbórea seca 3 937,35 ha y matorral seco 2 887,35 ha cubren una extensión total de 19 663,01 ha, ubicadas principalmente en la parte este del territorio cantonal los mismos que son utilizados para el pastoreo del ganado en época de invierno.

Sobresalen también la plantación de cacao con 653 09 ha y teca 417,91 ha respectivamente, distribuidas indistintamente en el centro y sur del cantón; misceláneo indiferenciado 329,77 ha, mango 323,19 ha, banano 65,56 ha, maíz 4,04 ha y cebolla colorada 2,41 ha. Estos cinco cultivos descritos cubren una extensión total de 724,97 ha lo que representa el 89 % de la superficie total del cantón, como se puede ver en el Anexo No. 8.

**Cuadro 29.** Total Uso y Cobertura del Cantón Santa Lucía

<b>Simbología</b>	<b>Uso y cobertura</b>	<b>Ha</b>	<b>%</b>
CAz	Arroz	19684,11	54,32
CSb	Banano	65,56	0,18
IMb	Basurero	0,83	0,00
CPc	Cacao	653,09	1,80
IMa	Camaronera abandonada	199,97	0,55
CAk	Cebolla colorada	2,41	0,01
IUp	Centros poblados	164,76	0,45
IU	Ciudades	126,70	0,35
VU	Humedal	167,71	0,46
CAm	Maíz	4,04	0,01
CPm	Mango	323,19	0,89
VMs	Matorral seco	2887,35	7,97
MXb	Misceláneo indiferenciado	329,77	0,91
PC	Pasto cultivado	43,15	0,12
PN	Pasto natural	6838,31	18,87
ARd	Río doble	393,90	1,09
SPk	Teca	417,91	1,15
VAs	Vegetación arbórea seca	3937,35	10,86
<b>TOTAL</b>		<b>36240,11</b>	<b>100,00</b>

*Fuente: CLIRSEN 2.009, Proyecto Cuenca del Río Guayas*

En el Cuadro 17, se aprecia un resumen por categorías de unidades de uso de la tierra, en donde encontramos ocho categorías diferentes.

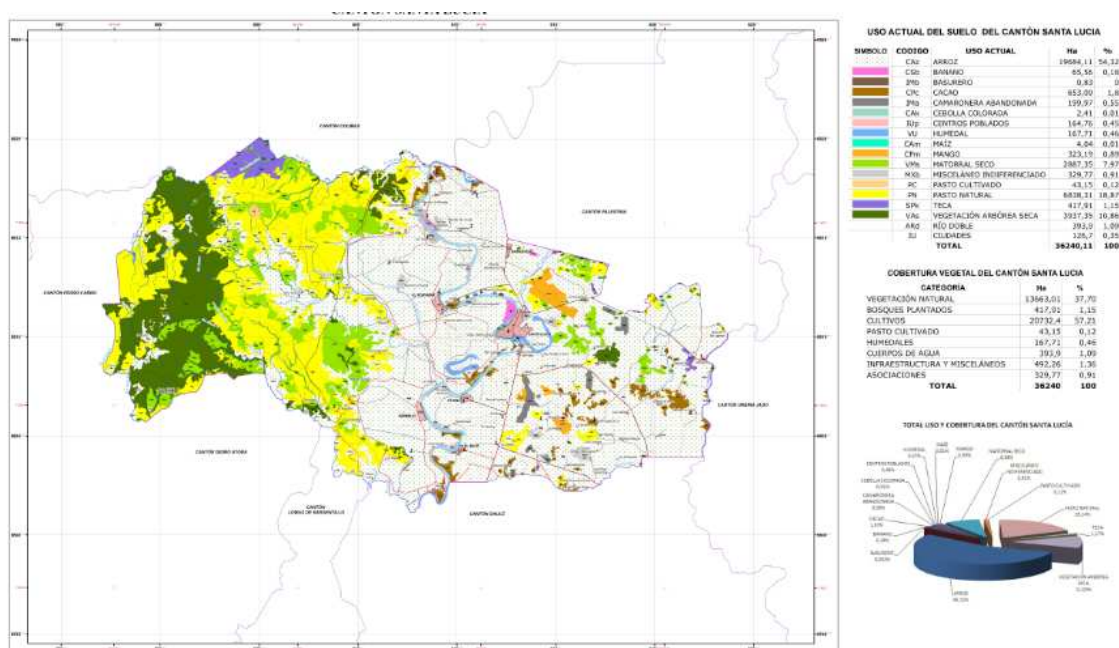
Los cultivos (anuales, semipermanentes y permanentes) con 20 732,4 ha representan el área predominante en el uso de la tierra del cantón, correspondiente al 57,21 %; la vegetación natural tiene una extensión 13 830,72 ha. Lo que significa un 38,16 %; el pasto cultivado posee una cobertura de 43,15 ha.

Correspondientes al 0,12 %; las cuatro categorías de uso restantes: cuerpos de agua, infraestructura y misceláneos, asociaciones y bosques plantados con una extensión de 1 633,84 ha representan tan solo el 4,51 % del total de la superficie del Cantón Santa Lucía.

**Cuadro 30.** Categorías de Uso y Cobertura del Cantón Santa Lucía.

Categoría	Superficie (ha)	%
Vegetación natural	13663,01	37,70
Cultivos	20732,4	57,21
Humedal	167,71	0,46
Pasto cultivado	43,15	0,12
Cuerpos de agua	393,9	1,09
Infraestructura y misceláneos	492,26	1,36
Asociaciones	329,77	0,91
Bosques plantados	417,91	1,15
<b>Total</b>	<b>36240,11</b>	<b>100,00</b>

Fuente: CLIRSEN 2.009, Proyecto Cuenca del Río Guayas



**Anexo 8.** Mapa de uso y cobertura vegetal del cantón Santa Lucía

## 7.4. Geomorfología y Suelos

Del trabajo de campo se obtuvieron un total de 16 perfiles y 41 barrenaciones, los cuales están detallados en fichas, tal y como se lo puede encontrar en el anexo de perfiles.



**Figura 18.** Perfil del suelo Fluventic Eutrudepts. Terreno con cultivo de banano, cacao y mango en el sector La Semira, 2009

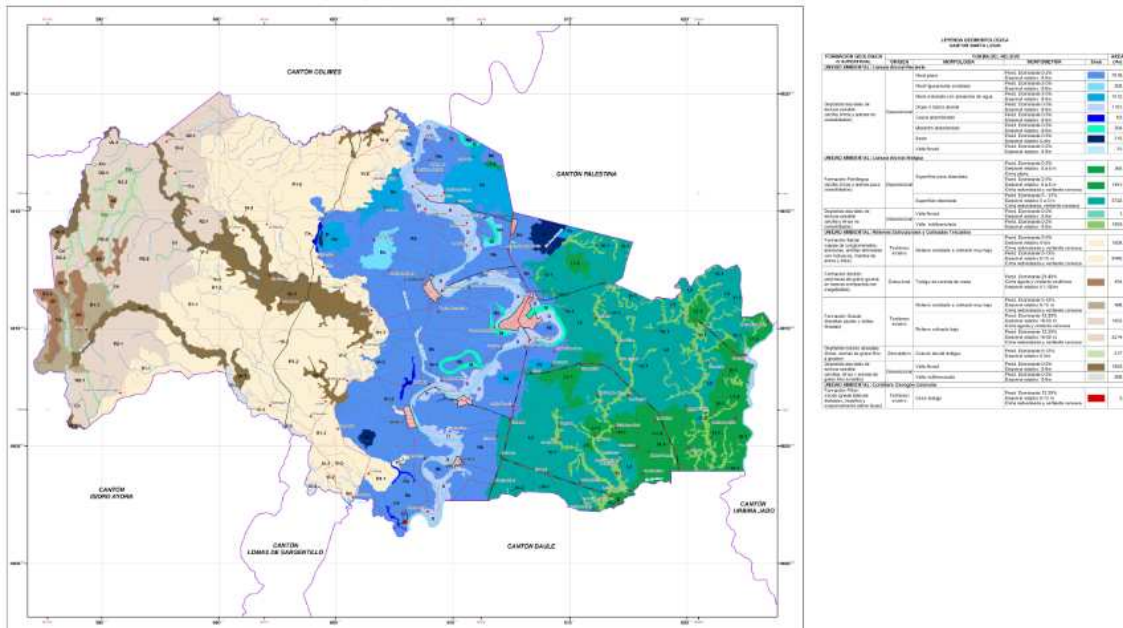
La geomorfología del cantón Santa Lucía está determinada por la existencia de tres zonas claramente delimitadas pertenecientes a las Unidades Ambientales de la Llanura Aluvial Antigua, Llanura Aluvial Reciente y de los Relieves Estructurales y Colinados Terciarios. Los desniveles relativos alcanzan los 100 m con cotas absolutas de hasta 300 msnm. Además se establece la presencia de un cerro testigo perteneciente a la Unidad Ambiental de la Cordillera Chongón Colonche.

La Llanura Aluvial Reciente se caracteriza por la presencia de relieves de origen deposicional. Se trata principalmente de niveles aluviales recientes con depósitos aluviales jóvenes transportados y depositados principalmente por la dinámica del río Daule, que atraviesa el cantón de norte a sur con un curso de aguas meandriformes y depósitos de banco en sus orillas.

La Llanura Aluvial Antigua ubicada al este del cantón, establece la presencia de superficies con diferente grado de disección conformados por depósitos aluviales consolidados de la Formación geológica Pichilingue, asociados principalmente con valles indiferenciados.

Al Oeste del cantón está la Unidad Ambiental de relieves estructurales y colinados terciarios determina la existencia de formas de relieve relacionadas con testigos de cornisa de origen estructural, formados por areniscas de grano grueso con megafósiles de la formación Borbón; relieves colinados bajos de origen tectónico-erosivo, formados por lutitas y limolitas de la formación Onzole y relieves ondulados a colinados muy bajos igualmente de origen tectónico - erosivo formados por mantos de arenas compactadas de grano fino a medio y microconglomerados de la formación Balzar.

A nivel detallado se describe cada forma del relieve a continuación, con sus respectivos tipos de suelos. Ver Anexo No. 9 y 10.



**Anexo 9. Mapa geomorfológico del cantón Santa Lucía**

**7.4.1. Unidad Ambiental: Llanura Aluvial Reciente**

**7.4.1.1. Nivel plano (Nb)**

De origen deposicional, esta superficie está constituida por terrenos rigurosamente planos, correspondientes básicamente a la parte central del cantón. Están conformados por depósitos aluviales recientes, sus pendientes dominantes son del 0 al 2 % con un desnivel relativo casi inexistente. Por su nivel de aprovechamiento agrícola y su extensión es la forma del relieve de mayor importancia en el cantón.

La cobertura vegetal predominante en el nivel plano son los cultivos anuales de arroz y en menor proporción la vegetación arbustiva y arbórea.



**Figura 18. Cultivo de arroz en nivel plano, sector Galápagos.**

En esta unidad se encontró un solo tipo de suelo:

*Typic Hapluderts*

Este subgrupo corresponde al orden de los Vertisoles caracterizados por incluir a suelos de texturas arcillosas, expandibles, que se tornan muy plásticos y pegajosos cuando están húmedos y muy duros cuando se secan, lo que da lugar a agrietamientos de tamaño y profundidades variables. Suelos superficiales (0 a 20 cm), drenaje moderado y en ocasiones mal drenados, especialmente por las características granulométricas.

Los datos analíticos de laboratorio nos dan cuenta que estos suelos son de reacción prácticamente neutra (pH 6,5 a 7,5), no salinos (menos 2,0 dS/m), con contenidos altos en materia orgánica (mayor 2,1 % para la costa), altos en el porcentaje de saturación de bases (mayor a 50 %), dando como resultado un nivel de fertilidad alta.

Se localizan en régimen de temperatura isohipertérmico, lo que quiere decir, que la temperatura media anual es mayor a 22 °C entre los 50 y 100 cm de profundidad y en régimen de humedad ústico, correspondiente a suelos que se mantienen secos más de tres meses consecutivos la mayoría de los años.

Su perfil representativo corresponde al CG4-P030. Estos suelos cubre una superficie aproximada de 7 618,57 ha correspondientes al 21,02 % del total.

**7.4.1.2. Nivel ondulado con presencia de agua plano (Na)**

Cuando no han sido modificadas, aparecen ondulaciones con una amplitud métrica de hasta 3 m asociadas a depresiones permanentemente inundadas. Es de origen deposicional. Sus pendientes no sobrepasan el 5 %.

Su principal aprovechamiento está destinado a los cultivos de arroz en las partes más bajas y sujetas a inundación, mientras que las ondulaciones se caracterizan por la presencia principalmente de vegetación arbustiva, aunque en la actualidad están siendo mecanizadas y aprovechadas igualmente para el cultivo anual de arroz.



**Figura 19.** Nivel ondulado con presencia de agua, sector Voluntad de Dios.

En esta unidad se encontró los siguientes tipos de suelos:

*Typic Hapluderts*

Este subgrupo taxonómico corresponde al orden de los Vertisoles caracterizados por incluir a suelos de texturas arcillosas expandibles, que se tornan plásticos y pegajosos cuando están húmedos y muy duros cuando se secan, lo que da lugar a agrietamientos de tamaño y profundidades variables. Suelos poco profundo (21 a 50 cm); mal drenados, especialmente por las características granulométricas finas; sin estructura, masiva, de consistencia firme en húmedo; adherente y plástica en mojado. A nivel de subgrupo cumple con las condiciones del concepto central de Typic.

Los datos analíticos de laboratorio nos dan cuenta que estos suelos son de reacción entre prácticamente neutro (pH 6,5 a 7,5); con contenidos altos en materia orgánica (mayor 2,1 % para la costa); altos en el porcentaje de saturación de bases (mayor a 50%); determinando niveles altos de fertilidad.

Se localizan en régimen de temperatura isohipertérmico, es decir, que la temperatura media anual es mayor a 22 °C entre los 50 y 100 cm de profundidad del suelo y en régimen de humedad údico, que corresponden a suelos que no están secos en todo el perfil, más de tres meses consecutivos la mayoría de los años.

Estos suelos ocupan una superficie estimada en 581,62 ha correspondientes al 1,61 % de la superficie total del Cantón.

*Vertic Haplustepts*

Este tipo de suelos corresponde taxonómicamente al orden de los Inceptisoles, por lo tanto de poco desarrollo pedogenético, con presencia de un horizonte cámbico. Son de texturas Francos arenosos; moderadamente drenados que nos indica que se muestran saturados lo suficientemente cerca de la superficie que pueden llegar afectar algunos cultivos; profundos (más de



100 cm). A nivel de subgrupo se caracteriza por presentar grietas en la superficie, con espesor de 30 cm o más.

Los datos de laboratorio nos dan a conocer que estos suelos son de reacción prácticamente neutra (pH 6,5 a 7,5); con medianos contenidos de materia orgánica (1,0 a 2,1 % para la costa); altos en el porcentaje de saturación de bases (mayor a 50%); dando como resultado un nivel de fertilidad alto.

Se ubican en régimen de temperatura isohipertérmico, es decir, que la temperatura media anual es mayor a 22 °C entre los 50 y 100 cm de profundidad y en régimen de humedad ústico, correspondiente a suelos que se mantienen secos más de tres meses consecutivos.

Su perfil representativo corresponde al CG4-P031. Estos suelos ocupan una superficie estimada en 430,39 ha correspondientes al 1,19% de la superficie total del cantón.

#### **7.4.1.3. Nivel ligeramente ondulado (No)**

De origen deposicional, compuesto por depósitos aluviales recientes, con desniveles que no sobrepasan los 2 m y pendientes inferiores al 5 %.

La cobertura vegetal en esta forma de relieve está dada por, arboricultura tropical y vegetación remanente arbustiva y arbórea. La mayoría de superficie que anteriormente pertenecía al nivel ligeramente ondulado, en la actualidad ha sido intervenida y mecanizada para su aprovechamiento en cultivos de arroz.



**Figura 20.** Nivel ligeramente ondulado, sector Graciela.

En esta unidad se encontró los siguientes tipos de suelos:

*Typic Haplusterts*

Este subgrupo corresponde al orden de los Vertisoles, caracterizados por incluir a suelos de texturas franco arcillosas expandibles, que se tornan

muy plásticos y pegajosos cuando están húmedos y muy duros cuando se secan, lo que da lugar a agrietamientos de tamaño y profundidades variables. Son poco profundos (21 a 50 cm); generalmente de mal drenaje por las características granulométricas finas que presentan los suelos. A nivel de subgrupo cumple con las condiciones del concepto central de Typic.

Los datos analíticos de laboratorio nos dan cuenta que estos suelos son de reacción entre prácticamente neutro (pH 6,5 a 7,5); no salinos (menos 2,0 dS/m); con alto contenidos de materia orgánica (menos de 1,1 % para la costa) y altos en el porcentaje de saturación de bases (mayor al 50 %); dando como resultado un nivel de fertilidad alta.

Se localizan en régimen de temperatura isohipertérmico, lo que quiere decir, que la temperatura media anual es mayor a 22 °C entre los 50 y 100 cm de profundidad del suelo y en régimen de humedad ústico, correspondiente a un suelo que se mantienen seco más de tres meses consecutivos la mayoría de los años.

Su perfil representativo corresponde al CG3-P032. Cubren una superficie aproximada de 44,05 ha, correspondientes al 0,12 % del total.

#### *Typic Hapluderts*

Este subgrupo corresponde al orden de los Vertisoles, caracterizados por presentar texturas arcillosas, donde se desarrollan mecanismos de expansión-contracción, los cuales provocan la generación de grietas en la época seca y superficies de deslizamientos en los agregados en la época lluviosa. Suelos superficiales (0 a 20 cm); mal drenados, especialmente por las características granulométricas finas; sin estructura, masiva, de consistencia firme en húmedo, adherente y plástica en mojado. A nivel de subgrupo cumple con las condiciones del concepto central de Typic.

Los datos de laboratorio nos dan a conocer que estos suelos son prácticamente neutros (pH 6,5 a 7,5); con contenidos altos en materia orgánica (mayor 2,1 % para la costa); altos en el porcentaje de saturación de bases (mayor a 50 %); determinando niveles altos de fertilidad.

Se localizan en régimen de temperatura isohipertérmico, es decir, que la temperatura media anual es mayor a 22 °C entre los 50 y 100 cm de profundidad del suelo y en régimen de humedad údico, que corresponden a suelos que no están secos en todo el perfil, más de tres meses consecutivos la mayoría de los años.

Estos suelos ocupan una superficie estimada en 156,27 ha, correspondientes al 0,43 % de la superficie total del Cantón.

#### *Vertic Eutrudepts*

Este tipo de suelos corresponde al orden de los Inceptisoles, por lo tanto de poco desarrollo pedogenético, con presencia de un horizonte cámbico. Son

de texturas arcillosas en la superficie y franco arcillosa en profundidad; moderadamente drenados que nos indica que los suelos se muestran saturados lo suficientemente cerca de la superficie que pueden llegar afectar algunos cultivos; moderadamente profundos (51 a 100 cm). A nivel de subgrupo se caracteriza por presentar grietas en la superficie, con espesor de 30 cm o más.

De los datos de laboratorio se puede deducir que son suelos medianamente ácido (pH 5,5 a 6,0); con altos contenidos de materia orgánica (mayor a 2,1 % para la costa); y bajo porcentaje en saturación de bases (menos del 35 %); dando como resultado un nivel de fertilidad de características medianas.

Se ubican en régimen de temperatura isohipertérmico, es decir, que la temperatura media anual es mayor a 22 °C entre los 50 y 100 cm de profundidad y en régimen de humedad údico, correspondiente a suelos que no están secos en todo el perfil, más de tres meses consecutivos.

Estos suelos ocupan una superficie estimada en 6,47 ha correspondientes al 0,02 % de la superficie total del cantón.

#### **7.4.1.4. Dique o banco aluvial (D)**

De origen deposicional, los dique aluviales son bandas de sedimentos en forma de cuña que bordean los canales fluviales de los ríos Daule y Pula, alcanzando un mayor desarrollo sobre los lados cóncavos de los canales.

Los diques se caracterizan por la presencia de arboricultura tropical compuesta principalmente por banano, cacao y mango. Esporádicamente existe vegetación herbácea (pastos). En ciertos sectores los bancos han sido mecanizados para ser utilizados en pequeños cultivos localizados de arroz.



**Figura 21.** Dique aluvial, sector El Limón.

En esta unidad se encontró los siguientes tipos de suelos:

### *Fluventic Hapludolls*

Este subgrupo de suelos está dentro del orden de los Molisoles cuyo requisito principal es contener epipedón mólico. Suelos de texturas franco arcillosos en la superficie y franca en profundidad; moderadamente profundos (51 a 100 cm), bien drenados; con una capacidad de retención de agua intermedia que no llega a saturar la superficie del suelo. A nivel de subgrupo se caracteriza por el irregular contenido de materia orgánica en el perfil.

Químicamente son suelos ligeramente ácido (pH 6,0 a 6,5); la materia orgánica se encuentra en proporciones altas (mayor a 2.1 % para la costa); altos en saturación de bases; dando como resultado un nivel de fertilidad alto.

Se ubican en régimen de temperatura isohipertérmico, es decir, que la temperatura media anual es mayor a 22 °C entre los 50 y 100 cm de profundidad del suelo y en régimen de humedad údico, que corresponden a suelos que no están secos en todo el perfil, más de tres meses consecutivos la mayoría de los años.

Su perfil representativo corresponde al CG3-P028. Estos suelos ocupan una superficie estimada en 167,89 ha, correspondientes al 0,46 % de la superficie total del cantón.

### *Fluventic Eutrudepts*

Taxonómicamente este tipo de suelos han sido ubicados en el orden de los Inceptisoles, caracterizados por su poco desarrollo genético, presentando generalmente el horizonte cámbico. Son de texturas arcillosas y en ocasiones francos arcillosos; moderadamente drenados que nos indica que los suelos se muestran saturados lo suficientemente cerca de la superficie que pueden llegar afectar algunos cultivos; moderadamente profundos (51 a 100 cm). A nivel de subgrupo se caracteriza por presentar irregular contenido de materia orgánica en el perfil.

Los datos de laboratorio nos dan a conocer que estos suelos son neutros (pH 7,0); el contenido de materia orgánica es medio en la superficie (1,0 a 2,1 % para la costa); altos en saturación de bases (mayor a 50 %); dando como resultado un nivel de fertilidad alto.

Se ubican en régimen de temperatura isohipertérmico, es decir, que la temperatura media anual es mayor a 22 °C entre los 50 y 100 cm de profundidad del suelo y en régimen de humedad údico, correspondiente a suelos que no están secos en todo el perfil, más de tres meses consecutivos.

Su perfil representativo corresponde al CG4-P032. Estos suelos ocupan una superficie estimada en 998,57 ha correspondientes al 2,74 % de la superficie total del Cantón.

### *Typic Udifluvents*

Este subgrupo de suelos está dentro del orden de los Entisoles, los que se caracterizan por ser jóvenes, sin desarrollo pedogenético y por lo tanto no tienen horizontes de diagnóstico. Suelos de texturas franco arcilloso-limoso, superficiales (0 a 20 cm); bien drenados; presentando una capacidad de retención de agua intermedia que no llega a saturar la superficie del suelo. A nivel de subgrupo estos suelos cumplen con las condiciones del concepto central de los Typic.

Químicamente son suelos ligeramente alcalinos (pH 7,5 a 8,0); el contenido de materia orgánica es medio (1,0 a 2,1 % para la costa); alto en saturación de bases; dando como resultado un nivel de fertilidad de características alta.

Se ubican en régimen de temperatura isohipertérmico, es decir, que la temperatura media anual es mayor a 22 °C entre los 50 y 100 cm de profundidad del suelo y en régimen de humedad ústico, caracterizado porque los suelos están secos más de tres meses consecutivos en la parte que utilizan los cultivos.

Estos suelos ocupan una superficie estimada en 15,45 ha correspondientes al 0,04 % de la superficie.

#### **7.4.1.5. Basin (B)**

De origen deposicional, corresponde a depresiones ubicadas en la Llanura Aluvial Reciente, que favorecen al estancamiento tanto de las aguas de desborde, y de las mismas lluvias, lo cual facilita a su vez la decantación de las partículas sedimentadas más finas. Parcialmente son terrenos aprovechados para cultivos de arroz aunque en su mayoría se encuentran inundados permanentemente.



**Figura 22.** Basin, sector La Saiba.

En esta unidad se encontró un solo tipo de suelo:

*Vertic Endoaquepts*

Este tipo de suelos corresponde al orden de los Inceptisoles, por lo tanto poco evolucionados. Son de texturas arcillosas; mal drenados, por lo tanto se muestran lo suficientemente saturados hasta cerca de superficie; superficiales (0 a 20 cm) con presencia de la napa freática antes de los 25 cm de profundidad. A nivel de subgrupo se caracteriza por presentar grietas en la superficie, con espesor de 30 cm o más.

Los resultados de laboratorio nos indican que estos suelos son prácticamente neutro (pH 6,5 a 7,5); la materia orgánica se encuentra en proporciones altas (mayor a 2.1 % para la costa); y alto en saturación de bases; dando lugar a niveles de fertilidad de características medias.

Se ubican en régimen de temperatura isohipertérmico, es decir, que la temperatura media anual es mayor a 22 °C entre los 50 y 100 cm de profundidad del suelo y en régimen de humedad ácuico correspondiente a suelos saturados con agua, con predominio de reacciones de reducción debido a la ausencia de oxígeno.

Estos suelos ocupan una superficie estimada en 210,08 ha correspondientes al 0,57 % de la superficie total.

**7.4.1.6. Meandro abandonado (M)**

De origen deposicional, se trata de tramos meandriformes del lecho del río Daule, que han sufrido estrangulamiento.

En esta unidad se encontró los siguientes tipos de suelos:

*Typic Hapluderts*

Este subgrupo de suelos corresponde al orden de los Vertisoles, caracterizados por presentar texturas arcillosas, donde se desarrollan mecanismos de expansión-contracción, los cuales provocan la generación de grietas en la época seca y superficies de deslizamientos en los agregados en la época lluviosa. Suelos poco profundo (21 a 50 cm); mal drenados, especialmente por las características granulométricas finas; sin estructura, masiva, de consistencia firme en húmedo; adherente y plástica en mojado. A nivel de subgrupo cumple con las condiciones del concepto central de Typic.

Químicamente son suelos prácticamente neutros (pH 6,5 a 7,5); con contenidos altos en materia orgánica (mayor 2,1 % para la costa); altos en el porcentaje de saturación de bases (mayor a 50 %); determinando niveles altos de fertilidad.

Se localizan en régimen de temperatura isohipertérmico, es decir, que la temperatura media anual es mayor a 22 °C entre los 50 y 100 cm de

profundidad del suelo y en régimen de humedad údico, que corresponden a suelos que no están secos en todo el perfil, más de tres meses consecutivos la mayoría de los años.

Estos suelos ocupan una superficie estimada en 41,83 ha correspondientes al 0,11 % de la superficie total del Cantón.

#### *Typic Endoaquepts*

Este tipo de suelos corresponde al orden de los Inceptisoles, por lo tanto poco evolucionados. Son de texturas franco arcillosas en la superficie y arcillosas en profundidad; mal drenados, por lo tanto se muestran lo suficientemente saturados hasta cerca de superficie; moderadamente profundos (51 a 100 cm) con presencia de la napa freática antes de los 50 cm de profundidad. A nivel de subgrupo estos suelos cumplen con las condiciones del concepto central de los Typic.

Los resultados de laboratorio nos indican que estos suelos son de reacción medianamente ácida (pH 5,5 a 6,0); el contenido de materia orgánica es medio (1,0 a 2,1 % para la costa); y altos en saturación de bases; dando lugar a niveles de fertilidad de características medias.

Se ubican en régimen de temperatura isohipertérmico, es decir, que la temperatura media anual es mayor a 22 °C entre los 50 y 100 cm. de profundidad del suelo y en régimen de humedad ácuico correspondiente a suelos saturados con agua, con predominio de reacciones de reducción debido a la ausencia de oxígeno.

Estos suelos ocupan una superficie estimada en 162,86 ha correspondientes al 0,44 % de la superficie total del Cantón.

#### **7.4.1.7. Cauce abandonado (Ca)**

De origen deposicional, corresponden a tramos abandonados del lecho de ríos tributarios del Daule, aparecen cubiertos con agua, con aspecto de pantanos o en algunos casos secos, algunos son cóncavos y cubiertos con sedimentos de lecho como arenas de diferente granulometría. Otros, los que han sido colmatados tienen sedimentos de superficie mas finos, son poco permeables y a menudo están cubiertos con vegetación herbácea.

En esta unidad se encontró un solo tipo de suelo:

#### *Typic Endoaquepts*

Este tipo de suelos corresponde al orden de los Inceptisoles, por lo tanto poco evolucionados. Son de texturas arcillosas en la superficie y franco arcillosas en profundidad; mal drenados, por lo tanto se muestran lo suficientemente saturados hasta cerca de superficie; poco profundos (21 a 50

cm) con presencia de la napa freática antes de los 50 cm de profundidad. A nivel de subgrupo estos suelos cumplen con las condiciones del concepto central de los Typic.

Los resultados de laboratorio nos indican que estos suelos son de reacción ligeramente ácida (pH 6,0 a 6,5); el contenido de materia orgánica alto orgánica (mayor 2,1 % para la costa); y bajos en saturación de bases; dando lugar a niveles de fertilidad de características medias.

Se ubican en régimen de temperatura isohipertérmico, es decir, que la temperatura media anual es mayor a 22 °C entre los 50 y 100 cm de profundidad del suelo y en régimen de humedad ácuico correspondiente a suelos saturados con agua, con evidencias de procesos de oxidación-reducción debido a la ausencia de oxígeno, donde podemos encontrar horizontes subsuperficiales gleysados.

Estos suelos ocupan una superficie estimada en 63,88 ha correspondientes al 0,18 % de la superficie.

#### **7.4.1.8. Valle fluvial (Va)**

De origen deposicional, corresponde a un valle de carácter fluvial, formado por el estero El Cascol, con sedimentos de fondo conformados por arenas de grano medio a fino y pseudocapas de arenas finas verdosas, arcillas limosas con presencia de vegetación arbustiva y herbácea en los márgenes.



**Figura 23.** Valle fluvial del Estero El Cascol, sector Corazón.

En esta unidad se encontró un solo tipo de suelo:

*Vertic Haplustepts*

Este tipo de suelos corresponde taxonómicamente al orden de los Inceptisoles, por lo tanto de poco desarrollo pedogenético, con presencia de un



horizonte cámbico. Son de texturas arcillosos, moderadamente drenados que nos indica que se muestran saturados lo suficientemente cerca de la superficie que pueden llegar afectar algunos cultivos; poco profundos (más de 21 a 50 cm). A nivel de subgrupo se caracteriza por presentar grietas en la superficie, con espesor de 30 cm o más.

Los datos de laboratorio nos dan a conocer que estos suelos son de reacción medianamente ácido (pH 5,5 a 6,0); con altos contenidos de materia orgánica (mayor 2,1 % para la costa); altos en el porcentaje de saturación de bases (mayor a 50 %); dando como resultado un nivel de fertilidad mediana.

Se ubican en régimen de temperatura isohipertérmico, es decir, que la temperatura media anual es mayor a 22 °C entre los 50 y 100 cm de profundidad y en régimen de humedad ústico, correspondiente a suelos que se mantienen secos más de tres meses consecutivos.

Estos suelos ocupan una superficie estimada en 31,42 ha correspondientes al 0,09 % de la superficie.

#### **7.4.2. Unidad Ambiental: Llanura Aluvial Antigua**

##### **7.4.2.1. Superficie poco disectada (L1)**

De origen deposicional, se trata de una superficie constituida por terrenos planos a ondulados con cimas redondeadas, de escasa disección con depósitos aluviales consolidados de la formación geológica Pichilingue compuesta por pseudo estratificaciones de arenas de grano medio y fino con presencia de guijarros. Sus pendientes dominantes son del 2 al 5% y el desnivel relativo de hasta 5 m; están asociados con valles indiferenciados permanentemente inundados con vertientes de pendientes del 5 al 12 %. La cobertura vegetal predominante está determinada por la presencia de vegetación arbustiva y herbácea en las partes onduladas y cultivos de arroz en las partes planas y bajas.



**Figura 24.** Superficie poco disectada, sector Las Abras.

En esta unidad se encontró los siguientes tipos de suelos:

### *Typic Haplusterts*

Este subgrupo corresponde al orden de los Vertisoles caracterizados por incluir a suelos de texturas franco arcillosas expandibles, que se tornan muy plásticos y pegajosos cuando están húmedos y muy duros cuando se secan, lo que da lugar a agrietamientos de tamaño y profundidades variables. Son poco profundos (21 a 50 cm), generalmente de mal drenaje por las características granulométricas finas que presentan los suelos. A nivel de subgrupo cumple con las condiciones del concepto central de Typic.

Los datos analíticos de laboratorio nos dan cuenta que estos suelos prácticamente son neutros (pH 6,5 a 7,5); no salinos (menores 2,0 dS/m); con alto contenidos de materia orgánica (mayor a 2,1 % para la costa); y altos en el porcentaje de saturación de bases (mayor al 50 %) dando como resultado un nivel de fertilidad alto.

Se localizan en régimen de temperatura isohipertérmico, lo que quiere decir, que la temperatura media anual es mayor a 22 °C entre los 50 y 100 cm de profundidad del suelo y en régimen de humedad ústico, correspondiente a un suelo que se mantiene secos más de tres meses consecutivos la mayoría de los años.

Estos suelos ocupan una superficie estimada en 289,58 ha correspondientes al 0,80 % de la superficie total del Cantón.

### *Vertic Haplustalfs*

Este subgrupo taxonómico está dentro del orden de los Alfisoles, caracterizados por presentar un horizonte argílico (Bt), con evidencias de películas lustrosos en los agregados; son suelos de texturas francas en la superficie y arcillosas a profundidad; con límite de distinción abrupto y topografía ondulada entre el primero y segundo horizonte; con drenaje moderado, manteniéndose saturados lo suficiente cerca de la superficie, pudiendo llegar a afectar el rendimiento de algunos cultivos; superficiales (0 a 20 cm). A nivel de subgrupo se caracteriza por presentar grietas en la superficie, con espesor de 30 cm o más.

Los datos analíticos de laboratorio nos dan cuenta que estos suelos son ligeramente ácidos (pH 6,0 a 6,5); con alto contenidos de materia orgánica (mayor a 2,1 % para la costa); y altos en el porcentaje de saturación de bases (mayor al 50 %); dando como resultado un nivel de fertilidad mediana.

Su régimen de temperatura es isohipertérmico, es decir que su temperatura media anual es superior a 22 °C entre los 50 y 100 cm de profundidad. El régimen de humedad de estos suelos es ústico, por lo que la parte del suelo más utilizable por los cultivos está seca más de tres meses consecutivos, pero húmeda en algunas partes más de seis meses.

Su perfil representativo corresponde al CG3-P025. Estos suelos ocupan una superficie estimada en 125,46 ha correspondientes al 0,48 % de la superficie total del Cantón.

#### *Vertic Haplustepts*

Este tipo de suelos corresponde taxonómicamente al orden de los Inceptisoles, por lo tanto de poco desarrollo pedogenético, con presencia de un horizonte cámbico. Son de texturas arcillosos, mal drenados que nos indica que se muestran saturados lo suficientemente cerca de la superficie que pueden llegar afectar algunos cultivos; superficiales (0 a 20 cm). A nivel de subgrupo se caracteriza por presentar grietas en la superficie, con espesor de 30 cm o más.

Los datos de laboratorio nos dan a conocer que estos suelos son de reacción prácticamente neutros (pH 6,5 a 7,5); con medios contenidos de materia orgánica (1,0 a 2,1 % para la costa); altos en el porcentaje de saturación de bases (mayor a 50 %); dando como resultado un nivel de fertilidad mediana.

Se ubican en régimen de temperatura isohipertérmico, es decir, que la temperatura media anual es mayor a 22 °C entre los 50 y 100 cm de profundidad y en régimen de humedad ústico, correspondiente a suelos que se mantienen secos más de tres meses consecutivos.

Estos suelos ocupan una superficie estimada en 124,93 ha correspondientes al 0,35 % de la superficie total.

#### *Typic Hapluderts*

Este subgrupo de suelos corresponde al orden de los Vertisoles, caracterizados por presentar texturas franco arcillosas, donde se desarrollan mecanismos de expansión-contracción, los cuales provocan la generación de grietas en la época seca y superficies de deslizamientos en los agregados en la época lluviosa. Suelos superficiales (0 a 20 cm), mal drenados, especialmente por las características granulométricas finas; sin estructura, masiva, de consistencia firme en húmedo; adherente y plástica en mojado. A nivel de subgrupo cumple con las condiciones del concepto central de Typic.

Químicamente son suelos prácticamente neutros (pH 6,5 a 7,5); con contenidos altos en materia orgánica (mayor 2,1 % para la costa); altos en el porcentaje de saturación de bases (mayor a 50 %); determinando niveles altos de fertilidad.

Se localizan en régimen de temperatura isohipertérmico, es decir, que la temperatura media anual es mayor a 22 °C entre los 50 y 100 cm de profundidad del suelo y en régimen de humedad ústico, que corresponden a suelos que no están secos en todo el perfil, más de tres meses consecutivos la mayoría de los años.

Estos suelos ocupan una superficie estimada en 16,52 ha correspondientes al 0,05 % de la superficie.

#### *Asociación Vertic Haplustepts-Vertic Endoaquepts*

Estos tipos de suelos corresponden a los órdenes de los Inceptisoles, por lo tanto de poco desarrollo pedogenético, con presencia de un horizonte cámbico. Presentan texturas arcillosas; mal drenados, en el cual los suelos están saturados hasta la superficie, especialmente en el subgrupo Vertic Endoaquepts; son poco profundos (21 a 50 cm). A nivel de subgrupo se caracteriza por presentar grietas en la superficie, con espesor de 30 cm o más.

Los datos de laboratorio nos dan a conocer que estos suelos son ligeramente ácidos (pH 5,5 a 6,0); con altos porcentajes en materia orgánica (mayor a 2,1% para la costa); baja saturación de bases (menor a 35 %); dando como resultado un nivel de fertilidad de características medianas.

Se ubican en régimen de temperatura isohipertérmico, es decir, que la temperatura media anual es mayor a 22 °C entre los 50 y 100 cm de profundidad del suelo y en régimen de humedad ústico, los suelos del subgrupo de los vertisoles, correspondiente a suelos que no están secos en todo el perfil, más de tres meses consecutivos y en régimen ácuico, los suelos del orden de los Inceptisoles, los que se caracterizan por pasar saturados con agua, con predominio de reacciones de reducción, debido a la ausencia de oxígeno.

Estos suelos ocupan una superficie estimada en 1 700,05 ha correspondientes al 4,69 % de la superficie.

#### **7.4.2.2. Superficie disectada (L2)**

De origen deposicional, constituyen superficies de mayor disección que las anteriores con cimas redondeadas y vertientes convexas con pendientes de 5 a 12 % y con desniveles relativos de 0 a 5 m. Están formadas igualmente por depósitos consolidados de la Formación Pichilingue y asociadas con la presencia de valles indiferenciados permanentemente inundados.

Su cobertura vegetal está caracterizada por la presencia de vegetación arbustiva, herbácea parcialmente utilizados para ganado así como de cultivos de mango y melón.



**Figura 25.** Superficie disectada al fondo, sector La Picadura.

En esta unidad se encontró los siguientes tipos de suelos:

#### *Typic Haplusterts*

Este subgrupo corresponde al orden de los Vertisoles, caracterizados por incluir a suelos de texturas arcillosas, expandibles, que se tornan muy plásticos y pegajosos cuando están húmedos y muy duros cuando se secan, lo que da lugar a agrietamientos de tamaño y profundidades variables. Son poco profundos (21 a 50 cm), generalmente de mal drenaje por las características granulométricas.

Los datos analíticos de laboratorio nos dan cuenta que estos suelos son de reacción prácticamente neutra (pH 6,5 a 7,5); con altos contenidos de materia orgánica (mayor a 2,1% para la costa); y alto porcentaje de saturación de bases (mayor al 50%); dando como resultado un nivel de fertilidad alto.

Se localizan en régimen de temperatura isohipertérmico, que nos indica que la temperatura media anual es mayor a 22 °C entre los 50 y 100 cm de profundidad del suelo y en régimen de humedad ústico, correspondiente a suelos que se mantienen secos más de tres meses consecutivos la mayor parte de los años.

El perfil que caracteriza a este subgrupo es el CG3-P032. Estos suelos ocupan una superficie estimada en 1 320,03 ha que representan un 3,64 % del total del cantón.

#### *Asociación Vertic Haplustalfs-Typic Haplusterts*

Este tipo de suelos corresponden taxonómicamente a los órdenes de los Alfisoles y de los Vertisoles respectivamente. Son de texturas franco arcillo arenosas, agrietados en la superficie que cuando se secan se torna muy duros y adherentes en húmedo; son superficiales (menos de 20 cm); de drenaje moderado, manteniéndose saturados lo suficiente cerca de la superficie, pudiendo llegar afectar el rendimiento de algunos cultivos. A nivel de subgrupo

se clasifican por la presencia de grietas en la superficie en el caso de los Vertic y porque cumple con las condiciones del concepto central en los Typic.

Los datos de laboratorio nos dan cuenta que estos suelos son de reacción prácticamente neutra (pH 6,5 a 7,5); con altos contenidos de materia orgánica (mayor a 2,1 % para la costa); y alto porcentaje de saturación de bases (mayor al 50%); dando como resultado un nivel de fertilidad alto

Se localizan en régimen de temperatura isohipertérmico, que nos indica que la temperatura media anual es mayor a 22 °C entre los 50 y 100 cm de profundidad del suelo y en régimen de humedad ústico, correspondiente a suelos que se mantienen secos más de tres meses consecutivos la mayor parte de los años.

Se estima que estos suelos cubren una superficie de 359,55 ha que corresponden al 0,99 % de la superficie total del cantón.

#### *Vertic Haplustalfs*

Este subgrupo taxonómico está dentro del orden de los Alfisoles, caracterizados por presentar un horizonte argílico (Bt), con evidencias de películas lustrosos en el los agregados; de textura franca en la superficie, arcillosa en el horizonte Bt y entre franco arcillosa y franco arenosa en profundidad; con límite de distinción abrupto y topografía ondulada entre el primero y segundo horizonte; con drenaje moderado, manteniéndose saturados lo suficiente cerca de la superficie, pudiendo llegar afectar el rendimiento de algunos cultivos; superficiales (menos de 20 cm), con presencia de grietas en la superficie.

Los datos de laboratorio nos indican que estos suelos son de reacción ligeramente ácido (pH 6,0 a 6,5); con altos contenidos de materia orgánica (mayor a 2,1 % para la costa); en el horizonte superior, decreciendo en profundidad; altos en porcentaje de saturación de bases (mayor al 50 %); dando como resultado un nivel de fertilidad alto

Se localizan en régimen de temperatura isohipertérmico, que nos indica que la temperatura media anual es mayor a 22 °C entre los 50 y 100 cm de profundidad del suelo y en régimen de humedad ústico, correspondiente a suelos que se mantienen secos más de tres meses consecutivos la mayor parte de los años.

El perfil que caracteriza a este tipo de suelos es el CG3-P025 y también el CG3-026. Estos suelos ocupan aproximadamente 1 695,4 ha que representan el 4,67 % del total.

#### *Typic Haplustalfs*

Este subgrupo taxonómico está dentro del orden de los Alfisoles, caracterizados por presentar un horizonte Ócrico y en profundidad argílico (Bt), con evidencias de películas lustrosos en el los agregados; de textura franca en

la superficie, franco arcillosa en el horizonte Bt; con límite de distinción abrupto y topografía ondulada entre el primero y segundo horizonte; con drenaje moderado, manteniéndose saturados lo suficiente cerca de la superficie, pudiendo llegar afectar el rendimiento de algunos cultivos; son poco profundos (21 a 50 cm). A nivel de subgrupo se caracteriza porque cumple con las condiciones centrales del concepto central de Typic.

Los datos de laboratorio nos indican que estos suelos son de reacción prácticamente neutro (pH 6,0 a 6,5); con altos contenidos de materia orgánica (mayor a 2,1 % para la costa); en el horizonte superior, decreciendo en profundidad; altos en porcentaje de saturación de bases (mayor al 50 %); dando como resultado un nivel de fertilidad alta.

Se localizan en régimen de temperatura isohipertérmico, que nos indica que la temperatura media anual es mayor a 22 °C entre los 50 y 100 cm de profundidad del suelo y en régimen de humedad ústico, correspondiente a suelos que se mantienen secos más de tres meses consecutivos la mayor parte de los años.

Estos suelos ocupan aproximadamente 1 509,46 ha que representan el 4,17 % del total.

#### *Vertic Haplustepts*

Este tipo de suelos corresponde taxonómicamente al orden de los Inceptisoles, por lo tanto de poco desarrollo pedogenético, con presencia de un horizonte cámbico. Son de texturas arcillosas a franco arcillosas; mal drenados, que nos indica que se muestran saturados hasta la superficie la mayor parte del año; de superficiales (menos de 20 cm) a moderadamente profundos (51 a 100 cm). A nivel de subgrupo se caracteriza por presentar grietas en la superficie, con un espesor de 30 cm o más.

Los resultados de laboratorio nos indican que estos suelos son de reacción de ligeramente ácido (pH 6,0 a 6,5), a prácticamente neutro (pH 6,5 a 7,5); con medianos contenidos de materia orgánica (1,0 a 2,1 % para la costa); altos en el porcentaje de saturación de bases (mayor a 50 %); dando como resultado un nivel de fertilidad medio.

Se ubican en régimen de temperatura isohipertérmico, indicándonos que la temperatura media anual es mayor a 22 °C entre los 50 y 100 cm de profundidad y en régimen de humedad ústico, correspondiente a suelos que se mantienen secos más de tres meses consecutivos.

Estos suelos ocupan aproximadamente 838,15 ha que significan el 2,31 % de la superficie total del cantón.

#### **7.4.2.3. Valles indiferenciados (Vi)**

De origen deposicional, corresponden a valles de fondo plano, que permanecen inundados gran parte del año y que se caracterizan por la

ausencia de una dinámica fluvial permanente convirtiéndose en zonas hidromórficas que atestiguan la intensidad del relleno reciente con ríos o esteros prácticamente estancados. Parcialmente son aprovechados para cultivos de arroz en épocas de verano.



**Figura 25.** Valle indiferenciado con cultivos de arroz, sector Potosí.

En esta unidad se encontró los siguientes tipos de suelos:

*Typic Endoaquerts*

Este subgrupo taxonómico corresponde al orden de los Vertisoles caracterizados por incluir a suelos de texturas arcillosas expandibles, que se tornan plásticos y pegajosos cuando están húmedos y muy duros cuando se secan, lo que da lugar a agrietamientos de tamaño y profundidades variables; con estructura en bloques subangulares de tamaño grueso en la superficie y sin estructura, masiva, en profundidad. De acuerdo con la profundidad efectiva, son suelos superficiales (menos de 20 cm); generalmente de mal drenaje por las características granulométricas finas dominantes. A nivel de subgrupo se clasifica porque cumple con las condiciones del concepto central de Typic.

Los datos analíticos de laboratorio nos dan cuenta que estos suelos son de reacción prácticamente neutra (pH 6,5 a 7,5), a ligeramente alcalino (7,5 a 8,0); con medianos contenidos de materia orgánica (1,0 a 2,1 % para la costa); y altos en saturación de bases (mayor al 50 %); dando como resultado un nivel de fertilidad alto.

Se localizan en régimen de temperatura isohipertérmico, es decir, la temperatura media es mayor a 22 °C entre los 50 y 1 00 cm de profundidad del suelo y en régimen de humedad ácuico, que se caracteriza porque los suelos están saturados de agua con evidencias de reacciones de reducción.

Cubre una superficie de aproximadamente 1 004,84 ha que corresponden al 2,79 %.



### *Fluventic Endoaquepts*

Este subgrupo taxonómico de suelos está incluido en el orden de los Inceptisoles que se caracterizan por el poco desarrollo pedogenético. Son de texturas franco arcillosas hasta aproximadamente los 50 cm de profundidad y luego arcillosa; mal drenados, presentándose lo suficientemente saturados de agua hasta cerca de superficie, donde se pueden apreciar moteados de gley; son superficiales (menos de 20 cm) limitados por la presencia de la napa freática antes de los 20 cm de profundidad. A nivel de subgrupo se caracterizan por presentar contenidos irregulares de materia orgánica en el perfil.

Los resultados de laboratorio nos indican que estos suelos son de reacción prácticamente neutra (pH 6,5 a 7,5); con porcentajes medios de materia (1,0 a 2,1 % para la costa); y medios en saturación de bases. Estos suelos presentan un nivel de fertilidad bajo.

Se ubican en régimen de temperatura isohipertérmico, indicándonos que la temperatura media anual es mayor a 22 °C entre los 50 y 100 cm de profundidad del suelo y en régimen de humedad ácuico, correspondiente a suelos saturados con agua, con predominio de reacciones de reducción debido a la ausencia de oxígeno.

Estos suelos ocupan una superficie de aproximadamente 0,61 ha, que significan menos de 1 % del total del cantón.

#### **7.4.2.4. Valle fluvial (Va)**

De origen deposicional, corresponde a la cabecera o inicio de un valle fluvial ubicado en la parte centro sur de Santa Lucia que se extiende al sur hacia el cantón Daule.

En esta unidad se encontró un solo tipo de suelo:

*Vertic Eutrudepts*

Este subgrupo taxonómico de suelos está incluido en el orden de los Inceptisoles que se caracterizan por el poco desarrollo pedogenético. Son de texturas franco arcillosas tanto en la superficie como en el interior del perfil; mal drenados, presentándose lo suficientemente saturados hasta cerca de superficie; son moderadamente profundos (51 a 100 cm). A nivel de subgrupo se caracterizan por presentar grietas en la superficie.

Los resultados de laboratorio nos indican que estos suelos son de reacción medianamente alcalino (pH 8,0 a 8,5); con porcentajes medios de materia (1,0 a 2,1 % para la costa); y altos en saturación de bases (mayor a 50 %). Estos suelos presentan un nivel de fertilidad mediana.

Se ubican en régimen de temperatura isohipertérmico, indicándonos que la temperatura media anual es mayor a 22 °C entre los 50 y 100 cm de profundidad del suelo y en régimen de humedad údico, donde los suelos no están secos en todo el perfil por mas de tres meses consecutivos.

Estos suelos ocupan una superficie de aproximadamente 1,84 ha que significan el 0,01 % del total del Cantón.

### **7.4.3. *Unidad Ambiental: Relieves Estructurales y Colinados Terciarios***

#### **7.4.3.1. Valle Fluvial (Va)**

De origen deposicional, corresponden a valles formados principalmente por los esteros: Chico, Grande y Bufay entre los relieves ondulados y colinados de la Formación Balzar y Onzole. Poseen vertientes generalmente suavizadas cuyos desniveles no sobrepasan los 5 m. Se caracterizan generalmente por un ensanchamiento marcado y fondos planos. Los lechos aluviales se ensanchan al acercarse a la llanura actual. Su importancia radica en el aprovechamiento principalmente para los cultivo de arroz, parcialmente asociados con vegetación herbácea.



**Figura 27.** Al fondo valle fluvial con cultivos de arroz, sector Loma Larga.

En esta unidad se encontró los siguientes tipos de suelos:

*Vertic Haplustepts*

Este tipo de suelos corresponde taxonómicamente al orden de los Inceptisoles, por lo tanto de poco desarrollo pedogenético, con presencia de un horizonte cámbico. Son de texturas arcillosas, moderadamente drenados que nos indica que se muestran saturados lo suficientemente cerca de la superficie que pueden llegar afectar algunos cultivos; moderadamente profundos (21 a 50 cm). A nivel de subgrupo se caracteriza por presentar grietas en la superficie, con espesor de 30 cm o más.

Los datos de laboratorio nos dan a conocer que estos suelos son de reacción prácticamente neutra (pH 6,5 a 7,5) a ligeramente ácida (6,0 a 6,5), con medianos (1,0 a 2,1 % para la costa) a altos (mayor a 2,1 % para la costa) de materia orgánica; altos en el porcentaje de saturación de bases (mayor a 50 %); dando como resultado un nivel de fertilidad entre medio y alto.

Se ubican en régimen de temperatura isohipertérmico, indicándonos que la temperatura media anual es mayor a 22 °C entre los 50 y 100 cm de profundidad y en régimen de humedad ústico, correspondiente a suelos que se mantienen secos más de tres meses consecutivos.

El perfil que caracteriza a este subgrupo corresponde a CG4-P029. Estos suelos ocupan una superficie de aproximadamente 1 739,92 ha que significan el 4, 81 % de la superficie total del cantón.

*Typic Ustifluvents*

Este subgrupo de suelos está dentro del orden de los Entisoles, los que se caracterizan por ser jóvenes, sin desarrollo pedogenético y por lo tanto no tienen horizontes de diagnóstico. Suelos de textura franca en la superficie y franco arenosa en profundidad; poco profundos (21 a 50 cm); bien drenados,

presentando una capacidad de retención de agua intermedia que no llega a saturar la superficie del suelo. A nivel de subgrupo estos suelos cumplen con las condiciones del concepto central de los Typic.

Químicamente son suelos ligeramente ácidos (pH 6,0 a 6,5); la materia orgánica se encuentra en proporciones medias (1,0 a 2,1 % para la costa); altos en saturación de bases, dando como resultado un nivel de fertilidad de características medianas.

Se ubican en régimen de temperatura isohipertérmico, es decir, que la temperatura media anual es mayor a 22 °C entre los 50 y 100 cm de profundidad del suelo y en régimen de humedad ústico, caracterizado porque los suelos están secos más de tres meses consecutivos en la parte que utilizan los cultivos.

Estos suelos abarcan una superficie de aproximadamente 84,65 ha correspondientes al 0,23 % de la superficie total.

#### **7.4.3.2. Valle indiferenciado (Vi)**

De origen deposicional, ubicados en la parte centro sur del cantón, en el límite entre los Relieves Colinados Terciarios de la formación Balzar y la Llanura Aluvial Reciente, son zonas deprimidas inundadas gran parte del año con fondos planos y vertientes suaves cuyo desnivel no sobrepasa los 5 m. Son aprovechadas parcialmente para cultivos de arroz en época de verano.

En esta unidad se encontró un solo tipo de suelo:

##### *Fluventic Endoaquepts*

Este subgrupo taxonómico de suelos está incluido en el orden de los Inceptisoles que se caracterizan por el poco desarrollo pedogenético. Son de texturas franco arcillosas hasta aproximadamente los 50 cm de profundidad y luego arcillosa; mal drenados, presentándose lo suficientemente saturados de agua hasta cerca de superficie, donde se pueden apreciar moteados de gley; son superficiales (menos de 20 cm) limitados por la presencia de la napa freática antes de los 20 cm de profundidad. A nivel de subgrupo se caracterizan por presentar contenidos irregulares de materia orgánica en el perfil.

Los resultados de laboratorio nos indican que estos suelos son de reacción prácticamente neutra (pH 6,5 a 7,5); con porcentajes medios de materia (1,0 a 2,1 % para la costa); y medios en saturación de bases. Estos suelos presentan un nivel de fertilidad bajo.

Se ubican en régimen de temperatura isohipertérmico, indicándonos que la temperatura media anual es mayor a 22 °C entre los 50 y 100 cm de profundidad del suelo y en régimen de humedad ácuico, correspondiente a suelos saturados con agua, con predominio de reacciones de reducción debido a la ausencia de oxígeno.

Estos suelos ocupan una superficie de aproximadamente 268,39 ha, que significa un 0,76 % del total

#### **7.4.3.3. Coluvio aluvial antiguo (Co)**

De origen denudativo, se encuentran ubicados en la parte oeste del cantón, originadas por la acción dinámica fluvial de transporte y subsiguiente depósito de los materiales coluviales detríticos originados de los Relieves Colinados Terciarios de la Formación Onzole. Tienen pendientes que no sobrepasan el 12 % con desniveles inferiores a los 5 m. Su aprovechamiento se limita a la presencia de vegetación herbácea, parcialmente asociada con vegetación arbustiva.

En esta unidad se encontró un solo tipo de suelo:

##### *Vertic Haplustepts*

Este tipo de suelos corresponde taxonómicamente al orden de los Inceptisoles, por lo tanto de poco desarrollo pedogenético, con presencia de un horizonte cámbico. Son de texturas franco arcillo arenosas en la superficie y franco arenosa en profundidad; moderadamente drenados que nos indica que se muestran saturados lo suficientemente cerca de la superficie que pueden llegar afectar algunos cultivos; moderadamente profundos (51 a 100 cm). A nivel de subgrupo se caracteriza por presentar grietas en la superficie, con espesor de 30 cm o más.

Los datos de laboratorio nos dan a conocer que estos suelos son de reacción ligeramente ácida (pH 6,0 a 6,5); con bajos contenidos de materia orgánica (menor a 1,1 % para la costa); altos en el porcentaje de saturación de bases (mayor a 50%); dando como resultado un nivel de fertilidad medio.

Se ubican en régimen de temperatura isohipertérmico, indicándonos que la temperatura media anual es mayor a 22 °C entre los 50 y 100 cm de profundidad y en régimen de humedad ústico, correspondiente a suelos que se mantienen secos más de tres meses consecutivos.

Estos suelos ocupan una superficie de aproximadamente 517,18 ha, que significan el 1,43 % de la superficie total del Cantón

#### **7.4.3.4. Testigo de cornisa de mesa (S5)**

De origen estructural, están situados en la parte oeste del cantón. Son formas de relieve de tipo residual, formados por procesos erosivos a los que han sido sometidas las mesetas de la Formación Borbón. Son relieves con cimas agudas y vertientes rectilíneas o cóncavas, pendientes de hasta el 70 %, desniveles relativos que alcanzan los 100 m y cotas que llegan a los 300 m.



**Figura 28.** Testigo de cornisa de la Formación Borbón, sector La Ceiba.

Por el carácter de sus pendientes y la dificultad de acceso vial, su cobertura está relacionada principalmente con la presencia de vegetación arbustiva. Existen además afloramientos rocosos (areniscas de grano grueso con megafósiles) de la formación Borbón.

En esta unidad se encontró un solo tipo de suelo:

*Vertic Haplustepts*

Este tipo de suelos corresponde taxonómicamente al orden de los Inceptisoles, por lo tanto de poco desarrollo pedogenético, con presencia de un horizonte cámbico. Son generalmente de texturas franco arcillosas; de buen drenaje que nos indican que estos suelos tienen una capacidad de retención de agua intermedia y óptima pero sin estar lo suficientemente saturados cerca de la superficie; moderadamente profundos (51 a 100 cm). A nivel de subgrupo se caracteriza por presentar grietas en la superficie, con espesor de 30 cm o más.

Químicamente estos suelos son ligeramente ácidos (pH 6,0 a 6,5); con altos contenidos de materia orgánica (mayor a 2,1 % para la costa); altos en el porcentaje de saturación de bases (mayor a 50 %); dando como resultado un nivel medio de fertilidad.

Se ubican en régimen de temperatura isohipertérmico, indicándonos que la temperatura media anual es mayor a 22 °C entre los 50 y 100 cm de profundidad y en régimen de humedad ústico, correspondiente a suelos que se mantienen secos más de tres meses consecutivos.

El perfil modal que caracteriza a este subgrupo es el CG4-P037. Estos suelos ocupan una superficie de aproximadamente 454,12 ha, que significan el 1,25 % de la superficie total del cantón.

#### **7.4.3.5. Relieve ondulado a colinado muy bajo (R1)**

De origen tectónico erosivo, los relieves ondulados a colinados bajos están constituidos principalmente por rocas de la formación Onzole al oeste y Balzar en la parte central del cantón.

Los relieves ondulados y colinados bajos tienen un desnivel relativo de hasta 15 m con cimas redondeadas y vertientes convexas de pendientes menores al 12 %. La cobertura vegetal en estas formas de relieve está caracterizada por la presencia principalmente de vegetación arbustiva y herbácea, aprovechados para la ganadería. La dificultad en el acceso y la poca disponibilidad hídrica hacen difícil un mejor y mayor aprovechamiento en esta forma del relieve.



**Figura 29.** Relieve ondulado a colinado muy bajo, sector Las Cabuyas.

En esta unidad se encontró los siguientes tipos de suelos:

##### *Vertic Paleustalfs*

Este subgrupo taxonómico está dentro del orden de los Alfisoles, caracterizados por presentar un horizonte argílico (Bt), con evidencias de películas lustrosos en el los agregados; de textura franco arcillo arenosa y luego más abajo franca, pudiéndose notar que la capa superficial original se ha ido eliminando por erosión o por el pastoreo; con límite de distinción abrupto y topografía suave entre el primero y segundo horizonte; con drenaje moderado , manteniéndose saturados lo suficiente cerca de la superficie, pudiendo llegar afectar el rendimiento de algunos cultivos; superficiales (menos de 20 cm), con presencia de grietas en la superficie. , que se caracteriza a nivel de subgrupo.

Los datos de laboratorio nos indican que estos suelos son de reacción ácida (pH 5,0 a 5,5); con medianos contenidos de materia orgánica (1,0 a 2,1 % para la costa); en el horizonte superior, decreciendo en profundidad; altos en porcentaje de saturación de bases (mayor al 50 %); dando como resultado un nivel de fertilidad bajo.

Se localizan en régimen de temperatura isohipertérmico, que nos indica que la temperatura media anual es mayor a 22 °C entre los 50 y 100 cm de profundidad del suelo y en régimen de humedad ústico, correspondiente a suelos que se mantienen secos más de tres meses consecutivos la mayor parte de los años.

El perfil que caracteriza a este tipo de suelos es el CG4-P036. Estos suelos ocupan aproximadamente 1 859,22 ha que representan el 5,13 % del total.

#### *Typic Paleustalfs*

Este subgrupo taxonómico, al igual que el anterior, está dentro del orden de los Alfisoles, caracterizados por presentar un horizonte argílico (Bt), con evidencias de películas lustrosos en los agregados; de textura franco arenosa en la superficie y luego entre franco arcillo-arenosa a franco arcillosa en profundidad; con límite de distinción claro y topografía ondulada entre el primero y segundo horizonte; con drenaje moderado, manteniéndose saturados lo suficiente cerca de la superficie, pudiendo llegar afectar el rendimiento de algunos cultivos; poco profundos (21 a 50 cm). A nivel de subgrupo se ha caracterizado porque cumple con las condiciones del concepto central para Typic.

Los datos de laboratorio nos indican que estos suelos son químicamente de pH prácticamente neutro (6,5 a 7,5); con medianos contenidos de materia orgánica (1,0 a 2,1 % para la costa); altos en porcentaje de saturación de bases (mayor al 50 %); dando como resultado un nivel de fertilidad medio.

Se localizan en régimen de temperatura isohipertérmico, que nos indica que la temperatura media anual es mayor a 22 °C entre los 50 y 100 cm de profundidad del suelo y en régimen de humedad ústico, correspondiente a suelos que se mantienen secos más de tres meses consecutivos la mayor parte de los años.

El perfil que caracteriza a este tipo de suelos es el CG4-P028. Estos suelos ocupan aproximadamente 6 948,23 ha que representan el 19,18 % del total.

#### *Vertic Hapludalfs*

Este subgrupo taxonómico está dentro del orden de los Alfisoles, caracterizados por presentar un horizonte argílico (Bt), con evidencias de películas lustrosos en los agregados; de textura franca en la superficie y



luego arcillosa en profundidad; con drenaje moderado, manteniéndose saturados lo suficiente cerca de la superficie, pudiendo llegar a afectar el rendimiento de algunos cultivos; superficiales (menor a 20 cm). A nivel de subgrupo se ha caracterizado por la presencia de grietas en la superficie que pueden llegar hasta 30 cm o más.

Los datos de laboratorio nos indican que estos suelos químicamente de pH prácticamente neutro (6,5 a 7,5); con altos contenidos de materia orgánica (mayor a 2,1 % para la costa); altos en porcentaje de saturación de bases (mayor al 50 %); dando como resultado un nivel de fertilidad alto.

Se localizan en régimen de temperatura isohipertérmico, que nos indica que la temperatura media anual es mayor a 22 °C entre los 50 y 100 cm de profundidad del suelo y en régimen de humedad údico, correspondiente a suelos que no están secos más de tres meses consecutivos la mayor parte de los años.

Estos suelos ocupan aproximadamente 0,32 ha que representan menos del 1 % del total.

#### **7.4.3.6. Relieve colinado bajo (R2)**

De origen tectónico erosivo, se encuentran ubicados en la parte este del cantón, conformados por rocas de la Formación Geológica Onzole. Sus cimas son agudas y/o redondeadas y alcanzan desniveles relativos de hasta 50 m con vertientes cóncavas y/o convexas de hasta 25 %.

La dificultad en el acceso y la limitada disponibilidad hídrica superficial hace que tengan un uso caracterizado por la presencia de vegetación herbácea y arbustiva con cultivos de arroz y tomate localizados únicamente en las partes bajas y planas.



**Figura 30.** Relieve colinado bajo, sector La Ceiba.

En esta unidad se encontraron los siguientes tipos de suelos:

### *Typic Haplusterts*

Este subgrupo corresponde al orden de los Vertisoles caracterizados por incluir a suelos de texturas franco arcillosas, algo expandibles, que se tornan plásticos y pegajosos cuando están húmedos y muy duros cuando se secan, lo que da lugar a agrietamientos de tamaño y profundidades variables. Son superficiales (menor a 20 cm); generalmente de buen drenaje, que nos indica que tienen una capacidad de retención intermedia, sin llegarse a saturar con agua. A nivel de subgrupo se han clasificado porque cumplen con las condiciones del concepto central de Typic.

Los datos analíticos de laboratorio nos dan cuenta que estos suelos son de reacción ligeramente ácida (pH 6,0 a 6,5); con altos contenidos de materia orgánica (mayor a 2,1% para la costa) y altos en porcentaje de saturación de bases (mayor al 50%); dando como resultado un nivel de fertilidad medio.

Se localizan en régimen de temperatura isohipertérmico, que nos indica que la temperatura media anual es mayor a 22 °C entre los 50 y 100 cm de profundidad del suelo y en régimen de humedad ústico, correspondiente a suelos que se mantienen secos más de tres meses consecutivos la mayor parte de los años.

El perfil que caracteriza a este subgrupo es el CG4-P034. Estos suelos ocupan una superficie estimada de 962,12 ha que representan un 2,65 % del total del cantón.

### *Asociación Vertic Haplustepts – Vertic Haplustalfs*

Esta asociación de tipos de suelos corresponden a los Ordenes de los Inceptisoles y Alfisoles caracterizados por presentar un desarrollo insipiente el primero y más desarrollados los segundos. Suelos de texturas franco arcillo arenosas en la superficie y franco arenosas en profundidad; con presencia de superficies lustrosos en los agregados en los Haplustalfs; en general son de buen drenaje, que nos indican que son suelos que tienen una capacidad de retención intermedia y óptima de agua, pero no están saturados cerca de la superficie; moderadamente profundos (51 a 100 cm): A nivel de subgrupo están caracterizados por la presencia de grietas en la superficie.

Químicamente estos suelos tienen un pH ligeramente ácido (6,0 a 6,5); con niveles de materia orgánica baja (menor a 1,1 para la costa); altos en saturación de bases (mayor a 50%); dando como resultado un grado de fertilidad medio.

Se localizan en régimen de temperatura isohipertérmico, que nos indica que la temperatura media anual es mayor a 22 °C entre los 50 y 100 cm de profundidad del suelo y en régimen de humedad ústico, correspondiente a suelos que se mantienen secos más de tres meses consecutivos la mayor parte de los años.

El perfil principal que caracteriza a este subgrupo es el CG4-P035. Estos suelos ocupan una superficie estimada de 3 204, 80 ha que representan el 8,83 % del total.

#### **7.4.4. Unidad Ambiental: Cordillera Chongón Colonche.**

##### **7.4.4.1. Cerro testigo (Ct)**

De origen tectónico erosivo, es una elevación de carácter residual de la Cordillera Chongón Colonche conformada por lavas basálticas de la Formación Piñón, ubicada en la parte sur del cantón en el límite con el cantón Daule, sector El Pinal. Su cima es redondeada y sus vertientes son convexas. Alcanza un desnivel relativo de 15 m con pendientes del 25 %. Su cobertura vegetal esta dada por la presencia de vegetación arbustiva. Existen además afloramientos rocosos de la mencionada Formación Piñón.

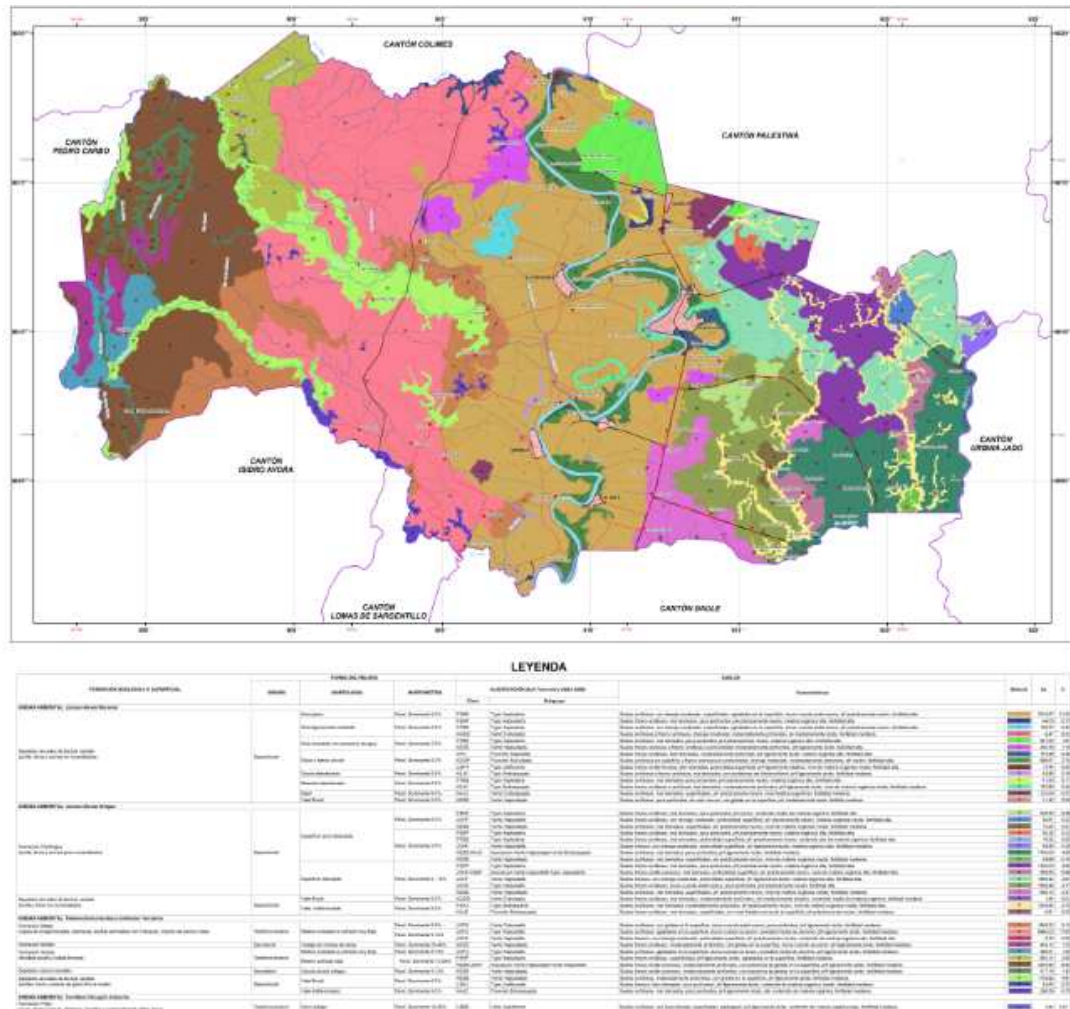
En esta unidad se encontró un solo tipo de suelo:

##### *Lithic Ustorthents*

Este subgrupo de suelos está dentro del orden de los Molisoles cuya característica principal es la no presencia de horizontes diagnósticos, por lo tanto sin desarrollo pedogenético. Suelos de texturas arcillosas en la superficie y sin suelo más abajo (presencia de manto rocoso); superficiales (menor a 20 cm); con rocas que afloran en muchas partes; de buen drenaje, con una capacidad de retención de agua intermedia. A nivel de subgrupo se ha clasificado porque los suelos son superficiales limitados por un contacto Lítico (roca y piedras no meteorizada).

Estos suelos se ubican en régimen de temperatura isohipertérmico, que nos indica que la temperatura media anual es mayor a 22 °C entre los 50 y 100 cm de profundidad del suelo y en régimen de humedad ústico, correspondiente a suelos que se mantienen secos más de tres meses consecutivos la mayor parte de los años.

Estos suelos ocupan una superficie estimada en 3,44 ha que representan un 0,01 % del total del Cantón.



Anexo 10. Mapa de suelos del cantón Santa Lucía

## 7.5. Capacidad de uso de la tierra

### 7.5.1. Especificaciones Técnicas

Con la finalidad de caracterizar a las clases de capacidad de uso en función de las variables escogidas, se establecieron las especificaciones técnicas o parámetros mínimos considerando las descripciones y categorías de cada variable para las ocho clases de tierra, que se presenta en el cuadro 24.

**Cuadro 31.** Especificaciones técnicas para las ocho clases de tierra.

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
<b>Topográfico</b>	Pendiente (%)	0 a 2	Menor a 5	Menor a 12	Menor a 25	Hasta 12	Menor a 40	Menor a 70	Cualquiera
<b>Edáfico</b>	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 <sup>1</sup>	Grupo 1	Grupo 1, 2 y 3	Grupo 1, 2, 3 y 4	Cualquiera	Cualquiera	Cualquiera	Cualquiera	Cualquiera
	Pedregosidad (%)	Menor a 10	Menor a 25	Menor a 25	Menor a 25	Menor a 50	Menor a 25	Menor a 50	Cualquiera
	Drenaje	Bueno	Bueno y moderado	Excesivo, moderado y bueno	Cualquiera	Cualquiera	Cualquiera	Cualquiera	Cualquiera
	Salinidad (dS/m)	Menor a 2	Menor a 4	Menor a 8	Cualquiera	Cualquiera	Cualquiera	Cualquiera	Cualquiera
<b>Climático</b>	Zonas Humedad	Húmeda	Cualquiera	Cualquiera	Cualquiera	Cualquiera	Cualquiera	Cualquiera	Cualquiera

Elaborado por: Componente 3 de Geopedología y Amenazas Geológicas. CLIRSEN, 2010

<sup>1</sup> **Grupo 1:** Franco, franco arcillo arenoso, franco arenoso franco limoso. **Grupo 2:** Franco arcillo limoso, franco arcilloso, limo. **Grupo 3:** Arcillo-arenoso, arcillo-limoso, areno francoso, arcilloso **Grupo 4:** Arena (muy fina, fina, media y grande). **Grupo 5:** Arcilla pesada.

### 7.5.2. Elaboración de matrices de interacción

Mediante la utilización de las matrices de decisión, se asignó clases de tierra según su capacidad de uso a cada variable en estudio.

El análisis de los niveles de pendiente (Cuadro 32), permite asignar clases de tierra, las cuales serán modificadas, al contraponerlas con las variables de profundidad efectiva, textura superficial, pedregosidad, drenaje, salinidad y zonas de humedad.

**Cuadro 32.** Clases de capacidad de uso con pendiente.

Pendiente (%)	Capacidad de uso
	Clase
Plana 0-2%	I
Muy suave 2 a 5%	II
Suave 5-12%	III
Media 12-25%	IV
Media a fuerte 25-40%	VI
Fuerte 40-70%	VII
Muy fuerte 70-100% y Escarpada > a 100%	VIII

**Cuadro 33.** Clases de pendiente con profundidad.

P - Pr	Profundidad (cm)			
Clase	Profundo (> a 100)	Moderadamente profundo (51 - 100)	Poco profundo (21 -50)	Superficial (0 - 20)
I	I	II	III	V
II	II	II	III	V
III	III	III	III	V
IV	IV	IV	IV	VIII
VI	VI	VI	VII	VIII
VII	VII	VII	VII	VIII
VIII	VIII	VIII	VIII	VIII

**Cuadro 34.** Interacción del cuadro 33 con textura superficial.

	Textura				
Clase	1	2	3	4	5
I	I	II	II	III	IV
II	II	II	III	III	IV
III	III	III	III	III	IV
IV	IV	IV	IV	IV	IV
V	V	V	V	V	V
VI	VI	VI	VI	VI	VI
VII	VII	VII	VII	VII	VII
VIII	VIII	VIII	VIII	VIII	VIII

**Cuadro 35.** Interacción del cuadro 34 con pedregosidad.

T – Pd	Pedregosidad				
Clase	Sin o muy pocas (Menor a 10 %)	Poca (10 -25 %)	Frecuente (25 – 50% )	Abundante (50 – 75%)	Pedregoso o rocoso (Mayor a 75 %)
I	I	II	V	VIII	VIII
II	II	II	V	VIII	VIII
III	III	III	V	VIII	VIII
IV	IV	IV	V	VIII	VIII
V	V	V	V	VIII	VIII
VI	VI	VI	VII	VIII	VIII
VII	VII	VII	VII	VIII	VII
VIII	VIII	VIII	VIII	VIII	VIII

**Cuadro 36.** Interacción del cuadro 35 con drenaje.

T – Pd	Drenaje			
Clase	Bueno	Moderado	Mal drenado	Excesivo
I	I	II	IV	III
II	II	II	III	III
III	III	III	III	III
IV	IV	IV	IV*	IV
V	V	V	V*	V
VI	VI	VI	VI*	VI
VII	VII	VII	VII*	VII
VIII	VIII	VIII	VIII*	VIII

**Cuadro 37.** Interacción del cuadro 36 con zonas de humedad.

(Pd - D)	Zona de humedad	
	Humedad	Seca
I	I	II
II	II	II
III	III	III
IV	IV	IV
V	V	V
VI	VI	VI
VII	VII	VII
VIII	VIII	VIII

**Cuadro 38.** Interacción del cuadro 37 con salinidad.

(D - ZH)	Salinidad				
	No salino	Lig. Salino	Salino	Muy Salino	Extremadamente Salinas
I	I	II	III	IV	VII
II	II	II	III	IV	VII
III	III	III	III	IV	VII
IV	IV	IV	IV	IV	VII
V	V	V	V	V	VII
VI	VI	VI	VI	VI	VII
VII	VII	VII	VII	VII	VII
VIII	VIII	VIII	VIII	VIII	VIII

### **7.5.3. Descripción general de las clases de capacidad**

Según cuadro 31, se observa que conforme aumentan las limitaciones disminuyen las opciones de uso, así las cuatro primeras clases (I a IV) reservadas para los usos agrícolas arables y las cuatro restantes (VI a VIII) para las no-agrícolas, no arables. La clase V no erosionable con limitaciones fuertes.

De acuerdo a las especificaciones técnicas descritas, las clases de capacidad de uso se definen de la siguiente manera:

#### **a. Agricultura y otros usos - arables**

##### **Clase I**

Las tierras de esta clase pueden ser utilizadas para el desarrollo de actividades agrícolas, pecuarias o forestales adaptadas ecológicamente a la zona.



Tierras sin limitaciones, de pendiente plana hasta 2%, profundos y fácilmente trabajables, sin o muy pocas piedras es decir que no interfiere en las labores de maquinaria, suelos con drenaje bueno, no salinos y con textura superficial correspondiente al grupo 1 (ver Cuadro ), se ubica en la zona climática húmeda.

#### Clase II

Las tierras de esta clase pueden ser utilizadas para el desarrollo de actividades agrícolas, pecuarias o forestales adaptadas ecológicamente a la zona.

Tierras con leves limitaciones, con pendiente de hasta el 5 %, moderadamente profundos y profundos, con poca pedregosidad que no limitan o imposibilitan las labores de maquinaria, con textura superficial del grupo 1, 2 y 3 (ver cuadro 20), tienen drenaje natural 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 ubican en la zonas de clima húmeda y seca.

#### Clase III

En esta clase se reduce la posibilidad de elección de cultivos anuales a desarrollar o se incrementan los costos de producción debido a la necesidad de usar prácticas de manejo de suelo y agua.

En esta clase de tierras se presentan ligeras limitaciones, solas o combinadas, se encuentran en pendientes hasta 12 %; son poco profundos a profundos; tienen poca pedregosidad que no limitan o imposibilitan las labores de maquinaria, con texturas del grupo 1, 2, 3 y 4 (ver cuadro 20), tienen drenaje excesivo, bueno y moderado; incluyen a suelos salinos, ligeramente salinos y no salinos. Se ubica en zonas húmedas y secas.

#### Clase IV

Estas tierras requieren un tratamiento especial en cuanto a las labores de maquinaria o permiten un laboreo ocasional. Se restringe el establecimiento de cultivos intensivos y admite cultivos siempre y cuando se realicen prácticas de manejo y conservación.

Son tierras que presentan moderadas limitaciones, se encuentran en pendientes generalmente del 12 al 25 %, son poco profundos a profundos, y tienen poca o ninguna pedregosidad, son de textura variable, sin problemas de drenaje. Incluyen a suelos desde no salinos a muy salinos. Se ubican en zonas húmedas y secas. En el cantón Alfredo Baquerizo Moreno, esta clase se presenta en pendientes suaves y suelos mal drenados.

b. Poco riesgo de erosión - limitaciones fuertes a muy fuertes

Clase V

Las tierras de esta clase requieren de un tratamiento muy especial en cuanto a las labores de maquinaria ya que presentan limitaciones difíciles de eliminar en la práctica, se limita el uso de cultivos anuales, permanentes y semipermanentes intensivos. En áreas planas y de texturas arcillosas el cultivo de arroz encuentra condiciones favorables para su establecimiento.

Son tierras con limitaciones fuertes a muy fuertes, se encuentran en pendientes entre planas y suaves, es decir menores al 12 %, generalmente son suelos poco profundos, incluyendo suelos con mayor profundidad pero con severas limitaciones en cuanto al drenaje y en algunas ocasiones pedregosidad, son de textura y drenaje variable; incluyen a suelos desde no salinos a muy salinos.

c. Aprovechamiento forestales o con fines de conservación

Clase VI

Las tierras de esta clase agrológica se encuentran en pendientes medias a fuertes, es decir entre 25 y 40 %, que restringen el uso de maquinaria; son aptas para aprovechamiento forestal, ocasionalmente pueden incluirse cultivos permanentes y pastos. Son moderadamente profundos a profundos, poco pedregosos. Son de textura variable, de drenaje excesivo a bien drenado; incluyen suelos desde no salinos a muy salinos. Se ubican en zonas húmedas y secas.

Clase VII

Estos suelos presentan fuertes limitaciones para el laboreo, especialmente por la pendiente. Muestran condiciones para uso forestal confines de conservación.

Son tierras ubicadas en pendientes de fuertes, es decir de 40 al 70 %, y en pendiente medias (25 al 40%) con suelos poco profundos, con pedregosidad menor al 50 % de cubrimiento, en cuanto a la textura, drenaje y salinidad éstas pueden ser variables, se ubican en son zonas húmeda y secas.

Clase VIII

Son áreas que deben mantenerse con vegetación arbustiva y/o arbórea con fines de protección para evitar la erosión.

Son tierras con las más severas limitaciones; corresponden generalmente a pendientes superiores a los 70%, superficiales a moderadamente profundos, pedregosos o sin piedras que impiden cualquier tipo de actividad agrícola, pecuaria o forestal.

Son tierras con las más severas limitaciones; corresponden generalmente a pendientes superiores a los 70%, superficiales a moderadamente profundos, pedregosos o sin piedras que impiden cualquier tipo de actividad agrícola, pecuaria o forestal.

Las subclases de capacidad de uso comprenden subclases de capacidad, las cuales están determinadas de acuerdo con las limitaciones y están en función de los siguientes factores: topografía (t), suelo (s<sub>1</sub>, s<sub>2</sub> y s<sub>3</sub>), drenaje (d<sub>1</sub> y d<sub>2</sub>) y clima (c).

La metodología plantea la utilización de subíndices con letras minúsculas en el siguiente orden t, s<sub>1</sub>, s<sub>2</sub>, s<sub>3</sub>, s<sub>4</sub>, d y c que idéntica las subclases de acuerdo al factor o los factores limitantes, las clases que no presentan subíndices se encuentran categorizados por la pendiente ver cuadro 16.

A continuación se presenta descripción de cada subíndice:

#### Pendiente (t)

Se utiliza para indicar, la limitante de las diferentes clases de capacidad a partir del 12 % de pendiente.

#### Suelo (s)

Se refiere a las limitantes que se pueden presentar en una determinada clase de capacidad de uso por los siguientes factores: profundidad efectiva, textura, pedregosidad y salinidad del suelo.

- El símbolo (s<sub>1</sub>) será utilizado para identificar limitantes de suelo por profundidad efectiva cuando estos sean poco profundos y superficiales.
- El símbolo (s<sub>2</sub>) será utilizado para identificar limitantes de suelo por texturas: arcillo - arenosas, arcillo – limosas, areno – francosas, arcillosas, arcillosas pesadas y arenas.
- El símbolo (s<sub>3</sub>) será utilizado para identificar limitantes de suelo por pedregosidad, cuando esta sea frecuente, abundante y pedregoso o rocoso.
- El símbolo (s<sub>4</sub>) será utilizado para identificar limitantes de suelo por salinidad, cuando sea salino, muy salino y extremadamente salino.

#### Drenaje (d)

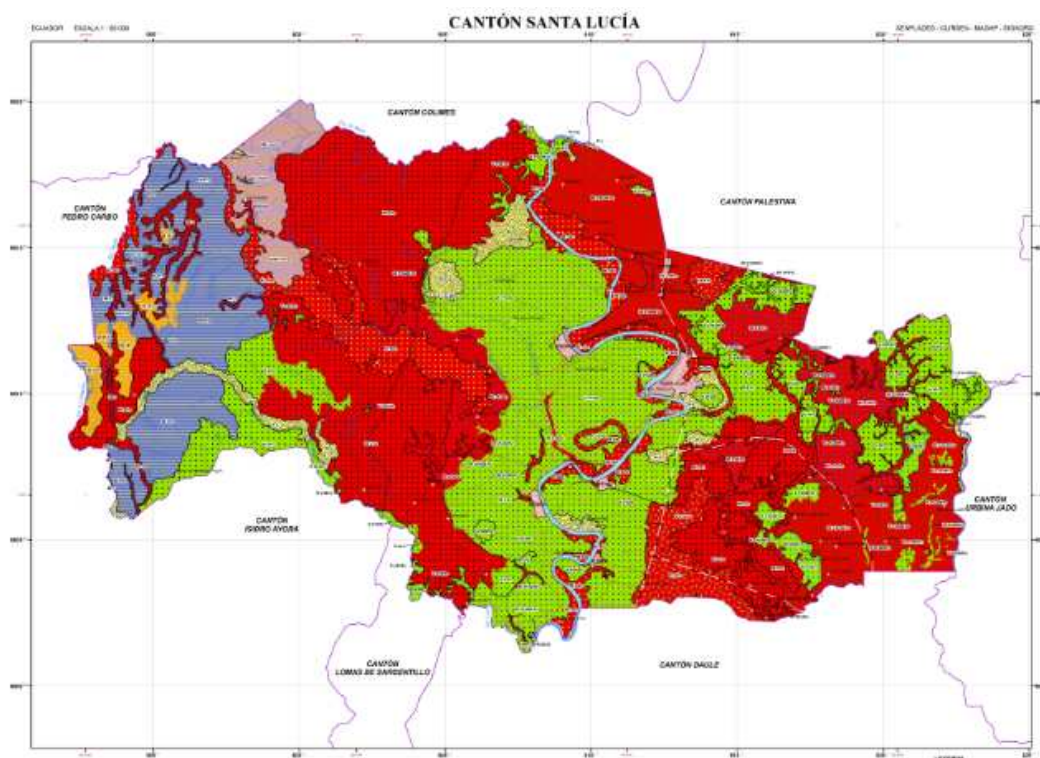
Representa las limitaciones que puede presentar una determinada clase de capacidad de uso debido al exceso o deficiencia en el contenido de humedad de un suelo. Se considera limitante en los suelos mal drenados que presentan pendientes planas.

- El símbolo (d1) será utilizado para identificar limitantes de suelo por mal drenaje.
- El símbolo (d2) será utilizado para identificar limitantes de suelo por drenaje excesivo.

### Clima (c)

Estas limitaciones se deben a distintas características climáticas que pueden afectar al desarrollo de los cultivos dependiendo de la zona de humedad donde estos se encuentran retrasando los ciclos vegetativos, disminuyendo de esta manera la rentabilidad de los mismos. La zona seca será considerada como limitante por la escasez de agua.

En caso de la corrección parcial o total de esta limitante con prácticas de manejo y conservación de suelos, la tierra tendrá que ser reclasificada según las limitaciones que permanezcan en ella. Ver Anexo No. 11.



**Anexo 11.** Mapa de capacidad de uso de tierra del cantón Santa Lucía

En el cuadro 39 se presenta los resultados de las clases de capacidad de uso de la tierra del Cantón Santa Lucía.

**Cuadro 39.** Superficie y porcentaje de ocupación por cada clase de tierras del cantón Santa Lucía

	CLASES						No aplicable*	Total cantonal
	II	III	IV	V	VI	VIII		
<b>Área (ha)</b>	1007	19231	3205	10745	454,1	965,6	632	<b>36240,1</b>
<b>Porcentaje (%)</b>	2,78	53,07	8,84	29,65	1,25	2,66	1,74	<b>100</b>

\*No aplicable corresponde a las áreas de centros poblados y ríos dobles.

La clase II cubre una área de 1 007 ha (2,78%), son suelos con vocación agrícola para cultivos semipermanentes y/o permanentes, ya que estos cultivos al tener un ciclo vegetativo mayor a un año o más, requieren solo una preparación del terreno cada dos años o más años; por otra parte logran además desarrollar suficiente follaje ejerciendo cierta función protectora contra factores dañinos al suelo como es la erosión. Una de las limitantes de esta clase es el clima por la escases de agua. En la clase III cubre una área 19 228 ha (53,07 %) son suelos con vocación para cultivos semipermanentes y/o permanentes igual que la clase II. Una de las limitantes de esta clase es el suelo, drenaje y clima. En la clase IV cubre una área 3 204 ha (8,84%) son suelos con vocación para cultivos semipermanentes y/o permanentes igual que la clase III. Una de las limitantes de esta clase es la topografía y clima. Este tipo de uso y manejo permitirá la sustentabilidad tanto ecológica y económica de esta zona.

La clase V cubre una área de 10 745 ha (29,65 %), son suelos con vocación pecuaria para pastos, ya que los pastos al ser de crecimiento denso y de porte rastroso cumplirían una función protectora contra factores dañinos al suelo como es la erosión causada por viento y lluvia. Si la cubierta vegetal está en buenas condiciones, no habrá necesidad de emplear prácticas o restricciones de carácter especial, pero a fin de obtener una producción satisfactoria, habrán de utilizarse algunas medidas necesarias en el cuidado del ganado como dotar los pastoreos de acuerdo a su capacidad. Este tipo de uso y manejo permitirá la sustentabilidad tanto ecológica y económica de estas zonas. Una de las limitantes de esta clase es la topografía y clima.

La clase VI cubre una área de 454 ha (1,25%), son suelos con vocación forestal para bosques productores, ya que estas tierras al presentar severas limitaciones para el desarrollo de cultivos anuales, semipermanentes, permanentes se usará para bosques con restricciones moderadas. Este tipo de uso y manejo permitirá la sustentabilidad tanto ecológica y económica de estas zonas. Una de las limitantes de esta clase es la topografía y clima.

La clase VIII cubre una área de 966 ha (2,66%), son suelos para ser conservados y/o protegidos con el objetivo de proteger la vegetación natural existente, con miras a la conservación de las cuencas hidrográficas y de la vida silvestre, esto se debe a que estas tierras no reúnen las condiciones mínimas para actividades de producción agropecuaria o forestal alguna. Las tierras de esta clase tienen utilidad solo como zonas de preservación de flora y fauna, protección de áreas de recarga acuífera, reserva genética y belleza escénica.

## 7.6. Elaboración del mapa de Impactos Antrópicos sobre los suelos

Para realizar el mapa de impactos antrópicos se realizó una matriz, la cual se califica mediante la comparación entre el mapa de uso y cobertura y del mapa de capacidad de uso de tierras. En el cuadro 33 y 34 se presenta la correspondencia agroecológica, y el cuadro 35 se presenta la matriz de cruzamiento para el análisis de impactos antrópicos.

**Cuadro 40.** Correspondencia agrológica del uso y cobertura del suelo, con su respectivo peso matricial, utilizados para el análisis de impactos antrópicos.

CATEGORIA	CLASE	CORRESPONDENCIA AGROECOLOGICA	PESO MATRICIAL
AGRICOLA	Cultivos	I, II, III, IV	1
PECUARIO	Pastos	V	2
FORESTAL	Bosque plantado	VI y VII	3
VEGETACIÓN NATURAL	Bosque natural, matorrales, pasto natural	VIII	4

*Fuente: GARCÉS, W.*

**Cuadro 41.** Correspondencia de uso y cobertura del suelo para las clases agrológicas, con su respectivo peso matricial, utilizados para el análisis de impactos antrópicos.

CLASE AGROLÓGICA	APTITUD	CORRESPONDENCIA USO Y COBERTURA	PESO MATRICIAL
II	Para cultivos con métodos intensivos		
III	Para cultivos con métodos intensivos	Cultivos semipermanentes y permanentes	10
IV	Para cultivos con métodos intensivos		
V	Para pastos	Pastos	20
VI	Para bosques Productores	Bosques	30

VIII	Para otros usos	Zonas de conservación y/o Protección	40
------	-----------------	--------------------------------------	----

Fuente: GARCÉS, W.

**Cuadro 42.** Matriz de cruzamiento utilizada para el análisis de impactos antrópicos.

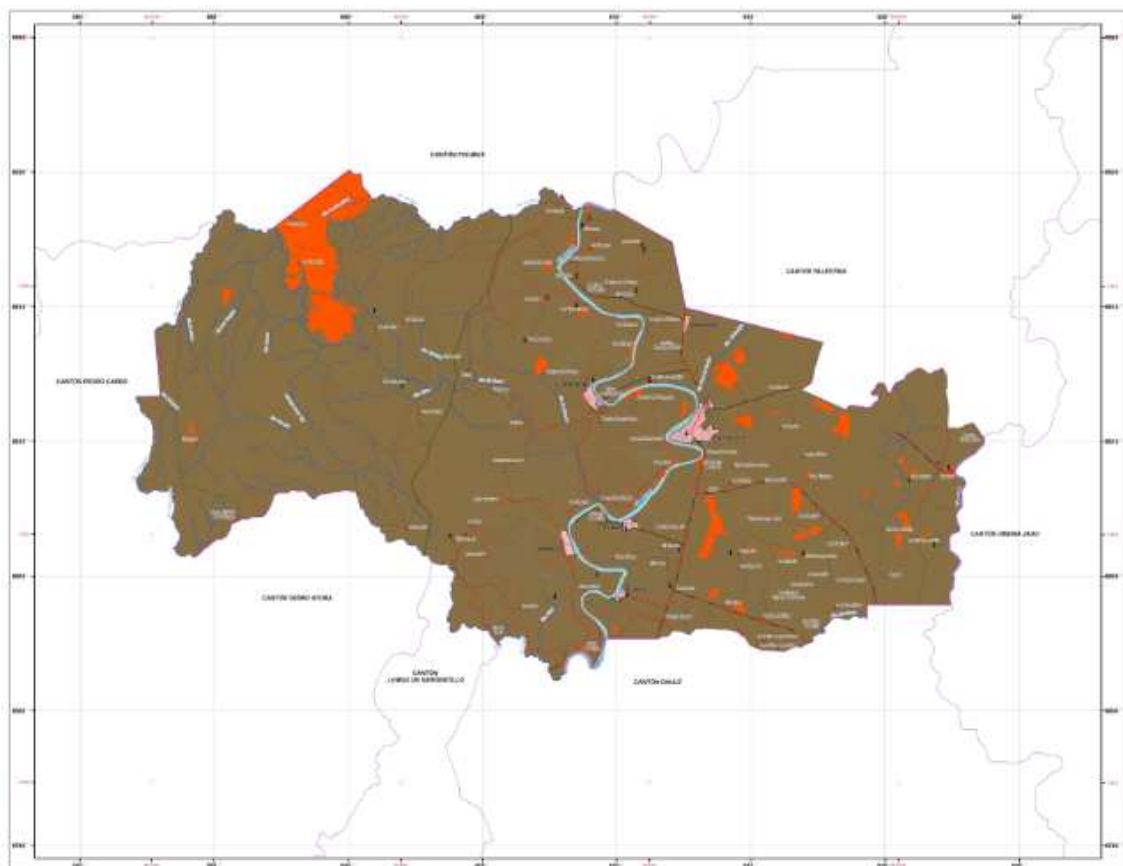
**PESO MATRICIAL DE COBERTURA Y USO DEL SUELO**

Uso actual	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
Agrológico	<b>10</b>	12	13	14
<b>20</b>	21	<b>22</b>	23	24
<b>30</b>	31	32	<b>33</b>	34
<b>40</b>	41	42	43	<b>44</b>

PESO MATRICIAL AGROLÓGICO

Fuente: GARCÉS, W.

Las áreas que están dentro del triángulo son las áreas con ningún impacto negativo antrópico sobre los suelos, ya que la oferta natural del mismo no entra en conflicto por la demanda dada por el uso de las tierras y las aéreas con impacto negativo antrópico son las que no se encuentran señaladas. Ver Anexo No. 12.



**Anexo 12.** Mapa de impactos antrópicos del cantón Santa Lucía

**Cuadro 43.** Superficie y porcentaje de impactos Santa Lucía

DESCRIPCIÓN	AREA (ha)	%
Área con ningún impacto negativo antrópico sobre los suelos, que la oferta natural del mismo no está en conflicto con la demanda dada por el uso de las tierras.	34 079	94
Impacto antrópico de actividades agrícolas sobre suelos sin vocación agrícola, pecuaria, ni forestal	1 539	4,2

Del mapa de impactos antrópicos se determinó que 34 079 ha (94 %), resultaron áreas con ningún impacto negativo antrópico sobre los suelos, ya que la oferta natural del mismo no entra en conflicto por la demanda dada por el uso de las tierras, 1 539 ha (4,2 %), resultaron áreas con impacto negativo antrópico de actividades agrícolas sobre suelos sin ninguna vocación agrícola, pecuaria ni forestal.



## 7.7. Propuesta de manejo de los suelos

La agricultura moderna no constituye una garantía de conservación de suelos y de otros recursos naturales. El factor principal es la habilidad del productor que todos los días decide cómo trabajar la tierra.

La planificación del uso del suelo debe ser el primer paso racional y coherente del productor, y para ello es imprescindible la caracterización de la tierra en base a sus aptitudes y capacidades. Además de conocer sus atributos físicos, químicos y biológicos es necesario tomar en cuenta los riesgos asociados con cada tipo de suelo y el uso al que será destinado. La susceptibilidad a la erosión, anegamiento, compactación, etc. derivado de sus características condicionará el manejo futuro.

Aquí se proponen una serie de técnicas de bajo impacto negativo para la utilización del suelo, accesibles a pequeños productores que carecen de capital financiero y están condicionados por muchas dificultades para obtener, en tiempo y forma, créditos bancarios.

- Los que se pretende exponer conceptualmente la viabilidad de las técnicas, en el doble papel de mejorar la aptitud productiva del suelo (objetivo económico), y evitar o minimizar daños ambientales, que tarde o temprano se convierten en daños sociales.
- Una de las mejores opciones técnicas disponibles, es el denominado barbecho limpio bajo cubierta de rastrojos, en razón que los residuos de cosecha, que pueden alcanzar 5.500 kg/ ha en el caso del algodón, y hasta 8.800kg/ ha para el maíz (LIGIER, 2.000), permanecen sobre la superficie del suelo como sustrato de protección ambiental.
- Esta cobertura de rastrojos incrementa la homeostasis del suelo porque disminuye la energía del impacto de la lluvia, atenúa la velocidad del escurrimiento y reduce el intercambio de energía radiante aire- suelo, regulando hasta en 8° C la temperatura en los primeros 10 cm del perfil (Panigatti et al, 1.983). De esa manera, hay menor pérdida de agua por evaporación y disminuye la erodabilidad del horizonte superficial.
- Como medida de protección adicional, es importante evitar el uso del fuego como práctica para la eliminación de los residuos de cosecha; que, además, impacta negativamente sobre la fauna del suelo y acelera la pérdida de nutrientes volátiles, en especial el nitrógeno.
- El mejoramiento de las propiedades físicas del suelo, derivado de la transformación de los residuos orgánicos, por ejemplo: mayor volumen de poros y mejor estabilidad de sus agregados, disminuye los riesgos de compactación superficial (encostramiento o suelo planchado), o la formación de capas compactadas en el interior del suelo (piso de arado).

- Los residuos pueden ser manejados, cortados o desmenuzados, dejándolos sobre la superficie del suelo.
- Las rotaciones en la agricultura pueden jugar un rol interesante en el diseño de sistemas de producción sostenibles. Las leguminosas incorporan biológicamente hasta 60 Kg de nitrógeno/ha, las rotaciones de cultivos pueden incrementar rendimientos hasta un 40%, la inclusión de animales dentro del sistema, por la diversidad resultante mejora el reciclaje de nutrientes.
- Al laboreo conservacionista, por incrementar la rugosidad de la superficie del suelo, suele considerársele desprolijo. No obstante, el microrelieve inducido produce una sustancial mejora en la captación del agua pluvial y la disminución del escurrimiento superficial.
- Limitar el número de labranzas y labores culturales, evita un mayor deterioro del suelo por pérdida de agregación y formación de capas compactas.
- La labranza es un factor determinante en la preservación de la estructura y poros del suelo, así como de la materia orgánica. Esta interviene directamente en el manejo de déficit o excesos hídricos a través del control del escurrimiento, la infiltración y evaporación. La labranza mínima influye lógicamente en los costos de preparación del suelo disminuyéndolos. La labranza siguiendo curvas de nivel reduce las pérdidas de suelo causadas por la erosión.
- La labranza cero reduce o elimina la erosión del suelo por la cobertura, disminuye la temperatura en el suelo, reduce la evaporación y produce incrementos en la materia orgánica. Es una alternativa en la conservación, ya que no hay remoción de suelos. En la incorporación de este método de producción no deben descuidarse los cultivos antecesores, ya que es imprescindible la acumulación de rastrojos en superficie para no dejar el suelo descubierto y evitar la degradación e invasión de malezas.
- Cuando las tierras tienen pendientes, aunque sean cortas, es conveniente la siembra de cultivos en contorno, siguiendo curvas de nivel, o en fajas (para pendientes menores a 1%) de 4m de ancho de cultivo protector y de 50m del cultivo principal.

**Cuadro 44.** Prácticas de conservación de suelos y agua según la Clase Agrológica.

No.	Descripción de las prácticas	Unidad	CLASES AGROLÓGICAS						
			I	II	III	IV	V	VI	VII
1	Canal de guardia	m		X	X	X	X	X	
2	Acequias de ladera	m			X	X		X	
3	Terrazas de huerto	m			X	X		X	
4	Terrazas de desviación	m		X	X	X			
5	Muros de piedra	m		X	X	X		X	
6	Vía de agua empastada	m		X	X	X		X	
7	Camino de acceso y drenaje	m		X	X	X	X	X	
8	Cortinas rompevientos	m		X	X	X	X	X	
9	pastizales	m					X		
10	Establecimiento de cercas	m		X	X	X	X	X	X
11	Canal de desviación	m			X	X		X	
12	Estanque de agua	m³		X	X	X	X	X	X
13	Represa de agua	m³		X	X	X	X	X	X
14	Diques en contorno (melgas)	m		X		X			
15	Canal de infiltración	m		X	X	X	X	X	
16	Terraza de banco	m			X	X		X	
17	Terraza individual	unidad				X		X	
18	No labranza	ha	X	X	X	X	X	X	
19	Labranza mínima	ha	X	X	X	X	X	X	
20	Labranza profunda	ha		X	X	X			
21	Roturación profunda	ha		X	X	X			
22	(reducidas)	ha	X	X	X	X			
23	Labranza en contorno	ha		X	X	X			
24	Siembra en contorno	ha		X	X	X		X	
25	Barreras vivas	m		X	X	X		X	
26	Barreras muertas	m		X	X	X		X	
27	Rotación de cultivos	ha	X	X	X	X			
28	Cultivos intercalados	ha	X	X	X	X		X	
29	Cultivos en fajas	ha	X	X	X	X			
30	ratación	ha					X		
31	Cobertura muerta (mulching)	m		X	X	X		X	
32	Cultivo de cobertura	ha		X	X	X		X	
33	Barbecho mejorado	ha		X	X	X			
34	Sistemas agroforestales	ha		X	X	X		X	
35	Enmiendas orgánicas animales	ha	X	X	X	X	X	X	
36	Compost	m³	X	X	X	X		X	
37	Abono verde	ha	X	X	X	X	X	X	
38	minerales	kg/ha	X	X	X	X	X	X	
39	Control de cárcavas	ha						X	X
40	Control de deslizamiento	ha						X	X
41	Control de inundación	ha		X	X	X	X		
42	Desaguadero lateral	m		X	X	X	X	X	
43	Aprovechamiento de manantial	unidad		X	X	X	X	X	X
44	Sistema de riego	m		X	X	X	X	X	
45	Ubicación de bebederos	unidad					X		

*Fuente: MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERÍA y MINISTERIO DE RECURSOS NATURALES ENERGÍA Y MINAS, SAN JOSÉ (C.R.). 1991. Metodología para la determinación de la capacidad de uso de las tierras de Costa Rica. San José, SEPSA. p. 39 - 47.*

A continuación se presenta la definición de las prácticas de conservación de suelo, referentes a las propuestas en el Cuadro 44.

### PRÁCTICAS AGROCONSERVACIONISTAS

Son prácticas culturales y agronómicas que implican por lo general la utilización de material biológico vivo o muerto para control de erosión. Dentro de ellas se pueden indicar:

Prácticas en contorno	Consiste en realizar todas las labores y operaciones culturales siguiendo la curva de nivel. Son efectivas hasta el 7% de pendiente si se trazaran solas, y en combinación lo son hasta el 20%.
Cultivos múltiples (Cultivos asociados o intercalados)	Se refiere a varios cultivos que crecen simultáneamente en la misma parcela. La disposición especial de los cultivos puede ser en surcos o en fajas. En el tiempo, los cultivos pueden ser contemporáneos o alternos. Son efectivos hasta una pendiente del 12%, y en combinación se pueden usar en una mayor pendiente.
Coberturas muertas del suelo	Es la utilización de materias vegetales muertas para cubrir el suelo. Son eficientes hasta un 20% de pendiente.
Cultivos de cobertura	Son plantas anuales o perennes de sistemas radicales y foliares densos, las que se intercalan con el cultivo principal para lograr la completa cobertura del suelo e impedir el desarrollo de las malezas. Se recomienda hasta un 15% de pendiente.
Cultivos en fajas	Consiste en disponer cultivos en rotación en un arreglo sistémico en fajas perpendiculares a la pendiente en línea recta o contorno. La alternancia de cultivos densos con cultivos limpios, permite repartir la escorrentía y reducir su velocidad.
Labranza mínima	Es la menor cantidad de labranza requerida para crear las condiciones de suelo adecuadas para la germinación de semilla y el desarrollo de la planta. Este concepto se adapta a una amplia gama de suelos, cultivos y hasta una pendiente del 50%.
Labranza en contorno	Consiste en trabajar el suelo según las curvas de nivel o guiándose con base a obras de conservación establecidas.
Siembra en contorno	Consiste en sembrar las plantas en hileras siguiendo las curvas de nivel o guiándose con base a obras de conservación establecidas.

Barreras vivas	Son hileras de plantas perennes y de crecimiento denso sembradas perpendicularmente a la pendiente, se usan en terrenos de hasta 15% de pendiente.
Cortinas rompevientos	Son hileras de árboles o arbustos dispuestos perpendicularmente a la dirección principal del viento.
Apartos para pastoreo en rotación	Es un sistema intensivo basado en la explotación de pastos, donde las praderas son divididas en unidades de producción iguales, para establecer un sistema de pastoreo y descanso.
Sistemas agroforestales	Son técnicas de manejo de la tierra que implica la combinación de árboles con cultivos o con ganadería o con una combinación de ambos.
Ubicación de bebederos	Consiste en distribuir los bebederos en forma adecuada en cada apartado, para obligar al ganado a recorrer el potrero con el fin de obtener un pastoreo más uniforme y evitar la compactación del suelo.

Las medidas agroconservacionistas aquí descritas dependerán en su aplicación de las actividades que cada propietario de a la tierra, por ejemplo si va a sembrar algún cultivo, realizarlo en siembra en contorno, así como también dependerá de su capacidad de gestión.

### **MEDIDAS DE MANEJO DE SUELO**

Son las prácticas que se usan para mantener y mejorar las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo y así aumentar su capacidad productiva.

Labranza profunda	Consiste en trabajar el suelo a profundidades mayores que la labranza tradicional y se realiza con arado de disco o con arado de vertedera, es un tipo de labranza primaria que se usa en terrenos hasta con 15% de pendiente.
Roturación profunda	Se le llama también labranza vertical, la cual reemplaza a la labranza primaria y se realiza con un implemento de dientes de cincel y subsolador a profundidades mayores que las labranzas convencionales, se usa en terrenos hasta con 15% de pendiente.
Labranza reducida o superficial	Consiste en trabajar en forma superficial el suelo para destruir los terrones gruesos y voltear ligeramente la tierra, es una labranza secundaria.
Compost	Es la incorporación al terreno de material descompuesto por condiciones aeróbicas.
Enmiendas orgánicas animales	Consiste en la incorporación en el suelo de estiércol de animales.
Abonos verdes	Son plantas de rápido crecimiento que producen

	abundante follaje y cuyo destino es la incorporación para mejorar el suelo.
Barreras muertas	Estas barreras están compuestas de material vegetal muerto, como troncos de árboles, ramas y rastrojos de cosechas que se acordonan en el terreno.
Barbecho	Es el período de tiempo más o menos largo en que se deja descansar la tierra, con lo cual se restaura la fertilidad de los suelos a través de la acumulación de la materia orgánica y el mejoramiento de la estructura.
Uso de fertilizantes y enmiendas minerales	Es la aplicación de nutrimentos al suelo por medio de fertilizantes o el uso de cal como enmienda.
Rotación de cultivos	Es el establecimiento de una secuencia definida de cultivos, la que se repite ciclo tras ciclo sobre una misma parcela.
Caminos de acceso y drenajes	
Establecimiento de cercas	Las medidas de manejo de suelos aquí descritas dependerán así mismo en su aplicación de las actividades que cada propietario le da la tierra, por ejemplo si va a dedicar su tierra a cultivar, tener en cuenta la medida de rotación de cultivos, para que no haya desgaste de nutrientes, así como también dependerá de la capacidad de gestión de cada usuario de la tierra.

## PRÁCTICAS MECÁNICAS DE CONSERVACIÓN DE SUELOS

Son prácticas específicas que se construyen para proteger el suelo de la erosión.

### CONTROL DE EROSIÓN HÍDRICA

Canal de guardia	Es un canal trapezoidal que intercepta gran cantidad de escorrentía proveniente de la parte alta.
Vía de agua empastada	Es el uso de depresiones naturales como vía de agua natural para recibir y desviar el agua de escorrentía de las estructuras de desviación.
Terrazas de desagüe	Son aptas en zonas húmedas con períodos de lluvia prolongados, su función es eliminar el exceso de agua que provoca erosión de suelo.
Acequia de ladera	Son estructuras de control de erosión hídrica para tierras escarpadas, se pueden construir en pendientes de 10 a 50% y con profundidad mínimas del suelo de 50 cm.

Terrazas de desviación	Consiste en modificar la pendiente del terreno, constituida por una sección de corte triangular con capacidad para evaluar el exceso de agua de la escorrentía y una sección de relleno con forma de cama elevada que se utiliza para siembra de cultivos anuales. Se usa para control de erosión en terrenos con pendientes inferiores al 15%.
Canal de desviación	Consiste en un canal que se construye a través de la pendiente para interceptar el escurrimiento superficial y llevar las aguas hasta un lugar seguro.
Terrazas de huerto o escalones	Son terrazas de banco angostas construidas en pendientes de 30 a 50%, donde el suelo es apto para la producción de frutales entre las terrazas.
Barreras de piedra	Son estructuras para desviar el exceso de escorrentía hacia un desagüe o vía de agua empastada, especial para suelos volcánicos con piedras superficiales.

La aplicación de estas medidas como se ha discutido anteriormente, dependerá del uso que le de a la tierra cada propietario, así como también, de la capacidad de gestión privada o comunitaria y financiera para la aplicación de las mismas.

#### CONSERVACIÓN DE AGUA

Canal de infiltración	Se utiliza en zonas secas, para conservar mayor cantidad de agua lluvia. El canal está a nivel y tiene profundidad variable.
Terrazas de banco	Consiste en un terraza de talud 1:1 y con un ancho que permite ser cultivado.
Terrazas individuales	Consiste de un pequeño banco cuadrado donde se siembra un árbol y se utiliza en terrenos que tienen 50% de pendiente.
Surcos en contorno en pradera	Son surcos que se usan para disminuir la escorrentía superficial en las praderas.
Melgas en contorno	Se usan para el control, distribución y profundidad del agua. El ancho de la melga varía entre 10 y 20 metros en pendiente de % y se reduce entre 5 y 10 metros en pendientes de 2% según la profundidad del agua seleccionada
Aprovechamiento de manantial	
Sistema de riego	
Represas de conservación de agua	Es la conservación de la escorrentía por medio de una represa en una depresión o quebrada.
Estanques de agua	
Represas de agua	

La aplicación de estas medidas como se ha discutido anteriormente, dependerá del uso que le de a la tierra cada propietario, así como también, de la capacidad de gestión privada o comunitaria y financiera para la aplicación de las mismas.

#### RECUPERACIÓN DE TIERRAS DEGRADADAS

Control de cárcavas	Se debe cercar y establecer vegetación, para controlar la cárcava.
Control de deslizamiento de tierras	Se debe suavizar la superficie de las depresiones o grietas para poder establecer cobertura.
Control de inundación	El control de inundación se puede efectuar por medio de pared de gaviones, diques de desviación, recanalización, muros de sedimentación, alcantarilla de drenaje.

La aplicación de estas medidas, dependerá del uso que le dé a la tierra cada propietario y del estado de degradación que se encuentre su tierra, así como también, de la capacidad de gestión privada o comunitaria y financiera para la aplicación de las mismas.



## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES

- El ajuste de los estudios a escalas de semidetalle, 1:50.000 y 1:25.000, es difícil de conseguir por el limitado número de estaciones meteorológicas completas, su desigual distribución espacial y la muy variable continuidad de datos de las series, por lo que se escogieron métodos y fórmulas simples para el cálculo de los parámetros climáticos.
- El Cantón Santa Lucía posee una superficie total de 36 240,11 ha, cubierto en su mayoría por cultivos de arroz que ocupan aproximadamente la mitad del territorio del cantón con 19 684,11 ha que se ubican al noroeste; el segundo en importancia es la vegetación natural conformado por: pasto natural con 6 838,31 ha, vegetación arbórea seca 3 937,35 ha y matorral seco 2 887,35 ha cubren una extensión total de 19 663,01ha ubicadas principalmente en la parte este del territorio cantonal los mismos que son utilizados para el pastoreo del ganado en época de invierno.
- Sobresalen también las plantaciones de cacao con 653,09 ha y teca 417,91 ha respectivamente, distribuidas indistintamente en el centro y sur del cantón; misceláneo indiferenciado 329,77 ha, mango 323,19 ha, banano 65,56 ha, maíz 4,04 ha y cebolla colorada 2,41 ha. Estos cinco cultivos descritos cubren una extensión total de 724,97 ha lo que representa el 89 % de la superficie total del cantón.
- El cantón Santa Lucía está caracterizado por la presencia principalmente de tres Unidades Ambientales: la Llanura Aluvial Reciente, Llanura Aluvial Antigua y los Relieves Estructurales y Colinados Terciarios, con formas de relieve de origen deposicional, denudativo, estructural y tectónico erosivo.
- La forma de relieve más representativa por su extensión e importancia comercial y agrícola en el cantón Santa Lucía es el Nivel plano de la Llanura Aluvial Reciente. Está caracterizado principalmente por extensas plantaciones de arroz y una buena accesibilidad vial.
- Los niveles ligeramente ondulados y ondulados con presencia de agua de la Llanura Aluvial Reciente en la actualidad están siendo mecanizados y aprovechados para cultivos de arroz, aspecto que podría influir en la ampliación de los límites de la llanura de inundación lo que aumentaría la susceptibilidad y el riesgo ante eventos de inundaciones en épocas invernales.
- Las superficies disectadas de la Llanura Aluvial Antigua si bien tienen una amplia representatividad espacial en el cantón (16 % de la superficie total) su aprovechamiento agrícola está limitado principalmente a las plantaciones de arroz en los valles indiferenciados, y a los cultivos de mango y melón en las partes planas.

- Los Relieves Estructurales y Colinados Terciarios, con una extensa presencia en el cantón (44 % de la superficie total), debido a sus limitaciones en el acceso vial y a la poca disponibilidad hídrica superficial están relacionados básicamente con vegetación herbácea (pastos) para aprovechamiento ganadero y con pequeños cultivos de frutales. Por otra parte, los valles aluviales formados principalmente por los Esteros Chico Grande y Bufay dentro de los relieves terciarios están siendo aprovechados para cultivos de arroz.
- En el presente Cantón se encontró en forma resumida los siguientes tipos de suelos, a nivel de Orden, según la Soil Taxonomy (2006):

Alfisolos, con 12 547,64 ha, que representan un 34,62 % del área total del cantón, que son suelos que poseen un epipedón ócrico eluvial sobre un horizonte argílico (iluvial) y moderada a alta saturación de bases, en donde el proceso más importante asociado a estos suelos lo constituye la translocación de arcillas y su acumulación para formar los horizontes argílicos; generalmente se desarrollan sobre superficies antiguas o en paisajes jóvenes pero estables, sin embargo son suelos aún suficientemente jóvenes pues retienen cantidades notables de minerales primarios, arcillas, minerales y nutrientes para las plantas. Son suelos recomendados para explotaciones intensivas de cultivos anuales, por su alto contenido en bases y alta reserva de nutrientes; son suelos adecuados también para pastizales y bosques. Como limitantes generales se puede mencionar su poca infiltración del agua y problemas para el desarrollo radicular de los cultivos.

Vertisoles, con 12 035,43 ha, que representan un 33,22 % del área total del cantón, que son suelos arcillosos que presentan como característica principal grietas anchas y profundas en alguna época del año. Por lo general tienen poca materia orgánica, alta saturación en bases y predominio de montmorillonita en su composición mineralógica. Sus características físicas especialmente definen limitaciones para su utilización, muy pesados en húmedo y extremadamente duros en seco y reducido movimiento del agua; son suelos de colores oscuros, negros o grises; de difícil laboreo; profundidad variable. Se ubican en superficies sedimentarias, con relieves planos a ondulados; sobre pequeñas colinas, cuencas o antiguas playas levantadas de la región costera a partir de sedimentos de origen marino o fluvio marino y sobre relieves planos de la llanura costera, a partir de sedimentos aluviales y en donde además se caracterizan por su nivel freático superficial. Estos suelos son los más aptos para el cultivo del arroz, tanto por su capacidad de retención de humedad, como por sus condiciones naturales de fertilidad.

Inceptisoles, con 10 743,66 ha, que representan un 29,67 % del área total del cantón, que son suelos que evidencian un incipiente desarrollo pedogenético, dando lugar a la formación de algunos horizontes alterados; los procesos de translocación y acumulación pueden presentarse. Constituyen una etapa subsiguiente de evolución, en relación con los Entisoles, sin embargo son

considerados inmaduros en su evolución. Estos suelos se han originado a partir de diferentes materiales parentales (materiales resistentes o cenizas volcánicas); en posiciones de relieve extremo, fuertes pendientes o depresiones o superficies geomorfológicas jóvenes. Abarca suelos que son muy pobremente drenados a suelos bien drenados y como ya se ha indicado con la presencia de algunos horizontes diagnósticos, sin embargo el perfil ideal de los Inceptisoles incluiría una secuencia de un epipedón ócrico sobre un horizonte cámbico. El uso de estos suelos es muy diverso y variado, las áreas de pendientes fuertes son más apropiadas para la reforestación mientras que los suelos de depresiones con drenaje artificial pueden ser cultivados intensamente.

Mollisoles, con 167,89 ha, que representan un 0,46 % del área total del cantón, que son suelos en su mayoría aquellos de color negro, ricos en bases de cambio, muy comunes de las áreas originalmente de praderas que han dado lugar a la formación de un horizonte superior de gran espesor, oscuro, con abundantes materiales orgánicos y de consistencia y estructura favorables al desarrollo radicular (epipedón móllico), debiendo destacarse para ello la acción de microorganismos y lombrices. En estos suelos pueden presentarse también procesos de translocación de arcillas que permitirán la formación de un horizonte de iluviación o argílico. Estos suelos en las llanuras y valles aluviales presentan texturas franco arenosas, arcillosas o franco arcillosas, pH ligeramente ácido a neutro y buena fertilidad. Estos suelos por sus buenas condiciones de fertilidad y manejo, son muy aptos para toda clase de cultivos.

Entisoles, con 103,45 ha, que representan un 0,28 % del área total del cantón, que son suelos que tienen muy poca o ninguna evidencia de formación o desarrollo de horizontes pedogenéticos, debido a que el tiempo de desarrollo ha sido muy corto o porque se encuentran sobre fuertes pendientes sujetas a erosión y otros porque están sobre planicies de inundación, condiciones que no permiten el desarrollo del suelo. Las condiciones de poco espesor o desarrollo del suelo limitan su uso; los principales problemas para su aprovechamiento constituyen la erosión, rocosidad, excesivos materiales gruesos, susceptibilidad a la inundación, saturación permanente de agua. Sin embargo los entisoles fértiles de los aluviones y llanuras costeras, sirven de sustento a una agricultura intensiva como es el caso de los suelos del banano y cacao en la Cuenca del Guayas, en donde los suelos son formados por sedimentos aluviales recientes, sobre planicies de inundación, abanicos y deltas de los ríos, terrazas y llanuras y su característica principal constituye presentar capas estratificadas de textura variable y distribución irregular en el contenido de materia orgánica.

- La información generada permite obtener una base sólida a partir de la cual pueden realizarse análisis interpretativos a nivel cantonal y parroquial, sobre potencialidades y/o limitaciones del recurso suelo, que pueden ser requeridos directa o indirectamente en la producción agrícola o fuera de ella.

- Del mapa de zonificación de tierras rurales se puede concluir que 23 441 ha son aptas para cultivos de tipo semipermanente y permanente (clases II, III y IV), lo que corresponde a 64,66% del área de estudio; 10 745 ha (29,67%) son tierras aptas para pastos (clase V); 454 ha (1,25%) son tierras con vocación forestal, aptas para la forestación o reforestación (clases VI); y finalmente una mínima área de 3 ha son tierras con ninguna vocación ni agropecuaria ni forestal (clase VIII), solo sirven para ser protegidas y/o conservadas.
- De los resultados de obtenidos de la capacidad de uso de las tierras clasificación de tierras, se concluye que 34 188 ha (94,34 %), poseen un potencial para agricultura y otros usos con diferentes grados de intensificación, repartidos de la siguiente manera:
  - Clase I.- Con muy ligeras limitaciones, con un 2,78 %.
  - Clase II.- Con algunas limitaciones, con un 53,07 %.
  - Clase III.- Con severas limitaciones, con un 8,84 %
  - Clase IV.- Con muy severas limitaciones, con un 29,65 %.
- La salud y estabilidad de las tierras en distintos sistemas productivos no tiene relación directa con el tamaño de los campos ni con la disponibilidad de recursos físicos o financieros. La pérdida de fertilidad, caída de rendimientos, aumento de la erosión u otros problemas se producen en grandes predios donde se trabaja en forma mecanizada, tanto como en pequeñas superficies donde se utiliza la tracción tradicional.

## CAPÍTULO VI

### RECOMENDACIONES

- Facilitar el acceso a la información generada a los gobiernos seccionales y comunidad científica interesada, como por ejemplo haciéndola accesible por Internet de forma libre.
- Emplear la información geomorfológica y de suelos generada para producir información referente a planes de desarrollo, procesos de valoración de tierra, planes de ordenamiento territorial, plan de manejo ambiental, zonificaciones agroecológicas, etc.
- Difundir ampliamente la información generada a instituciones y centros de educación superior, para su conocimiento y utilización en líneas de investigación aplicadas a esta temática.
- Actualizar y ajustar oportunamente la información generada en el marco de este proyecto, dependiendo de la disponibilidad de nuevos insumos y tecnologías.
- La clasificación de tierras rurales que se propone en el estudio se ajusta al Sistema del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, con las adiciones y aclaraciones que son necesarias, para nuestra realidad. El propósito es estudiar las diferentes Clases de Tierras, y mostrar su distribución en un Mapa Temático, para que tenga un valor real y práctico, y además preste utilidad a quien va a emplearlo.
- La metodología utilizada en el estudio llega a definir y elaborar en forma georeferenciada, una zonificación de las clases de tierras, la misma que ha sido concebida y utilizada para realizar los trabajos de valoraciones “in situ”. Cuando el sistema es aplicado a un nivel espacial mayor, tal como en el presente caso, a un cantón, la metodología presenta algunas restricciones ya que en superficies extensas, no se pueden efectuar mediciones específicas y puntuales que permitan caracterizar cada uno de los puntos del espacio territorial tal como se lo hace a nivel de predio. Así también la asignación de puntajes en rangos amplios hace que la aplicación de la valoración sea muy subjetiva, ya que ella puede variar de acuerdo a la subjetividad del especialista-evaluador.

## 8. BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

1. Bautista, F. y Palacios, G. 2005. Caracterización y manejo de los suelos de la Península de Yucatán: implicaciones agropecuarias, forestales y ambientales. Universidad Autónoma de Campeche, Universidad Autónoma de Yucatán, INE-Semarnat, Conacyt, México. sp.
2. Casanova, M. y Vera, W. 2004. Edafología, Guía de Clases Prácticas. Universidad de Chile. Chile, p. 51.
3. CODIGEM. 1979. Hoja Geológica, Portoviejo (hoja 13), El Empalme (hoja 30), Paján (hoja 14) y Vincas (hoja 31). Escala 1:100 000.
4. Cortés, A. y Malagón, D. 1983. Levantamientos de Suelos y sus Aplicaciones Multidisciplinarias. Centro Interamericano de Desarrollo Integral de Aguas y Tierras. Serie Suelos y Clima SC-58. Mérida- Venezuela. 409 p.
5. De La Rosa, D. 2008. Evaluación Agro-Ecológica de Suelos. Consejo Superior De Investigaciones Científicas (CSIC) Instituto de Recursos naturales y Agrobiología de Sevilla (IRNAS). Ediciones Mundi-Prensa Madrid- España. 404 p.
6. Derruau, M. 1970. Geomorfología. Ediciones Ariel S.A. Barcelona-España.
7. Dorronsoro, C. sf. Clasificación y cartografía de suelos. Departamento de Edafología y Química Agrícola. Universidad de Granada. España. Disponible en: <http://edafologia.ugr.es/cartografía/tema00/progr.htm> enero 2009.
8. Duque P. 2000. Léxico Estratigráfico del Ecuador. CODIGEM. Quito-Ecuador.
9. Elizalde, G. y Viloria, J. 2001. Lectura de mapas y ubicación de suelos. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. Departamento de Edafología. Práctica N°12. 4 p.
10. Espinosa, N. 1998. Modelo Agrológico para la Costa Sur Ecuatoriana. Quito. s.p.
11. Farr, T. 2008. The Shuttle Radar Topography Mission. California Institute of Technology, Pasadena, CA.
12. Felicísimo, A. 2004. Modelos Digitales del Terreno Introducción y aplicaciones en las ciencias ambientales. Disponible <http://www.etsimo.uniovi.es/~feli>.
13. Forsythe, W. 1995. Manual de laboratorio de física de suelos. Editorial IICA. San José de Costa Rica. p. 42
14. Foucalt, A. y Raoult, J-F. 1985. Diccionario de Geología. Primera Edición. Editorial Masson S.A. Barcelona-España.
15. Fuentes, J. 1999. El Suelo y los Fertilizantes. 5ª Edición. Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación. Ediciones Mundi- Prensa Madrid-España. p. 283-216
16. Gavande, S. 1993. Física de Suelos, principios y aplicaciones. Editorial Limusa-Wiley, S. A. p. 34
17. González, A.; Maldonado, F.; Mejía, L. 1986. Memoria explicativa del mapa de suelos del Ecuador. Quito, Sociedad Ecuatoriana de la Ciencia del Suelo. 41 p.
18. Gutierrez, M. 2008. Geomorfología. Pearson Educación S.A. Madrid-España.

19. ICA. 1992. Fertilización en diversos cultivos. Quinta aproximación. Manual de Asistencia Técnica N° 25. Subgerencia de Investigación. Sección Recursos Naturales. Centro de Investigación Tibaitatá. Bogotá-Colombia. 64 p.
20. INPOFOS 1998. Memorias del seminario Internacional de Fertigación. Sociedad Ecuatoriana de la Ciencia del Suelo (SECS) Quito – Ecuador. p. 180 – 193
21. Instituto Autónomo Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP). 2006. Física de Suelos. Estación Experimental Santa Catalina - Departamento de Manejo de Suelos y Aguas. Quito-Ecuador. 51 p.
22. Instituto Autónomo Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP). 2006. Química de Suelos. Estación Experimental Santa Catalina - Departamento de Manejo de Suelos y Aguas. Quito-Ecuador. 41 p.
23. Instituto Autónomo Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP).2000. Metodologías de Análisis Físico Químico de Suelos, Aguas y Foliare. Laboratorio del Departamento de Manejo de Suelos y Aguas. Estación Experimental Santa Catalina. 3ª. Aproximación. Elaborado por Soraya Alvarado. Quito – Ecuador. 61 p.
24. Instituto Geográfico Agustín Codazzi. 1973. Métodos analíticos del laboratorio de suelos. Ministerio de Hacienda y Crédito Público. 3era. Edición. 153 p.
25. Instituto Nacional de Ecología. 2005. El establecimiento de Geoparques en México: un método de análisis geográfico para la conservación de la naturaleza en el contexto del manejo de cuencas hídricas. Dirección General de Investigación de Ordenamiento Ecológico y Conservación de Ecosistemas. Dirección de manejo integral de cuencas hídricas.
26. Jarvis, A. et al. 2004. Practical use of SRTM data in the tropics – Comparisons with digital elevation models generated from cartographic data. International Centre for Tropical Agriculture (CIAT). Working document No. 198.
27. Luzuriaga, C. y Mendoza, E. 1992 Métodos de Análisis Suelos y Foliare. ORSTOM. Tumbaco. p. 41 - 48.
28. MAG-IICA-CLIRSEN. 2002. Proyecto Generación de Información Georeferenciada para el Desarrollo Sustentable del Sector Agropecuario. Informe Final. Quito.
29. Mejía, L. 1997. Mapa General de Clasificación por Capacidad – Fertilidad Suelos del Ecuador. Fundación Peña Durini- Instituto de la Potasa y el Fosforo –Instituto Geográfico Militar-Instituto Panamericano de Geografía E Historia. Quito – Ecuador. 57 p.
30. Mejía, L. 2009. Manual para el levantamiento de Suelos de la Cuenca del Río Guayas. Enfoque Fisigráfico. Quito – Ecuador. 50 p.
31. Mendoza, E. 2009. Laboratorio de Suelos Agrocalidad - Información del INIAP. Comunicación personal.
32. Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca (MAGAP) y Programa de Regulación y Administración de Tierras Rurales (PRAT) 2008. Metodología de Valoración de Tierras. Quito- Ecuador. p. 88, 129.
33. Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) y Office de la Recherche Scientifique Et Tecchique Outre Mer (ORSTROM). 1980. Leyenda de

- Mapas de Suelos de la Tierra Escala 1: 50 000. Programa Nacional de Regionalización Agraria (PRONAREG). Ecuador. 12 p.
34. Ministerio de Hacienda y Crédito Público. 1973. Métodos Analíticos del Laboratorio. Instituto Geográfico Agustín Codazzi – Dirección Agrológica 3ª. Edición. Bogotá D. E. 153 p.
  35. Moreno, A. et al. 2008. Sistemas y Análisis de la Información Geográfica. 2da. edición.
  36. Muñoz, C. sf. Métodos de análisis físicos-químicos de suelos. Quito Ecuador. p. 17-18.
  37. Navarro, G. 2003. Química Agrícola. El Suelo y Los Elementos Químicos Esenciales para la Vida Vegetal. 2ª. Edición. Ediciones Mundi-Prensa Madrid- España. 487 p.
  38. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). 2009. Guía para la descripción de suelos. Traducción al español de Vargas R. 1era edición en español 2009. Proyecto FAO-SWALIM, Nairobi, Kenya-Universidad Mayor de San simón. Roma. 99 p.
  39. Osorio, N. sf. Muestreo de Suelos. Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia. sp.
  40. Porta, J.; López-Acevedo, M. y Poch, R. 2008. Introducción a la Edafología: uso y protección del suelo. Ediciones Mundi-Prensa. p. 235; 345-359
  41. Porta, J. y Acevedo, M. 2005. Agenda de Campo de Suelos. Ediciones Mundi Prensa. Madrid – España. p. 500
  42. Porta, J.; López - Acevedo, M. 2003. Edafología para la Agricultura y el Medio Ambiente. Ediciones Mundi- Prensa. Madrid- España. p. 38.
  43. Potash & Phosphate Institute. 1997. Manual Internacional de Fertilidad de Suelos. Referencia No. 962007. Ítem No. SP-5070 p. 1-9
  44. Richards, L. 1970. Diagnóstico y rehabilitación de suelos salinos y sódicos. México, Centro Regional de Ayuda Técnica. 169 p.
  45. Rioduero. 1972. Geología y Mineralogía. Ediciones Rioduero. Madrid-España.
  46. Romer H. 1969. Fotogeología Aplicada. Editorial Universitaria. Buenos Aires- Argentina.
  47. Rossiter, D. 2000. Metodologías para el levantamiento del recurso suelo, Texto Base. Traducción y adaptación. Vargas, R. 2004. Soil Science Division, ITC.
  48. Rossiter, D. 1999. Notas de conferencia: Bases de datos geográficos de suelos y el uso de programas para su construcción. International Institute for Geo-information Science & Earth Sciences (ITC). Traducción al Español de: Vargas R. 1era edición en español 2006. Universidad Mayor de San Simón – Centro Clas. 58 p.
  49. Sánchez, J. sf. “Proceso de rectificación de una imagen aérea para obtener una ortoimagen digital”.
  50. Soil Survey Division Staff SSDS. 1993. Soil Survey Manual. National Soil Survey Center.
  51. Tarbuck E., Lutgens F. 2008. Ciencias de la Tierra (Una introducción a la geología física). Editorial Prentice Hall. Octava edición. España.
  52. Thompson, L.; Troeh, F. 1988. Los Suelos y su Fertilidad. 4ª. Edición. Editorial Reverté S.A. Barcelona- España. 649 p.



53. United States Department of Agriculture Natural Resources Conservation Service (USDA). 1999. *Soil Taxonomy: A Basic System of Soil Classification for Making and Interpreting Soil Surveys*. Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, Servicio de Conservación de Recursos Naturales. Segunda Edición. Washington. 869 p.
54. United States Department of Agriculture Natural Resources Conservation Service (USDA). 2006. Claves para la Taxonomía de Suelos. Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, Servicio de Conservación de Recursos Naturales. Traducción de: Ortiz S., C. A. y Ma. del C. Gutiérrez C. 1° edición en español 2006. Colegio de Postgraduados. 331 p.
55. Van Zuidam, R.A. 1985. Aerial Photo-Interpretation in Terrain Analysis and Geomorphologic Mapping. Printed Smith Publishers. Netherlands.
56. Villota, H. 1991. Geomorfología Aplicada a Levantamientos Edafológicos y Zonificación Física de las Tierras. Primera parte. Bogota –Colombia.
57. Whitten D. y Bropks, J. 1980. Diccionario de Geología. Primera Edición en Castellano. Editorial Alianza, Madrid-España.
58. Winckell, A. et al. 1997. Los Paisajes Naturales del Ecuador. Tomo IV Volumen 2 Geografía Física. Editorial Talleres Gráficos IGM. Quito-Ecuador.
59. Cuello, M. 2003. Estimación de la producción y transporte de sedimentos en la cuenca alta del río Yaque del norte y del río Guanajuma República Dominicana. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 8 p.
60. CLIRSEN (Centro de Levantamientos Integrados de Recursos Naturales por Sensores Remotos). 1990. Manual para estudios de suelos. Quito, EC. p. 36-44
61. De La Rosa, D. 2008. Evaluación agro-ecológica de suelos. Madrid, ES, Ediciones Mundi-Prensa. p. 53, 61, 223-255, 404.
62. Duch, J; Bayona, A; Labra, C; Gama, A. sf. Sistema de evaluación de tierras para la determinación del uso potencial agropecuario y forestal de México. 30. p.
63. FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 2009. Guía para la descripción de suelos. Trad. R. Vargas. 1 ed. Roma. 99 p.
64. FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 1997. Zonificación agroecológica: Guía general. Boletín de suelos de la FAO 73 . Roma. 99 p. s.p.
65. \_\_\_\_\_.2003. Proyecto regional “Ordenamiento territorial rural sostenible”: Evaluación de tierras con metodologías de FAO. Santiago, CL. p. 4, 21.
66. González, A; Maldonado, F.; Mejía, L. 1986. Memoria explicativa del mapa de suelos del Ecuador. Quito, EC, Sociedad Ecuatoriana de la Ciencia del Suelo. 41 p.
67. Guarachi, E. BO. 2001. Clasificación de tierras según su capacidad de uso mayor en el distrito de Machaca, provincia de Ayopaya. Tesis de maestría profesional en suelos. BO, CLAS. p. 16,18.
68. INAB (Instituto Nacional de Bosques). sf. Clasificación de tierras por capacidad de uso. GT. p. 9, 12.

69. INPOFOS (Instituto de la Potasa y el Fósforo). 1997. Manual internacional de fertilidad de suelos. Norcross, USA, Potash & Phosphate Institute. p. 1-9.
70. Mejía, L. 2009. Manual para el levantamiento de suelos de la cuenca del río Guayas: enfoque fisiográfico. Quito, EC. 50 p.
71. MAGAP (Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca, EC); PRAT (Programa de Regulación y Administración de Tierras Rurales, EC). 2008. Metodología de valoración de tierras. Quito. p. 88, 93-99, 129.
72. MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería, CR); MIRENEM (Ministerio de Recursos Naturales Energía y Minas, CR). 1995. Metodología para la determinación de la capacidad de uso de las tierras de Costa Rica. p. 23-25.
73. Miller, A. 1982. Climatología. Quinta edición. Barcelona, España. p 15.
74. Pereira, J. 2000. Clasificación de tierras según su capacidad de uso mayor en la cuenca Viloma (Método T. C. Sheng). Tesis maestría profesional en: Información de suelos para el manejo de recursos naturales. BO, CLAS. 4. p.
75. Porta, J; Acevedo, M. 2005. Agenda de campo de suelos. Madrid, ES, Ediciones Mundi-Prensa. p. 541.
76. Richters, E. 1995. Manejo del uso de la tierra en América Central hacia el aprovechamiento sostenible del recurso tierra. San José, CR. p. 169-173.
77. Rossiter, D. 1996. Evaluación de tierras: Éxitos y retos. XIII Congreso Latino Americano de la Ciencia del Suelo. Sao Paulo, Brasil. s.p.
78. Torres, E. 1981. Manual de conservación de suelos agrícolas. 1 ed. México. Editorial Diana. p. 29-31.
79. Winckell, A; Marocco, R.; Winter, T.; Huttel, C.; Pourrut, P.; Zebrowski, C.; Sourdat, M. 1997b. Las condiciones del medio natural. Quito, EC, CEDIG, IPGH, ORSTOM, IGM. v. 1 (Geografía Básica del Ecuador), tomo 4 (Geografía Física), 159 p.
80. Yugcha, T. 1992. Mapa de aptitudes agrícolas. s.p.