

## **MEMORIA TÉCNICA**

### **CANTÓN PENIPE**

#### **PROYECTO:**

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

### **GEOMORFOLOGÍA**

**AGOSTO, 2015**

## PERSONAL PARTICIPANTE

### Unidad MAGAP-PRAT, SIGTIERRAS:

José Duque  
Sandra González  
Xavier Andrade  
Óscar Garzón

### Consortio TRACASA-NIPSA:

#### Responsables:

Joaquín del Val  
Idurre Barinagarrementería

#### Memoria:

Javier Reina  
Marta San Segundo  
Baldomer Corderroure  
Jorge Navarro  
Oriol Pedraza  
Lorena Piedra  
Anna Pibernat  
Isaac Pérez  
Katia Olivos

#### Fotointérpretes:

Sergio Andrade  
Lucía Avilés  
Anna Bordetas  
Leonardo Calle  
Baldomer Corderroure  
Yetzabel Flores  
Jorge Navarro  
Juan Agustín Núñez  
Katia Olivos  
Oriol Pedraza  
Isaac Pérez  
Lorena Piedra  
Anna Pibernat  
Javier Reina  
Angélica Robles  
Mariana de J. Yaguana

**FISCALIZACIÓN** realizada por la Asociación ACOTECNIC – INGEOMATICA

## ÍNDICE

---

<b>I.</b>	<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
1.1.	El Proyecto de Cartografía Temática de Ecuador .....	2
1.2.	Objetivos .....	3
1.2.1.	Objetivos generales del proyecto .....	3
1.2.2.	Objetivos del estudio geomorfológico .....	3
1.3.	Antecedentes de este estudio .....	4
<b>II.</b>	<b>METODOLOGÍA .....</b>	<b>5</b>
2.1.	Características del producto esperado .....	5
2.2.	Etapas metodológicas.....	5
2.2.1.	Recopilación de información .....	6
2.2.1.1.	Insumos básicos: MDT, ortofotos y otras imágenes .....	6
2.2.1.2.	Insumos complementarios .....	6
2.2.2.	Fotointerpretación .....	7
2.2.2.1.	<i>Software</i> empleado .....	9
2.2.3.	Fase de campo .....	9
2.2.3.1.	Criterios para la validación en campo .....	9
2.2.3.2.	Validación y adquisición de datos de campo .....	9
2.2.4.	Integración de datos y adecuación cartográfica final .....	10
2.2.5.	Mapa y leyenda .....	10
2.2.5.1.	Explicación de la leyenda .....	10
2.2.5.2.	Esquemas: Relieve y Paisaje (Contextos Morfológicos), Esquema Geológico y Pendientes ....	13
2.3.	Control de calidad.....	14
2.4.	Insumos utilizados para la cartografía geomorfológica del cantón .....	15
<b>III.</b>	<b>RESULTADOS.....</b>	<b>17</b>
3.1.	Levantamiento de información.....	17
3.2.	Regiones y Dominios Fisiográficos.....	18
3.2.1.	Dominio Fisiográfico Sistema volcánico.....	19
3.2.2.	Dominio Fisiográfico Cimas frías de las Cordilleras Occidental y Real .....	20
3.2.3.	Dominio Fisiográfico Vertientes y relieves de Cuencas Interandinas.....	20
3.2.4.	Dominio Fisiográfico Medio aluvial de Sierra .....	21
3.3.	Contextos Morfológicos.....	22

3.3.1. Construcciones de tipo estrato-volcán y formas asociadas .....	22
3.3.2. Paisajes glaciares .....	23
3.3.3. Vertientes y relieves superiores de las cuencas interandinas, con cobertura piroclástica (Sierra Norte) .....	23
3.3.4. Vertientes y relieves inferiores de las cuencas interandinas, con cobertura piroclástica. Sierra Norte .....	24
3.3.5. Medio aluvial de Sierra .....	25
3.4. Geformas y formaciones geológicas presentes en el cantón .....	26
3.5. Descripción de geformas .....	31
3.5.1. Fluvial .....	31
3.5.1.1. Valle fluvial, llanura de inundación (F1) .....	31
3.5.1.2. Terraza baja y cauce actual (sobreexcavación de cauce en llanura de inundación) (F2) .....	31
3.5.1.3. Valle en V (E1) .....	32
3.5.1.4. Barranco (E2) .....	33
3.5.1.5. Garganta (E3) .....	33
3.5.1.6. Encañonamiento (E4) .....	34
3.5.1.7. Terraza media (Tm) .....	34
3.5.1.8. Terraza colgada (Tc) .....	35
3.5.1.9. Vertiente o abrupto de terraza (Tv) .....	36
3.5.1.10. Superficie de cono de deyección (Cd1) .....	36
3.5.2. Laderas .....	37
3.5.2.1. Vertiente rectilínea (Lr1) .....	37
3.5.2.2. Vertiente rectilínea con fuerte disección (Lr2) .....	38
3.5.2.3. Vertiente abrupta (La1) .....	38
3.5.2.4. Vertiente heterogénea (Lh1) .....	39
3.5.2.5. Vertiente rocosa (Lh3) .....	39
3.5.2.6. Vertiente heterogénea con fuerte disección (Lh4) .....	39
3.5.2.7. Escarpe de deslizamiento (Lh6) .....	40
3.5.2.8. Coluvión antiguo (Col2) .....	40
3.5.2.9. Depósitos de deslizamiento, masa deslizada (Ld1) .....	41
3.5.2.10. Talud de derrubios (Ld4) .....	41
3.5.2.11. Testigo de glacis de esparcimiento (Pd4) .....	42
3.5.3. Glaciar y periglaciar .....	42
3.5.3.1. Circo glaciar (Gf1) .....	42
3.5.3.2. Cubeta glaciar (Gf2) .....	43
3.5.3.3. Fondo de valle glaciar (Gf3) .....	43
3.5.3.4. Vertiente de valle glaciar (Gf4) .....	43
3.5.3.5. Valle glaciar colgado (Gf5) .....	44
3.5.3.6. Rocas aborregadas (Gf7) .....	44

3.5.3.7.	Laguna glaciar (Gf8) .....	44
3.5.3.8.	Morrena de fondo (Gd1) .....	44
3.5.3.9.	Morrena lateral (Gd2).....	45
3.5.3.10.	Morrenas (Gd4) .....	45
3.5.3.11.	Depósito glaciar modelado por acción fluvial (Gd6).....	45
3.5.3.12.	Hondonadas pantanosas de origen glaciar-periglacial (Gp2).....	45
3.5.4.	Volcánico .....	46
3.5.4.1.	Cono sin actividad volcánica actual e intenso retoque glaciar (Vci1) .....	46
3.5.4.2.	Cono muy bien conservado con actividad volcánica actual y moderado retoque glaciar (Vca2) 46	
3.5.4.3.	Cráter (Vc1).....	47
3.5.4.4.	Laguna en fondo de cráter o caldera (Vc5).....	47
3.5.4.5.	Rampas de piedemonte de cono volcánico (Vc8).....	47
3.5.4.6.	Colada de lava antigua (Vc10).....	48
3.5.4.7.	Relieve volcánico colinado medio (Rv9) .....	48
3.5.4.8.	Relieve volcánico colinado muy alto (Rv11).....	48
3.5.4.9.	Superficie volcánica ondulada (RvSo) .....	49
3.5.5.	Poligénicas.....	49
3.5.5.1.	Coluvio-aluvial reciente (Coa1).....	49
3.5.5.2.	Coluvio-aluvial antiguo (Coa2) .....	50
3.5.5.3.	Superficie inclinada (Si2).....	50
3.5.5.4.	Interfluvio de cimas redondeadas (Ar1) .....	51
3.5.5.5.	Interfluvio de cimas estrechas (Ar2) .....	51
<b>IV.</b>	<b>RESUMEN Y CONCLUSIONES .....</b>	<b>52</b>
<b>V.</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>55</b>
5.1.	Referencias generales .....	55
5.2.	Bibliografía citada .....	56

**ANEXO I. MODELO DE FICHA DE CAMPO**

**ANEXO II. CÓDIGOS DE FICHAS DE CAMPO LEVANTADAS EN EL CANTÓN**

**ANEXO III. GLOSARIO DE GEOFORMAS**

**ANEXO IV. ATRIBUTOS DE LAS GEOFORMAS**

## LISTA DE CUADROS

---

<b>Cuadro 2.1.</b> Grupos genéticos y subgrupos en que se encuadran las geoformas .....	11
<b>Cuadro 2.2.</b> Índice de cartas topográficas utilizadas para el cantón Penipe .....	16
<b>Cuadro 3.1.</b> Región y dominios fisiográficos presentes en el cantón Penipe.....	19
<b>Cuadro 3.2.</b> Contextos morfológicos presentes en el cantón Penipe .....	22
<b>Cuadro 3.3.</b> Contextos morfológicos y geoformas presentes en el cantón .....	26
<b>Cuadro 3.4.</b> Formaciones geológicas y depósitos superficiales presentes en el cantón .....	29

## LISTA DE FIGURAS

---

<b>Figura 1.1.</b> Distribución geográfica de la zona de estudio dentro del área continental .....	2
<b>Figura 2.1.</b> Mapa sintético de procesos en el diseño y producción de la cartografía geomorfológica.....	5
<b>Figura 2.2.</b> Plan de calidad en la cartografía geomorfológica, principales hitos .....	14
<b>Figura 2.3.</b> Insumos de base de generación de los MDT en el cantón Penipe.....	15
<b>Figura 3.1.</b> Localización de recorridos y fichas de campo del cantón Penipe .....	17
<b>Figura 3.2.</b> Distribución geográfica de los diferentes dominios fisiográficos presentes en el cantón Penipe .....	18

## LISTA DE FOTOS

---

<b>Foto 1.</b> Terraza baja y cauce actual del río Puela. Sector Puela .....	32
<b>Foto 2.</b> Valle en V en el río Blanco sobre Volcánicos El Altar. Sector Loma Ambasay .....	32
<b>Foto 3.</b> Barranco río Yuragyacu sobre Volcánicos El Altar. Sector Filo de Chaupitarau .....	33
<b>Foto 4.</b> Garganta desarrolla sobre material piroclástico del Tungurahua. Sector quebrada Mapayacu .....	34
<b>Foto 5.</b> Depósito superficial de terrazas colgadas. Sector de confluencia de los ríos Chambo y Puela .....	35
<b>Foto 6.</b> Superficie de cono de deyección. Sector quebrada de Romero .....	36
<b>Foto 7.</b> Vertiente rectilínea sobre Volcánicos El Altar. Sector río Yuragyacu .....	37
<b>Foto 8.</b> Vertiente abrupta en Volcánicos El Altar. Sector Cerro Bañay .....	39
<b>Fotos 9 y 10.</b> Coluvión antiguo. Sector quebrada Cucho Huaycu. Detalle de los depósitos superficiales. Sector Playas de Chambo (carretera Baños-Penipe).....	41
<b>Foto 11.</b> Testigo de glacis de esparcimiento. Sector Loma Chiguazo.....	42
<b>Foto 12.</b> Cono muy bien conservado con actividad volcánica actual y moderado retoque glaciar (volcán Tungurahua, en pleno proceso eruptivo) .....	47
<b>Foto 13.</b> Rampas de piedemonte de cono volcánico. Sector Puela .....	48
<b>Fotos 14 y 15.</b> Superficie volcánica ondulada y detalle del depósito volcánico (cenizas y piroclastos de El Altar). Sector San Antonio de Bayushig .....	49
<b>Foto 16.</b> Coluvio-aluvial reciente. Sector río Palictagua.....	50
<b>Foto 17.</b> Interfluvio de cimas redondeadas. Sector Loma Pogyo .....	51

## I. INTRODUCCIÓN

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

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

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

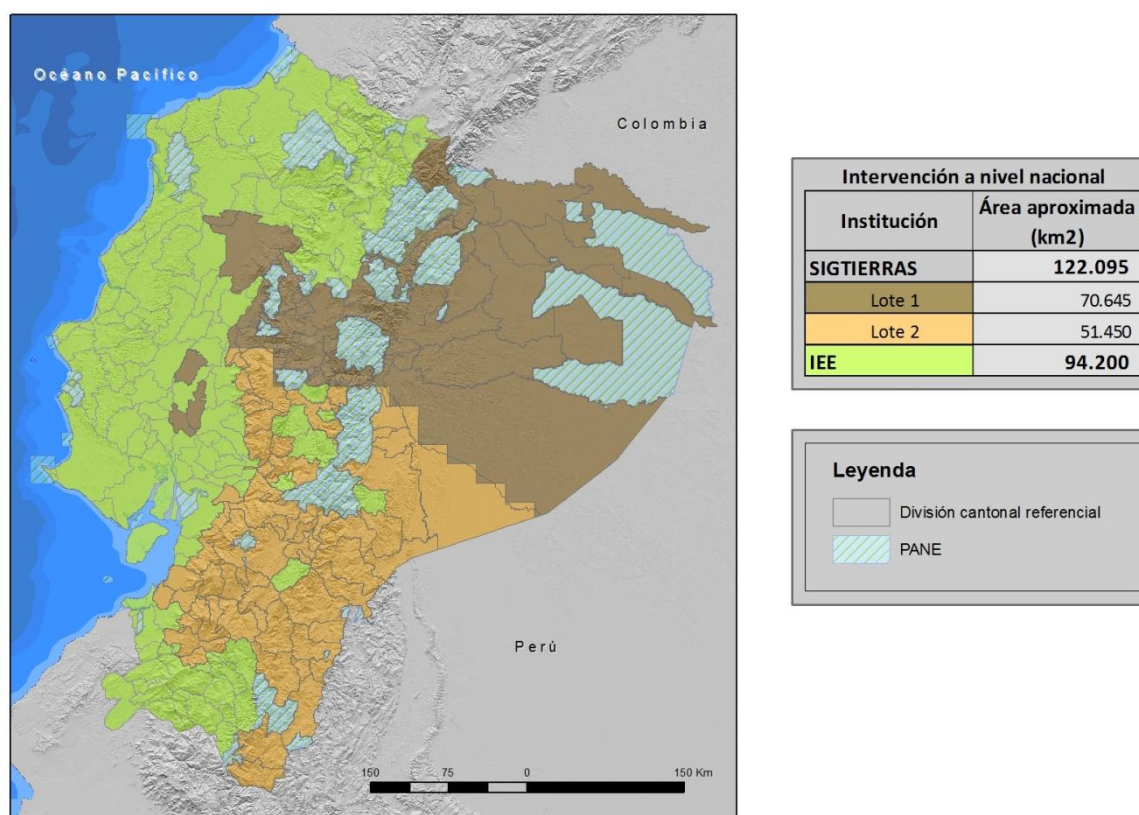
- Fotografía aérea y ortofotografía a nivel nacional.
- Levantamiento de información de barrido predial, con participación de los GAD Municipales, en 58 cantones.
- Elaboración de cartografía temática en coordinación con otras iniciativas gubernamentales.
- Actualización de la metodología y aplicación para la valoración predial.
- Puesta en marcha del nuevo sistema SINAT.

Dentro del componente de cartografía temática, en una labor conjunta con el Instituto Espacial Ecuatoriano (IEE), MAGAP-SIGTIERRAS genera cartografía temática a Escala 1:25.000 de las siguientes temáticas:

1. Cobertura y uso de la tierra
2. Sistemas productivos
3. Geomorfología
4. Suelos
5. Capacidad de uso de la tierra
6. Dificultad de labranza
7. Zonas homogéneas de cultivos
8. Peligros volcánicos
9. Accesibilidad a la red vial
10. Accesibilidad a infraestructura de acopio y facilidades agrícolas
11. Accesibilidad a centros económicos importantes
12. Zonas homogéneas de accesibilidad

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

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



Fuente: CTN

### 1.1. El Proyecto de Cartografía Temática de Ecuador

El Levantamiento de Cartografía Temática a Escala 1:25.000 de Ecuador (LCT) pretende generar, en un área de trabajo de 122.095 km<sup>2</sup>, cartografía digital y bases de datos territoriales sobre: Geomorfología, Suelos y su Capacidad de uso, Dificultad de Labranza, Cobertura y uso de la tierra, Zonas homogéneas de cultivo y Sistemas Productivos. Para todo el territorio nacional se ha realizado la actualización de la cartografía existente de Peligros Volcánicos y se han elaborado cartografías de Accesibilidad a la Red Vial, a Infraestructuras de Acopio y Facilidades Agrícolas, a Centros Económicos Importantes y Zonas Homogéneas de Accesibilidad.

El proyecto, financiado por el Banco Interamericano de Desarrollo, consta de dos LOTES, según consta en la Figura 1.1:

- i. LOTE 1, que ocupa una superficie de 70.645 km<sup>2</sup>; y,
- ii. LOTE 2, que ocupa una superficie de 51.450 km<sup>2</sup> y en ambos se incluyen las temáticas a nivel de territorio nacional.

Los dos lotes fueron adjudicados al Consorcio TRACASA-NIPSA (CTN) mediante los Contratos de Servicios de Consultoría Nos. UE MAGAP-PRAT-105-2013 para el Levantamiento de Cartografía Temática a Escala 1:25.000, Lote 1 y UE MAGAP-PRAT-106-2013 para el Levantamiento de Cartografía Temática a Escala 1:25.000, Lote 2, ambos con fecha 9 de diciembre de 2013.

## 1.2. Objetivos

### 1.2.1. Objetivos generales del proyecto

El Proyecto de Levantamiento de Cartografía Temática (LCT) tiene como objetivos generales, entre otros, los siguientes:

- Identificar la calidad del suelo de todo el país.
- Identificar sus mejores usos: cultivos más productivos y tecnologías más adecuadas para el territorio.
- Apoyar al mejor uso y aprovechamiento de los recursos vegetales del territorio y contribuir a elevar su productividad agropecuaria.
- Apoyar la planificación y el ordenamiento territorial a nivel parroquial, cantonal, municipal y provincial.

La Cartografía Geomorfológica, dentro de los objetivos generales del conjunto del proyecto, aporta las bases de conocimiento del paisaje físico y constituye uno de los principales insumos para el levantamiento edafológico, formando con éste la componente Geopedológica. De hecho, para entender los procesos de formación de suelos se ha de disponer de un profundo conocimiento de su entorno geomorfológico. La geopedología, por lo tanto, se entiende como la integración de la geomorfología y la pedología usando como herramienta la primera para mejorar y acelerar los levantamientos de suelos, así como para implementar un modelo espacial que facilite su caracterización y permita establecer sus posibles relaciones con el paisaje.

### 1.2.2. Objetivos del estudio geomorfológico

Los objetivos específicos de la Cartografía Geomorfológica son:

- Generar una cartografía y base de datos asociada que permitan comprender el territorio de estudio desde el punto de vista de su relieve y paisaje físico.
- Categorizar el territorio, a través de un sistema jerárquico, en unidades que presentan rasgos y características comunes según la escala de análisis realizada. De más general a más particular, el territorio queda definido por diferentes Regiones, Dominios Fisiográficos, Contextos Morfológicos y Geoformas (o Unidades Geomorfológicas), categoría ésta última que supone la de mayor detalle de las consideradas.
- Disponer de una cartografía de referencia que, además de su utilidad para el levantamiento edafológico, constituya un elemento de referencia para otras actividades del proyecto y una fuente de información fundamental para la implementación de planes, programas y proyectos con incidencia en el territorio.

### 1.3. Antecedentes de este estudio

El Gobierno del Ecuador requirió disponer entre sus estrategias, a finales de la década pasada, de un conjunto de geoinformación que contribuyera a la gestión territorial, mejoramiento y sostenibilidad de la productividad agraria. El Proyecto de Generación de Geoinformación fue declarado prioritario por el Gobierno Nacional, en consideración a la necesidad de contar con información fundamental actualizada sobre aspectos edáficos, hidrológicos, climáticos y socioeconómicos, importantes para el desarrollo del país. El estudio geomorfológico queda incluido como una de las actividades del proyecto.

SIGTIERRAS, Programa Sistema Nacional de Información y Gestión de Tierras Rurales e Infraestructura Tecnológica del Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuicultura y Pesca (MAGAP), gestiona la construcción de una base de datos de tierras rurales y se encarga de obtener y proporcionar información para la planificación del desarrollo nacional, el ordenamiento territorial y las decisiones estratégicas para el área rural, entre otras funciones. Desde 2013 es responsable de continuar con el proyecto de Cartografía Temática, iniciado unos años antes.

La generación de geoinformación, con metodología y planteamientos que en gran parte se continúan en este proyecto, fue comenzada por CLIRSEN (actualmente IEE, Instituto Espacial Ecuatoriano) en 2009, en coordinación con SENPLADES (Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo). Ese mismo organismo ya había llevado a cabo diversos estudios geomorfológicos con anterioridad, que seguían, a grandes rasgos, las pautas establecidas en trabajos anteriores generados en el convenio PRONAREG-ORSTOM.

El PRONAREG (Programa Nacional de Regionalización Agraria), del Ministerio de Agricultura y Ganadería del Ecuador, fue un programa que trabajó en los años 70 y 80 del pasado siglo XX, para realizar el inventario socioeconómico y de los recursos naturales renovables, en el que colaboró la institución francesa ORSTOM (*Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-mer*). Consecuencia de esta colaboración fueron los mapas morfopedológicos (escalas 1:200.000 y 1:500.000), realizados entre los años 1979 a 1984, destacada fuente de información territorial a pequeña-mediana escala. La colaboración PRONAREG-ORSTOM culminó, en lo que se refiere específicamente a la relación entre paisaje, geomorfología y suelos, con la publicación "Los paisajes naturales del Ecuador: las regiones y paisajes del Ecuador" (IPGH, ORSTOM e IGM, 1997, bajo la coordinación científica de A. Winckell). En dicha publicación, además, se incluye el Mapa de *Paisajes Naturales del Ecuador* a Escala 1:1.000.000. Este trabajo es, desde su aparición, la principal referencia a nivel nacional en las temáticas geomorfológica y geopedológica.

## II. METODOLOGÍA

### 2.1. Características del producto esperado

El área general de trabajo se localiza en el territorio nacional continental, siendo la unidad de estudio el cantón.

Como parámetros y unidades específicas de trabajo se establecen las siguientes:

- Escala: 1: 25.000
- Nivel de Estudio: semi-detallado
- Unidad mínima de mapeo: 1 ha
- Sistema espacial de referencia: SIRGAS UTM Zonas 17S y 18S
- Formato digital de entrega: \*.gdb
- Insumos básicos: ortofotos, modelo digital del terreno (MDT), mapas geológicos, de paisaje, geomorfológicos y morfopedológicos
- Técnica: fotointerpretación geomorfológica digital 3D
- Campo: comprobación de unidades geomorfológicas interpretadas
- Productos a entregar: mapa temático y memoria técnica geomorfológica

### 2.2. Etapas metodológicas

Los principales procesos llevados a cabo en las fases de diseño y producción de la cartografía geomorfológica se esquematizan en la figura 2.1.

**Figura 2.1.** Mapa sintético de procesos en el diseño y producción de la cartografía geomorfológica.



Fuente: CTN

En los siguientes subapartados, se sintetizan las principales actividades y tareas que se han llevado a cabo para cubrir los objetivos del estudio geomorfológico y para la obtención de los diferentes productos de que consta.

### 2.2.1. Recopilación de información

Esta fase comprende:

- Preparación de los insumos básicos: MDT y ortofotos (en áreas no cubiertas por ortofotos se utilizan distintos tipos de imágenes satelitales).
- Preparación y obtención de información auxiliar: red de drenaje, mapa de pendientes y mapa de sombras con efecto 3D a partir del MDT (*hillshade*).
- Revisión de otros levantamientos y cartografías preexistentes y de su disponibilidad: mapas morfológicos, geológicos, morfopedológicos, mapas topográficos y mapas de curvas de nivel, principalmente.

#### 2.2.1.1. Insumos básicos: MDT, ortofotos y otras imágenes

En algo más del 90% del área de estudio, se dispone de MDT y ortofotos, facilitados por SIGTIERRAS. En estas zonas, se procede directamente a construir el modelo estéreo sintético por carta 1:50.000.

En el área restante, se genera el MDT de dos formas: a) en zonas de cierta amplitud y continuidad (que, en total, representan unos 10.300 km<sup>2</sup>), se utilizan los fotogramas de los vuelos 1:60.000 del IGM y se procede a su aerotriangulación con el apoyo de la cartografía 1:50.000, finalizando mediante un proceso de correlación hasta obtener el MDT; b) en pequeñas zonas y pasillos sin MDT ni ortofotos (que suponen alrededor de 480 km<sup>2</sup>), se genera el MDT utilizando la información de las curvas de nivel de la cartografía 1:50.000 y otros MDT disponibles, de tal forma que queden en continuidad con el resto del territorio colindante.

En las zonas no cubiertas por ortofotos, se dispone de alguna de las siguientes imágenes satelitales: Rapideye, Spot 6, VHR, WorldView-1 y WorldView-2.

#### 2.2.1.2. Insumos complementarios

Los insumos complementarios, básicamente, son:

- Cartografía geológica. La base principal de esta información procede de la cartografía geológica del INIGEMM (Instituto Nacional de Investigación Geológica, Minero, Metalúrgico), a escalas 1:100.000 (Sierra y Costa) y 1:250.000 (Oriente). Dicha cartografía geológica fue proporcionada al inicio de este proyecto, en febrero de 2014, por el mencionado organismo, competente en el levantamiento y difusión de dicha información, y que constituye el principal referente de tal información. La mayoría de estos mapas están publicados por instituciones antecesoras al INIGEMM, organismo que asume desde 2009 las competencias referidas a la generación de información geológica del país y que con anterioridad fue denominado DGGM (Dirección General de Geología y Minas) y CODIGEM

(Corporación de Desarrollo e Investigación Geológico-Minero-Metalúrgica). Otros organismos, como INEMIN (Instituto Ecuatoriano de Minería), también participaron en la publicación de algunas de estas cartas.

Asimismo, se han utilizado otras fuentes de información en función de la situación del área a fotointerpretar, de la disponibilidad de cartografías geológicas públicas y de carácter oficial, y de que dichas cartografías cubrieran, bajo criterios homogéneos, una extensión significativa de territorio. Los mapas geológicos de la República del Ecuador a escala 1:1.000.000 (años 1982 y 1993), el Mapa Geológico de la Cordillera Occidental del Ecuador (escala 1:200.000, años 1997 y 1998) y el Mapa Geológico de la Cordillera Oriental (escala 1:500.000, año 1994), preparados y publicados por la CODIGEM con la colaboración de organismos británicos, han sido otras fuentes de información geológica adicionales.

- Mapas geomorfológicos, morfopedológicos y de suelos, realizados por PRONAREG-ORSTOM, a escala 1:200.000 (Costa y Sierra) y 1:500.000 (Amazonía), realizados entre los años 1979 y 1984.
- Mapas de sombras con efecto 3D, elaborado a partir del MDT y el modelo *hillshade* de ArcMap.
- Red de drenaje generada a partir del MDT, con ayuda de la delimitada en la cartografía a escala 1:5.000. Las herramientas que se utilizan para su obtención son ArcGIS 10, ArcHydro y ETGeowizard.
- Mapa de pendientes. Información generada a partir del MDT (de 3 metros en Sierra, 4 metros en Costa y 5 metros en Amazonía).
- Mapa de Paisajes Naturales del Ecuador, escala 1: 1.000.000 (Winckell, 1997), cartografía que ha servido de base para establecer el sistema de jerarquía del relieve en que se estructura la información geomorfológica.
- Mapa topográfico 1:50.000. Mapa en formato *raster*, que sirve de referencia para una primera comprensión del relieve y sus formas más características, así como para conocer la extensión de la red vial. Además, proporciona la información básica sobre la toponimia.
- Curvas de nivel de los mapas topográficos 1:50.000. Esta información, en formato vectorial, sirve para una primera contextualización del mapa, como una ayuda a la delimitación de recintos y una herramienta adicional para comprobación o corrección de ciertos parámetros (pendientes, desnivel relativo, longitud de vertiente) que caracterizan a dichos recintos.

### 2.2.2. Fotointerpretación

La fotointerpretación es la técnica básica de adquisición de información para la elaboración del mapa geomorfológico. Consiste en la subdivisión del territorio en Unidades Geomorfológicas, o Geoformas, entendidas éstas como porciones del paisaje identificables respecto a las de su entorno inmediato y que presentan características homogéneas en cuanto a su génesis (procesos formadores), morfología (forma del terreno), morfometría (pendiente, desnivel relativo, longitud de vertiente), procesos morfodinámicos actuantes y material constitutivo (formación geológica o depósito superficial sobre el que se asienta).

La metodología se basa en la generación de información básica, obtenida a partir de la fotointerpretación digital 3D con los insumos principales (MDT y ortofotos) y tomando como referente los insumos complementarios anteriormente citados.

El proceso de fotointerpretación cubre las siguientes etapas:

- Identificación y delimitación de las diferentes geoformas, o unidades geomorfológicas, existentes en el área, en base a las características del relieve, los modelos de drenaje y la información proporcionada por los diferentes insumos. La delimitación de las geoformas se realiza mediante digitalización de polígonos identificados como geoformas, a escala 1:10.000, con líneas que aparezcan suavizadas, a partir del modelo tridimensional utilizado.
- Asignación de atributos en cada geoforma delimitada, con ayuda del software implementado.

La asignación de atributos a cada una de las geoformas delimitadas permite caracterizarlas a través de una serie de rangos o variables específicos de cada atributo, definidas previamente. Los atributos considerados son los siguientes:

- Nombre de la geoforma.
- Región, Dominio Fisiográfico y Contexto Morfológico (atributos relacionados con las unidades jerárquicas de relieve en que se encuadra la geoforma).
- Génesis (grupo genético, o tipo de modelado, al que pertenece cada tipo de geoforma).
- Formación geológica y litología.
- Forma de la cima, forma de la vertiente y forma del valle (atributos morfológicos).
- Desnivel relativo, longitud de vertiente y pendiente (atributos morfométricos).
- Forma de drenaje y densidad de drenaje (atributos relacionados con el drenaje superficial).

Las principales características de cada uno de estos atributos y los rangos o valores que pueden tomar se detallan en el Anexo IV: Atributos de las geoformas.

Cada geoforma delimitada, tal como se explica en dicho Anexo IV, se encuadra en un sistema jerárquico de relieve y paisaje, que contempla tres niveles u órdenes. De más general a más particular son:

- Región
- Dominio Fisiográfico
- Contexto Morfológico

La fotointerpretación finaliza con:

- Definición de puntos para su posterior comprobación sobre el terreno y definición de itinerarios (*tracks*) a realizar en campo.
- Revisión cartográfica de los polígonos (delimitación y topología), su empate con hojas adyacentes y la correcta asignación de atributos de todos los polígonos, mediante las reglas y criterios de validación establecidos.

#### 2.2.2.1. Software empleado

El sistema de trabajo se basa en la tecnología ArcSDE (motor de base espacial), un componente básico de ArcGIS Server. Gestiona los datos espaciales en un sistema de gestión de bases de datos relacionales (RDBMS) y le permite acceder a los clientes de ArcGIS. Los fotointérpretes trabajan sobre la misma *Geodatabase* (GdB), de tal manera que cada nuevo recinto digitalizado aparece reflejado inmediatamente en la GdB y el resto de fotointérpretes lo puede visualizar.

La herramienta de producción de la cartografía geomorfológica se fundamenta en la combinación de *Purview* y *Vector Factory*, ambas integradas en ArcGis. La herramienta *Purview* permite la visión tridimensional, así como editar y digitalizar en 3D de forma directa. *Vector Factory* facilita, desde una pantalla táctil, la ejecución y enlace de múltiples comandos y opciones, reduciendo sensiblemente el número de clics por parte del operador.

#### 2.2.3. Fase de campo

##### 2.2.3.1. Criterios para la validación en campo

Obtenidos los mapas preliminares, se procede a realizar el trabajo de campo con el objetivo de verificar *in situ* las unidades geomorfológicas cartografiadas y sus atributos.

La actividad en el campo consiste en realizar recorridos, principalmente a través de ejes viales transitables en vehículo 4x4, complementados con desplazamientos a pie, con el objetivo de caracterizar los puntos de comprobación prefijados y adecuar la cartografía preliminar. Es primordial encontrar sitios con afloramientos donde se pueda verificar la relación Unidad Geomorfológica y tipo de roca o depósito superficial, visitando el mayor número posible de tipos de unidades geomorfológicas.

##### 2.2.3.2. Validación y adquisición de datos de campo

En campo, la actividad contempla:

- Visita a los puntos definidos en el itinerario y descripción de los mismos mediante ficha de campo, incorporada a la *tablet* (ver Anexo I). Verificación de atributos asignados en gabinete y corrección de los mismos, en su caso.
- Generación de documentación asociada (itinerarios o "*tracks*" y puntos de observación georreferenciados directamente a partir de la *tablet*, así como toma de fotografías con el mismo dispositivo).

- Ubicación de afloramientos existentes para la descripción del macizo rocoso o depósito superficial (en la misma ficha).
- Toma de muestras si resulta necesario.
- Identificación de unidades geomorfológicas no interpretadas o dudosas.

En ciertos cantones pueden no existir fichas de campo, debido a la imposibilidad de recorrerlos por ausencia de viales transitables en la época prevista de realización de la campaña de campo. En estas situaciones, se tomó en consideración para la fotointerpretación y la asignación de los correspondientes atributos las fichas levantadas en otros cantones limítrofes o próximos, que guardaran relación morfológica con el cantón en el que dichos recorridos no pudieron llevarse a cabo.

#### 2.2.4. Integración de datos y adecuación cartográfica final

La información recopilada en campo se procesa en gabinete. Para ello, se ingresa en el sistema la información recogida en el dispositivo de campo (*tablet*) y se procede a la corrección y ajuste de unidades geomorfológicas. Complementariamente, se prepara un reporte interno con las principales incidencias (fecha de visita de la hoja u hojas validadas, calidad y cobertura de la infraestructura vial, porcentaje de puntos visitados sobre el total previsto, adecuación del equipamiento y material de campo, etc.).

#### 2.2.5. Mapa y leyenda

Una vez finalizadas las etapas anteriores, se procede a la preparación de la salida cartográfica.

Como pasos finales, se ingresan los límites constantes a la fotointerpretación: base topográfica, cuerpos de agua, Patrimonio de Áreas Naturales del Estado (PANE) y límites cantonales. Se prepara el *layout* (composición del plano para la salida gráfica) y se ajusta el diseño para su impresión en PDF o papel. La salida cartográfica se realiza por hoja 1:50.000 y por cantón.

En el esquema geológico del *layout* los polígonos menores a 70 ha aparecen con el color correspondiente a su edad geológica pero no se etiquetan ni se muestran en la leyenda de formaciones.

##### 2.2.5.1. Explicación de la leyenda

En la leyenda del mapa aparecen las distintas geoformas identificadas en el territorio que representa el mapa, ordenadas según génesis (grupos y, en su caso, subgrupos). A todas las geoformas se les asigna una clave identificativa única (de entre 2 y 4 caracteres), colores que ayuden a identificarlas en relación al grupo o subgrupo genético en el que se encuadran y, en el caso de geoformas que llevan depósitos superficiales asociados, una trama.

En el Anexo III se presenta un glosario de todas las geoformas contempladas en el proyecto.

El número de grupos genéticos considerados en el área de estudio del proyecto suponen un total de trece. Algunos de ellos presentan, además, subdivisiones que aglutinan geoformas con rasgos morfológicos similares o que obedecen a procesos formadores muy análogos. Los grupos y subgrupos considerados se presentan en el Cuadro 2.1. Las principales características de estos trece grupos genéticos se recogen en el Anexo IV (Atributos de las geoformas).

**Cuadro 2.1.** Grupos genéticos y subgrupos en que se encuadran las geoformas.

<b>GRUPO GENÉTICO (tipo general de modelado)</b>	<b>SUBGRUPO</b>	<b>EJEMPLOS DE GEOFORMAS</b>	<b>CLAVE</b>
FLUVIAL	Valles fluviales y formas relacionadas con predominio de sedimentación	Valle fluvial, llanura de inundación	F1
	Encajamientos e incisiones fluviales	Barranco	E2
	Canales fluviales	Cauces y meandros ocasionalmente funcionales	C2
	Terrazas	Terraza media	Tm
	Conos de esparcimiento	Superficie de cono de esparcimiento disectado	Co2
	Conos de deyección	Superficie de cono de deyección disectado	Cd3
	Otras formas	<i>Badlands</i>	Fb1
FLUVIO-LACUSTRE	En valles-terrazas	Áreas endorreicas en llanuras aluviales y terrazas	Fl1
	En otros ambientes	Depresión lagunar	Fo1
LADERAS	Laderas rectilíneas	Vertiente rectilínea con salientes rocosos	Lr3
	Laderas abruptas	Vertiente abrupta con fuerte disección	La2
	Laderas heterogéneas y otras morfologías	Vertiente heterogénea con fuerte disección	Lh4
	Depósitos de ladera	Coluvión antiguo	Col2
	Piedemonte	Glacis de esparcimiento	Pd1
GLACIAR Y PERIGLACIAR	Formas glaciares	Circo glaciar	Gf1
	Depósitos glaciares	Morrena de fondo	Gd1
	Periglaciar	Afloramientos rocosos en ambiente periglaciar	Gp3

**Cuadro 2.1.** Grupos genéticos y subgrupos en que se encuadran las geoformas (continuación).

<b>GRUPO GENÉTICO (tipo general de modelado)</b>	<b>SUBGRUPO</b>	<b>EJEMPLOS DE GEOFORMAS</b>	<b>CLAVE</b>
VOLCÁNICO	Antiguos edificios	Pitones o agujas volcánicas	Va2
	Conos inactivos	Cono sin actividad volcánica actual e intenso retoque glaciar	Vci1
	Conos activos	Cono muy bien conservado con actividad volcánica actual y sin retoque glaciar	Vca3
	Formas asociadas a conos	Rampas de piedemonte de cono volcánico	Vc8
	Domos	Domo volcánico	Dom
	Relieves diversos	Relieve volcánico colinado alto	Rv10
MARINO	Depósitos actuales	Playa marina	Mac1
KÁRSTICO	-	Dolina, campo de dolinas	Kt6
METEORIZACIÓN	-	Colinas en media naranja	Met1
EÓLICO	-	Campo de dunas	Eod2
ESTRUCTURAL	Capas horizontales	Superficie de mesa o meseta	Eh1
	Capas inclinadas	Frente de cuesta	Ei3
	Capas subverticales	Barra o cresta estructural	Esv
	Capas plegadas	Superficies y planos estructurales originados en capas plegadas	Epl
	Superficies residuales	Restos de superficie estructural	Esr
	En materiales volcánicos	Niveles estructurales sobre lavas endurecidas	Ev1
TECTÓNICO-EROSIVO	-	Relieve colinado medio	Rt4
POLIGÉNICAS	Coluvio aluvial	Coluvio-aluvial reciente	Coa1
	Superficies de erosión y planicies intermontanas	Planicie intermontana	SP3
	Superficies horizontales	Superficie horizontal disectada	Sh3
	Superficies inclinadas	Abrupto de superficie inclinada	Si4
	Altas superficies	Superficie alta disectada	Sa2
	Relieves residuales	Cerro testigo	Rr4
	Aristas, divisorias e interfluvios	Interfluvio de cimas redondeadas	Ar1
Sustrato diverso	Macizo rocoso	Sdv1	
OTRAS	-	Superficie intervenida	O5

Fuente: CTN

#### 2.2.5.2. Esquemas: Relieve y Paisaje (Contextos Morfológicos), Esquema Geológico y Pendientes

En estos tres esquemas, a escala 1:250.000, se recoge información complementaria al mapa principal. Dicha información cartográfica se elabora, para su adecuada lectura y representación, mediante un proceso de generalización cartográfica.

El esquema de *Relieve y Paisaje* presenta los Contextos Morfológicos identificados en el área del mapa. En el Anexo IV (Atributos de las geoformas, epígrafe 1) se explica el sistema de jerarquía de relieve adoptado, en el que los Contextos Morfológicos representan uno de los niveles u órdenes contemplados, así como la relación de todos ellos y su inclusión en los diferentes Dominios Fisiográficos y Regiones.

En el *Esquema Geológico* aparecen las distintas formaciones geológicas del mapa, con la asignación de un símbolo que las identifica, coloreadas según edades. Los símbolos empleados para cada una de las formaciones geológicas o depósitos superficiales no tienen carácter oficial, aunque para ello se ha tenido en cuenta la simbología utilizada en publicaciones de amplio reconocimiento y uso: hojas geológicas 1:100.000 y 1:250.000 publicadas por el INIGEMM u organismos predecesores y Léxico estratigráfico del Ecuador (Bristow y Hoffstetter, 1977). Especialmente para depósitos superficiales y otros grupos litológicos que no tienen reconocimiento de formación, así como para ciertas formaciones geológicas, se ha acordado la adopción de códigos propios, siguiendo criterios análogos a los utilizados en dichos trabajos de referencia. Por otro lado cabe aclarar que las edades han sido asignadas conforme lo determina la cartografía 1:100.000 y por ende los cuerpos intrusivos posteriormente datados por el CODIGEM-BGS (a diferentes escalas y años de edición), constan sin edad en el esquema geológico.

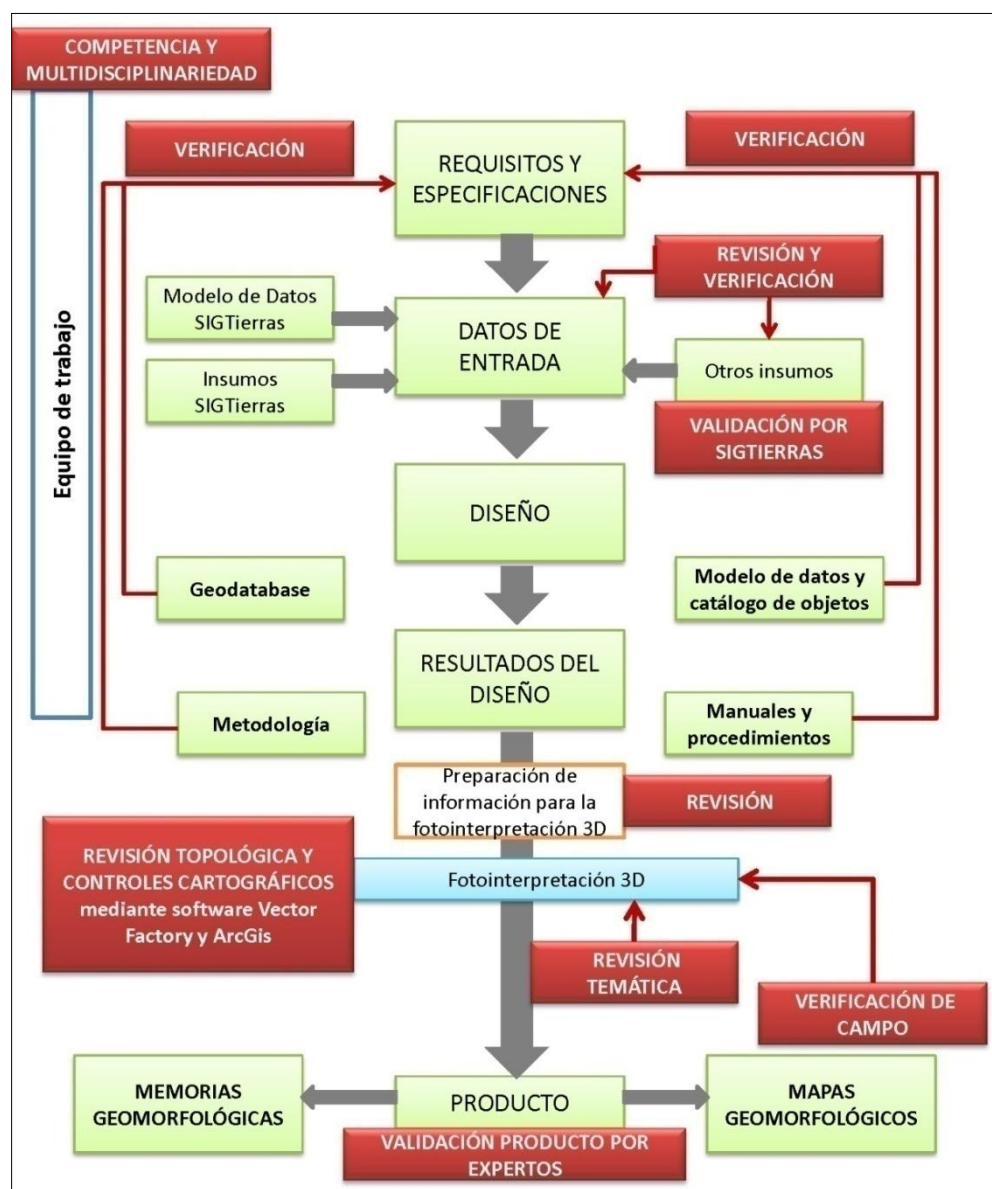
El término "formación" está utilizado en sentido amplio e incluye tanto a rocas del sustrato ("*bedrock*", en terminología anglosajona) como a formaciones o depósitos superficiales, habitualmente del Cuaternario. En el Anexo IV (epígrafe 3, Atributos geológicos: formación geológica y litología) se explica con mayor detalle las denominaciones empleadas y su significado.

El esquema de *Pendientes* recoge los distintos rangos de inclinación existentes en el área, expresados en porcentaje. La denominación de los diferentes rangos de pendiente y su inclinación porcentual son: plana (de 0 a 2%), muy suave (de más de 2% a 5%), suave (de más de 5% a 12%), media (de más de 12% a 25%), media a fuerte (de más de 25% a 40%), fuerte (de más de 40% a 70%), muy fuerte (de más de 70% a 100%) y escarpada (más de 100%).

### 2.3. Control de calidad

La Gestión de Calidad en los trabajos de cartografía geomorfológica se enmarca y es coherente con el Plan de Calidad del conjunto del proyecto del que forma parte. Dicho Plan de Calidad afecta a todos los procesos y productos del trabajo y señala los principales hitos que debe cumplir para cada una de las temáticas, cuyas relaciones con los principales procesos se muestran en la Figura 2.2.

**Figura 2.2.** Plan de calidad en la cartografía geomorfológica, principales hitos.



Fuente: CTN

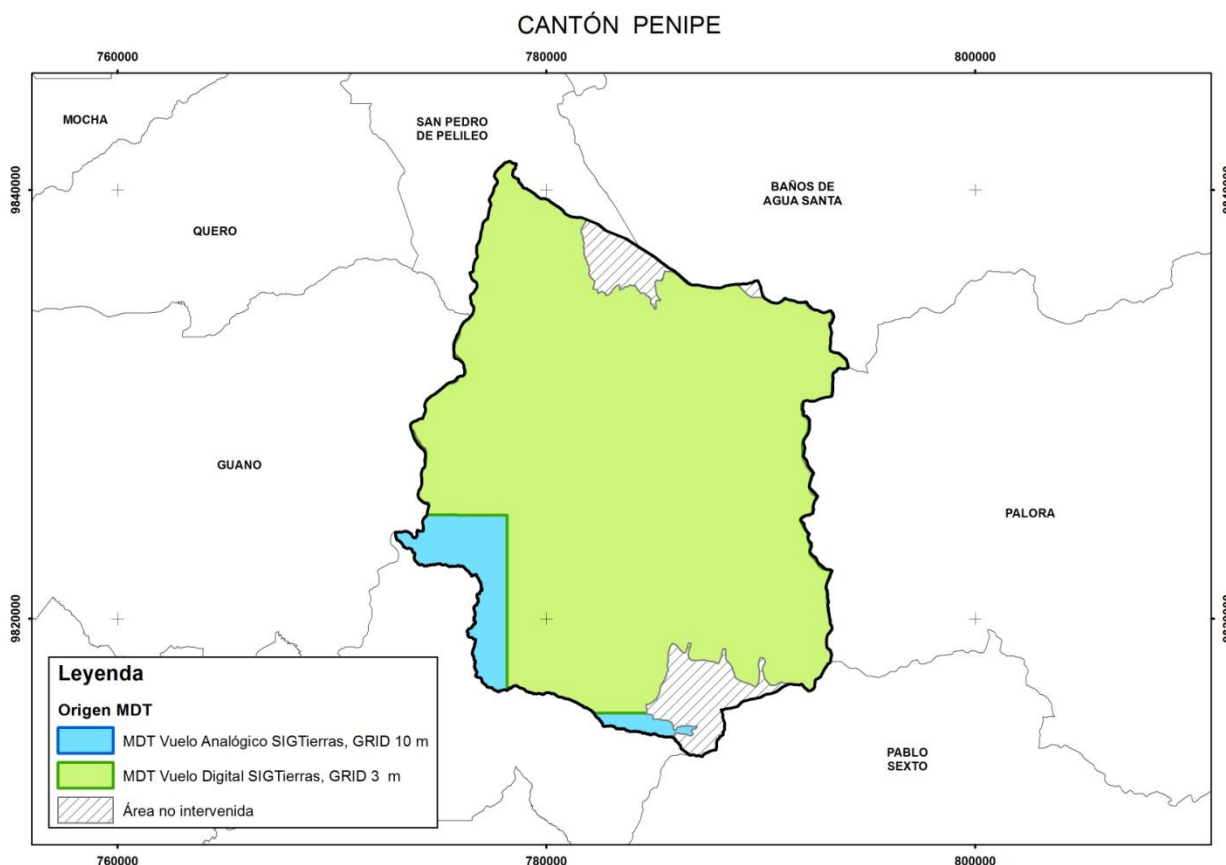
Estos hitos son los siguientes:

- Competencia y equipo de trabajo multidisciplinar para llevar a cabo las tareas y actividades previstas. Además de la adecuada selección de personal, se ha llevado a cabo la capacitación oportuna para homogeneizar criterios y enseñar el manejo de las herramientas de trabajo.
- Revisión y verificación de la disponibilidad de los datos de entrada (insumos básicos e insumos complementarios).
- Verificación de que todos los productos obtenidos en la fase de diseño (Geodatabase, Modelo de Datos y Catálogo de Objetos; Metodología; Manuales y Procedimientos) se adecúan a los requisitos y especificaciones.
- Control topológico y coherencia cartográfica.
- Control de calidad temática, tanto a lo largo del proceso de fotointerpretación como a la finalización del mismo.

#### 2.4. Insumos utilizados para la cartografía geomorfológica del cantón

Se ha utilizado el conjunto de la información referida en los apartados 2.2.1.1 (Insumos básicos: MDT, ortofotos y otras imágenes) y 2.2.1.2 (Insumos complementarios). En lo que respecta a los insumos de base de generación de los MDT, en el cantón Penipe se han utilizado los que aparecen en la Figura 2.3.

**Figura 2.3.** Insumos de base de generación de los MDT en el cantón Penipe.



Fuente: CTN

En lo referente a la información geológica, las principales fuentes de información utilizadas han sido:

- DGGM-UK (Dirección General de Geología y Minas; Misión Británica), 1976. Hoja Geológica: Chimborazo (Hoja 69), esc. 1:100.000. *DGGM*. Quito.
- DGGM-UK (Dirección General de Geología y Minas; Misión Británica), 1980. Hoja Geológica: Baños (Hoja 88), esc. 1:100.000. *DGGM*. Quito.
- CODIGEM-BGS (Corporación de Desarrollo e Investigación Geológico-Minera-Metalúrgica; British Geological Survey), 1994. Geological and metal occurrence maps of the Cordillera Real Metamorphic Belt, Ecuador, esc. 1:500.000 (publicado en 2 hojas). *CODIGEM*. Quito.

Para la ubicación general y la toponimia del cantón, se emplearon las hojas topográficas a escala 1:50.000 proporcionadas por el IGM (Instituto Geográfico Militar), recogidas en el Cuadro 2.2.

**Cuadro 2.2.** Índice de cartas topográficas utilizadas para el cantón Penipe.

<b>Código</b>	<b>Cartas Topográficas</b>
ÑIV_C2	Quero
ÑIV_C4	Guano
ÑIV_D1	Baños
ÑIV_D3	Palitahua
ÑIV_F1	Volcán Altar

Fuente: IGM (Instituto Geográfico Militar)

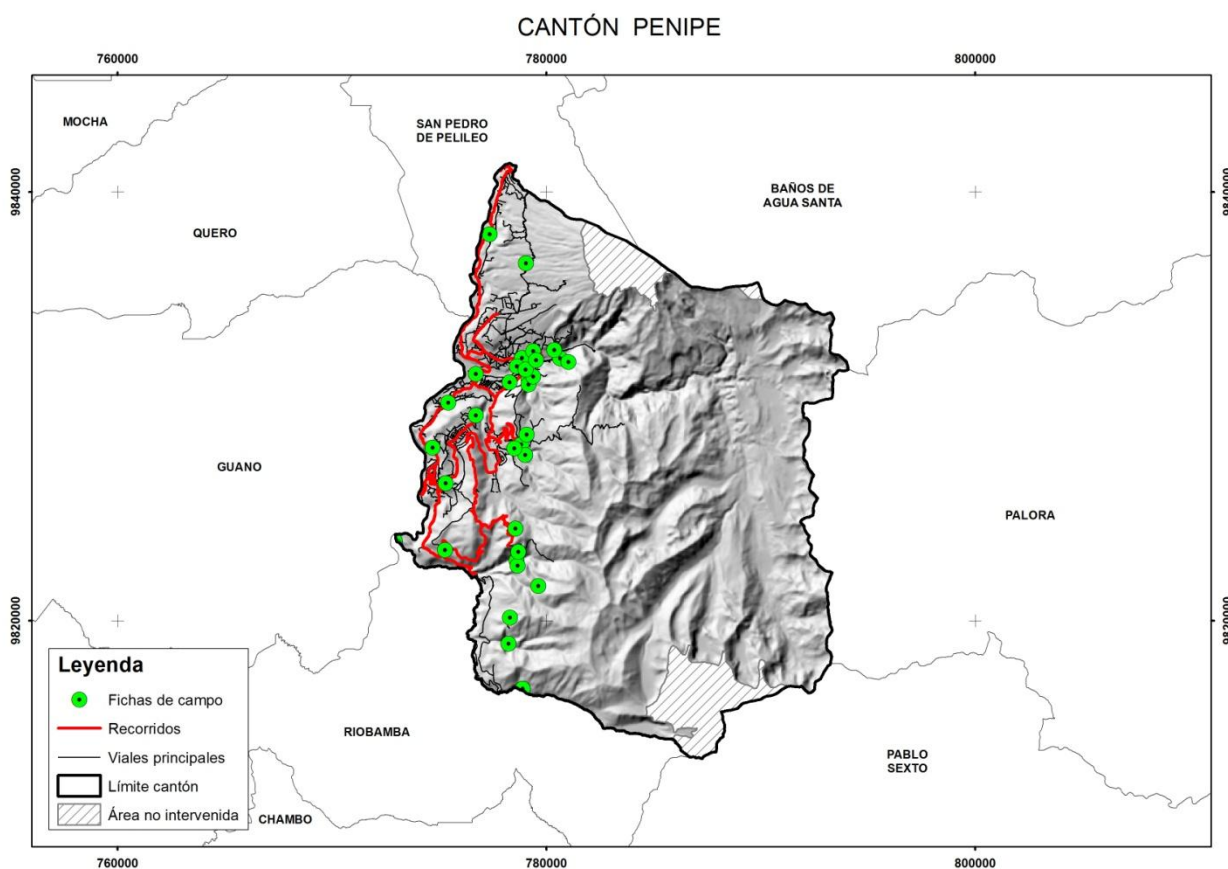
### III. RESULTADOS

#### 3.1. Levantamiento de información

La comprobación de campo del cantón Penipe se realizó entre los días 5 y 6 de junio y 9 de agosto de 2014, con varios recorridos previamente establecidos por todo el cantón. Finalmente se levantaron 32 fichas de campo (Figura 3.1 y Anexo II).

Toda esta información se ingresó en una base de datos *SQL Server*, en la que igualmente queda registrada la cartografía digital.

**Figura 3.1.** Localización de recorridos y fichas de campo del cantón Penipe.



Fuente: CTN

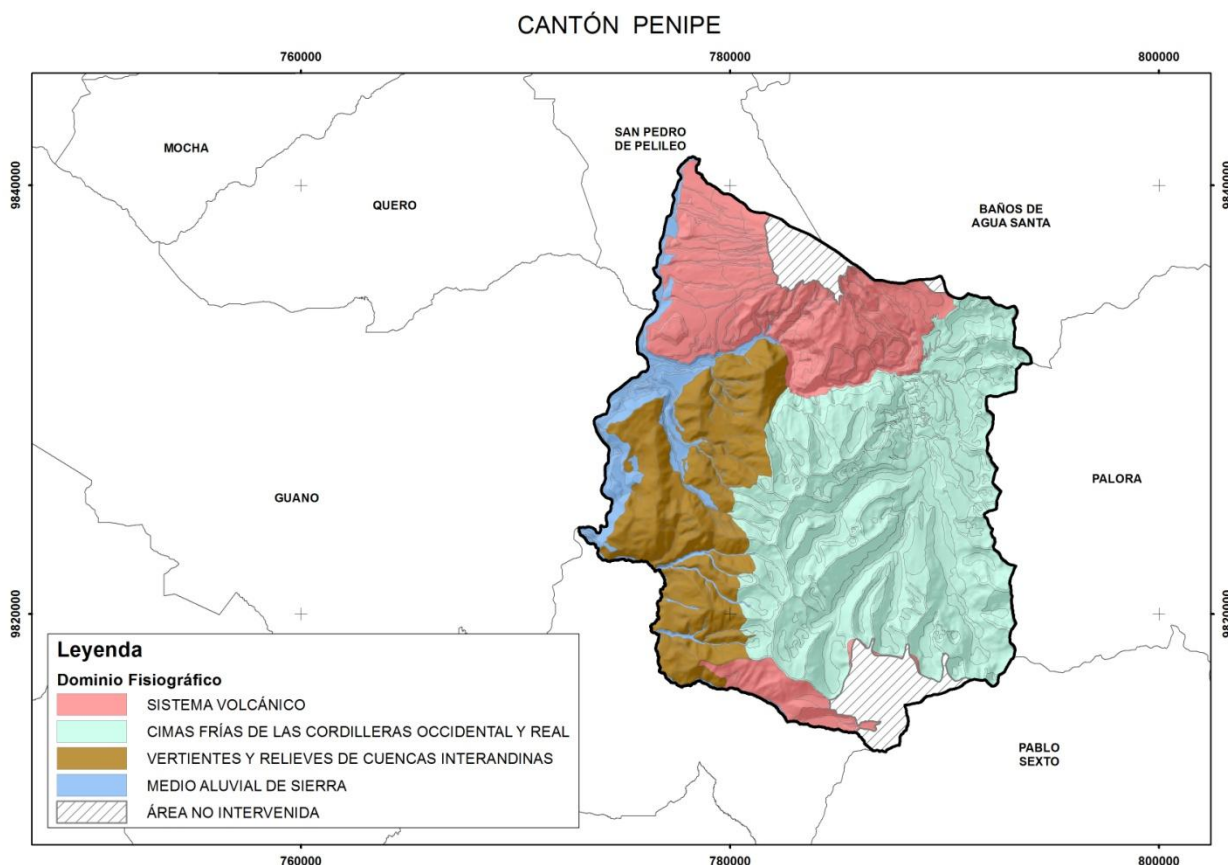
La definición y características de las diferentes Regiones, Dominios Fisiográficos y Contextos Morfológicos, que se explican los siguientes apartados 3.2 y 3.3, están basadas en Winckell (1997).

### 3.2. Regiones y Dominios Fisiográficos

Territorialmente el cantón Penipe tiene 371 km<sup>2</sup> aproximadamente, de los cuales el presente estudio geomorfológico contempla 346 km<sup>2</sup> ya que las restantes pertenecen al Patrimonio de Áreas Naturales del Estado (Parque Nacional Sangay). Todas las cifras porcentuales, parciales y totales que se presentan en esta memoria corresponden exclusivamente al área de intervención de este estudio.

El cantón se encuentra incluido en la región Sierra, en la cual se diferencian cuatro dominios fisiográficos. Su distribución geográfica se presenta en la Figura 3.2, y la extensión que ocupa cada uno de ellos en el cantón se muestra en el Cuadro 3.1.

**Figura 3.2.** Distribución geográfica de los diferentes dominios fisiográficos presentes en el cantón Penipe.



Fuente: CTN

**Cuadro 3.1.** Región y dominios fisiográficos presentes en el cantón Penipe.

REGIÓN	DOMINIO FISIOGRAFICO	Superficie (*)	Porcentaje (*)
SIERRA	Sistema volcánico	81 km <sup>2</sup>	23,4%
	Cimas frías de las Cordilleras Occidental y Real	170 km <sup>2</sup>	49,1%
	Vertientes y relieves de Cuencas Interandinas	70 km <sup>2</sup>	20,3%
	Medio aluvial de Sierra	25 km <sup>2</sup>	7,1%

(\*) Superficies y porcentajes referidos a la zona de estudio dentro del cantón  
Fuente: CTN

### 3.2.1. Dominio Fisiográfico Sistema volcánico

Los volcanes andinos, en número que supera el centenar, representan un importante papel geomorfológico en todo el Ecuador. Por una parte, los propios edificios volcánicos son en sí mismos destacados hitos paisajísticos que realzan el relieve de las dos cordilleras, Occidental y Oriental, así como del propio corredor o valle interandino. Por otra, los depósitos piroclásticos que han generado, fundamentalmente de cenizas y lapilli en sus últimos episodios, han recubierto con una espesa capa cerca de las dos terceras partes de la Sierra central y septentrional, así como amplias extensiones de las regiones Costa y, más localmente, Amazonía.

La mayoría de ellos son grandes estratovolcanes Cuaternarios, formados por sucesivas erupciones de lavas y piroclastos, en distintos grados de actividad actual. Los volcanes Chimborazo, Tungurahua, Altar o Nevado de Carihuirazo son magníficos ejemplos en el entorno del cantón Penipe. Algunos de ellos -los más antiguos- como el volcán Huisla, al noroeste de Penipe, aparecen muy erosionados y, a veces, son difícilmente identificables morfológicamente. En los que se presentan los edificios volcánicos bien o muy bien conservados, la gran mayoría, se pueden establecer diferenciaciones en función de la intensidad del modelado glaciar superpuesto, que en ocasiones es ausente. De estos edificios bien conservados, el más destacable es el Tungurahua, pues permanece activo en la actualidad.

En el cantón Penipe, este dominio está bien representado, ocupando 81 km<sup>2</sup> aproximadamente (el 23% del total del área de estudio). La mayor parte se localiza en el sector septentrional del cantón y corresponde al cono del volcán Tungurahua, de más de 5.000 metros de altitud. Al sur del área de estudio aparece de nuevo este dominio, en menor cuantía y asociado al edificio volcánico de El Altar, otro estratovolcán de altura aún mayor que el anterior, 5.319 msnm. Estos volcanes han condicionado en gran medida la geología de la región desde el Cuaternario, al cubrir el basamento de rocas metamórficas con potentes capas de piroclastos y lavas en la mayor parte del cantón.

### 3.2.2. Dominio Fisiográfico Cimas frías de las Cordilleras Occidental y Real

Las Cimas frías de las Cordilleras Occidental y Real aparecen con una notable fragmentación geográfica, desde la frontera colombiana hasta el sur de Amaluza, en la frontera peruana. Las tierras más frías dibujan dos fajas paralelas con sentido meridiano que coronan las dos cordilleras Andinas, occidental y oriental. La altitud es el primer punto en común a esos paisajes: alcanza los 6.310 msnm en el volcán Chimborazo, mientras que sus límites inferiores son todavía muy elevados: oscilan, como promedio, entre 3.300 y 3.400 msnm en la zona norte del país y entre 3.100 y 3.200 msnm hacia Amaluza, en el sur. Además de los típicos paisajes glaciares que caracterizan este dominio, también se incluyen en él la franja periglacial que, de forma discontinua, los rodean -los páramos- y los relieves de sus márgenes, caracterizados por el marcado abrupto que da paso al medio interandino y que llega a descender hasta los 2.800 msnm.

En el cantón Penipe, este dominio posee una gran representación, ya que ocupa casi toda la mitad oriental del cantón (170 km<sup>2</sup>). Estos paisajes forman parte de la Cordillera Real (sector central, a la altura de Riobamba), donde se pueden encontrar relieves de gran elevación. En el caso concreto del cantón Penipe, las Cimas frías muestran altitudes que van desde 3.200 msnm hasta los 4.400 msnm. Sus relieves son muy agrestes y están surcados por numerosas formas de erosión glacial -en especial valles glaciares, que llegan a ser coalescentes- así como depósitos glaciares. No se observan aquí paisajes periglaciares ni páramos.

### 3.2.3. Dominio Fisiográfico Vertientes y relieves de Cuencas Interandinas

Incluido dentro del estrecho corredor interandino, este dominio, fragmentado y discontinuo, incluye a las zonas más elevadas de dicho pasillo o depresión. Los relieves superiores del mismo llegan a contactar con el dominio de Cimas frías, en ocasiones con una clara ruptura de pendiente con él. Los relieves inferiores, por su parte, enlazan con el otro dominio del corredor interandino, los Relieves de fondo de Cuencas Interandinas. La dirección meridiana, N-S, que presenta en la zona septentrional de la Sierra, pasa a direcciones NO-SE y NNE-SSO en la zona central. Hacia la parte meridional de la Sierra, la Cordillera Real queda como la única franja continua de relieve y el corredor interandino, muy desdibujado.

Mientras que en las zonas más altas el dominio presenta, por lo general, pendientes elevadas y pronunciada disección, las vertientes inferiores suelen aparecer con pendientes globalmente más suaves y una disección menos acusada; estas vertientes inferiores llegan a descender hasta límites muy variables, en función de la altitud del fondo de las cuencas con las que enlazan.

El dominio fisiográfico Vertientes y relieves de Cuencas Interandinas tiene una buena representación en el cantón Penipe, con unos 70 km<sup>2</sup>. Se encuentra en el cuadrante suroccidental del área de estudio, donde se pueden encontrar paisajes dominados por vertientes y disecciones de gran profundidad. Estas morfologías enlazan con las Cimas frías, a altitudes en torno a 3.500 metros y acaban en el fondo del valle del río Chambo y sus afluentes, con cotas que llegan a ser inferiores a 2.400 msnm. Este desnivel se produce en un espacio reducido, lo que se traduce en pendientes muy

importantes. Su geología está condicionada por las rocas volcánicas de El Altar, que cubrieron el basamento metamórfico durante varias erupciones en el Cuaternario. Sin embargo, en algunos puntos donde la red hidrográfica ha excavado lo suficiente, llegan a aflorar de nuevo los macizos metamórficos infrayacentes.

#### 3.2.4. Dominio Fisiográfico Medio aluvial de Sierra

El dominio incluye las diferentes formas fluviales de la red hidrográfica actual y sus depósitos asociados en la región Sierra.

Se consideran pertenecientes a este dominio, con carácter general, los valles fluviales-llanuras de inundación y sistemas de terrazas asociados. Las formas fluviales de incisión (barrancos, valles en V, gargantas) y ciertas formas poligénicas ligadas directamente al drenaje (coluvio-aluviales) se incluyen dentro del contexto morfológico en que se emplacen, salvo que manifiesten continuidad con el resto del sistema fluvial y atraviesen más de un contexto morfológico.

En el cantón Penipe este dominio está representado principalmente por el sistema fluvial del río Chambo, que ocupa una superficie de 25 km<sup>2</sup>. El Chambo forma un cauce típico de curso alto, con canales anastomosados y lecho cubierto de gravas y bloques de cierto tamaño. El río ha dejado, además, una buena cantidad de terrazas a diferentes alturas, lo que es indicativo de importantes tasas de encajamiento. Muchas de las vertientes que limitan con el río son producto de la acción directa de éste sobre los macizos rocosos.

### 3.3. Contextos Morfológicos

Los contextos morfológicos presentes en el área de estudio, dentro del cantón Penipe y en relación con los respectivos dominios fisiográficos y regiones a los que pertenecen, se presentan en el Cuadro 3.2.

**Cuadro 3.2.** Contextos morfológicos presentes en el cantón Penipe.

REGIÓN	DOMINIO FISIOGRAFICO	CONTEXTO MORFOLÓGICO
SIERRA	Sistema volcánico	Construcciones de tipo estrato-volcán y formas asociadas
	Cimas frías de las Cordilleras Occidental y Real	Paisajes glaciares
	Vertientes y relieves de Cuencas Interandinas	Vertientes y relieves superiores de las cuencas interandinas, con cobertura piroclástica (Sierra Norte)
		Vertientes y relieves inferiores de las cuencas interandinas, con cobertura piroclástica. Sierra Norte
Medio aluvial de Sierra	Medio aluvial de Sierra	

Fuente: CTN

#### 3.3.1. Construcciones de tipo estrato-volcán y formas asociadas

En este contexto morfológico se incluyen los conos volcánicos y formas menores incluidas en ellos (conos adventicios, cráteres, lagunas en fondos de cráter o caldera, etc.) y un conjunto de geoformas que, aunque ligadas al edificio volcánico propiamente dicho, pueden llegar a sobrepasar ampliamente el entorno de la boca o bocas de emisión: rampas de piedemonte de cono volcánico, flujos de piroclastos, coladas de lava, lahares, etc.

En el cantón, este contexto tiene una gran importancia. Ocupa toda la superficie del dominio fisiográfico *Sistema volcánico*, 81 km<sup>2</sup>. Representa tanto el cono del volcán Tungurahua (al norte del cantón) como las primeras estribaciones de El Altar (situado al sur). Las litologías predominantes corresponden a los materiales de origen ígneo efusivo expulsados por ambos volcanes, que en el caso del Tungurahua corresponden a lavas de composición basáltica y piroclastos. El volcán El Altar, por otro lado, se compone de lavas intermedias y básicas y tobas.

Hay que destacar también las morfologías relacionadas con el glaciario Cuaternario asociadas a conos volcánicos. Muchos de los grandes volcanes ecuatorianos tienen un modelado glaciar evidente, salvo aquellos que presentan

actividad actual. En concreto y dentro del cantón, sirve de ejemplo el Tungurahua, casi sin signos de glaciario ni hielos perpetuos debido a su intensa actividad. El cono de El Altar, por otro lado, muestra mayores indicios de modelado glaciar, así como un casquete glaciar permanente.

### 3.3.2. Paisajes glaciares

Se presentan en las tierras más frías de las Cordilleras Occidental y Real, cuyas morfologías más características se corresponden con formas y depósitos glaciares, actuales y heredados, a las que a veces se llegan a superponer otras formas provenientes del periglaciario actual.

En numerosos puntos de la Sierra, la morfología glaciar muestra buenos ejemplos de circos y valles glaciares. Los circos forman estructuras con forma de anfiteatro, con paredes verticales y fondo plano, de los que frecuentemente salen los valles glaciares, de perfil en U, que surcan estos relieves e imprimen sus modelados "en hueco" característicos. Estos valles presentan cubetas de sobreexcavación y rellenos morrénicos, que dan lugar a multitud de hondonadas pantanosas y pequeños lagos.

En la zona central de la Cordillera Real, donde se ubica el cantón Penipe, estos paisajes presentan una potente cobertura piroclástica. Estas rocas (Volcánicos El Altar, en este sector de la cordillera) han fosilizado los modelados glaciares preexistentes, de manera que variaciones topográficas originales han quedado suavizadas. Asimismo, han cubierto gran parte de la litología preexistente (rocas metamórficas Paleozoicas de la Serie Llanganates), que actualmente sólo aflora en lugares concretos, donde la incisión fluvial ha retirado la cobertera volcánica. Hacia el este, conforme va disminuyendo la altitud del relieve, las acumulaciones piroclásticas desaparecen y el basamento metamórfico vuelve a aflorar en superficie.

En el cantón Penipe, los paisajes glaciares ocupan la mitad oriental del área de estudio casi por entero, con un total de 170 km<sup>2</sup>. Se empiezan a manifestar a partir de 3.200 msnm y llegan hasta los 4.400 msnm. Muestra abundantes formas de erosión glaciar, como valles glaciares, circos, cubetas, etc. También se pueden encontrar importantes depósitos glaciares, en forma de morrenas de diverso tipo o como material retrabajado (depósito glaciar modelado por la acción fluvial). La morfología general de la sierra en este punto parece provenir inicialmente de un gran domo o abombamiento montañoso, con una importante superficie por encima de 3.000 metros de altitud. Ello permitió, durante el Cuaternario, la acumulación de gran cantidad de hielo hasta formar un casquete, lo cual indujo el desarrollo de numerosos glaciares, que esculpieron las morfologías observadas en la actualidad.

### 3.3.3. Vertientes y relieves superiores de las cuencas interandinas, con cobertura piroclástica (Sierra Norte)

Da lugar al conjunto más elevado que se puede diferenciar en las cuencas interandinas de, especialmente, la Sierra Central. Las máximas altitudes del contexto alcanzan los 3.200-3.300 msnm, con límites inferiores muy variables según las diferentes zonas. En su parte superior contacta directamente con las cimas frías, con

formas suavemente onduladas y paisajes de páramo, por lo que con frecuencia supone una ruptura de pendiente con éstas.

Los modelados dominantes originan vertientes bien disectadas, de gran desnivel y pendientes fuertes. En la margen derecha del río Chambo, al sur del Tungurahua, se llegan a apreciar niveles y rellanos ligeramente inclinados hacia el corredor interandino, suavemente ondulados y con una disección moderada, que parecen corresponder a los derrames volcánicos Cuaternarios de El Altar. Son superficies estructurales que modelan un escalón tectónico cuya superficie cimera se sitúa a unos 3.000-3.400 msnm. En el cantón Penipe, estas superficies son poco visibles, pero en el vecino cantón de Riobamba, inmediatamente al suroeste, se pueden observar con mayor desarrollo.

Dentro del cantón Penipe, este contexto morfológico ocupa una franja de orientación meridiana y unos 3 km de ancho, situada al suroeste, con un total de 51 km<sup>2</sup> aproximadamente. En esta zona predominan las vertientes, aunque también existen importantes extensiones cubiertas por depósitos de ladera. Las litologías rocosas más relevantes corresponden a los Volcánicos El Altar (secuencia de lavas intermedias y básicas, tobas y fragmentos andesíticos). En algunos puntos donde los cauces fluviales han excavado profundamente llega a aflorar la Serie Llanganates, un conjunto de rocas metamórficas del Paleozoico cubierto en su mayor parte por el material volcánico más reciente.

#### 3.3.4. Vertientes y relieves inferiores de las cuencas interandinias, con cobertura piroclástica. Sierra Norte

Este contexto se ubica, altitudinalmente, entre el de *Vertientes y relieves superiores de las cuencas interandinias, con cobertura piroclástica (Sierra Norte)* y el correspondiente a los pisos de las cuencas (*Relieves de fondo de cuencas interandinias con rellenos volcano-sedimentarios y piroclásticos*), si bien en el área de estudio limita directamente con el *Medio aluvial de Sierra*, por el oeste. Por tanto, las altitudes en que aparece varían entre los 3.000 msnm (con 200 m de variación, tanto por encima como por debajo) y los 1.500 a 2.800 msnm, como límite inferior, en función de los diferentes emplazamientos en que aparece.

Son frecuentes las vertientes heterogéneas, con segmentos en su interior de perfil rectilíneo, en las que se manifiestan intensos procesos erosivos actuales. También son comunes las altas colinas de cimas redondeadas, separadas por estrechas incisiones en V -que, al abrirse, se rellenan sus fondos con depósitos coluvio-aluviales- junto con algunos retazos de terrazas. Aparecen superficies de planas a suavemente onduladas e inclinadas según la dirección de la red hidrográfica, condicionadas por la existencia de niveles estructurales formados por intercalaciones de material lávico resistente y por el desarrollo de niveles de terrazas.

La cubierta piroclástica se muestra muy reducida en las laderas más erosionadas, tanto en espesor como en extensión. En áreas más protegidas, se evidencian dos generaciones piroclásticas, la más reciente formada por cenizas de hasta 2 metros de espesor, a menudo discontinua; la más antigua, parcialmente cimentada, puede

superar la veintena de metros de potencia, dando lugar a un modelado de pequeñas colinas masivas de cimas redondeadas.

En el cantón Penipe, se dispone en continuidad hacia el oeste con el contexto *Vertientes y relieves superiores de las cuencas interandinas, con cobertura piroclástica (Sierra Norte)*. Ocupa la porción occidental del cantón, donde se sitúan las poblaciones de Penipe y Matus, con una superficie ocupada de 19 km<sup>2</sup>. Las formas más habituales son las vertientes, al igual que en el contexto anterior, aunque aquí aparecen también morfologías volcánicas no recientes, como superficies onduladas y relieves colinados volcánicos. La litología principal corresponde, de nuevo, a los Volcánicos El Altar. También, aparecen pequeños afloramientos del basamento metamórfico infrayacente (Serie Llanganates), como en el caso anterior.

### 3.3.5. Medio aluvial de Sierra

Este contexto es coincidente con el dominio fisiográfico del mismo nombre, cuyas características generales se han descrito en el apartado 3.2.4.

### 3.4. Geoformas y formaciones geológicas presentes en el cantón

En el Cuadro 3.3 se presentan las geoformas identificadas en cada contexto morfológico, ordenadas por grupos genéticos. Se indica la superficie aproximada que ocupa cada geoforma en el correspondiente contexto morfológico.

**Cuadro 3.3.** Contextos morfológicos y geoformas presentes en el cantón.

CONTEXTO MORFOLÓGICO	GRUPO GENÉTICO	GEOFORMA	km <sup>2</sup> (aprox.)
Construcciones de tipo estrato-volcán y formas asociadas	FLUVIAL	Barranco	10
		Garganta	<1
		Encañonamiento	6
	LADERAS	Vertiente rectilínea	2
		Vertiente abrupta	<1
		Escarpe de deslizamiento	<1
		Depósitos de deslizamiento, masa deslizada	3
	GLACIAR Y PERIGLACIAR	Fondo de valle glaciar	1
		Morrena de fondo	2
		Morrena lateral	1
		Depósito glaciar modelado por acción fluvial	1
	VOLCÁNICO	Cono sin actividad volcánica actual e intenso retoque glaciar	8
		Cono muy bien conservado con actividad volcánica actual y moderado retoque	29
		Cráter	<1
		Laguna en fondo de cráter o caldera	<1
		Rampas de piedemonte de cono volcánico	17
		Colada de lava antigua	4
		Superficie volcánica ondulada	<1
	POLIGÉNICAS	Coluvio-aluvial antiguo	<1

**Cuadro 3.3.** Contextos morfológicos y geformas presentes en el cantón (continuación).

CONTEXTO MORFOLÓGICO	GRUPO GENÉTICO	GEOFORMA	km <sup>2</sup> (aprox.)
Paisajes glaciares	FLUVIAL	Barranco	1
		Encañonamiento	<1
		Superficie de cono de deyección	<1
	LADERAS	Vertiente rectilínea	13
		Vertiente abrupta	3
		Vertiente heterogénea	4
		Vertiente rocosa	6
		Vertiente heterogénea con fuerte disección	<1
		Coluvión antiguo	<1
		Talud de derrubios	3
		GLACIAR Y PERIGLACIAR	Circo glaciar
	Cubeta glaciar		4
	Fondo de valle glaciar		15
	Vertiente de valle glaciar		67
	Valle glaciar colgado		6
	Rocas aborregadas		2
	Laguna glaciar		<1
	Morrena lateral		1
	Morrenas		5
	Depósito glaciar modelado por acción fluvial		12
	Hondonadas pantanosas de origen glaciar-periglaciario		<1
	POLIGÉNICAS	Superficie inclinada	<1
		Interfluvio de cimas redondeadas	<1
Interfluvio de cimas estrechas		7	
Vertientes y relieves superiores de las cuencas interandinas, con cobertura piroclástica (Sierra Norte)	FLUVIAL	Barranco	<1
		Terraza colgada	2
	LADERAS	Vertiente rectilínea	23
		Vertiente rectilínea con fuerte disección	3
		Vertiente abrupta	5
		Vertiente heterogénea	9
		Escarpe de deslizamiento	<1
		Coluvión antiguo	4
		Depósitos de deslizamiento, masa deslizada	<1
	Testigo de glaciares de esparcimiento	1	
	VOLCÁNICO	Superficie volcánica ondulada	<1
	POLIGÉNICAS	Coluvio-aluvial antiguo	<1
		Superficie inclinada	<1
		Interfluvio de cimas redondeadas	1
		Interfluvio de cimas estrechas	2

**Cuadro 3.3.** Contextos morfológicos y geofomas presentes en el cantón (continuación).

CONTEXTO MORFOLÓGICO	GRUPO GENÉTICO	GEOFORMA	km <sup>2</sup> (aprox.)
Vertientes y relieves inferiores de las cuencas interandinias, con cobertura piroclástica. Sierra Norte	FLUVIAL	Barranco	<1
	LADERAS	Vertiente rectilínea	11
		Vertiente abrupta	<1
		Coluvión antiguo	1
		Testigo de glacis de esparcimiento	<1
	VOLCÁNICO	Relieve volcánico colinado medio	<1
		Relieve volcánico colinado muy alto	1
		Superficie volcánica ondulada	3
	POLIGÉNICAS	Interfluvio de cimas redondeadas	1
	Medio aluvial de Sierra	FLUVIAL	Valle fluvial, llanura de inundación
Terraza baja y cauce actual (sobreeexcavación de cauce en llanura de inundación)			2
Valle en V			1
Barranco			3
Encañonamiento			<1
Terraza media			<1
Terraza colgada			5
Vertiente o abrupto de terraza			3
Superficie de cono de deyección			<1
LADERAS		Vertiente rectilínea	6
		Coluvión antiguo	<1
VOLCÁNICO		Superficie volcánica ondulada	<1
POLIGÉNICAS		Coluvio-aluvial reciente	<1
		Coluvio-aluvial antiguo	1
		Interfluvio de cimas estrechas	<1

Fuente: CTN

En el Cuadro 3.4 se muestran las formaciones geológicas y depósitos superficiales con representación en el cantón, el símbolo utilizado, edad, descripción litológica característica y superficie aproximada que ocupan.

El referente de la información recogida en este cuadro es la cartografía geológica, a escalas 1:100.000 y 1:250.000, proporcionada por el INIGEMM al inicio de este proyecto, en febrero de 2014. Los términos “formación geológica” y “depósito superficial” se utilizan en el sentido que se explica en el apartado 3 (Atributos geológicos: formación geológica y litología) del Anexo IV.

**Cuadro 3.4.** Formaciones geológicas y depósitos superficiales presentes en el cantón.

<b>FORMACIÓN GEOLÓGICA O DEPÓSITO SUPERFICIAL</b>	<b>SÍMBOLO</b>	<b>EDAD</b>	<b>LITOLOGÍA</b>	<b>km<sup>2</sup> (aprox.)</b>
Depósitos de ladera	Q <sub>dl</sub>	Cuaternario	Gravas y bloques de angulosos a subangulosos, con o sin mezcla irregular y en proporciones variables de elementos finos (limos, arcillas y arenas)	5
Depósitos de ladera (derrumbe)	Q <sub>dl3</sub>	Cuaternario	Mezcla heterogénea de materiales finos y fragmentos angulares rocosos de muy diverso tamaño	3
Depósitos de ladera (coluvial)	Q <sub>dl4</sub>	Cuaternario	Mezcla heterogénea de materiales finos y fragmentos angulares rocosos, con ausencia de estratificación y estructuras de ordenamiento interno	7
Depósitos coluvio aluviales	Q <sub>dca</sub>	Cuaternario	Limo-arcillas, arenas, gravas y bloques	1
Depósitos aluviales	Q <sub>da</sub>	Cuaternario	Arenas, limos, arcillas y conglomerados	4
Depósitos aluviales (cono de deyección)	Q <sub>da5</sub>	Cuaternario	Limo-arcillas y arenas, gravas y bloques en proporciones variables	<1
Depósitos aluviales (terrazas)	Q <sub>da8</sub>	Cuaternario	Conglomerado, limo arenoso, arcilla limosa	10
Depósitos glaciares	Q <sub>dg</sub>	Cuaternario	Till, tillita. Depósitos pobremente clasificados con ausencia de estratificación y ordenamiento interno, con fragmentos de tamaño bloque empastados en matriz de grano fino	35
Depósitos fluvio glaciares	Q <sub>dfg</sub>	Cuaternario	Bloques y gravas en matriz de grano fino, con ocasionales niveles de arenas	13

**Cuadro 3.4.** Formaciones geológicas y depósitos superficiales presentes en el cantón (continuación).

<b>FORMACIÓN GEOLÓGICA O DEPÓSITO SUPERFICIAL</b>	<b>SÍMBOLO</b>	<b>EDAD</b>	<b>LITOLOGÍA</b>	<b>km<sup>2</sup> (aprox.)</b>
Depósitos superficiales	Q <sub>dsi</sub>	Cuaternario	Depósitos superficiales indiferenciados	<1
Lavas del Tungurahua	P <sub>VTu</sub>	Pleistoceno	Lava basáltica	4
Lavas del Tungurahua. Rocas basálticas del Tungurahua, Puñalica y Calpi	P <sub>VTPC</sub>	Pleistoceno	Lava basáltica; conos de ceniza basáltica al NE de Calpi	64
Sedimentos Chambo	P <sub>Cha</sub>	Pleistoceno	Sedimentos lacustres formados por conglomerados de composición andesítica y localmente metamórfica, areniscas y arcillas finas, con bancos de ceniza interestratificados	<1
Volcánicos El Altar	P <sub>VAt</sub>	Pleistoceno	Lavas intermedias y básicas de color verde claro a oscuro; tobas de grano medio, de color marrón a blanco, con fragmentos andesíticos y piedra pómez	167
Rocas metamórficas	ME	Paleozoico	Rocas metamórficas indiferenciadas	2
Serie Llanganates	Pz <sub>LI</sub>	Paleozoico	Filitas, esquistos y gneises predominantes; granito anatóxico de Azafrán	29

Fuente: CTN, a partir de: cartografías geológicas oficiales 1:100.000 y 1:250.000 del INIGEMM y organismos predecesores; Bristow y Hoffstetter, 1977.

**(\*) Nota:** Los símbolos empleados para cada una de las formaciones geológicas o depósitos superficiales no tienen carácter oficial, aunque para ello se ha tenido en cuenta la simbología utilizada en publicaciones de amplio reconocimiento y uso: hojas geológicas 1:100.000 y 1:250.000 publicadas por el INIGEMM u organismos predecesores y Léxico estratigráfico del Ecuador (Bristow y Hoffstetter, 1977). Especialmente para depósitos superficiales y otros grupos litológicos que no tienen reconocimiento de formación, así como para ciertas formaciones geológicas, se ha acordado la adopción de códigos propios, siguiendo criterios análogos a los utilizados en dichos trabajos de referencia.

En los códigos, la primera o primeras letras hacen referencia a la edad: Q=Cuaternario, P=Pleistoceno, Pz=Paleozoico, mientras que los subíndices se refieren al tipo de depósito superficial en el caso de los materiales de edad Cuaternario (dl=depósitos de ladera, dca=depósitos coluvio aluviales, da=depósitos aluviales, etc.) o al nombre de la "formación geológica" (VTu=Lavas del Tungurahua, Cha=Sedimentos Chambo, VAt=Volcánicos El Altar, LI=Serie Llanganates, etc.). Los símbolos que inician su denominación con ME hacen referencia a rocas metamórficas que, en los insumos, carecían de asignación de edad, aunque por su posición y otras características han sido consideradas de forma genérica como pertenecientes al Paleozoico.

### 3.5. Descripción de geoformas

A continuación se describen las geoformas presentes en el cantón, de acuerdo a su génesis, señalando las diferencias existentes en cada una dependiendo de su contexto morfológico.

#### 3.5.1. Fluvial

##### 3.5.1.1. Valle fluvial, llanura de inundación (F1)

Se puede observar a lo largo del río Chambo y su afluente, el río Puela. Se caracteriza por la presencia de depósitos aluviales transportados y depositados por los canales fluviales, de granulometría muy diversa y con marcadas variaciones laterales y verticales de facies, dispuestos en franjas adyacentes al canal fluvial. Los terrenos a los que dan lugar se inundan, parcial o totalmente, durante épocas de crecidas. Esta geoforma aparece en el contexto morfológico *Medio aluvial de Sierra*, donde presenta un área de 2 km<sup>2</sup>.

Presentan pendientes planas o muy suaves (de 0 a 5%) y formas de valle igualmente planas, recorridos por canales de tipo anastomosado.

##### 3.5.1.2. Terraza baja y cauce actual (sobreelevación de cauce en llanura de inundación) (F2)

Corresponde a las franjas que rodean e incluyen al canal o canales fluviales y constituyen el lecho móvil de los ríos. Son parte de la propia llanura de inundación y están formadas por los acarreos de mayor grosor del río, con numerosos cantos y bloques de considerable tamaño y una baja proporción de elementos texturales más finos (arenas y limos, especialmente).

Aparece asociada a la geoforma anterior, formando parte del cauce de los ríos Chambo y Puela. Presenta un desarrollo de varias decenas de kilómetros y una anchura media de 100 a 200 metros. Su extensión supera los 2 km<sup>2</sup> y pertenece también al *Medio aluvial de Sierra*. Las pendientes son generalmente muy suaves (de 2 a 5%) y la forma del valle es plana. Los canales son de tipo anastomosado, con barras interiores y laterales a los cursos de agua.



**Foto 1.** Terraza baja y cauce actual del río Puela. Sector Puela. 09/08/2014.

### 3.5.1.3. Valle en V (E1)

Esta geoforma se sitúa en el límite suroccidental del cantón y se asocia al cauce del río Blanco, afluente del Chambo. Los valles con un perfil transversal en forma de V son típicos de los cursos altos de los ríos. En el caso del cantón actual, las dos vertientes laterales del valle en V presentan pendientes muy fuertes (de 70 a 100%) y el río erosiona verticalmente. Las dimensiones longitudinales son de orden kilométrico y anchuras reducidas (orden hectométrico), con una superficie total de 1 km<sup>2</sup> aproximadamente. Se atribuye al contexto morfológico *Medio aluvial de Sierra*.

Las litologías atravesadas por esta unidad se corresponden exclusivamente con las secuencias de lavas y tobas de los Volcánicos El Altar, algo lógico si se tiene en cuenta su proximidad al edificio volcánico que da nombre a dicha formación.



**Foto 2.** Valle en V en el río Blanco sobre Volcánicos El Altar. Sector Loma Ambasay. 09/08/2014.

#### 3.5.1.4. Barranco (E2)

Tiene similares características que la geoforma anterior, aunque menores dimensiones. Las pendientes transversales son fuertes en general (de 40 a 70%), con formas de valle en V y ausencia generalizada de suelos. El área total es de 10 km<sup>2</sup> y están presentes en todos los contextos morfológicos del cantón.

Los barrancos son numerosos en el cantón Penipe, aunque no se reparten de una forma del todo homogénea. Son muy abundantes en torno al cono del volcán Tungurahua, formando una red de drenaje dispuesta radialmente. Otra zona de gran abundancia es la región ocupada por el contexto morfológico *Vertientes y relieves superiores de las cuencas interandinas, con cobertura piroclástica (Sierra Norte)*, aunque estos barrancos no necesariamente pertenecen a dicho contexto (muchos se incluyen dentro del *Medio aluvial de Sierra*). Aquí los barrancos se disponen, globalmente, de forma paralela según una directriz este-oeste. Ambas zonas tienen en común un fuerte desnivel en un espacio relativamente reducido, lo que se traduce en relieves con laderas de elevada pendiente y gran continuidad.

La ubicación preferente de estas geoformas condiciona en gran medida las litologías atravesadas. Las más abundantes corresponden a las Lavas del Tungurahua (Lavas del Tungurahua. Rocas basálticas del Tungurahua, Puñalica y Calpi), asociadas al cono del volcán Tungurahua. Los barrancos ubicados fuera del cono del Tungurahua suelen desarrollarse sobre Volcánicos El Altar, mientras que unos pocos llegan a excavar sobre rocas metamórficas de la Serie Llanganates, cuando consiguen erosionar la potente capa de material piroclástico superior.



**Foto 3.** Barranco río Yuragyacu sobre Volcánicos El Altar. Sector Filo de Chaupitarau. 09/08/2014.

#### 3.5.1.5. Garganta (E3)

Se pueden encontrar en el sector suroeste del edificio volcánico del Tungurahua. Se trata de dos pequeñas gargantas, de apenas 27 ha de superficie conjunta, que desembocan en el río Puela, cerca de su confluencia con el río Chambo.

Estas gargantas presentan fuertes pendientes (de 40 a 70%), desniveles relativos de 15 a 50 metros y longitud de vertiente de entre 15 y 50 metros. Las vertientes de estas gargantas son rectilíneas y las formas de valle son en V. Erosionan materiales del propio cono volcánico (lavas y piroclastos fundamentalmente).



**Foto 4.** Garganta desarrolla sobre material piroclástico del Tungurahua. Sector quebrada Mapayacu. 09/08/2014.

#### 3.5.1.6. Encañonamiento (E4)

En el área de estudio se han podido distinguir dos encañonamientos principales. El primero de ellos, de mayor tamaño, corresponde al tramo más alto del río Puela a su paso por el borde meridional del volcán Tungurahua y se asocia al contexto morfológico *Construcciones de tipo estrato-volcán y formas asociadas*. El segundo es más pequeño y se localiza sobre el río Chorreras, en la zona oriental del cantón e incluido en el contexto morfológico *Paisajes glaciares*. En conjunto suman un área de 4 km<sup>2</sup>.

Se trata de otra geoforma de incisión fluvial, similar a la garganta, pero con mayor profundidad de encañonamiento. En este caso, los desniveles de sus vertientes están comprendidos entre 50 y 200 metros, con pendientes de muy fuertes a escarpadas. Las longitudes de vertiente oscilan entre 50 y 250 metros. Las formas de las vertientes son rectilíneas y la forma de valle es plana. Mientras que el encañonamiento del río Puela excava materiales volcánicos del Tungurahua, el del río Chorreras hace lo propio sobre Volcánicos El Altar.

#### 3.5.1.7. Terraza media (Tm)

Aparecen en varias ubicaciones repartidas a lo largo del río Chambo, adyacentes al cauce principal. Presentan una escasa extensión en el área del cantón, pues en conjunto apenas llegan a 46 ha. Morfológicamente son superficies subhorizontales, aunque su pendiente (de 5 a 12%) se acentúa ligeramente por la presencia de incisiones que irregularizan el terreno. Se trata del primer nivel de terrazas por encima de los depósitos fluviales actuales y que representan, por tanto, la última llanura de inundación abandonada por la excavación vertical del río Chambo.

Se asocian al contexto morfológico *Medio aluvial de Sierra* y litológicamente están constituidas por bloques y gravas, de redondeados a subredondeados, empastados en una matriz areno-limosa.

#### 3.5.1.8. Terraza colgada (Tc)

Son terrazas que se encuentran claramente desconectadas del valle fluvial. Se pueden encontrar a lo largo del trazado del río Chambo, así como en sus afluentes, los ríos Blanco y Badcahuán, con una superficie total de casi 7 km<sup>2</sup>. Constituyen los restos más altos de antiguas superficies de inundación que pueden reconocerse en la zona. En algunos casos, aparecen colgadas a más de 200 metros respecto al cauce actual, lo que refleja la ocurrencia de eventos de fuerte encajamiento del sistema fluvial motivados por movimientos tectónicos verticales.

Se han asignado en su mayoría al *Medio aluvial de Sierra*, aunque en algunos casos, la separación respecto al río principal es tan grande que se han incluido dentro del contexto circundante (*Vertientes y relieves superiores de las cuencas interandinas, con cobertura piroclástica, Sierra Norte*).

Las pendientes son muy variables, desde muy suaves hasta medias, en función del grado de erosión que presentan. Litológicamente están formadas por conglomerados, limos arenosos y arcillas limosas en diferente proporción, aunque no se puede descartar que en algunos puntos su composición incluya una mayor cuantía de elementos volcánicos. En el punto de confluencia de los ríos Chambo y Puela, se observó una composición altamente heterométrica (desde tamaño bloque hasta limo), con abundantes bloques angulosos de rocas volcánicas.



**Foto 5.** Depósito superficial de terrazas colgadas. Sector de confluencia de los ríos Chambo y Puela. 05/06/2014.

### 3.5.1.9. Vertiente o abrupto de terraza (Tv)

Esta geoforma se asocia a algunas de las terrazas colgadas identificadas en el cantón, concretamente, las situadas en los alrededores de la confluencia entre los ríos Chambo, Puela y Badcahuán. Se localiza en el contexto morfológico *Medio aluvial de Sierra* y presentan un área de 3 km<sup>2</sup> aproximadamente.

Se caracterizan por presentar pendientes fuertes (de 40 a 70%), desniveles relativos que oscilan entre 25 y 200 metros y vertientes de longitud moderadamente larga a larga (de 50 a 500 m), con formas rectilíneas. Se desarrollan sobre los mismos depósitos que las terrazas a las que van asociados, aunque en el caso de las terrazas colgadas a una mayor altura, suele aparecer también el macizo rocoso infrayacente.

### 3.5.1.10. Superficie de cono de deyección (Cd1)

Aparecen principalmente en el último tramo del río Chambo antes de abandonar el área del cantón, así como a lo largo del río Puela, en las proximidades de la confluencia con el primero. Se corresponde con la superficie y vertiente, no separable esta última por su reducido tamaño, de pequeños abanicos aluviales procedentes de los relieves circundantes. Está formado por depósitos aluviales de cono de deyección, que constan de limo-arcillas y arenas, así como gravas y bloques en proporciones variables. Estos cuerpos tienen, por lo general, un tamaño reducido, sólo unas pocas hectáreas. En conjunto, suman unas 90 ha y se incluyen dentro del contexto morfológico *Medio aluvial de Sierra*.

Presentan pendientes medias (de 12 a 25%), un desnivel relativo de 50 a 200 metros y vertientes moderadamente largas a muy largas (de 50 a más de 500 m), de formas rectilíneas y convexas.



**Foto 6.** Superficie de cono de deyección. Sector quebrada de Romero. 06/06/2014.

### 3.5.2. Laderas

#### 3.5.2.1. Vertiente rectilínea (Lr1)

Se localizan por gran parte del cantón, aunque son más abundantes en los sectores próximos al valle del río Chambo. Totalizan una superficie de 55 km<sup>2</sup> aproximadamente, repartidos a lo largo de los cinco contextos morfológicos presentes en el cantón: i) *Construcciones de tipo estrato-volcán y formas asociadas*; ii) *Paisajes glaciares*; iii) *Vertientes y relieves superiores de las cuencas interandinas, con cobertura piroclástica (Sierra Norte)*; iv) *Vertientes y relieves inferiores de las cuencas interandinas, con cobertura piroclástica (Sierra Norte)*; y v) *Medio aluvial de Sierra*.

En líneas generales, se caracterizan por presentar pendientes fuertes, grandes desniveles relativos (normalmente mayores a 300 metros) y longitudes de más de 500 metros. En los contextos morfológicos *Vertientes y relieves superiores de las cuencas interandinas, con cobertura piroclástica (Sierra Norte)* y *Vertientes y relieves inferiores de las cuencas interandinas, con cobertura piroclástica (Sierra Norte)*, estos parámetros morfométricos siguen una distribución claramente unimodal, mientras que en el resto de contextos son mucho más variables, si bien los valores indicados tienen validez como promedio.

La principal litología sobre la que se desarrollan las vertientes rectilíneas corresponde a los Volcánicos El Altar, debido a la gran extensión de esta formación. Existen algunos casos donde afloran rocas metamórficas de la Serie Llanganates, principalmente en zonas donde la cobertera volcánica de El Altar ha sido retirada por la erosión. Al norte del cantón, existen algunas de estas vertientes desarrolladas en rocas volcánicas del Tungurahua (lavas y piroclastos).



**Foto 7.** Vertiente rectilínea sobre Volcánicos El Altar. Sector río Yuragyacu. 09/08/2014.

### 3.5.2.2. Vertiente rectilínea con fuerte disección (Lr2)

Son laderas de perfil longitudinal rectilíneo que presentan una intensa disección, conservando una pendiente de cierta uniformidad a lo largo de las mismas. A diferencia de la anterior, esta geoforma es escasa y sólo se encuentra en el sector de Cerro Piche, al suroeste del cantón. En total, presenta una superficie de 3 km<sup>2</sup> y pertenece al contexto morfológico *Vertientes y relieves superiores de las cuencas interandinas, con cobertura piroclástica (Sierra Norte)*.

Aparece con pendientes fuertes (de 40 a 70%), desniveles relativos de más de 300 metros y longitud muy larga (más de 500 m). Se desarrolla sobre lavas y material piroclástico de El Altar.

### 3.5.2.3. Vertiente abrupta (La1)

Son laderas escasamente disectadas y de pendientes muy elevadas. Se encuentran distribuidas por el sector centro-norte del cantón Penipe, principalmente asociadas al valle del río Puela. Su superficie total es de 8 km<sup>2</sup>, distribuidos a lo largo de cuatro de los cinco contextos morfológicos presentes en el área de estudio: i) *Construcciones de tipo estrato-volcán y formas asociadas*; ii) *Paisajes glaciares*; iii) *Vertientes y relieves superiores de las cuencas interandinas, con cobertura piroclástica (Sierra Norte)*; y iv) *Vertientes y relieves inferiores de las cuencas interandinas, con cobertura piroclástica (Sierra Norte)*. Sin embargo, en el primero y último de estos contextos, su presencia es muy poco importante.

Presentan pendientes muy fuertes (de 70 a 100%), desniveles de 50 a más de 300 metros y longitudes de vertiente de moderadamente largas a muy largas (de 50 a más de 500 metros), con formas rectilíneas.

En el contexto morfológico *Construcciones de tipo estrato-volcán y formas asociadas* aparecen sobre lavas y material piroclástico del Tungurahua, mientras que en *Vertientes y relieves superiores de las cuencas interandinas, con cobertura piroclástica (Sierra Norte)*, se desarrollan sobre Volcánicos El Altar. Finalmente, en *Paisajes glaciares*, la litología dominante corresponde a rocas metamórficas (Serie Llanganates), debido a que los procesos erosivos han eliminado la capa superior de material volcánico de El Altar.



**Foto 8.** Vertiente abrupta en Volcánicos El Altar. Sector Cerro Bañay. 09/08/2014.

#### 3.5.2.4. Vertiente heterogénea (Lh1)

Esta geoforma se localiza en las proximidades de Cerro Bañay y Cerro Negro, ambos situados en la región centro-norte del área del cantón. Cuenta con una superficie de 13 km<sup>2</sup> y aparece en los contextos morfológicos *Paisajes glaciares* y *Vertientes y relieves superiores de las cuencas interandinas, con cobertura piroclástica (Sierra Norte)*.

Son laderas de perfil irregular. Presentan pendientes fuertes, desniveles relativos de 100 a 300 metros y longitudes de vertiente en general muy largas. La mayoría de estas vertientes aparecen sobre Volcánicos El Altar, aunque en ciertos casos esta cobertura ha sido erosionada localmente, permitiendo que afloren rocas metamórficas de la Serie Llanganates.

#### 3.5.2.5. Vertiente rocosa (Lh3)

Esta geoforma aparece dispersa por la región central del cantón, asociada a relieves con altitudes cercanas -o incluso superiores- a 4.000 metros. De hecho, la escasez de suelos en este tipo de vertientes puede deberse, en el caso actual, a los efectos climáticos de la altitud. Presenta en total 6 km<sup>2</sup> y se encuadra en el contexto morfológico *Paisajes glaciares*.

Se caracteriza por mostrar pendientes desde medias hasta fuertes (de 12 a 70%), desnivel relativo muy variable (de 25 a más de 300 metros) y longitud de vertiente larga o muy larga (de 250 a más de 500 metros), con forma de vertiente irregular. Se desarrolla sobre lavas, tobas y material piroclástico de El Altar.

#### 3.5.2.6. Vertiente heterogénea con fuerte disección (Lh4)

Es una geoforma muy escasa en el cantón, pues sólo se encuentra en el extremo noreste del área de estudio y presenta un área de 7 ha únicamente, dentro del contexto morfológico *Paisajes glaciares*. Se trata de una vertiente de perfil irregular, similar a la vertiente heterogénea común (Lh1), pero con un mayor grado de

disección. Se observan pendientes fuertes (de 40 a 70%), desniveles relativos comprendidos entre 100 y 200 metros y vertientes largas (de 250 a 500 m). Se desarrolla sobre rocas volcánicas del Tungurahua.

#### 3.5.2.7. Escarpe de deslizamiento (Lh6)

Los deslizamientos son movimientos de ladera de una masa de suelo o roca que se producen a través de una superficie de rotura, cóncava o plana. En el área de cabecera del movimiento, suelen aparecer uno o más escarpes que indican el límite superior del deslizamiento.

Este tipo de geoformas se han localizado a orillas del río Puela (al sur del Tungurahua), en torno al río Azacuchu (sector centro-occidental) y en quebrada Escaleras (afluente de río Blanco, sector meridional). Los escarpes ubicados en la primera y última localización se han formado sobre los edificios volcánicos del Tungurahua y El Altar respectivamente, por lo que se incluyen en el contexto morfológico *Construcciones de tipo estrato-volcán y formas asociadas*, además de presentar una litología acorde con el lugar de aparición. Los escarpes del río Azacuchu, por otro lado, pertenecen al contexto *Vertientes y relieves superiores de las cuencas interandinas, con cobertura piroclástica (Sierra Norte)*, desarrollados sobre rocas metamórficas (Serie Llanganates).

Los escarpes dan lugar a formas de vertiente rectilíneas. Sus pendientes varían de fuertes a escarpadas y los desniveles relativos oscilan, en función de la magnitud del deslizamiento, entre 25 y 300 metros, con vertientes largas o muy largas.

#### 3.5.2.8. Coluvión antiguo (Col2)

Esta geoforma de ladera, con depósitos superficiales asociados, se encuentra repartida en su mayoría por la región occidental del cantón, dentro de los paisajes asociados al dominio fisiográfico *Vertientes y relieves de Cuencas Interandinas*. Tiene una extensión de 7 km<sup>2</sup> y se puede encontrar en los contextos morfológicos siguientes: i) *Paisajes glaciares*; ii) *Vertientes y relieves superiores de las cuencas interandinas, con cobertura piroclástica (Sierra Norte)*; iii) *Vertientes y relieves inferiores de las cuencas interandinas, con cobertura piroclástica (Sierra Norte)*; y iv) *Medio aluvial de Sierra*. Como ya se ha apuntado anteriormente, su mayor abundancia se da en el segundo y tercer contexto mencionados.

Presentan un amplio abanico de pendientes (de 12 a 70%), con desniveles muy variables (de 15 a más 300 metros) y longitudes también muy variables (de 15 a más de 500 metros). Igualmente, presentan toda clase de perfiles de ladera, desde irregulares a rectilíneos, pasando por cóncavos, mixtos, etc. Los coluviones son, por tanto, unidades de morfologías muy variadas.

Están formados por material textural y composicionalmente heterogéneo, en que predominan fragmentos de carácter angular y subangular englobados en una matriz arenosa o limosa, escasamente clasificados y sin estratificación. En un punto situado cerca de la población de El Altar, se ha documentado una composición del depósito rica en arenas y limos, con una proporción menor de gravas (foto 10).



**Fotos 9 y 10.** Coluvión antiguo. Sector quebrada Cucho Huaycu. 09/08/2014.  
Detalle de los depósitos superficiales. Sector Playas de Chambo (carretera Baños-  
Penipe). 05/06/2014.

#### 3.5.2.9. Depósitos de deslizamiento, masa deslizada (Ld1)

Los depósitos de deslizamiento corresponden a las masas de roca y suelo producidas por inestabilidades gravitatorias, situadas al pie de los correspondientes escarpes de deslizamiento (Lh6). En el entorno del cantón, estos depósitos se sitúan en las mismas áreas geográficas que los escarpes de deslizamiento: río Puela (al sur del Tungurahua), río Azacuchu (sector centro-occidental) y quebrada Escaleras (afluente de río Blanco, sector meridional). Ocupan una extensión de 3 km<sup>2</sup> aproximadamente y se asocian a los contextos morfológicos *Construcciones de tipo estrato-volcán y formas asociadas* y, en menor medida, a *Vertientes y relieves superiores de las cuencas interandinas, con cobertura piroclástica (Sierra Norte)*.

Están compuestos por material de alteración y meteorización de las laderas y por fragmentos angulares rocosos de las formaciones de las que proceden, en este caso rocas volcánicas del Tungurahua y El Altar, así como rocas metamórficas de la Serie Llanganates.

Las pendientes de estos depósitos presentan importante variabilidad (de 12 a 70%), con longitudes y desniveles que igualmente presentan rangos muy diversos (de 50 a más de 500 m y de 15 a más de 300 m, respectivamente), en gran parte derivados de la magnitud del movimiento. Las formas de la vertiente de estos depósitos suele ser convexa.

#### 3.5.2.10. Talud de derrubios (Ld4)

Es una geoforma que consiste en una capa de derrubios que cubre una ladera -o parte de ella- de forma continua. Puede formarse por la coalescencia de varios conos de derrubios. Se han identificado importantes taludes de derrubios en el área central del cantón, formando grandes acumulaciones de detritos al pie de algunas vertientes de valles glaciares. Ocupan una superficie de 3 km<sup>2</sup> aproximadamente y se incluyen dentro del contexto morfológico *Paisajes glaciares*. La pendiente de estos depósitos varía entre el 25 y el 70%, con un desnivel medio de 100 a 200 metros. Muestran vertientes largas, de perfil convexo.

### 3.5.2.11. Testigo de glacis de esparcimiento (Pd4)

Corresponden a partes de un glacis de esparcimiento previo, separadas del mismo por procesos erosivos que eliminaron la mayor parte del cuerpo principal. El resultado son superficies aisladas, en las que la morfología del glacis original es difícil de reconocer. En el cantón Penipe, se pueden encontrar en el sector occidental del área de estudio, con una superficie ligeramente inferior a 2 km<sup>2</sup>. Forman parte del contexto morfológico *Vertientes y relieves superiores de las cuencas interandinas, con cobertura piroclástica (Sierra Norte)* y *Vertientes y relieves inferiores de las cuencas interandinas, con cobertura piroclástica (Sierra Norte)*.

Presentan una pendiente media (de 12 a 25%), un desnivel relativo comprendido entre 200 y 300 metros, vertientes de longitud muy larga (más de 500 m) y formas de vertiente suavemente cóncavas. Están formados por una delgada cobertera de depósitos de ladera.



**Foto 11.** Testigo de glacis de esparcimiento. Sector Loma Chiguazo. 05/06/2014.

### 3.5.3. Glaciar y periglacial

#### 3.5.3.1. Circo glaciar (Gf1)

Un circo glaciar es una cuenca en forma de anfiteatro producida por la acción erosiva del hielo, situada por lo general en la cabecera de un valle glaciar. Sus paredes suelen presentar fuertes pendientes. Constituyen las principales zonas de acumulación del hielo que alimenta al glaciar.

En el cantón Penipe, se pueden encontrar circos glaciares dispersos por toda el área central y oriental (dominio fisiográfico Cimas frías), a altitudes comprendidas entre 3.400 y 4.400 msnm. Presentan en total casi 19 km<sup>2</sup> de superficie y se incluyen dentro del contexto morfológico *Paisajes glaciares*. En la actualidad, estos circos glaciares no se pueden considerar activos, ya que la cota de nieves perpetuas está a mayor altitud. Se originaron, al igual que el resto de formas y depósitos glaciares que se describen a continuación, en periodos glaciares pasados, en este caso, durante el Cuaternario.

Poseen unas pendientes comprendidas entre media a fuerte y muy fuerte (de 25 a 100%), con un desnivel relativo variable (desde 50 a más de 300 m). Tienen vertientes moderadamente largas a muy largas, de forma cóncava. Aparecen sobre rocas metamórficas de la Serie Llanganates, así como en las acumulaciones piroclásticas del volcán El Altar.

#### 3.5.3.2. Cubeta glaciar (Gf2)

Son depresiones generadas por la sobreexcavación del sustrato por el hielo glaciar, normalmente dentro de los circos glaciares. Con frecuencia, como en este caso, aparecen rellenas de depósitos glaciares (tillitas), y en algunos casos también pueden dar lugar a lagunas glaciares. En el área del cantón, se encuentran asociadas a circos glaciares y se distribuyen por todo el contexto morfológico de *Paisajes glaciares*. Su superficie total es de 4 km<sup>2</sup>.

Presentan pendientes menores que los circos glaciares (de 12 a 25%), con desniveles bajos o moderados (entre 15 y 100 metros) y vertientes moderadamente largas a muy largas, de perfil cóncavo.

#### 3.5.3.3. Fondo de valle glaciar (Gf3)

Estas unidades forman parte de los valles glaciares y se forman por la erosión que produce el desplazamiento de la masa de hielo canalizada. Dentro del cantón, existen numerosos fondos de valle glaciar. Por lo general, están vinculados a circos glaciares (Gf1) y vertientes de valle glaciar (Gf4) y se encuentran en las mismas áreas geográficas que éstos (Cimas frías, región centro-oriental). Presentan una extensión conjunta de 16 km<sup>2</sup> aproximadamente y la mayoría se incluyen dentro del contexto morfológico *Paisajes glaciares*, a altitudes por encima de los 3.200 msnm. Algunas de estas unidades, que aparecen vinculadas al edificio volcánico de El Altar, se han asignado a *Construcciones de tipo estrato-volcán y formas asociadas*.

Estas geoformas corresponden a valles en forma de U, con pendientes medias en su mayoría. Tienen un desarrollo lineal de varios kilómetros y una anchura promedio de 200 a 500 metros. El fondo de los valles glaciares aparece relleno del material detrítico producto de la erosión glaciar (tillitas, depósitos muy heterométricos y sin estructuras ordenamiento interno, con fragmentos de tamaño bloque empastados en matriz de grano fino).

#### 3.5.3.4. Vertiente de valle glaciar (Gf4)

Son parte también de los valles glaciares, al igual que el fondo de valle glaciar (Gf3), aunque en este caso ocupan las vertientes laterales, paralelas al movimiento del glaciar. Dentro del área de estudio, ocupan una gran parte de las zonas atribuidas al contexto morfológico *Paisajes glaciares*, al cual pertenece. Llegan a alcanzar una superficie conjunta de más de 67 km<sup>2</sup>.

Poseen pendientes fuertes (de 40 a 70%). Los desniveles relativos oscilan entre 50 y más de 300 metros, con vertientes moderadamente largas a muy largas, de perfil

rectilíneo o, en algunos casos, cóncavo. Estas unidades aparecen sobre rocas metamórficas (Serie Llanganates) y volcánicas (Volcánicos El Altar).

#### 3.5.3.5. Valle glaciar colgado (Gf5)

Se producen cuando la excavación del hielo en un valle concreto es menor que en valle glaciar principal en el cual desemboca, por lo que su fondo queda colgado a mayor altura respecto al valle principal. Se localizan preferentemente a lo largo de los bordes oriental y suroriental del cantón. Tienen una superficie conjunta de casi 6 km<sup>2</sup>, y se encuentra dentro del contexto morfológico *Paisajes glaciares*. Son valles con forma de U, de pendiente suave a media. Están rellenos de los mismos depósitos que los fondos de valle glaciar (Gf3), tillitas.

#### 3.5.3.6. Rocas aborregadas (Gf7)

Son formas de erosión glaciar que se producen por el movimiento del hielo sobre rocas resistentes. Tienen forma de montículos rocosos de hasta varias decenas de metros, con un perfil longitudinal asimétrico, normalmente agrupados en conjuntos numerosos.

La mayoría de rocas aborregadas que han podido identificarse en el área de estudio aparecen asociadas al valle glaciar de la cabecera del río Siete Vueltas. Ocupan un área de 2 km<sup>2</sup> aproximadamente y se incluye dentro del contexto morfológico *Paisajes glaciares*. Presentan una pendiente media y están formadas por rocas volcánicas (Volcánicos El Altar).

#### 3.5.3.7. Laguna glaciar (Gf8)

Son lagunas originadas en ambientes glaciares o subglaciares. Tanto las formas de erosión como los depósitos morrénicos que originan los glaciares tienden a crear pequeñas zonas endorreicas, que permiten la formación de estas lagunas. Dentro del cantón se han localizado algunas lagunas glaciares, asociadas a circos glaciares y a terrenos morrénicos. Se encuentran en los alrededores del río Naranjal, al este del área de estudio. Su superficie suma unas 15 ha en total y pertenecen al contexto morfológico *Paisajes glaciares*.

#### 3.5.3.8. Morrena de fondo (Gd1)

Hacen referencia a las acumulaciones de sedimentos glaciares sobre el fondo de un valle glaciar. Dentro del área de estudio se han podido identificar en el sector sureste del edificio volcánico del Tungurahua (aunque los valles glaciares originales ya no son reconocibles), razón por la cual han incluido en el contexto morfológico *Construcciones de tipo estrato-volcán y formas asociadas*. Su extensión es de 2 km<sup>2</sup> aproximadamente. Forman acúmulos de material glaciar de cimas redondeadas, pendiente media y desniveles de 25 a 50 metros, con vertientes mixtas y moderadamente largas.

#### 3.5.3.9. Morrena lateral (Gd2)

Es similar a la morrena de fondo, aunque se forma en los márgenes laterales del glaciar. Están algo mejor representadas que la geoforma anterior, pues se distribuyen tanto sobre el volcán Tungurahua (sector suroriental) como a lo largo de las elevaciones centro-orientales del cantón, con 3 km<sup>2</sup> de extensión total. Aparecen asociadas a valles glaciares y otros tipos de morrenas (morrenas de fondo, por ejemplo). La mayoría pertenece al contexto morfológico *Paisajes glaciares*, salvo las ubicadas sobre el Tungurahua, que se han incluido en el contexto *Construcciones de tipo estrato-volcán y formas asociadas*.

Su pendiente varía de media hasta fuerte (de 12 a 70%), con un desnivel de 15 a 100 metros y vertientes moderadamente largas a largas. Las vertientes presentan formas variadas, aunque la más frecuente es convexa, mientras que la forma de la cima es normalmente redondeada.

#### 3.5.3.10. Morrenas (Gd4)

Esta unidad se define como morrenas en sentido amplio, ya que su atribución concreta, basada en la posición ocupada respecto al antiguo glaciar que dio origen a las mismas, no ha podido ser precisada. En el cantón Penipe se pueden observar en el sector central, a lo largo de los relieves de Loma Escaleras, Cerro Cubillín Chico y Loma Redondo. También aparecen en las inmediaciones del río Naranja, más al este. En conjunto, suman un área de 6 km<sup>2</sup> aproximadamente y aparecen en el contexto morfológico *Paisajes glaciares*.

Presentan una pendiente media (de 12 a 25%), desnivel de 15 a 200 metros y vertientes de 15 a más de 500 metros, de perfil mixto, rectilíneo o convexo.

#### 3.5.3.11. Depósito glaciar modelado por acción fluvial (Gd6)

Esta unidad geomorfológica es muy abundante al este del río Naranja, afluente de la cabecera del río Puela. En total se contabilizan 13 km<sup>2</sup> de superficie para estos depósitos, incluidos principalmente en el contexto morfológico *Paisajes glaciares* (una pequeña porción aparece en *Construcciones de tipo estrato-volcán y formas asociadas*, al aparecer sobre el margen oriental del volcán Tungurahua).

Se trata de antiguos depósitos glaciares que fueron remodelados por los distintos cursos fluviales. Están compuestos por bloques heterométricos y gravas, empastados en una matriz de tipo limo-arenoso. Presenta pendientes de 2 a 40%, desniveles de 25 a 200 metros y vertientes muy largas por lo general. Sus laderas tienen un perfil rectilíneo o mixto.

#### 3.5.3.12. Hondonadas pantanosas de origen glaciar-periglacial (Gp2)

Son áreas endorreicas o de drenaje deficiente, que presentan suelos esponjosos y montículos herbáceos en forma de almohadillas, de tamaño decimétrico. Dentro del área del cantón se han identificado dos de estas geoformas, localizadas en el sector central, al noroeste de Loma Redondo y a unos 3.800 metros de altitud. La superficie

de estas áreas pantanosas es de unas 6 ha y se ubican dentro del contexto morfológico *Paisajes glaciares*.

#### 3.5.4. Volcánico

##### 3.5.4.1. Cono sin actividad volcánica actual e intenso retoque glacial (Vci1)

Se refiere a conos volcánicos que no han tenido actividad en los últimos 500 años y cuyos flancos aparecen excavados por glaciares. Dentro del cantón Penipe, hace referencia básicamente al volcán El Altar, situado al sur del área de estudio. Es un gran estratovolcán extinto de 5.319 metros de cota máxima, con un casquete glacial permanente y una caldera de 3 km de diámetro abierta hacia el oeste. El cono muestra evidencias de fuerte erosión glacial, con numerosos valles glaciares que parten del mismo radialmente. La superficie incluida dentro del área de trabajo es de 8 km<sup>2</sup>, aunque el tamaño total del edificio volcánico es mucho mayor. Pertenece al contexto morfológico *Construcciones de tipo estrato-volcán y formas asociadas*.

La mayor parte del cono presenta pendientes fuertes, un desnivel mayor a 300 metros y vertientes muy largas, de forma rectilínea. Está compuesto por alternancias de lavas y piroclastos de los Volcánicos El Altar.

##### 3.5.4.2. Cono muy bien conservado con actividad volcánica actual y moderado retoque glacial (Vca2)

A diferencia del anterior, estos volcanes muestran actividad en los últimos 500 años y presentan un modelado glacial limitado. El volcán Tungurahua, en el sector septentrional del cantón, se puede encuadrar dentro de esta categoría. Tiene una altitud de 5.023 metros y un diámetro basal de unos 15 km. Es uno de los volcanes más activos del Ecuador, con frecuentes episodios eruptivos registrados en los últimos años. Esta intensa actividad se ve reflejada en unos flancos muy bien conservados y un perfil cónico casi sin irregularidades, debido al continuo aporte de material efusivo. El edificio actual descansa sobre otro más antiguo (más visible en la parte oriental del cono), en el que se puede apreciar una disección mucho más importante y algunas muestras de erosión glacial y morrenas.

La porción del volcán Tungurahua que se engloba dentro de esta geoforma tiene 29 km<sup>2</sup> de extensión en el territorio del cantón, aunque el edificio continúa fuera de los límites del mismo. Se incluye en el contexto morfológico *Construcciones de tipo estrato-volcán y formas asociadas*.

Las pendientes mayoritarias están dentro del rango de 25 a 70%, aunque existen valores mucho mayores, hasta el 200%. Comúnmente, el desnivel relativo es mayor a 300 metros y la longitud de la vertiente mayor a 500 metros, con laderas de perfil cóncavo. Cabe destacar la forma general de la red de drenaje, de tipo radial en la mayor parte del cono. El edificio volcánico se compone de las lavas y materiales piroclásticos emitidos por el propio volcán.



**Foto 12.** Cono muy bien conservado con actividad volcánica actual y moderado retoque glaciario (volcán Tungurahua, en pleno proceso eruptivo). 31/08/2014.

#### 3.5.4.3. Cráter (Vc1)

Hace referencia a una pequeña porción de los restos del cráter del volcán El Altar, al sur del área del cantón. Presenta una escasa superficie (8 ha), ya que la mayor parte del cráter se sitúa fuera del área de estudio. Está incluido dentro del contexto morfológico *Construcciones de tipo estrato-volcán y formas asociadas*. Su pendiente es fuerte, el desnivel relativo es mayor a 300 metros y posee vertientes de longitud muy larga y forma cóncava. Se compone, al igual que el resto del edificio volcánico, de lavas y tobas de los Volcánicos El Altar.

#### 3.5.4.4. Laguna en fondo de cráter o caldera (Vc5)

Son lagunas que se generan en el hueco de un cráter o caldera volcánicos. En el cantón Penipe, se puede reconocer una gran laguna en la caldera del volcán El Altar, al sur del área de estudio. Tiene aproximadamente 28 ha de superficie y pertenece al contexto morfológico *Construcciones de tipo estrato-volcán y formas asociadas*.

#### 3.5.4.5. Rampas de piedemonte de cono volcánico (Vc8)

Son superficies que, a modo de glacis, enlazan la base del cono volcánico con la llanura circundante, dando lugar a laderas ligeramente cóncavas. Estas rampas se observan al oeste del cono volcánico del Tungurahua. Tienen una extensión de 17 km<sup>2</sup> y forman parte del contexto morfológico *Construcciones de tipo estrato-volcán y formas asociadas*.

Comienzan con una ruptura de pendiente con el cono del volcán y descienden hasta el río Chambo. Presentan un perfil cóncavo, en el cual la pendiente de la parte superior (de 12 a 25%) desciende gradualmente hasta la base (de 5 a 12%). Ello contrasta con las pendientes mayoritariamente fuertes del cono volcánico. Las rampas forman vertientes muy largas (más de 500 metros) y de gran desnivel (más de 300 metros). Están formadas por lavas y cenizas del volcán Tungurahua.



**Foto 13.** Rampas de piedemonte de cono volcánico. Sector Puela. 09/08/2014.

#### 3.5.4.6. Colada de lava antigua (Vc10)

Corresponden a los restos de una o varias coladas de lava situadas en la parte oriental del Tungurahua. Se presentan en afloramientos aislados e inconexos, en los que se ha perdido la morfología característica de una colada de lava. En total, estos afloramientos suman unos 4 km<sup>2</sup> de extensión, incluidos dentro del contexto morfológico *Construcciones de tipo estrato-volcán y formas asociadas*.

Las pendientes están comprendidas entre medias y fuertes (de 12 a 70%), con desniveles de más de 300 metros. La longitud de las vertientes supera los 500 metros y presenta formas irregulares. Estas coladas fueron emitidas por el volcán Tungurahua, cuyas lavas suelen presentar una composición básica a intermedia.

#### 3.5.4.7. Relieve volcánico colinado medio (Rv9)

Presenta una superficie muy pequeña, 36 ha aproximadamente. Se encuentra únicamente al oeste de Loma Chiguazo, en el límite occidental del cantón Penipe. Está presente en el contexto morfológico *Vertientes y relieves inferiores de las cuencas interandinas, con cobertura piroclástica (Sierra Norte)*.

Se caracteriza por presentar pendientes medias (de 12 a 25%), cimas de formas redondeadas, vertientes convexas y una longitud de vertiente que varía entre 50 a 250 metros. El desnivel relativo oscila entre 50 y 100 metros. Se desarrolla sobre Volcánicos El Altar.

#### 3.5.4.8. Relieve volcánico colinado muy alto (Rv11)

Esta geoforma es análoga a la anterior, pero presenta un mayor desnivel relativo. Se ubica inmediatamente al este de la anterior unidad, con una superficie total aproximada de 1 km<sup>2</sup>. Se incluye dentro del contexto morfológico *Vertientes y relieves inferiores de las cuencas interandinas, con cobertura piroclástica (Sierra Norte)*.

Forma relieves de cimas redondeadas y vertientes convexas. Su pendiente general oscila entre media a fuerte y fuerte (de 25 a 70%), el desnivel varía de 200 a 300 metros y las laderas son de longitud larga a muy larga (de 250 a más de 500 metros). La unidad se asienta sobre materiales piroclásticos y lavas de El Altar.

#### 3.5.4.9. Superficie volcánica ondulada (RvSo)

Son superficies de formas onduladas, desarrollada sobre materiales volcánicos en sentido amplio y con un objetivo meramente descriptivo. Se localizan en los sectores occidentales del cantón, cerca de la confluencia de los ríos Chambo, Puela y Badcahuán. Suman un área de 4 km<sup>2</sup> y aparecen en cuatro contextos morfológicos diferentes: i) *Construcciones de tipo estrato-volcán y formas asociadas*; ii) *Vertientes y relieves superiores de las cuencas interandinas, con cobertura piroclástica (Sierra Norte)*; iii) *Vertientes y relieves inferiores de las cuencas interandinas, con cobertura piroclástica (Sierra Norte)*; y iv) *Medio aluvial de Sierra*.

Presenta pendientes suaves. Los desniveles relativos oscilan mayoritariamente entre 25 y 100 metros, con unas vertientes moderadamente largas a muy largas y de formas convexas. En general, se desarrollan sobre Volcánicos El Altar, aunque en algunos puntos aparecen sobre lavas y piroclastos del Tungurahua.



**Fotos 14 y 15.** Superficie volcánica ondulada y detalle del depósito volcánico (cenizas y piroclastos de El Altar). Sector San Antonio de Bayushig. 05/06/2014.

#### 3.5.5. Poligénicas

##### 3.5.5.1. Coluvio-aluvial reciente (Coa1)

Son depósitos de transición entre las laderas y los valles, básicamente rellenando vaguadas y fondos de pequeños drenajes, cuyos materiales proceden tanto de la ladera como de una restringida dinámica fluvial.

Esta geoforma se encuentra sólo en el cauce del río Palictagua, un afluente de la margen izquierda del río Puela. Tiene una superficie muy pequeña, de menos de 4 ha, y está asociada al contexto morfológico *Medio aluvial de Sierra*, ya que dicho contexto tiene continuidad aguas arriba. Presenta pendientes suaves (de 5 a 12%) y formas de valle plano. La composición del depósito, comprobada en campo, indica unas proporciones similares entre gravas, arenas y limos, con un porcentaje algo menor de bloques angulares.



**Foto 16.** Coluvio-aluvial reciente. Sector río Palictagua. 09/08/2014.

#### 3.5.5.2. Coluvio-aluvial antiguo (Coa2)

Tiene características muy similares a las de la anterior geoforma, aunque se les considera antiguos por presentar un mayor grado de disección y una vegetación pionera mejor desarrollada.

Esta geoforma se distribuye por el tercio occidental del cantón preferentemente. Alcanza su mayor desarrollo a lo largo del cauce del río Badcahuán, donde alcanza varios kilómetros de longitud y una anchura de 50 a 200 metros. Su superficie, aunque mayor a la del coluvio-aluvial reciente, sigue siendo escasa (1 km<sup>2</sup>). Se localiza en tres contextos morfológicos: i) *Construcciones de tipo estrato-volcán y formas asociadas*; ii) *Vertientes y relieves superiores de las cuencas interandinas, con cobertura piroclástica (Sierra Norte)*; y iii) *Medio aluvial de Sierra*, aunque en los dos primeros tiene muy poca presencia. Presentan pendientes que varían entre suaves y medias a fuertes (de 5 a 40%) y formas de valle plana, en V y en U.

#### 3.5.5.3. Superficie inclinada (Si2)

Este tipo de unidades se emplea para describir superficies con una cierta inclinación, normalmente cuando existe dificultad para adscribirla a una geoforma más específica. En la zona de estudio, se encuentran en dos puntos principales de la región central del cantón: Loma Piche y margen izquierda del río Naranja. En conjunto totalizan una superficie de 1 km<sup>2</sup> aproximadamente, dentro de los contextos morfológicos *Paisajes glaciares* y *Vertientes y relieves superiores de las cuencas interandinas, con cobertura piroclástica (Sierra Norte)*.

Las pendientes son, normalmente, medias (de 12 a 25%), con desniveles de 15 a 200 metros. La longitud de la vertiente está comprendida entre moderadamente larga y muy larga, con laderas de perfil rectilíneo.

Se desarrollan principalmente sobre rocas metamórficas de la Serie Llanganates, a lo largo de un afloramiento centrado en el cañón del río Puela, el cual ha retirado parcialmente la cobertera piroclástica superior.

#### 3.5.5.4. Interfluvio de cimas redondeadas (Ar1)

Esta unidad geomorfológica se distribuye por el sector centro-occidental del cantón principalmente. En total se contabilizan 2 km<sup>2</sup> de este tipo de interfluvios. Se trata de una geoforma de desarrollo lineal y estrecho, con perfil transversal redondeado de pendientes moderadas, que ocupa las posiciones cimaras del relieve, de donde arrancan los diferentes tipos de ladera o vertientes.

Se identifican en tres de los contextos morfológicos existentes en el cantón: i) *Paisajes glaciares*; ii) *Vertientes y relieves superiores de las cuencas interandinas, con cobertura piroclástica (Sierra Norte)*; y iii) *Vertientes y relieves inferiores de las cuencas interandinas, con cobertura piroclástica (Sierra Norte)*. Se desarrollan con mayor profusión sobre materiales piroclásticos de El Altar.



**Foto 17.** Interfluvio de cimas redondeadas. Sector Loma Pogoyo. 09/08/2014.

#### 3.5.5.5. Interfluvio de cimas estrechas (Ar2)

Esta geoforma es muy similar a la anterior, aunque posee un perfil transversal más agudo. Aparece ampliamente distribuida por los relieves altos de la zona central y a lo largo de todo el borde oriental del cantón, formando estructuras de gran continuidad. La mayor parte de los 9 km<sup>2</sup> de superficie total de estas unidades aparece en el contexto morfológico *Paisajes glaciares*, con una porción menor dentro de *Vertientes y relieves superiores de las cuencas interandinas, con cobertura piroclástica (Sierra Norte)*.

Aparece sobre varias litologías diferentes, aunque las más importantes son Volcánicas El Altar y Serie Llanganates. La abundancia de este tipo de interfluvios en las zonas de *Paisajes glaciares* sugiere una relación estrecha con el modelado glaciar. Los valles glaciares, cuando se vuelven coalescentes, dejan aristas muy agudas entre ellos, siempre que la litología lo permita.

#### IV. RESUMEN Y CONCLUSIONES

Territorialmente el cantón Penipe tiene 371 km<sup>2</sup> aproximadamente, de los cuales el presente estudio geomorfológico contempla 346 km<sup>2</sup> ya que las restantes pertenecen al Patrimonio de Áreas Naturales del Estado (Parque Nacional Sangay). Está situado en la región Sierra, y presenta alturas sobre el nivel del mar que varían desde 2.100 metros hasta un máximo de 5.319 metros.

En el cantón Penipe se pueden diferenciar cuatro dominios fisiográficos, enmarcados en la región Sierra.

1. **Sistema volcánico.** Presenta una extensión importante en el territorio estudiado, 81 km<sup>2</sup>, ocupando la zona septentrional y meridional del área de estudio. Su distribución se corresponde con los dos grandes estratovolcanes que existen en el área de estudio: Tungurahua y El Altar. El volcán Tungurahua es activo en actualidad, mientras que El Altar se considera extinto. Ambos volcanes determinan la litología que se puede encontrar en el dominio, que consiste en lavas y material piroclástico principalmente. Este dominio fisiográfico contiene, en el territorio estudiado, un solo contexto morfológico, denominado *Construcciones de tipo estrato-volcán y formas asociadas*.

Las unidades geomorfológicas más características de dicho contexto morfológico son las de tipo volcánico, como son las rampas de piedemonte de cono volcánico, colada de lava antigua, cono muy bien conservado con actividad volcánica actual y moderado retoque glaciar y cono sin actividad volcánica actual e intenso retoque glaciar, por citar las más importantes. Las geoformas fluviales más representativas del dominio son los barrancos y encañonamientos. Se han identificado también algunas geoformas de ladera, principalmente depósitos de deslizamiento. La gran altitud que alcanzan los dos grandes volcanes del cantón ha permitido el desarrollo de unidades de génesis glaciar y periglaciar: fondo de valle glaciar, morrena de fondo, morrena lateral y depósito glaciar modelado por acción fluvial.

2. **Cimas frías de las Cordilleras Occidental y Real.** Es el dominio más importante del área de estudio, con unos 170 km<sup>2</sup>. Este dominio fisiográfico, que se desarrolla principalmente sobre rocas volcánicas de El Altar y rocas metamórficas de la Serie Llanganates, ha sido fuertemente modelado por los glaciares, dando lugar a extensos depósitos de material morrénico. En el territorio estudiado del cantón, presenta un solo contexto morfológico, denominado *Paisajes glaciares*.

Las geoformas más abundantes en dicho contexto son las relacionadas con el modelado glaciar y periglaciar, especialmente las asociadas a valles glaciares, como fondo de valle glaciar, vertiente de valle glaciar o circo glaciar. Las geoformas fluviales son poco importantes y están representadas por barrancos esencialmente. Las unidades de ladera tienen una representación considerable, en especial las vertientes (rectilíneas, heterogéneas y las derivadas de éstas). Se han identificado asimismo algunas geoformas poligénicas, de las cuales la más significativa es el interfluvio de cimas estrechas.

- 3. Vertientes y relieves de Cuencas Interandinas.** Presenta una extensión de unos 70 km<sup>2</sup>. Este dominio fisiográfico se desarrolla principalmente sobre rocas volcánicas de El Altar, cuyos afloramientos cubren casi la totalidad del mismo. Existen también algunos afloramientos de rocas metamórficas de la Serie Llanganates, en puntos donde la erosión ha eliminado las rocas volcánicas superiores. En el territorio estudiado del cantón, presenta dos contextos morfológicos, denominados *Vertientes y relieves superiores de las cuencas interandinas, con cobertura piroclástica (Sierra Norte)* y *Vertientes y relieves inferiores de las cuencas interandinas, con cobertura piroclástica (Sierra Norte)*.

En el contexto *Vertientes y relieves superiores de las cuencas interandinas, con cobertura piroclástica (Sierra Norte)*, el tipo de modelado principal es de laderas. Aquí predominan fuertemente los distintos tipos de vertientes rectilíneas y heterogéneas, además de algunos coluviones. Las principales geoformas fluviales corresponden a terrazas colgadas y barrancos, mientras que las formas poligénicas más relevantes son los interfluvios, tanto de cimas redondeadas como estrechas.

En *Vertientes y relieves inferiores de las cuencas interandinas, con cobertura piroclástica (Sierra Norte)*, la proporción entre grupos genéticos no es muy diferente, pues dominan claramente las formas de ladera (vertiente rectilínea, coluvión antiguo, etc.). Aparecen unidades volcánicas de tipología "relieves diversos", como son relieve volcánico colinado medio, relieve volcánico colinado muy alto y superficie volcánica ondulada. Las geoformas poligénicas están representadas por interfluvios de cimas redondeadas, únicamente.

- 4. Medio aluvial de Sierra.** Con una extensión de 25 km<sup>2</sup>, este dominio se corresponde con el contexto morfológico homónimo, ya que no presenta ninguna otra subdivisión. La mayoría de sus geoformas son de génesis fluvial e incluyen tanto formas de incisión (barrancos, encañonamientos) como formas de depósito (valle fluvial-llanura de inundación, terrazas, conos de deyección). Se han incluido algunas geoformas de ladera (vertiente rectilínea) para mejorar la coherencia cartográfica, que de otro modo hubiesen dado lugar a zonas aisladas de pequeño tamaño con distinto dominio. El contexto contiene también unidades de tipo poligénico, coluvio-aluvial antiguo esencialmente, ya que muestran continuidad con la red de drenaje del cantón.

Los volcanes Tungurahua y El Altar conforman dos de los elementos más destacados del paisaje en el cantón Penipe. El volcán Tungurahua -activo aun hoy- ha determinado, junto con otros volcanes activos cercanos como el Sangay, la presencia de una cobertura reciente de cenizas volcánicas que abarca la práctica totalidad del territorio del cantón. Es un hecho de gran importancia, pues ello condiciona tanto la litología que se observa en superficie como el tipo de suelos que se desarrollan.

Todo el sector central del área del cantón está ocupado por geoformas de origen glaciar fuertemente desarrolladas. La ausencia de grandes valles fluviales transversales, que dividan y segmenten los relieves, permite imaginar este sector de

la cordillera como un gran domo de dirección meridiana, capaz de mantener una gran extensión a altitudes elevadas. Esta configuración debió permitir la acumulación, durante el Cuaternario, de grandes cantidades de hielo hasta formar un casquete glaciar continuo, lo que explicaría el por qué de tal desarrollo de las morfologías glaciares. Los volcanes Tungurahua y El Altar ya existían en ese momento, como evidencian los signos de modelado glaciar y depósitos de tillitas sobre ambos. En el caso del Tungurahua, estos rasgos se observan sobre los restos de un edificio anterior al actual, que colapsó durante el Holoceno. Curiosamente, el aspecto actual del volcán El Altar (caldera de avalancha abierta hacia el oeste) debe guardar cierta similitud con este antiguo edificio del Tungurahua, antes de que su cono actual se desarrollase.

Los flancos laterales de la sierra, que se precipitan desde altitudes superiores a 4.000 metros hacia la cuenca de Riobamba, a unos 2.800 msnm, están dominados por vertientes esencialmente. En este entorno también aparecen frecuentes terrazas, testigos de glaciares y otros tipos de superficies y rellanos colgados a una cierta altitud sobre los cauces de la red fluvial. La conexión de los macizos de la Cordillera Real con la cuenca parece evidenciar fuertes movimientos tectónicos, con un hundimiento relativo de los bloques occidentales respecto a los del este a través de fallas normales. Esto podría explicar la situación de estos rellanos, colgados a veces a centenares de metros sobre los cauces.

## V. BIBLIOGRAFÍA

### 5.1. Referencias generales

Clapperton, C.M., 1993. Quaternary Geology and Geomorphology of South America. *Elsevier*. Ámsterdam, 779 p.

Colombo, F., y Martí, J., 1992. Depósitos volcano-sedimentarios. En: Sedimentología, colección Nuevas tendencias. *Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC)*. Madrid, 271-345.

CLIRSEN, 1998. Estudio geomorfológico del cantón Guayaquil. *Informe no publicado*. Quito, 34 p.

CLIRSEN, 2012. Proyecto: "Generación de Geoinformación para la gestión del territorio a nivel nacional, escala 1:25.000". Geomorfología. Metodología (versión 2012). *Informe no publicado*. Quito, 36 p.

Coltorti, M., y Ollier, C.D., 2000. Geomorphic and tectonic evolution of the Ecuadorian Andes. *Geomorphology*, 32, 1-19.

Duque, P., 2000. Léxico Estratigráfico del Ecuador. *CODIGEM*. Quito, 102 p.

Gutiérrez, M., 2008. Geomorfología. *Pearson Educación, S.A.* Madrid, 898 p.

IEE, 2013. Base conceptual de la cartografía geomorfológica y de amenaza por tipo de movimiento en masa. *Informe no publicado*. Quito, 114 p.

Iriondo, M.H., 2012. Cuaternario de Ecuador, Perú y Chile. *Museo Provincial de Ciencias Naturales*. Santa Fe, 416 p.

Leopold, L. B., 1994. A View of the River. *Harvard University Press*. Cambridge, Massachusetts, 298 p.

Ministerio de Medio Ambiente, 2006. Guía para la elaboración de estudios del medio físico. *Serie Monografías, Centro de Publicaciones de la Secretaría General Técnica del Ministerio de Medio Ambiente*. Madrid, 917 p.

Reading, A. J., Thompson, R. D., y Millington, A.C., 1995. Humid Tropical Environments. *Blacwell*. Oxford, 429 p.

Rositer, D., 2000. Metodologías para el levantamiento del recurso suelo: texto base. (trad. R. Vargas 2004). *ITC, Soil Science Division*. Netherlands, s.p.

Strahler, A. N., 1979. Geografía Física. *Ediciones Omega* (4ª edición). Barcelona, 767 p.

Van Zuidam, R.A., 1985. Aerial photo-interpretation in terrain analysis and geomorphologic mapping. *Printed Smith Publishers*. Netherlands, 442 p.

Vera, R., 2013. Geology of Ecuador. *Gráficas Iberia*. Quito, 150 p.

Zinck, J.A., 2012. Geopedología. *ITC*. Enschede, Netherlands, 123 p.

## 5.2. Bibliografía citada

Bristow, C.R., y Hoffstetter, R., 1977. Lexique Stratigraphique International, vol. V. Amérique Latine, Fasc. 5 a 2: Ecuador. *Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS)*. París, 410 p.

CODIGEM-BGS (Corporación de Desarrollo e Investigación Geológico-Minera-Metalúrgica; British Geological Survey), 1994. Geological and metal occurrence maps of the Cordillera Real Metamorphic Belt, Ecuador, esc. 1:500.000. (Publicado en 2 hojas). *CODIGEM*. Quito.

CODIGEM-BGS (Corporación de Desarrollo e Investigación Geológico-Minero-Metalúrgica; British Geological Survey), 1993. Mapa Geológico del Ecuador, esc. 1:1.000.000. *CODIGEM*. Quito.

DGGM-INEMIN (Dirección General de Geología y Minas; Instituto Ecuatoriano de Minería), 1987. Mapa Geológico de la Provincia de Penipe Santiago, esc. 1:250.000. *DGGM*. Quito.

DGGM-UK (Dirección General de Geología y Minas; Misión Británica), 1975. Hoja Geológica: Alausí (Hoja 71), esc. 1:100.000. *DGGM*. Quito.

DGGM-UK (Dirección General de Geología y Minas; Misión Británica), 1975. Hoja Geológica: Cañar (Hoja 72), esc. 1:100.000. *DGGM*. Quito.

DGGM-IGS (Dirección General de Geología y Minas; Institute of Geological Sciences), 1982. Mapa Geológico del Ecuador, esc. 1:1.000.000. *DGGM*. Quito.


INEMIN (Instituto Ecuatoriano de Minería), 1989. Hoja Geológica: Macas (Hoja 90), esc. 1:100.000. *INEMIN*. Quito.

Winckell, A. (coordinador), 1997. Los paisajes naturales del Ecuador: las regiones y paisajes del Ecuador. *CEDIG, IPGH, ORSTOM, IGM*. Quito, 416 p. + mapa esc. 1:1.000.000.



## ANEXO I. MODELO DE FICHA DE CAMPO

Tracasa Ecuador. Formulario de Ficha


**LEVANTAMIENTO DE CARTOGRAFÍA TEMÁTICA ESCALA 1:25.000**  
**Ficha General de Información de Campo - Geomorfología**

**1. Datos Generales**

Identificación

Código Ficha  Fecha descripción

Código Salida  Código Responsable  Número Ficha

Coordenadas

Longitud:  Ubicación

Latitud:  PROVINCIA

Altitud:  CANTON

PARROQUIA

**2. Descripción**

Contexto Morfológico

Geoforma  Pendiente

Forma Cima  Desnivel Relativo

Forma Vertiente  Longitud Vertiente

Forma Valle  Formación

Litología

Descripción Litología

A. Fotos Descripción Geoforma

**3. Macizo Rocoso**

Macizo Rocoso 1

Estructura Macizo Rocoso <input type="text"/>	Humedad <input type="text"/>	Número Muestras <input type="text"/>	Categorización Roca
Grado Fracturación <input type="text"/>	Tipo Discontinuidad <input type="text"/>	Buzamiento <input type="text"/>	Clasificación <input type="text"/>
Grado Meteorización <input type="text"/>	Espacio entre Discontinuidades <input type="text"/>	Azimuth <input type="text"/>	Tipo <input type="text"/>
Grado Compactación <input type="text"/>	Abertura entre Discontinuidades <input type="text"/>	Profundidad <input type="text"/>	Textura <input type="text"/>
Afloramiento Agua <input type="text"/>	Material Relleno <input type="text"/>		

Macizo Rocoso 2

Estructura Macizo Rocoso <input type="text"/>	Humedad <input type="text"/>	Número Muestras <input type="text"/>	Categorización Roca
Grado Fracturación <input type="text"/>	Tipo Discontinuidad <input type="text"/>	Buzamiento <input type="text"/>	Clasificación <input type="text"/>
Grado Meteorización <input type="text"/>	Espacio entre Discontinuidades <input type="text"/>	Azimuth <input type="text"/>	Tipo <input type="text"/>
Grado Compactación <input type="text"/>	Abertura entre Discontinuidades <input type="text"/>	Profundidad <input type="text"/>	Textura <input type="text"/>
Afloramiento Agua <input type="text"/>	Material Relleno <input type="text"/>		

Macizo Rocoso 3

Estructura Macizo Rocoso <input type="text"/>	Humedad <input type="text"/>	Número Muestras <input type="text"/>	Categorización Roca
Grado Fracturación <input type="text"/>	Tipo Discontinuidad <input type="text"/>	Buzamiento <input type="text"/>	Clasificación <input type="text"/>
Grado Meteorización <input type="text"/>	Espacio entre Discontinuidades <input type="text"/>	Azimuth <input type="text"/>	Tipo <input type="text"/>
Grado Compactación <input type="text"/>	Abertura entre Discontinuidades <input type="text"/>	Profundidad <input type="text"/>	Textura <input type="text"/>
Afloramiento Agua <input type="text"/>	Material Relleno <input type="text"/>		

A. Fotos Macizo Rocoso

MR1	MR2	MR3
-----	-----	-----

B. Otros Aspectos Macizo rocoso

**4. Depósitos Superficiales**

Tipo Depósito Superficial

Composición Depósito Superficiales  Porcentaje

A. Fotos Depósitos superficiales

DS1	DS2	DS3
-----	-----	-----

B. Otros Aspectos Depósito superficial

**#. Observaciones Generales**

Sincroniza con Geomorfología
  Guardar



## ANEXO II. CÓDIGOS DE FICHAS DE CAMPO LEVANTADAS EN EL CANTÓN

CGg-NVI_C1-61-0336	CGg-NVI_C1-61-0363	CGg-NVI_A4-65-0051
CGg-NVI_C1-61-0337	CGg-NVI_C1-61-0364	CGg-NVI_A4-65-0052
CGg-NVI_C1-61-0338	CGg-NVI_C1-61-0365	CGg-NVI_A4-65-0053
CGg-NVI_C1-61-0340	CGg-NVI_C1-61-0366	CGg-NVI_A4-65-0054
CGg-NVI_C1-61-0345	CGg-NVI_C1-61-0367	CGg-NVI_A4-65-0055
CGg-NVI_C1-61-0348	CGg-NVI_A3-61-0368	CGg-NVI_A4-65-0056
CGg-NVI_C1-61-0349	CGg-NVI_A3-61-0369	CGg-NVI_A4-65-0057
CGg-NVI_A3-61-0353	CGg-NVI_A3-61-0370	CGg-NVI_A4-65-0058
CGg-NVI_A3-61-0355	CGg-NVI_A3-61-0401	CGg-NVI_A4-65-0059
CGg-NVI_C1-61-0356	CGg-NVI_A3-61-0395	CGg-NVI_A4-65-0060
CGg-NVI_C1-61-0357	CGg-NVI_A4-61-0402	CGg-NVI_A4-65-0061
CGg-NVI_C1-61-0358	CGg-NVI_A3-61-0403	CGg-NVI_C2-60-0178
CGg-NVI_C1-61-0360	CGg-NVI_A4-65-0039	CGg-NVI_C2-60-0202
CGg-NVI_C1-61-0361	CGg-NVI_A4-65-0040	CGg-NVI_C2-60-0203
CGg-NVI_C1-61-0362	CGg-NVI_A4-65-0042	



### ANEXO III. GLOSARIO DE GEOFORMAS

El presente glosario recoge, en orden alfabético, la definición de cada una de las geoformas del Catálogo de Cartografía Geomorfológica a Escala 1:25.000, realizada dentro del Proyecto de Cartografía Temática del Ecuador.

La denominación y definición de cada una de las geoformas ha seguido, a grandes rasgos, la nomenclatura y base conceptual definida por el Instituto Espacial Ecuatoriano, IEE (exClirsén), del que este proyecto es continuación, con algunas modificaciones específicas llevadas a cabo en este trabajo.

Asimismo, se incluyen diversos términos no contemplados en el catálogo de dicho organismo, cuya nomenclatura y definición se ajustan a las establecidas en la bibliografía geomorfológica de uso más extendido y aceptado o, en su defecto, al sentido con que han sido utilizadas en el presente proyecto. Se ha tenido especialmente en cuenta, para la definición y comentarios de algunos términos de nueva incorporación, la publicación "Los paisajes naturales del Ecuador: las regiones y paisajes del Ecuador" (Winckell, A., 1997).

**Nota:** Las expresiones que aparecen *en cursiva* dentro de una definición hacen referencia a otra geoforma recogida en el glosario.

## -A-

**ABRUPTO DE COLADA DE LAVA:** vertiente frontal de una *colada de lava antigua* o de una *colada de lava muy reciente*, con pendiente sensiblemente superior al resto del cuerpo lávico.

**ABRUPTO DE CONO DE DEYECCIÓN:** escarpe o escalón que limita con una *superficie de cono de deyección* y que forma parte del mismo cuerpo sedimentario.

**ABRUPTO DE CONO DE DEYECCIÓN DISECTADO:** escarpe o escalón que limita con una *superficie de cono de deyección disectado* y que forma parte del mismo cuerpo sedimentario.

**ABRUPTO DE CONO DE ESPARCIMIENTO:** escarpe o escalón que limita con la superficie de cualquier tipo de cono de esparcimiento (*ver superficie de cono de esparcimiento, superficie de cono de esparcimiento disectado, superficie de cono de esparcimiento muy disectado*) y que forma parte del mismo cuerpo sedimentario.

**ABRUPTO DE SUPERFICIE ALTA:** escarpe o escalón que limita con una *superficie alta* o con una *superficie alta disectada*, presentando una inclinación sensiblemente superior a la de ésta.

**ABRUPTO DE SUPERFICIE HORIZONTAL:** escarpe o escalón que limita con una *superficie horizontal* o con una *superficie horizontal disectada*, presentando una inclinación sensiblemente superior a la de ésta.

**ABRUPTO DE SUPERFICIE INCLINADA:** escarpe o escalón que limita con una *superficie inclinada* o con una *superficie inclinada disectada*, presentando una inclinación sensiblemente superior a la de ésta.

**ACANTILADO:** ladera junto a la línea de costa, de pendiente muy elevada y desnivel usualmente mayor a 15 metros.

**ACANTILADO ROCOSOS EN DESPLOME:** ladera de pendiente muy pronunciada, que incluye partes de la misma en voladizo o salientes respecto a la vertical.

**ACUMULACIONES PIROCLÁSTICAS CON BANCOS Y/O LÓBULOS DE GELIFLUXIÓN:** geoforma constituida por depósitos piroclásticos, sometidos a un flujo lento de la capa superior del suelo, empapada en agua en la época de deshielo. Se produce en ambientes periglaciares.

**AFLORAMIENTOS ROCOSOS:** rocas aflorantes en superficie, con escasa o nula presencia de suelo, que no presentan rasgos morfológicos específicos. Para medios morfoclimáticos fríos, de características periglaciares, se utiliza el término *afloramientos rocosos en ambiente periglaciario*.

**AFLORAMIENTOS ROCOSOS EN AMBIENTE PERIGLACIARIO:** rocas en superficie, con escasa o nula presencia de suelo, que no presentan rasgos morfológicos específicos. Se utiliza esta denominación cuando aparecen en zonas de ambiente

periglaciario que, no obstante, han podido estar sometidas anteriormente a modelado glaciar.

**APLANAMIENTO KÁRSTICO:** superficie aplanada, producto de la disolución de rocas carbonatadas. A veces sobresalen de su interior, o la rodean, relieves residuales kársticos.

**ÁREAS ENDORREICAS EN LLANURAS ALUVIALES Y TERRAZAS:** depresiones en llanuras aluviales (*valle fluvial, llanura de inundación*) o en terrazas fluviales (*terrazza media, terraza alta, terraza colgada, terrazas escalonadas, terrazas indiferenciadas*) en las que el agua se acumula de forma estacional o permanente. Incluyen toda el área de la cubeta o depresión, es decir, toda la superficie deprimida a partir de la cual el agua discurre hacia el interior de la Geoforma delimitada.

## -B-

**BADLANDS:** áreas que presentan un modelado con intensa disección en surcos erosivos, cárcavas y barrancos, con frecuente agrietamiento en superficie. Están desprovistas de suelo productivo y, preferentemente, se desarrollan en materiales arcillosos y margosos bajo climas áridos y semiáridos.

**BARJANES:** dunas con forma de media luna en planta, cuyos cuernos apuntan en el sentido de la procedencia del viento dominante.

**BARRA O CRESTA ESTRUCTURAL:** relieve estructural proporcionado por capas muy inclinadas, próximas a la vertical, con las que la superficie del terreno es coincidente.

**BARRANCO:** en este proyecto, se considera bajo esta denominación a un curso de orden menor, situado habitualmente en cabeceras fluviales, con fuertes pendientes transversales al eje de drenaje; representa una forma de incisión fluvial, que no contiene sedimentos cubriendo de forma generalizada su lecho y márgenes.

**BASÍN:** depresión endorreica, con acumulación de agua permanente o estacional, situada en la Llanura Aluvial reciente de la región Costa.

**BLOQUES ERRÁTICOS GLACIARES:** bloques, de dimensiones métricas a decamétricas, depositados por la actividad glaciar, generalmente de litologías distintas a las del material sobre el que se asientan.

## -C-

**CALDERA:** depresión circular o elíptica, situada en la parte superior del edificio volcánico, similar a un *cráter*, pero de dimensiones mucho mayores. Muchas calderas se han generado por hundimiento y colapso de la cámara magmática, tras la emisión de grandes cantidades de material volcánico.

**CAMPO DE DUNAS:** área de extensión considerable, ocupada por dunas o colinas de arena de diferentes geometrías.

**CAMPO DE REG:** desierto pedregoso.

**CASQUETE DE CUMBRE NIVAL, CASQUETE GLACIAR:** masa de hielo y nieve, a veces con presencia de glaciares actuales, situada en la cumbre de un cono volcánico.

**CAUCES ABANDONADOS, MEANDROS ABANDONADOS:** segmentos fluviales abandonados por el cambio de trazado del río en su evolución. Presentan relleno de sedimentos y los suelos que se desarrollan en ellos son susceptibles de aprovechamiento agrícola.

**CAUCES Y MEANDROS OCASIONALMENTE FUNCIONALES:** tramos o segmentos fluviales que, aun habiendo sido abandonados por el cauce, son ocupados por las aguas en períodos de avenida o de grandes precipitaciones. Aparecen en ellos, con frecuencia, suelos de carácter pantanoso.

**CERRO TESTIGO:** cerro aislado, que sobresale respecto al entorno adyacente, que permanece como residuo o testigo de la erosión de los materiales que le rodeaban.

**CHIMENEAS DE HADAS:** formas de erosión caracterizadas por la presencia de torrecillas o pináculos, abruptos y próximos entre sí, culminadas por grandes cantos o bloques. Se generan en materiales poco coherentes y muy heterométricos.

**CIRCO GLACIAR:** depresión semicircular o semielíptica, dominada por laderas de elevada pendiente y que está, o ha estado, ocupada por el hielo. La depresión conlleva la existencia de un umbral a la salida del circo, que puede ser de carácter rocoso o estar formado por depósitos glaciares.

**COLADA DE LAVA ANTIGUA:** cuerpo originado cuando el magma líquido alcanza la superficie y fluye sobre el relieve, dando lugar a una gran diversidad de formas en superficie. Se consideran antiguas a las que ya aparecen con cobertura edáfica.

**COLADA DE LAVA MUY RECIENTE:** cuerpo originado cuando el magma líquido alcanza la superficie y fluye sobre el relieve, dando lugar a una gran diversidad de formas en superficie. Se consideran como muy recientes a las coladas en que aparece la roca en superficie, sin cobertura edáfica ni aprovechamiento agrícola.

**COLINAS DE CIMAS REDONDEADAS DE ASPECTO TABULAR:** similares a las *colinas en media naranja*, estas geofomas presentan más alargada y aplanada su zona superior, debido a que el frente de alteración adopta un patrón geométrico subparalelo a la superficie. Son exclusivas de la región Amazonía.

**COLINAS EN MEDIA NARANJA:** colinas redondeadas, de contornos elípticos, que se presentan agrupadas con extensiones variables. Son exclusivas de la región Amazonía y obedecen, fundamentalmente, a procesos de intensa meteorización

química, por la progresión en profundidad del frente de alteración en geometrías onduladas.

**COLUVIO-ALUVIAL RECIENTE:** depósito superficial, cuyos materiales proceden tanto de las laderas que atraviesan como del transporte ligado a una dinámica fluvial restringida. Habitualmente, rellenan vaguadas y los márgenes de pequeños drenajes, aunque también pueden situarse, con límites difusos, en zonas de transición de laderas y sus depósitos de piedemonte a otras geoformas ligadas a drenajes mayores. Por contraposición con la geoforma *coluvio-aluvial antiguo*, en éstos el grado de disección es bajo y no cuentan con una vegetación pionera bien desarrollada.

**COLUVIO-ALUVIAL ANTIGUO:** depósito superficial, cuyos materiales proceden tanto de las laderas que atraviesan como del transporte ligado a una dinámica fluvial restringida. Habitualmente, rellenan vaguadas y los márgenes de pequeños drenajes, aunque también pueden situarse, con límites difusos, en zonas de transición de laderas y sus depósitos de piedemonte con otras geoformas ligadas a drenajes mayores. Se consideran como "antiguos" a los que presentan un cierto grado de disección (medio a alto) y sobre ellos aparece una vegetación pionera bien desarrollada.

**COLUVIÓN ANTIGUO:** un coluvión es un depósito superficial constituido por materiales heterogéneos de suelo y fragmentos de roca, en diferente proporción, depositados habitualmente al pie de las laderas por arrastre mediante arroyada difusa u otros fenómenos gravitacionales asociados a la evolución de las laderas. Se considera como "antiguos" a los que presentan un cierto grado de disección (medio a alto) y sobre ellos aparece una vegetación pionera bien desarrollada.

**COLUVIÓN RECIENTE:** un coluvión es una formación superficial constituida por materiales heterogéneos de suelo y fragmentos de roca, en diferente proporción, depositados habitualmente al pie de las laderas por arrastre mediante arroyada difusa u otros fenómenos gravitacionales asociados a la evolución de las laderas. Por contraposición con la Geoforma *coluvión antiguo*, en éstos el grado de disección es bajo y no cuentan con una vegetación pionera bien desarrollada.

**CONO ADVENTICIO:** cono secundario, situado en la ladera de otro cono mayor o en la *caldera* de un volcán.

**CONO DE DERRUBIOS:** fragmentos rocosos, habitualmente al pie de laderas de pendiente pronunciada, con forma en planta en segmento de cono o abanico, transportados por un canal.

**CONO MUY BIEN CONSERVADO CON ACTIVIDAD VOLCÁNICA ACTUAL E INTENSO RETOQUE GLACIAR:** cono volcánico, con actividad en los últimos 500 años (de acuerdo al Instituto Geofísico del Ecuador), que ha sido recubierto por hielo y nieve durante los períodos glaciares cuaternarios. Sus flancos aparecen excavados por valles glaciares, con frecuentes *morrenas* asociadas. Pertenece al tipo denominado estratovolcán (grandes edificios volcánicos formados por alternancias de lavas y piroclastos).

**CONO MUY BIEN CONSERVADO CON ACTIVIDAD VOLCÁNICA ACTUAL Y MODERADO RETOQUE GLACIAR:** cono volcánico, con actividad en los últimos 500 años (de acuerdo al Instituto Geofísico del Ecuador), que no fue recubierto totalmente por hielo y nieve durante los períodos glaciares cuaternarios y en el que, por tanto, el modelado glaciar se limita a la parte superior de la construcción. Pertenece al tipo denominado estratovolcán (grandes edificios volcánicos formados por alternancias de lavas y piroclastos).

**CONO MUY BIEN CONSERVADO CON ACTIVIDAD VOLCÁNICA ACTUAL Y SIN RETOQUE GLACIAR:** cono volcánico, con actividad en los últimos 500 años (de acuerdo al Instituto Geofísico del Ecuador), que no fue recubierto por hielo y nieve durante los períodos glaciares cuaternarios y en el que, por tanto, no existen formas ni depósitos glaciares. Pertenece al tipo denominado estratovolcán (grandes edificios volcánicos formados por alternancias de lavas y piroclastos).

**CONO SIN ACTIVIDAD VOLCÁNICA ACTUAL E INTENSO RETOQUE GLACIAR:** cono volcánico, sin actividad en los últimos 500 años (de acuerdo al Instituto Geofísico del Ecuador), que ha sido recubierto por hielo y nieve durante los períodos glaciares cuaternarios. Sus flancos aparecen excavados por valles glaciares, con frecuentes *morrenas* asociadas. Pertenece al tipo denominado estratovolcán (grandes edificios volcánicos formados por alternancias de lavas y piroclastos).

**CONO SIN ACTIVIDAD VOLCÁNICA ACTUAL Y MODERADO RETOQUE GLACIAR:** cono volcánico, sin actividad en los últimos 500 años (de acuerdo al Instituto Geofísico del Ecuador), que no fue recubierto totalmente por hielo y nieve durante los períodos glaciares cuaternarios y en el que, por tanto, la remodelación glaciar se limita a la parte superior de la construcción. Pertenece al tipo denominado estratovolcán (grandes edificios volcánicos formados por alternancias de lavas y piroclastos).

**CONO SIN ACTIVIDAD VOLCÁNICA Y SIN HUELLAS GLACIARES:** cono volcánico, sin actividad en los últimos 500 años (de acuerdo al Instituto Geofísico del Ecuador), que no fue recubierto por hielo y nieve durante los períodos glaciares cuaternarios y en el que, por tanto, no existen formas ni depósitos glaciares. Pertenece al tipo denominado estratovolcán (grandes edificios volcánicos formados por alternancias de lavas y piroclastos).

**CONOS DESMENUZADOS:** conos volcánicos, en los que aún se puede reconocer su estructura, constituidos mayoritariamente por piroclastos. Se originan por moderadas explosiones volcánicas con cantidades intermedias de gas y suelen tener un tamaño reducido.

**CORDÓN ARENOSO FLUVIAL:** bandas arenosas que suelen disponerse en el límite de las depresiones interfluviales pantanosas de la región Amazonía. Aparecen con un desarrollo de varios kilómetros, ancho de varios metros y están sobreelevados de 1 a 3 metros sobre el nivel del pantano.

**CORDÓN LITORAL:** barra de sedimentos, paralela u oblicua a la línea de costa, situada en las zonas intermareal y submareal.

**CORNISA DE MESA O MESETA:** abrupto de una *superficie de mesa* o de una *superficie de mesa disectada*, que limita con ella y que se sitúa inmediatamente por encima de la *vertiente de mesa*. Su límite inferior coincide con el estrato duro o resistente sobre el que se desarrolla la superficie de mesa.

**CORNISA DE MESETA VOLCÁNICA:** abrupto de una *superficie de meseta volcánica* o de una *superficie de meseta volcánica disectada*, que limita con ella y que se sitúa inmediatamente por encima de la *vertiente de meseta volcánica*.

**CRÁTER:** apertura, en forma de depresión circular o elíptica en planta, situada en la parte superior de un cono volcánico.

**CUBETA GLACIAR:** parte más baja del circo glaciar, profundizada o sobreexcavada por la acción del hielo.

**CUBETA O CUENCA DE DEFLACIÓN:** depresión cerrada, de dimensiones variables y planta redondeada, elíptica o arriñonada, que aparece en ambientes desérticos o semiáridos.

## -D-

**DEPÓSITO GLACIAR MODELADO POR ACCIÓN FLUVIAL:** sedimentos de origen glaciar que no guarda su morfología inicial debido a la acción de las aguas de escorrentía, difusas o canalizadas.

**DEPÓSITOS DE DESLIZAMIENTO, MASA DESLIZADA:** material originado como consecuencia de un movimiento en masa a través de una superficie de rotura, plana o curva. Es un tipo particular de *coluvión reciente* o de *coluvión antiguo*, en el que aún se pueden apreciar indicios o evidencias de su génesis mediante dicho mecanismo.

**DEPRESIÓN DE DECANTACIÓN:** depresión endorreica, con acumulación de agua permanente o estacional, en la llanura aluvial antigua de la región Costa.

**DEPRESIÓN LAGUNAR:** depresión en la que el agua se acumula, de forma temporal o permanente, no ligada a valles fluviales ni terrazas (en estos emplazamientos se les denomina *áreas endorreicas en llanuras aluviales y terrazas*). Quedan asimismo excluidas de este término geofomas similares ligadas al medio glaciar o volcánico con denominaciones específicas (*laguna glaciar, cubeta glaciar, laguna en fondo de cráter o caldera*).

**DIQUE O BANCO ALUVIAL:** bandas de sedimentos que bordean el canal fluvial y buzan suavemente hacia la llanura de inundación. Se conocen también como diques naturales o motas ("levees", en inglés).

**DOLINA, CAMPO DE DOLINAS:** depresión cerrada, circular o elíptica, que se forma en la superficie de rocas karstificables (rocas calcáreas y evaporíticas). Sus dimensiones son variables, de orden métrico a hectométrico. Se pueden presentar aisladas o agrupadas.

**DOMO VOLCÁNICO:** elevación volcánica en forma de domo o cúpula, constituida por lavas viscosas empobrecidas en gases, acumuladas sobre la propia boca eruptiva y con muy escasa dispersión lateral.

**DRUMLINS:** sedimentos glaciares con forma de colinas alargadas, con su eje mayor paralelo a la dirección del movimiento del hielo.

## -E-

**ENCAÑONAMIENTO:** forma de encajamiento fluvial, limitada por laderas de pendientes muy pronunciadas y desniveles superiores a 50 metros.

**ESCARPE DE CUESTA MARINA:** abrupto de una *superficie de cuesta marina* que limita con ella y que se sitúa inmediatamente por encima de la *vertiente de cuesta marina*. Su límite inferior coincide con el estrato duro o resistente sobre el que se desarrolla la *superficie de cuesta marina*.

**ESCARPE DE DESLIZAMIENTO:** cicatriz erosiva que representa la superficie de rotura de una masa deslizada, situada en la cabecera del deslizamiento.

**ESCARPE DE FALLA:** escarpe generado en el límite del bloque levantado con el bloque hundido de una falla, de considerable desarrollo lineal y expresión morfológica bien marcada. Es usual que dicha expresión morfológica se refleje mediante facetas triangulares o trapezoidales, que se desarrollen abanicos aluviales a su pie o que aparezcan otras formas características en función del contexto morfoestructural en que se localiza el escarpe.

**ESCARPE DE MESA MARINA:** abrupto de una *superficie de mesa marina* o de una *superficie de mesa marina disectada* que limita con ella y que se sitúa inmediatamente por encima de la *vertiente de mesa marina*. Su límite inferior coincide con el estrato duro o resistente sobre el que se desarrolla la *superficie de mesa marina* o la *superficie de mesa marina disectada*.

**ESKER:** cordón de arena y grava, originado por canales fluviales de deshielo.

**ESPINAZO:** resalte morfológico rocoso, de desarrollo predominantemente lineal.

## -F-

**FLANCOS SUPERIORES RECTILÍNEOS CUBIERTOS CON PROYECCIONES PIROCLÁSTICAS:** recubrimiento de piroclastos en las zonas superiores de un edificio volcánico (de tipo estratovolcán), conformando segmentos de ladera sensiblemente rectilíneos.

**FLUJO DE LODO:** depósitos de lodos, o de lodos con fragmentos gruesos, originados por el desplazamiento de una masa de materiales que se han comportado como un fluido. Suelen presentar, en consecuencia, formas lobuladas en su parte frontal y ondulaciones en las partes anteriores.

**FLUJO DE PIROCLASTOS:** corriente de piroclastos de alta densidad, semifluida, que se desplaza a ras del suelo, en que las partículas están envueltas por gas a alta temperatura; cuando son ricas en fragmentos pumíticos y escoria, el depósito resultante se llama ignimbrita. En función de la temperatura de emplazamiento se pueden presentar sin consolidar, cementadas o soldadas, lo que proporciona expresiones morfológicas diferentes. Su distribución está controlada por la topografía del edificio volcánico del que proceden y la del entorno circundante, cubriendo parte de las laderas del cono y con tendencia a acumularse en valles y depresiones.

**FONDO DE VALLE GLACIAR:** forma producida por una masa de hielo canalizada, generalmente con perfil transversal en U y limitada por paredes de pendientes pronunciadas (*vertiente de valle glaciario*). A menudo la forma típica transversal en U queda enmascarada por una nivelación producida por un posterior remodelado fluvial.

**FRENTE DE CHEVRON:** abrupto de una *superficie de chevron*, que limita con ella y que se sitúa inmediatamente por encima de la *vertiente de chevron*. Su límite inferior coincide con el estrato duro o resistente sobre el que se desarrolla la *superficie de chevron*.

**FRENTE DE CUESTA:** abrupto de una *superficie de cuesta* o de una *superficie de cuesta disectada*, que limita con ella y que se sitúa inmediatamente por encima de la *vertiente de cuesta*. Su límite inferior coincide con el estrato duro o resistente sobre el que se desarrolla la superficie de cuesta.

## -G-

**GARGANTA:** forma de encajamiento fluvial. Las laderas que limitan estas incisiones presentan pendientes muy pronunciadas y desniveles superiores a 15 metros.

**GLACIS DE EROSIÓN:** rampa similar a un *glacis de esparcimiento*, pero labrada sobre roca dura y, consecuentemente, sin depósito.

**GLACIS DE ESPARCIMIENTO:** rampa o superficie ligeramente cóncava y de baja inclinación que, en situación de piedemonte, enlaza un relieve con una llanura a partir de una rotura de pendiente en la ladera de la que arranca. Está formado por una delgada cobertera de depósitos detríticos.

**GLACIS DE ESPARCIMIENTO DISECTADO:** *glacis de esparcimiento* en que la escorrentía superficial se muestra concentrada y se aprecia un cierto grado de incisión en dichas formas de drenaje.

**GLACIS-CONO DE ESPARCIMIENTO:** *glacis de esparcimiento* que, en planta, presenta forma en segmento de cono o abanico.

## -H-

**HONDONADAS PANTANOSAS DE ORIGEN GLACIAR-PERIGLACIAR:** zonas de drenaje deficiente, de características endorreicas o semiendorreicas, con suelos esponjosos, montículos almohadillados y otras microformas producto de la acción de los ciclos de hielo-deshielo. A veces se presentan capturadas por la red fluvial, tendiendo a perder su morfología original.

**HORN:** pico piramidal originado por la coalescencia de varios *circos glaciares*.

## -I-

**INSELBERG:** colina aislada de laderas abruptas, que surge bruscamente en una zona de moderada o nula inclinación. Aunque aparecen con mayor frecuencia en las regiones tropicales, se presentan también en otros ambientes morfoclimáticos.

**INTERFLUVIO DE CIMAS ESTRECHAS:** geoforma de desarrollo lineal y estrecho, a ambos lados de una divisoria de aguas, que ocupa posiciones cimeras. Está caracterizado por la presencia de crestas o aristas agudas en su interior.

**INTERFLUVIO DE CIMAS REDONDEADAS:** geoforma de desarrollo lineal y estrecho, a ambos lados de una divisoria de aguas de perfil transversal suave y redondeado, que ocupa posiciones cimeras.

## -K-

**KAME:** pequeñas colinas cónicas de grava y arena, originadas por sedimentación en cubetas de hielo y cavidades glaciares.

## -L-

**LAGUNA COLMATADA:** depósito de antigua laguna.

**LAGUNA EN FONDO DE CRÁTER O CALDERA:** cuerpo de agua, permanente o semipermanente, que ocupa el fondo de un *cráter* volcánico o de una *caldera* volcánica.

**LAGUNA GLACIAR:** término genérico para designar cualquier tipo de laguna originada en ambiente glaciario o subglaciario. Se presentan con frecuencia asociadas a ciertas geoformas glaciares (*circo glaciario*, *cubeta glaciario*, *fondo de valle glaciario*, entre las más usuales).

**LAHAR:** colada de detritos o de barro, originada por agua, cenizas volcánicas y otros piroclastos. Estos depósitos se canalizan a través de la red de barrancos y cauces preexistentes.

**LAPIAZ, CAMPO DE LAPIAZ:** forma superficial labrada por erosión y disolución en rocas karstificables (calizas, dolomías, calcarenitas y rocas evaporíticas, principalmente), que da lugar a pequeños surcos o agujeros, con dimensiones que varían entre el orden centimétrico y métrico. Pueden llegar a ocupar considerables extensiones en macizos carbonáticos.

**LLANURA DE DEPÓSITOS FLUVIO-LACUSTRES:** superficie de escasa pendiente, con presencia de sedimentos resultantes de la superposición o yuxtaposición de las dinámicas fluvial y lacustre.

**LLANURA DE DEPÓSITOS VOLCÁNICOS:** planicie ubicada al pie de un edificio volcánico, con depósito de diferentes materiales piroclásticos arrastrados. A menudo llegan a comunicarse, mediante límites difusos, con el medio aluvial.

## -M-

**MACIZO ROCOSO:** conjunto esencialmente rocoso de cierta extensión, que destaca sobre el entorno inmediato, desprovisto en la mayoría de su superficie de suelos, vegetación y depósitos superficiales.

**MACROCOLUVIÓN:** *coluvión reciente* o *coluvión antiguo* de grandes dimensiones. De forma convencional, se consideran como tales a aquellos que cuentan con una superficie superior a 140 hectáreas.

**MANTO EÓLICO:** acumulaciones de arenas de origen eólico en terrenos aplanados, con espesores que fluctúan entre unos centímetros y varios metros.

**MARISMA, ESTUARIO:** las marismas son llanuras intermareales en costas con oleaje de baja y moderada energía, surcadas por una red de canales, que pueden estar asociadas a estuarios (desembocaduras de valles sumergidas bajo el mar).

**MESAS TRIANGULARES VOLCÁNICAS (PLANÈZES):** facetas triangulares, en forma de rellanos horizontales o con ligera inclinación, que se producen en las laderas de los conos volcánicos, como consecuencia de la progresiva incisión de barrancos divergentes desde su zona de cumbre.

**MORFOLOGÍA ABOLLADA:** ladera o parte de la misma cuyo perfil longitudinal se encuentra repleto de pequeñas a medianas prominencias y que, en conjunto, irregularizan la superficie de la vertiente. Se deben a antiguos movimientos en masa superpuestos, a menudo superficiales, que afectan al regolito (alterita o saprolito) o al propio sustrato geológico si está formado por materiales de cierta plasticidad (arcillas o margas, principalmente).

**MORRENA DE FONDO:** *morrena* que cubre una llanura, un *fondo de valle glaciar* o un *valle glaciar colgado*.

**MORRENA FRONTAL, ARCO MORRÉNICO:** *morrena* originada en el frente de un glaciar; a veces llega a unirse con una *morrena lateral*, adquiriendo en planta una forma arqueada.

**MORRENA LATERAL:** *morrena* originada en el margen lateral del glaciar, a menudo adosada a la *vertiente de valle glaciar*.

**MORRENAS:** sedimento glaciar formado por materiales pobremente clasificados y heterométricos, que a menudo incluye grandes bloques en una matriz de grano fino. Se aplica este término cuando no se puede diferenciar claramente el tipo de *morrena* de que se trata (*morrena de fondo, morrena lateral o morrena frontal, arco morrénico*).

## -N-

**NEBKHAS:** dunas obstaculizadas por la vegetación, que a menudo ocupan considerables extensiones.

**NICHO DE NIVACIÓN:** *circo glaciar* embrionario, de reducido tamaño, que puede aparecer en ambiente periglacial.

**NIVEL LIGERAMENTE ONDULADO:** planicie ondulada, característica de la llanura aluvial reciente e inundable de la región Costa.

**NIVEL ONDULADO CON PRESENCIA DE AGUA:** planicie ondulada, característica de la llanura aluvial reciente e inundable de la región Costa, con presencia temporal o permanente de agua en parte de su superficie.

**NIVEL PLANO:** planicie característica de la llanura aluvial reciente e inundable de la región Costa.

**NIVELES ESTRUCTURALES SOBRE LAVAS ENDURECIDAS:** superficies proporcionadas por materiales volcánicos resistentes a la erosión, normalmente de carácter lávico, aunque también las pueden proporcionar otros materiales volcánicos cementados o fuertemente consolidados.

## -P-

**PAN DE AZÚCAR:** tipo particular de *inselberg*, con forma de domo más o menos puntiagudo, desarrollado en rocas masivas resistentes. Suelen presentarse en áreas de relativa estabilidad cortical y, aunque no son exclusivas de ningún ambiente morfoclimático, son más abundantes en áreas tropicales húmedas.

**PANTANO, DEPRESIÓN PANTANOSA:** área con drenaje deficiente, en la que el agua tiende a acumularse, en depresiones interfluviales. El término se reserva preferentemente para la región Amazonía.

**PITONES O AGUJAS VOLCÁNICAS:** masas de lava que rellenaron la chimenea de un volcán y permanecen como restos o testigos del mismo.

**PLANICIE ARENOSA DE ORIGEN LAHÁRICO:** planicie compuesta por material volcánico de textura predominantemente arenosa, que está o ha estado alimentada por un *lahar* o varios.

**PLANICIE COSTERA:** superficie plana o ligeramente inclinada hacia la costa, limitada por un pequeño escarpe. Está constituida por sedimentos marinos y eólicos.

**PLANICIE INTERMONTANA:** superficie a grandes rasgos horizontal, rodeada en su mayoría por relieves de carácter montañoso.

**PLAYA MARINA:** acumulación de arena, grava o una mezcla de ambas, situada en el límite del mar y el continente, en cuya dinámica interviene fundamentalmente el oleaje.

**POLJE:** depresión cerrada de grandes dimensiones (de orden kilométrico), con fondo plano y sensiblemente horizontal, característica de regiones kársticas.

## -R-

**RAMPAS DE PIEDEMONTE DE CONO VOLCÁNICO:** superficies ligeramente cóncavas, que arrancan de la parte inferior de un *cono* volcánico y enlazan con una llanura.

**RELIEVE COLINADO ALTO:** forma de cierta extensión y continuidad, sin rasgos característicos y con desniveles en su interior comprendidos entre 100 y 200 metros.

**RELIEVE COLINADO BAJO:** forma de cierta extensión y continuidad, sin rasgos característicos y con desniveles en su interior comprendidos entre 15 y 25 metros.

**RELIEVE COLINADO MEDIO:** forma de cierta extensión y continuidad, sin rasgos característicos y con desniveles en su interior comprendidos entre 25 y 100 metros.

**RELIEVE COLINADO MUY ALTO:** forma de cierta extensión y continuidad, sin rasgos característicos y con desniveles en su interior comprendidos entre 200 y 300 metros.

**RELIEVE COLINADO MUY BAJO:** forma de cierta extensión y continuidad, sin rasgos característicos y con desniveles en su interior comprendidos entre 5 y 15 metros.

**RELIEVE EN RELLANOS Y APLANAMIENTOS INCLINADOS:** relieve formado por una sucesión de superficies inclinadas, alternantes con segmentos de ladera con diferente inclinación o forma, de origen incierto o de difícil adscripción genética.

**RELIEVE EN RELLANOS Y ONDULACIONES ESCALONADAS:** relieve en gradas que da lugar a plataformas horizontales o subhorizontales, alternantes con segmentos de ladera de mayor inclinación, de origen incierto o de difícil adscripción genética.

**RELIEVE LACUSTRE ONDULADO:** área que delimita un conjunto de pequeñas depresiones lagunares o lagunas no mapeables, situada en llanuras aluviales (*valle fluvial, llanura de inundación*) o en terrazas fluviales (*terrazza media, terraza alta, terraza colgada, terrazas escalonadas, terrazas indiferenciadas*).

**RELIEVE MONTAÑOSO:** forma de cierta extensión y continuidad, sin rasgos característicos y con desniveles en su interior de más de 300 metros.

**RELIEVE ONDULADO:** forma de cierta extensión y continuidad, sin rasgos característicos. El desnivel interno de este relieve es inferior a 5 metros, por lo que da lugar a formas muy suaves.

**RELIEVE VOLCÁNICO COLINADO ALTO:** forma de cierta extensión y continuidad, sin rasgos característicos, desarrollada sobre sustratos volcánicos no ligados a emisiones volcánicas recientes (generalmente, sustratos volcánicos pre-holocenos). Presenta, en su conjunto, un cierto grado de disección, con desniveles máximos en su interior comprendidos entre 100 y 200 metros.

**RELIEVE VOLCÁNICO COLINADO BAJO:** forma de cierta extensión y continuidad, sin rasgos característicos, desarrollada sobre sustratos volcánicos no ligados a emisiones volcánicas recientes (generalmente, sustratos volcánicos pre-holocenos). Presenta, en su conjunto, un ligero grado de disección, con desniveles máximos en su interior comprendidos entre 15 y 25 metros.

**RELIEVE VOLCÁNICO COLINADO MEDIO:** forma de cierta extensión y continuidad, sin rasgos característicos, desarrollada sobre sustratos volcánicos no ligados a emisiones volcánicas recientes (generalmente, sustratos volcánicos pre-holocenos). Presenta, en su conjunto, un cierto grado de disección, con desniveles máximos en su interior comprendidos entre 25 y 100 metros.

**RELIEVE VOLCÁNICO COLINADO MUY ALTO:** forma de cierta extensión y continuidad, sin rasgos característicos, desarrollada sobre sustratos volcánicos no ligados a emisiones volcánicas recientes (generalmente, sustratos volcánicos pre-holocenos). La disección, en conjunto, le permite alcanzar desniveles máximos en su interior de entre 200 y 300 metros.

**RELIEVE VOLCÁNICO COLINADO MUY BAJO:** forma de cierta extensión y continuidad, sin rasgos característicos, desarrollada sobre sustratos volcánicos no ligados a emisiones volcánicas recientes (generalmente, sustratos volcánicos pre-

holocenos). Presenta, en su conjunto, un ligero grado de disección, con desniveles máximos en su interior comprendidos entre 5 y 15 metros.

**RELIEVE VOLCÁNICO MONTAÑOSO:** forma de cierta extensión y continuidad, sin rasgos característicos, desarrollada sobre sustratos volcánicos no ligados a emisiones volcánicas recientes (generalmente, sustratos volcánicos pre-holocenos). La disección, en conjunto, le permite alcanzar desniveles máximos en su interior de más de 300 metros.

**RELIEVE VOLCÁNICO ONDULADO:** forma de cierta extensión y continuidad, sin rasgos característicos, desarrollada sobre sustratos volcánicos no ligados a emisiones volcánicas recientes (generalmente, sustratos volcánicos pre-holocenos). El desnivel interno de este relieve es inferior a 5 metros, por lo que da lugar a formas muy suaves.

**RELIEVES ESCALONADOS EN CAPAS INCLINADAS:** relieves en gradas, resultantes de la erosión diferencial en rocas estratificadas con disposición monoclin.

**RELIEVES ESCALONADOS, EN GRADERÍO:** relieves en gradas, resultantes de la erosión diferencial en rocas estratificadas en disposición horizontal.

**RELIEVES ESCALONADOS SOBRE CAPAS DE LAVA ENDURECIDA Y OTROS MATERIALES VOLCÁNICOS:** relieves en gradas, resultantes de la erosión diferencial sobre materiales volcánicos en disposición horizontal o monoclin.

**RESTOS DE SUPERFICIE ESTRUCTURAL:** partes aisladas o separadas de una superficie estructural (*superficie de mesa, superficie de cuesta, superficie de chevron*, etc.) o en los que difícilmente se reconoce el condicionante estructural en su morfología.

**ROCAS ABORREGADAS:** conjunto de montículos rocosos, con tamaños que suelen oscilar entre el orden métrico y decamétrico. Presentan un perfil longitudinal asimétrico, con una vertiente de pendiente suave frecuentemente pulida y estriada, y otra irregular y a menudo escarpada. Estas formas están originadas por el movimiento del hielo sobre ellas y son características del modelado de erosión glaciar.

**ROCAS DESMENUZADAS POR EL HIELO, CAMPOS Y RÍOS DE BLOQUES:** forma debida a la acción de rotura del hielo sobre macizos rocosos, por efecto de la crioclastia. Da lugar a acumulaciones de fragmentos rocosos angulares, en distintas posiciones y localizaciones fisiográficas, algunas de ellas ocupando el fondo de valles y vaguadas.

**ROCAS EN CRESTAS Y CUCHILLAS:** afloramientos rocosos en ambiente glaciar-periglacial, sin cobertura edáfica o muy escasa, con perfil muy quebrado y salientes puntiagudos. Se utiliza preferentemente esta geofoma para designar afloramientos rocosos de las características descritas, que no presentan ningún rasgo morfológico específico desde el punto de vista funcional, dinámico o genético.

## -S-

**SALIENTE DE VERTIENTE DE MESA:** plataforma horizontal que sobresale del perfil de una *vertiente de mesa o meseta* y que suele corresponder con una intercalación en la serie sedimentaria de un paquete o nivel más resistente que los situados inmediatamente por encima y por debajo.

**SALITRAL MARINO:** áreas costeras naturales, poco profundas, de acumulación de agua salada. En ellas, la evaporación genera depósitos salinos que recubren su superficie.

**SIMA:** forma de conducción de las aguas subterráneas de desarrollo eminentemente vertical, abierta al exterior. Frecuente en regiones kársticas.

**SUPERFICIE ALTA:** superficie elevada con respecto a su entorno inmediato, de origen incierto o de difícil adscripción genética.

**SUPERFICIE ALTA DISECTADA:** *superficie alta*, en que la escorrentía superficial se muestra concentrada y se aprecia un grado de incisión de moderado a fuerte en dichas formas de drenaje.

**SUPERFICIE DE CHEVRON:** superficie de origen estructural, con una inclinación significativamente mayor que la *superficie de cuesta*, cuya geometría es coincidente con la de los estratos sobre los que se desarrolla.

**SUPERFICIE DE CONO DE DEYECCIÓN:** superficie correspondiente a un depósito fluvial con forma en planta que se aproxima a un segmento de cono; se extiende radialmente ladera abajo desde el punto en que el curso de agua abandona el área montañosa de la que procede el depósito. El término cono de deyección es equivalente al de abanico aluvial, al igual que el de cono de esparcimiento. En este proyecto, se reserva el término de cono de deyección para los aparatos de superficie reducida.

**SUPERFICIE DE CONO DE DEYECCIÓN DISECTADO:** *superficie de cono de deyección*, en que la escorrentía superficial se muestra concentrada y se aprecia un grado de incisión, de moderado a fuerte, en dichas formas de drenaje.

**SUPERFICIE DE CONO DE ESPARCIMIENTO:** superficie correspondiente a un depósito fluvial con forma en planta que se aproxima a un segmento de cono; se extiende radialmente ladera abajo desde el punto en que el curso de agua abandona el área montañosa de la que procede el depósito. El término cono de esparcimiento es equivalente al de abanico aluvial, al igual que el de cono de deyección. En este proyecto, se reserva el término de cono de esparcimiento para los aparatos de gran tamaño, como los que se desarrollan en los piedemontes de las Cordilleras Occidental y Real.

**SUPERFICIE DE CONO DE ESPARCIMIENTO DISECTADO:** *superficie de cono de esparcimiento*, en que la escorrentía superficial se muestra concentrada y se aprecia un cierto grado de incisión en dichas formas de drenaje.

**SUPERFICIE DE CONO DE ESPARCIMIENTO MUY DISECTADO:** *superficie de cono de esparcimiento*, en que se aprecia una alta densidad de formas de drenaje, con elevado grado de incisión.

**SUPERFICIE DE CUESTA:** superficie de origen estructural ligeramente inclinada, acorde con el buzamiento de los estratos sobre los que se desarrolla.

**SUPERFICIE DE CUESTA DISECTADA:** *superficie de cuesta* en que la escorrentía superficial se muestra concentrada y se aprecia un grado de incisión de moderado a fuerte en dichas formas de drenaje.

**SUPERFICIE DE CUESTA MARINA:** superficie ligeramente inclinada, acorde con el buzamiento de los estratos miopliocenos marinos sobre los que se desarrolla. Es una geoforma exclusiva de la región Costa.

**SUPERFICIE DE EROSIÓN:** aplanamiento, de carácter regional y heredado, resultante de los procesos de erosión y meteorización bajo condiciones climáticas y tectónicas relativamente estables. Estos aplanamientos cortan oblicuamente las estructuras geológicas del sustrato.

**SUPERFICIE DE MESA MARINA:** superficie de plana a ligeramente ondulada, elevada respecto al territorio circundante, desarrollada sobre materiales miopliocenos marinos horizontales, con cuya geometría es coincidente. Es una geoforma exclusiva de la región Costa.

**SUPERFICIE DE MESA MARINA DISECTADA:** *superficie de mesa marina* en que la escorrentía superficial se muestra concentrada y se aprecia un grado de incisión de moderado a fuerte en dichas formas de drenaje.

**SUPERFICIE DE MESA O MESETA:** superficie plana o ligeramente ondulada, elevada respecto al territorio circundante, desarrollada sobre rocas con estratificación horizontal, con cuya geometría es coincidente.

**SUPERFICIE DE MESA O MESETA DISECTADA:** *superficie de mesa o meseta* en que la escorrentía superficial se muestra concentrada y se aprecia un grado de incisión de moderado a fuerte en dichas formas de drenaje.

**SUPERFICIE DE MESETA VOLCÁNICA:** superficie plana u ondulada constituida por materiales volcánicos (con frecuencia de carácter lávico) y elevada respecto al entorno circundante.

**SUPERFICIE DE MESETA VOLCÁNICA DISECTADA:** *superficie de meseta volcánica* en que la escorrentía superficial se muestra concentrada y se aprecia un grado de incisión, de moderado a fuerte, en dichas formas de drenaje.

**SUPERFICIE DE RELLENO:** superficie de acumulación de sedimentos provenientes de los relieves circundantes. Presentan, por tanto, morfologías similares a las de una depresión y características propicias al desarrollo del endorreísmo.

**SUPERFICIE DISECTADA:** superficie con un grado de disección intermedio, de origen fluvial. Es una geoforma exclusiva de la región Costa, donde aparece asociada a una antigua llanura aluvial.

**SUPERFICIE DISECTADA, NIVEL INFERIOR:** superficie situada topográficamente por debajo de una *superficie de mesa o meseta*, labrada sobre un paquete o nivel de la misma secuencia sedimentaria que ésta. La escorrentía superficial se muestra concentrada y se aprecia un cierto grado de incisión en dichas formas de drenaje.

**SUPERFICIE HORIZONTAL:** superficie plana o ligeramente ondulada, próxima a la horizontal, de origen incierto o de difícil adscripción genética. Se utiliza, preferentemente, para indicar un rellano horizontal dentro de una ladera, a modo de hombrera.

**SUPERFICIE HORIZONTAL DISECTADA:** *superficie horizontal*, en que la escorrentía superficial se muestra concentrada y se aprecia un grado de incisión de moderado a fuerte en dichas formas de drenaje.

**SUPERFICIE INCLINADA:** superficie de perfil longitudinal rectilíneo y cierta inclinación, de origen incierto o de difícil adscripción genética. Se utiliza, preferentemente, para indicar una superficie de menor pendiente dentro de una ladera, a modo de hombrera inclinada; también para una forma de piedemonte sin posibilidad de adscripción a una geoforma más específica.

**SUPERFICIE INCLINADA DISECTADA:** *superficie inclinada*, en que la escorrentía superficial se muestra concentrada y se aprecia un grado de incisión de moderado a fuerte en dichas formas de drenaje.

**SUPERFICIE INTERVENIDA:** área alterada de forma artificial, en el que es imposible reconocer o asignar ninguna otra geoforma. Se incluyen en este término, especialmente, embalses y represas, canteras, excavaciones mineras o de otro tipo y rellenos diversos.

**SUPERFICIE MUY DISECTADA:** superficie con marcado grado de disección, de origen fluvial. Los cauces pueden llegar a encajarse en esta superficie, dando lugar a *barrancos, gargantas* y otras formas de incisión fluvial. Es una geoforma exclusiva de la región Costa, donde aparece asociada a una antigua llanura aluvial.

**SUPERFICIE ONDULADA LACUSTRE:** geoforma equivalente a *relieve lacustre ondulado*, pero localizada fuera de llanuras aluviales o terrazas fluviales.

**SUPERFICIE POCO DISECTADA:** superficie de origen fluvial, escasamente disectada, de plana a ondulada. Es una geoforma exclusiva de la región Costa, donde aparece asociada a una antigua llanura aluvial.

**SUPERFICIE VOLCÁNICA ONDULADA:** superficie de geometría ondulada, desarrollada sobre materiales volcánicos, independiente de la edad, tipo o génesis de los mismos.

**SUPERFICIES DE PLANAS A LIGERAMENTE ONDULADAS SOBRE CANGAHUA:** plataformas desarrolladas sobre depósitos piroclásticos, principalmente constituidos por cenizas volcánicas y lapilli del Cuaternario, incididas por barrancos que crean taludes y acantilados de muy fuerte inclinación. Son frecuentes en la zona septentrional del corredor interandino.

**SUPERFICIES PLANAS INTERVENIDAS:** con este término, exclusivo de la región Costa, se designa al área ocupada por camaroneras.

**SUPERFICIES Y PLANOS ESTRUCTURALES ORIGINADOS EN CAPAS PLEGADAS:** superficies cuya morfología está determinada por el plegamiento de las capas que conforman su sustrato.

## -T-

**TALUD DE DERRUBIOS:** fragmentos rocosos que cubren de forma continua una ladera o una parte considerable de ella. A veces se originan por coalescencia lateral de varios *conos de derrubios*.

**TERRAZA ALTA:** superficie plana de origen fluvial, que se corresponde con el segundo nivel de terraza por encima del *valle fluvial, llanura de inundación*.

**TERRAZA BAJA Y CAUCE ACTUAL (sobreexcavación del cauce en la llanura de inundación):** en este proyecto, se considera bajo esta denominación a la franja que bordea e incluye al canal o canales fluviales, sometida a continuos cambios, con alto contenido en bloques y cantos. Se denominan también lechos móviles y forman parte de las llanuras de inundación. Son zonas no aptas para el aprovechamiento agrícola. También se incluyen bajo este término a canales fluviales de considerable anchura, no limitados por geoformas directamente asociadas al drenaje canalizado (es decir, que no discurren en el interior de *valles fluviales/llanuras de inundación, valles en V, gargantas o encañonamientos*) y que, por tanto, son los únicos elementos con los que se puede identificar al medio aluvial actual.

**TERRAZA COLGADA:** superficie plana de origen fluvial, con la que se designa tanto a aquellos niveles de terrazas que están claramente desconectados del valle fluvial como a niveles de terrazas que están situados topográficamente por encima de la denominada *terrazza alta*.

**TERRAZA DE KAME:** acumulación de arenas y gravas, que dan lugar a una superficie plana y un abrupto, de canales que discurren entre la pared de un valle glaciar y el borde lateral del hielo.

**TERRAZA MEDIA:** superficie plana de origen fluvial, que se sitúa inmediatamente por encima del nivel máximo de las aguas de un río (*valle fluvial, llanura de*

*inundación*), como resultado de la incisión del mismo. Aunque puede ser considerada en sentido estricto como una terraza baja, en este proyecto se ha utilizado esta denominación para guardar coherencia con la denominación utilizada en trabajos previos, del que este proyecto es continuación.

**TERRAZAS ESCALONADAS:** bajo esta denominación se incluyen dos o más niveles de terrazas que, por su reducido tamaño, no se pueden diferenciar cartográficamente.

**TERRAZAS INDIFERENCIADAS:** superficies planas de origen fluvial, en las que no se puede determinar el nivel del que se trata (*terrazza media, terraza alta, o terraza colgada*) y que, por tanto, no se pueden clasificar en ningún otro tipo. Bajo esta denominación también se incluyen las terrazas erosivas o terrazas rocosas, un tipo particular de terraza labrada sobre material rocoso.

**TESTIGO DE CONO DE DEYECCIÓN:** parte aislada o separada de un cono de deyección, que no conserva la morfología en planta característica de los mismos (ver *superficie de cono de deyección*). Puede presentar diferentes grados de disección en superficie.

**TESTIGO DE CONO DE ESPARCIMIENTO:** parte aislada o separada de un cono de esparcimiento, o que ya no conserva la morfología en planta característica de los mismos (ver *superficie de cono de esparcimiento*). Puede presentar diferentes grados de disección en superficie.

**TESTIGO DE GLACIS DE ESPARCIMIENTO:** parte de un *glacis de esparcimiento*, que no conserva completa la superficie entre el relieve del que procede y la llanura con la que originalmente enlazaba. Puede presentar diferentes grados de disección en superficie.

**TOR:** tipo particular de *inselberg*, con bloques apilados y fragmentados, cuya morfología está controlada por los sistemas de fracturación del macizo rocoso. Son más frecuentes en rocas de tipo granítico, aunque también pueden llegar a aparecer en otras litologías.

## -V-

**VALLE CIEGO:** valle cuyo curso de agua superficial desaparece en un sumidero kárstico.

**VALLE EN SACO:** cabecera de valle, con aspecto de circo, en que el aporte de agua procede de un manantial kárstico.

**VALLE EN V:** valle fluvial con perfil transversal en forma de V, en que predomina la incisión vertical.

**VALLE FLUVIAL, LLANURA DE INUNDACIÓN:** franja de terreno asociada directamente a la dinámica fluvial y constituida por depósitos aluviales. Suele

discurrir en su interior un canal fluvial y el terreno que abarca está sometido, parcial o totalmente, a inundaciones con diferentes periodos de retorno.

**VALLE GLACIAR COLGADO:** valle glaciar en que la excavación producida por el hielo ha sido menor que la del valle glaciar principal en que desemboca o desembocaba, quedando su fondo a mayor altura.

**VALLE INDIFERENCIADO:** valle de fondo plano o de sección ligeramente en "U", con ausencia de dinámica fluvial permanente. Presenta un relleno de depósitos aluviales en los que el agua tiende a percolar y, en consecuencia, la escorrentía superficial tiene un escaso desarrollo.

**VERTIENTE ABRUPTA:** ladera con escasa disección y con pendiente habitualmente superior al 70%.

**VERTIENTE ABRUPTA CON FUERTE DISECCIÓN:** *vertiente abrupta*, en la que se aprecia una marcada disección en la totalidad o en gran parte de la geoforma.

**VERTIENTE ABRUPTA DE DERRAMES VOLCÁNICOS TABULARES:** tipo particular de *vertiente de meseta volcánica*, de perfil rectilíneo y pendiente pronunciada, que conecta tanto las zonas altas de Sierra con modelado glaciar -y los paisajes de Páramos- con las Vertientes externas de la Cordillera así como con las Vertientes y relieves superiores de las Cuencas Interandinas, con desniveles de hasta 400 metros.

**VERTIENTE DE CHEVRON:** ladera sobre la que culmina una *superficie de chevron*. Ambas geoformas están separadas por un *frente de chevron*, que puede ser o no mapeable.

**VERTIENTE DE CUESTA:** ladera sobre la que culmina una *superficie de cuesta*. Ambas geoformas están separadas por un *frente de cuesta*, que puede ser o no mapeable.

**VERTIENTE DE CUESTA MARINA:** ladera sobre la que culmina una *superficie de cuesta marina*. Ambas geoformas están separadas por un *eskarpe de cuesta marina*, que puede ser o no mapeable.

**VERTIENTE DE LLANURA DE DEPÓSITOS FLUVIO-LACUSTRES:** eskarpe o escalón morfológico que puede aparecer en una *llanura de depósitos fluvio-lacustres*.

**VERTIENTE DE LLANURA DE DEPÓSITOS VOLCÁNICOS:** eskarpe o escalón morfológico que puede aparecer en una *llanura de depósitos volcánicos*.

**VERTIENTE DE MESA MARINA:** ladera sobre la que culmina una *superficie de mesa marina* o una *superficie de mesa marina disectada*. Ambas geoformas, vertiente y superficie, están separadas por un *eskarpe de mesa marina*, que puede ser o no mapeable.

**VERTIENTE DE MESA O MESETA:** ladera sobre la que culmina una *superficie de mesa o meseta* o una *superficie de mesa o meseta disectada*. Ambas geoformas,

vertiente y superficie, están separadas por una *cornisa de mesa*, que puede ser o no mapeable.

**VERTIENTE DE MESETA VOLCÁNICA:** ladera culminada por una *superficie de meseta volcánica* o una *superficie de meseta volcánica disectada*. Ambas geoformas, vertiente y superficie, están separadas por una *cornisa de meseta volcánica*, que puede ser o no mapeable.

**VERTIENTE DE PLANICIE INTERMONTANA:** ladera que culmina en una *planicie intermontana*.

**VERTIENTE DE SUPERFICIE DE EROSIÓN:** ladera que culmina en una *superficie de erosión*.

**VERTIENTE DE SUPERFICIE DE RELLENO:** ladera de una *superficie de relleno*, formada por los mismos materiales de ella.

**VERTIENTE DE VALLE GLACIAR:** ladera de pendiente pronunciada, límite con el *fondo de valle glaciario*.

**VERTIENTE HETEROGÉNEA:** ladera de perfil mixto (cóncavo-convexo, rectilíneo-cóncavo, etc.) o irregular, escasamente disectada.

**VERTIENTE HETEROGÉNEA CON FUERTE DISECCIÓN:** ladera de perfil mixto (cóncavo-convexo, rectilíneo-cóncavo, etc.) o irregular, en la que se aprecia una marcada disección en la totalidad o en gran parte de la geoforma.

**VERTIENTE O ABRUPTO DE LLANURA ANTIGUA:** escarpe morfológico proporcionado por la antigua llanura aluvial de la región Costa. Está, por tanto, asociada a las geoformas *superficie poco disectada*, *superficie disectada* y *superficie muy disectada*.

**VERTIENTE O ABRUPTO DE TERRAZA:** se refiere al escarpe o escalón que caracteriza a cualquier tipo de terraza y que enlaza la superficie de un determinado nivel de terraza con el inmediatamente inferior o con la llanura aluvial.

**VERTIENTE RECTILÍNEA:** ladera de perfil longitudinal predominantemente rectilíneo, con escasa o nula disección.

**VERTIENTE RECTILÍNEA CON ABRUPTOS:** ladera de perfil longitudinal predominantemente rectilíneo, con presencia de una o más zonas de rotura de la pendiente, en las que se produce un incremento brusco de la inclinación general de la ladera.

**VERTIENTE RECTILÍNEA CON FUERTE DISECCIÓN:** ladera de perfil longitudinal predominantemente rectilíneo, en la que se aprecia una marcada disección en la totalidad o en gran parte de la geoforma.

**VERTIENTE RECTILÍNEA CON SALIENTES ROCOSOS:** ladera de perfil longitudinal predominantemente rectilíneo, en la que aparecen salientes rocosos dispersos que irregularizan la superficie de la vertiente.

**VERTIENTE ROCOSA:** ladera mayoritaria o totalmente rocosa, con muy baja presencia de suelo. No se incluyen en este término las vertientes rocosas de carácter estructural (ejemplos: *superficie de cuesta; superficie de chevron; barra o cresta estructural; resto de superficie estructural; superficies y planos estructurales originados en capas plegadas*).

**VESTIGIOS DE EDIFICIOS VOLCÁNICOS:** restos de estratovolcanes. El edificio volcánico es difícilmente reconocible o sólo se conserva una parte del mismo.

**-Y-**

**YARDANGS:** formas creadas por la erosión del viento en ambientes desérticos, que a veces se asemejan a las del casco de un barco invertido. De dimensiones muy variables, suelen presentarse agrupados, con sus ejes mayores paralelos a la dirección de los vientos dominantes. Se desarrollan en una gran variedad de sustratos litológicos e incluso en arenas eólicas.



## ANEXO IV. ATRIBUTOS DE LAS GEOFORMAS

En el presente anexo se recoge una síntesis de las características y rangos de los diferentes atributos que se asignan a todas y cada una de las geoformas. Los primeros (Región, Dominio Fisiográfico y Contexto Morfológico) se refieren al encuadre en que se localiza cada una de las geoformas, dentro del sistema jerárquico de relieve adoptado. El resto (génesis, atributos geológicos, morfológicos, morfométricos y relacionados con el drenaje) describen diferentes aspectos que caracterizan o son inherentes a la geoforma identificada.

Se han elaborado, a lo largo de la realización del proyecto, un conjunto de procedimientos y manuales que forman parte de la metodología de la temática de Geomorfología y están disponibles para su consulta. En dichos documentos se desarrollan y complementan, entre otros, diferentes aspectos contemplados en el presente anexo.

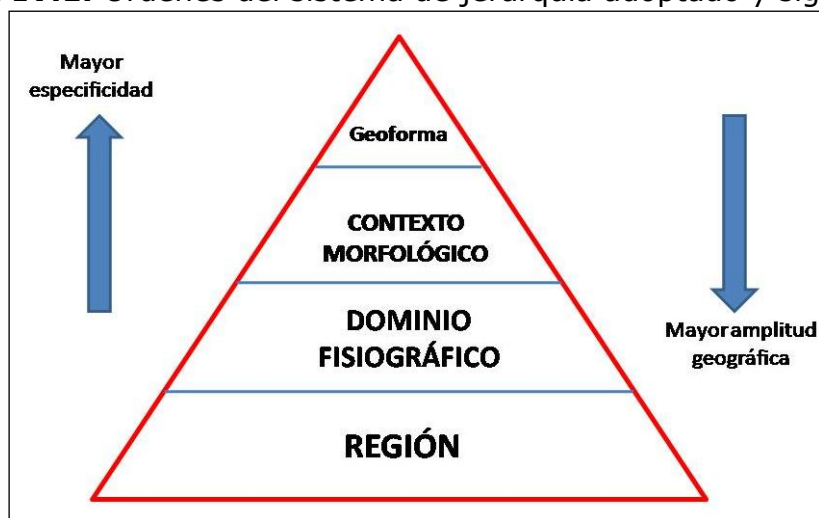
### **1. Atributos relacionados con el sistema de jerarquía del relieve: Región, Dominio Fisiográfico y Contexto Morfológico**

El relieve y el paisaje físico se pueden concebir a través de un sistema que, en función de la escala espacial de referencia, permite distinguir áreas o unidades con características comunes y diferenciables de las contiguas a dicha escala de observación.

El sistema de jerarquización establecido se basa en el trabajo "Los paisajes naturales del Ecuador. Las regiones y paisajes del Ecuador" (Winckell, 1997). A partir de él se han realizado las necesarias adaptaciones para conseguir un modelo coherente y eficaz para los objetivos del trabajo de cartografía geomorfológica y geopedológica.

Los órdenes de jerarquía establecidos, del más general al de mayor detalle, son Región, Dominio Fisiográfico y Contexto Morfológico. Las Geoformas, unidades básicas de mapeo, representan el vértice superior de esta jerarquía (Figura IV.1). La agrupación espacial de un conjunto de geoformas adyacentes con ciertas características comunes (cobertura o no de depósitos piroclásticos, predominio de un sustrato geológico común, tipo de modelado o génesis que presentan, etc.) configura un determinado contexto.

**Figura IV.1.** Órdenes del sistema de jerarquía adoptado y significado



Fuente: CTN

Cada uno de estos órdenes o niveles se definen a continuación.

**Región:** Una Región, o sistema geoestructural, puede definirse como una gran unidad geomorfológica resultante de la evolución geológica y tectónica del área en que se encuadra, en la que se manifiestan características del medio físico comunes a todo el amplio territorio incluido en ella. Una Región, típicamente con una extensión del orden de  $10^4$  a  $10^5$  km<sup>2</sup>, presenta, a esa escala de análisis, particularidades del relieve condicionadas por las grandes estructuras geológicas (accidentes tectónicos y plegamientos mayores) y su evolución a lo largo del tiempo.

Las tres regiones del Ecuador continental son Costa, Sierra y Amazonía.

**Dominio Fisiográfico:** Unidad territorial, que agrupa uno o más Contextos Morfológicos, característica de un determinado ambiente morfoclimático (p. ej., ambiente glaciar-periglacial) o sistema morfogenético (p.ej., volcánico, litoral, aluvial); su diferenciación también se establece, a menudo, en base a unidades tectónicas y estructurales (p.ej., vertientes externas de las cordilleras, paisajes estructurales, grandes sistemas de piedemonte). Representan, en definitiva, un tipo de características del relieve que se diferencian claramente del espacio adyacente y que se localizan en un marco geográfico definido, continuo y de considerable extensión, del orden de  $10^3$  a  $10^4$  km<sup>2</sup>.

Para el conjunto de la zona de estudio del proyecto, se han considerado ocho dominios fisiográficos en la región Costa, siete dominios fisiográficos en la región Sierra y tres dominios fisiográficos en la región Amazonía.

**Contexto Morfológico:** Territorio con características comunes en cuanto al tipo general de modelado y fisiografía, en el que suele predominar un tipo de sustrato geológico o de formación superficial y muy a menudo caracterizado complementariamente por la presencia generalizada o por la ausencia de cobertura piroclástica. Su extensión fluctúa en órdenes de magnitud de entre  $10^2$  a  $10^3$  km<sup>2</sup>.

Agrupan siempre a distintas geoformas, algunas de las cuales son más frecuentes o características del Contexto Morfológico definido. Los contextos pueden hacer referencia, por ejemplo, a vertientes o relieves estructurales sobre determinadas litologías, a construcciones de tipo estrato-volcán, a piedemontes proximales o piedemontes distales con o sin cobertura piroclástica, o a vertientes homogéneas sobre granitos sin cobertura piroclástica.

Los Contextos Morfológicos, incorporados para cada Dominio Fisiográfico, suponen un total de cincuenta y uno para el conjunto de la zona de estudio del proyecto.

En el Cuadro IV.1 se muestran todos los Contextos Morfológicos de cada Dominio Fisiográfico y Región.

**Cuadro IV.1.** Regiones, Dominios Fisiográficos y Contextos Morfológicos considerados en el área de estudio.

<b>REGIÓN SIERRA</b>	
<b>DOMINIO FISIOGRAFICO:VERTIENTES EXTERNAS DE LA CORDILLERA OCCIDENTAL</b>	
<b>CONTEXTOS MORFOLÓGICOS</b>	Relieves diversificados sobre materiales volcánicos antiguos, con cobertura piroclástica (Cordillera Occidental)
	Relieves diversificados sobre materiales volcánicos antiguos, sin cobertura piroclástica (Cordillera Occidental)
	Zonas deprimidas o abrigadas y primeras estribaciones de la vertiente occidental, sin cobertura piroclástica (Cordillera Occidental)
	Vertientes homogéneas sobre granitos y granodioritas, con cobertura piroclástica (Cordillera Occidental)
	Vertientes homogéneas sobre granitos y granodioritas, sin cobertura piroclástica (Cordillera Occidental)
	Vertientes de carácter estructural sobre rocas volcano-sedimentarias y metamórficas, con cobertura piroclástica (Cordillera Occidental)
	Cuencas deprimidas con relieves colinares sobre rellenos volcano-sedimentarios, con cobertura piroclástica (Cordillera Occidental)
	Relieves escarpados sobre rocas metamórficas, sin cobertura piroclástica (Cordillera Occidental)
	Relieves y estribaciones meridionales de la vertiente occidental, sin cobertura piroclástica (Cordillera Occidental)

<b>DOMINIO FISIAGRÁFICO: VERTIENTES EXTERNAS DE LA CORDILLERA REAL</b>	
<b>CONTEXTOS MORFOLÓGICOS</b>	Relieves escarpados sobre rocas metamórficas, con cobertura piroclástica (Cordillera Real)
	Relieves escarpados sobre rocas metamórficas, sin cobertura piroclástica (Cordillera Real)
	Vertientes homogéneas sobre granitos y granodioritas, con cobertura piroclástica (Cordillera Real)
	Vertientes homogéneas sobre granitos y granodioritas, sin cobertura piroclástica (Cordillera Real)
<b>DOMINIO FISIAGRÁFICO: CIMAS FRÍAS DE LAS CORDILLERAS OCCIDENTAL Y REAL</b>	
<b>CONTEXTOS MORFOLÓGICOS</b>	Paisajes glaciares
	Paisajes de páramo con modelado periglacial y huellas glaciares poco marcadas
	Paisajes de páramo con modelado eólico
	Relieves de los márgenes de las cimas frías
<b>DOMINIO FISIAGRÁFICO: SISTEMA VOLCÁNICO</b>	
<b>CONTEXTOS MORFOLÓGICOS</b>	Vestigios de edificios volcánicos muy destruidos, difícilmente identificables
	Construcciones de tipo estrato-volcán y formas asociadas
<b>DOMINIO FISIAGRÁFICO: VERTIENTES Y RELIEVES DE CUENCAS INTERANDINAS</b>	
<b>CONTEXTOS MORFOLÓGICOS</b>	Vertientes y relieves superiores de las cuencas interandinas, con cobertura piroclástica (Sierra Norte)
	Vertientes y relieves superiores de las cuencas interandinas, sin cobertura piroclástica (Sierras Central y Meridional)
	Macizos internos de la Sierra Sur sobre litología indiferenciada, sin cobertura piroclástica
	Macizos internos de la Sierra Sur sobre granitos y granodioritas, sin cobertura piroclástica
	Vertientes y relieves inferiores de las cuencas interandinas, con cobertura piroclástica. Sierra Norte
	Vertientes y relieves inferiores de las cuencas interandinas, sin cobertura piroclástica. Sierra Sur
<b>DOMINIO FISIAGRÁFICO: RELIEVES DE FONDO DE CUENCAS INTERANDINAS</b>	
<b>CONTEXTOS MORFOLÓGICOS</b>	Relieves de fondo de cuencas interandinas con rellenos volcano-sedimentarios y piroclásticos
	Relieves de fondo de cuencas interandinas sin cobertura piroclástica

<b>DOMINIO FISIOGRAFICO: MEDIO ALUVIAL DE SIERRA</b>	
<b>CONTEXTO MORFOLÓGICO</b>	Medio aluvial de Sierra
<b>REGIÓN AMAZONÍA</b>	
<b>DOMINIO FISIOGRAFICO: ZONA SUBANDINA</b>	
<b>CONTEXTOS MORFOLÓGICOS</b>	Cordillera del Napo: paisajes estructurales, calcáreos y relieves periféricos, con cobertura de cenizas volcánicas
	Cordillera del Cutucú: relieves sobre rocas calcáreas y areniscas, con y sin formas estructurales. Sin cobertura de cenizas volcánicas
	Cordillera del Cóndor: relieves accidentados principalmente sobre granitos y modelado estructural sobre areniscas. Sin cobertura de cenizas volcánicas
	Corredores, depresiones (Cosanga, Limón-Gualaquiza y Zumba) y vertientes bajas marginales
	Estribaciones orientales subandinas: relieves sobre arcillas y areniscas (parcialmente fosilizadas por las formaciones de piedemonte)
<b>DOMINIO FISIOGRAFICO: AMAZONIA PERIANDINA</b>	
<b>CONTEXTOS MORFOLÓGICOS</b>	Piedemontes próximos, con cobertura de cenizas volcánicas recientes
	Piedemontes distales, sin cobertura de cenizas volcánicas
	Colinas periandinas occidentales
	Colinas periandinas orientales
<b>DOMINIO FISIOGRAFICO: MEDIO ALUVIAL AMAZÓNICO</b>	
<b>CONTEXTO MORFOLÓGICO</b>	Medio aluvial amazónico
<b>REGIÓN COSTA</b>	
<b>DOMINIO FISIOGRAFICO: RELIEVES ESTRUCTURALES SOBRE SEDIMENTOS TERCIARIOS</b>	
<b>CONTEXTO MORFOLÓGICO</b>	Mesas muy disectadas y restos de relieves tabulares sobre limolitas y areniscas culminantes
<b>DOMINIO FISIOGRAFICO: GRAN CONO TABULAR DE LA LLANURA COSTERA Y LLANURA ALUVIAL ANTIGUA</b>	
<b>CONTEXTOS MORFOLÓGICOS</b>	Gran cono tabular de la llanura costera
	Testigos disectados de depósitos aluviales encaramados
	Llanura aluvial antigua
	Superficies onduladas y transición a la llanura aluvial reciente

<b>DOMINIO FISIOGRAFICO: PIEDEMONTE ANDINO OCCIDENTAL</b>	
<b>CONTEXTOS MORFOLÓGICOS</b>	Conos de esparcimiento y formas de piedemonte proximales, en contacto con la vertiente andina occidental
	Conos de esparcimiento y formas de piedemonte distales, planos a poco disectados
<b>DOMINIO FISIOGRAFICO: PIEDEMONTE COSTERO</b>	
<b>CONTEXTO MORFOLÓGICO</b>	Glacis de los piedemontes costeros
<b>DOMINIO FISIOGRAFICO: BAJA LLANURA ALUVIAL INUNDABLE DE LA COSTA</b>	
<b>CONTEXTO MORFOLÓGICO</b>	Llanura aluvial reciente
<b>DOMINIO FISIOGRAFICO: MEDIO ALUVIAL COSTERO</b>	
<b>CONTEXTO MORFOLÓGICO</b>	Medio aluvial costero
<b>DOMINIO FISIOGRAFICO: CORDILLERAS COSTERAS SOBRE ROCAS VOLCÁNICAS ANTIGUAS</b>	
<b>CONTEXTO MORFOLÓGICO</b>	Cerros testigos de la llanura aluvial reciente
<b>DOMINIO FISIOGRAFICO: MEDIO LITORAL</b>	
<b>CONTEXTOS MORFOLÓGICOS</b>	Llanura y depresión costera de Arenillas
	Formas y depósitos fluvio-marinos

Fuente: CTN, basada en Winckell, 1997

Cada uno de los Contextos Morfológicos definidos pertenece a un solo Dominio Fisiográfico. Y, a su vez, cada Dominio Fisiográfico, está incluido en una sola región. De esta forma, determinando el Contexto Morfológico en que se incluye un conjunto de geoformas espacialmente contiguas quedan directamente asignados los niveles superiores de la jerarquía.

Tres aspectos deben tenerse especialmente en cuenta para la delimitación de un Contexto Morfológico:

- Muchas geoformas no son exclusivas de un Contexto Morfológico concreto (p.ej., coluviones, vertientes, formas poligénicas, etc.).
- Aunque hay formas más características y/o abundantes de un determinado contexto (p.ej., formas y depósitos glaciares en *Paisajes glaciares* o en *Paisajes de páramo con modelado glaciar y huellas glaciares poco marcadas*), pueden aparecer en otros Contextos Morfológicos (en el caso anterior, por ejemplo, por tratarse de formas paleoclimáticas heredadas).
- Los contextos morfológicos se conciben como áreas de continuidad cartográfica, favoreciendo que no existan "islas" pequeñas de otros Contextos Morfológicos en su interior.

El último escalón en esta jerarquía, de menor amplitud geográfica y mayor especificidad en su definición, está ocupado por el orden correspondiente a las geoformas.

Una **Geoforma** (o Unidad Geomorfológica) se puede definir como una porción del territorio, identificable con respecto a las de su entorno inmediato desde el punto de vista perceptivo, que presenta características homogéneas en cuanto a su génesis (procesos formadores), morfología (forma del terreno), morfometría (o análisis cuantitativo del relieve: pendiente, desnivel relativo, longitud de vertiente), procesos morfodinámicos actuantes y material constitutivo (formación geológica o depósito superficial sobre la que se asienta).

Son las unidades básicas de mapeo. El tamaño mínimo para su representación es de 1 hectárea, con órdenes típicos de magnitud de entre 5 a 10 hectáreas hasta 10<sup>2</sup> km<sup>2</sup> para las geoformas mayores.

Una Geoforma debe cumplir con los siguientes requisitos:

- Es fácilmente reconocible, tanto a partir de imágenes aéreas adecuadas que permitan la visión tridimensional como en el propio terreno.
- Sus límites representan cambios netos en las características del relieve o, cuando no son suficientemente claros, se determinan a partir del cambio en ciertos parámetros que no siempre tienen expresión en la morfología (formaciones geológicas subyacentes, por ejemplo).
- Sus dimensiones son convenientes para la escala del mapa y para el estudio edafológico posterior, de tal manera que proporcionan una información adecuada para este objetivo y no se crean multitud de recintos o polígonos de escaso significado.

Ejemplos de geoformas (o unidades geomorfológicas) son: valle en V; superficie de cono de esparcimiento; relieve lacustre ondulado; coluvión reciente; fondo de valle glaciar; rampa de piedemonte de cono volcánico; cordón litoral; aplanamiento kárstico; colinas en media naranja; manto eólico; superficie de cuesta; relieve colinado medio; superficie horizontal disectada; superficie intervenida.

### 1.1. Justificación del sistema de jerarquía de relieve adoptado

Los órdenes de jerarquía adoptados suponen un cambio con respecto a la sistemática llevada a cabo en la cartografía geomorfológica realizada por el Instituto Espacial Ecuatoriano, IEE (exCLIRSEN), cuyos trabajos son predecesores de éste. Dicho organismo, para encuadrar las geoformas en un nivel superior de cierta homogeneidad, sólo consideró a las que denominó Unidades Ambientales, sin otros niveles o escalones. La modificación llevada a cabo en el presente proyecto supone una estructuración de la información geomorfológica en varios niveles jerárquicos (Contexto Morfológico, Dominio Fisiográfico y Región), que atienden a una categorización del relieve en función de la escala de análisis y que, por tanto, contribuye a una mejor comprensión del mismo.

Por otra parte, aunque las anteriormente denominadas Unidades Ambientales equivalen, en algunos casos, a los designados en este trabajo como Contextos Morfológicos (por ejemplo, Relieves de los márgenes de las cimas frías era una Unidad Ambiental y ahora es considerado un Contexto Morfológico, con idéntico nombre), existen otras situaciones en que dichas Unidades Ambientales parecen ajustarse mejor a una categoría de mayor amplitud geográfica, el Dominio Fisiográfico. Es el caso, por ejemplo, de la Unidad Ambiental Vertientes externas de la Cordillera Real, que en este trabajo ya es tratado como Dominio Fisiográfico, en el que se incluyen cuatro diferentes Contextos Morfológicos.

## 2. Atributo relacionado con la génesis de la geoforma

El grupo genético indica el tipo general de modelado característico de cada tipo de geoforma. Una denominación de geoforma siempre se atribuye, por tanto, a un determinado grupo genético.

Las principales características de los trece grupos genéticos se sintetizan en el Cuadro IV.2.

**Cuadro IV.2.** Grupos genéticos y características de los mismos

GRUPO GENÉTICO	CARACTERÍSTICAS GENERALES
Fluvial	Formas y depósitos ligados a ríos y al flujo de agua habitualmente encauzada. También se incluyen formas resultantes de la erosión generalizada por agua
Fluvio-lacustre	Formas y depósitos ligados a lagos, lagunas y áreas endorreicas, incluyendo depresiones con acumulación de agua esporádica, temporal o permanente
Laderas	Formas y depósitos relacionados con la evolución y dinámica de las laderas o vertientes
Glaciar y periglacial	Formas y depósitos producidos por la acumulación de hielo (glaciares) y en las zonas de su periferia o en las que dominan los ciclos de hielo y deshielo del terreno y/o la existencia de permafrost (periglaciares)
Volcánico	Formas y depósitos tanto asociados directa o indirectamente a edificios volcánicos recientes como relieves que aparecen sobre sustrato volcánico
Marino	Formas y depósitos relacionados tanto con la dinámica litoral actual y reciente, como formas relacionadas con depósitos marinos antiguos
Kárstico	Formas desarrollados principalmente sobre rocas calcáreas (calizas, dolomías, calcarenitas) y evaporítico-salinas, con un característico modelado
Meteorización	Formas características producto de una intensa meteorización química
Eólico	Formas y depósitos producidos por la acción del viento
Estructural	Modelados resultantes de la interacción entre los diversos procesos erosivos y la litología y estructura de las rocas

Tectónico-erosivo	Formas sin rasgos característicos (geofomas banales), no ligadas a ningún sustrato litológico concreto, de cierta extensión y continuidad. Las geofomas incluidas en este grupo han sido modeladas por una erosión relativamente uniforme en su conjunto, generalmente sobre materiales que habían sido con anterioridad elevados tectónicamente
Poligénicas	Formas y depósitos que tienen su origen en dos o más grupos genéticos o que son de difícil adscripción a uno de ellos
Otras	Se incluyen en este grupo geofomas de definición poco precisa, difícilmente representables por sus propias características y modo de aparición o áreas de fuerte intervención antrópica que impiden reconocer la geofoma original o representarla

Fuente: CTN

### 3. Atributos geológicos: formación geológica y litología

Una *formación geológica* (sensu stricto) es una unidad litoestratigráfica constituida por un conjunto de rocas claramente diferenciables de las adyacentes o próximas por sus características litológicas, suficientemente distintivas como para permitir esa diferenciación. Las *formaciones geológicas* (sensu stricto) se definen en su localidad tipo (de donde, generalmente, reciben su nombre: Formación Tarqui, Formación Tena). Además de caracterizarlas por la litología, se describe su contenido paleontológico si es el caso (que permitirá encuadrarlas en la escala cronoestratigráfica), potencia, extensión y variación lateral, así como sus relaciones con otras formaciones geológicas supra e infrayacentes.

La unión de dos o más *formaciones geológicas* contiguas asociadas, que presentan un cierto número de características litológicas comunes, se denomina *grupo* (sensu stricto). Las *formaciones geológicas*, por su parte, se pueden dividir, total o parcialmente, en unidades de rango menor, llamadas *miembros*.

Cuando estos cuerpos rocosos, a pesar de que hayan podido ser considerados por algunos autores como *formaciones geológicas*, *miembros* o *grupos*, no cumplen con los criterios seguidos internacionalmente para considerarlos bajo tales denominaciones, la tendencia es utilizar el término genérico de "unidad".

En este trabajo se considera el término "formación geológica" en sentido amplio, o informal: se incluyen en esta categoría general las *formaciones geológicas*, *grupos* y "unidades" que así fueron consideradas en la cartografía geológica utilizada como referencia o insumo principal (cartografía geológica 1:100.000 o 1:250.000 proporcionada por el INIGEMM al inicio de este proyecto, en febrero de 2014).

También se incluyen bajo esta categoría diferentes tipos de *formaciones* o *depósitos superficiales*: una formación o depósito superficial es un cuerpo sedimentario, de espesor limitado, normalmente del orden de la decena de metros, que recubre el sustrato geológico, sin guardar relación geométrica con él; habitualmente están poco

o nada consolidados y/o compactados y pertenecen al Cuaternario (<1,8 millones de años). Ejemplos de formaciones superficiales son: depósitos aluviales; depósitos coluviales; depósitos glacio-lacustres. Otras formaciones superficiales pueden denominarse, incluso, con el nombre de una localidad o topónimo donde aparecen y su litología o tipo litológico dominante (por ejemplo, ceniza del Tungurahua o volcano-sedimentos del Quilotoa).

Bajo estas consideraciones, para toda el área de estudio se han establecido un total de 236 formaciones geológicas (en sentido amplio del término) para el total del área de estudio. A cada una de estas formaciones se les ha asociado una descripción litológica, de acuerdo a la que aparece en las cartografías geológicas anteriormente referidas, completando y contrastando dicha descripción con los principales léxicos estratigráficos del país disponibles en el momento de establecer estas relaciones (Bristow y Hoffstetter, 1977; Duque, 2000).

La asignación de los atributos "formación geológica" y "litología" se realiza, por tanto, a través del primero de estos atributos. Aunque la referencia principal es la cartografía geológica 1:100.000 (o 1:250.000) del INIGEMM u organismos predecesores, también se utilizan como insumos otras cartografías geológicas (ver apartado 2.2.1.2. Insumos complementarios, de la Memoria) cuando se deduce que éstas son de mejor calidad o precisión. Asimismo, se realizan modificaciones cuando existen evidencias, en campo o mediante la propia fotointerpretación, de una "formación geológica" concreta diferente a la proporcionada por cualquiera de los insumos geológicos.

En el Cuadro IV.3 se muestran algunos ejemplos de formaciones geológicas o depósitos superficiales, con el código asignado y la descripción del tipo de roca o sedimento.

**Cuadro IV.3.** Ejemplos de formaciones geológicas o depósitos superficiales, símbolos asignados y descripción litológica correspondiente

<b>FORMACIÓN GEOLÓGICA O DEPÓSITO SUPERFICIAL</b>	<b>(*)</b>	<b>DESCRIPCIÓN DEL TIPO DE ROCA O SEDIMENTO</b>
Depósitos de ladera	<b>Q<sub>dl</sub></b>	Gravas y bloques de angulosos a subangulosos, con o sin mezcla irregular y en proporciones variables de elementos finos (limos, arcillas y arenas)
Volcano-sedimentos del Quilotoa	<b>Q<sub>dvQ</sub></b>	Tobas bien estratificadas, con frecuente carácter lacustre y alternantes con cenizas y lapilli
Conglomerados Zarapullo	<b>P<sub>za</sub></b>	Guijarros y cantos rodados pobremente estratificados en matriz areno-limosa
Formación Borbón	<b>PI<sub>B</sub></b>	Areniscas de grano grueso en bancos, con intercalaciones de argilita y conglomerados en la base
Formación Mangán	<b>Mio<sub>Mn</sub></b>	Limolitas, lutitas y areniscas de grano fino interestratificadas; lutitas con vetas de carbón; areniscas de grano grueso y conglomeráticas
Formación Playa Rica	<b>Ole<sub>r</sub></b>	Lutitas grises o negras laminadas, con intercalaciones de areniscas
Formación Ostiones	<b>Eo<sub>os</sub></b>	Lutitas duras, grises a pardas; tobas y arcillas silíceas hacia muro
Formación Tiyuyacu	<b>Pal<sub>Ty</sub></b>	Conglomerado de cuarzo, lutita y chert en matriz areno-limosa; areniscas con intercalaciones de lutitas rojas, grises y verdes
Grupo Alamor	<b>M<sub>al</sub></b>	Lutitas, areniscas, arcillas y limos estratificados, localmente con ligero metamorfismo
Batolito de Zamora	<b>J<sub>abs</sub></b>	Granitoides
Unidad Piedras	<b>Pz<sub>pi</sub></b>	Anfibolitas gneísicas de grano fino a grueso y esquistos verdes
Granito de Abitagua	<b>IN G<sub>Ab</sub></b>	Granito (monzogranito de biotita, de grano grueso y color rosado)
Gabro	<b>IN G<sub>a</sub></b>	Gabro

Fuente: CTN, a partir de: cartografías geológicas oficiales 1: 100.000 y 1:250.000 del INIGEMM y organismos predecesores; Bristow y Hoffstetter, 1977

**(\*) Nota:** Los símbolos empleados para cada una de las formaciones geológicas o depósitos superficiales no tienen carácter oficial, aunque para ello se ha tenido en cuenta la simbología utilizada en publicaciones de amplio reconocimiento y uso: hojas geológicas 1:100.000 y 1:250.000 publicadas por el INIGEMM u organismos predecesores y Léxico estratigráfico del Ecuador (Bristow y Hoffstetter, 1977). Especialmente para depósitos superficiales y otros

grupos litológicos que no tienen reconocimiento de formación, así como para ciertas formaciones geológicas, se ha acordado la adopción de códigos propios, siguiendo criterios análogos a los utilizados en dichos trabajos de referencia.

En los códigos la primera o primeras letras hacen referencia a la edad: Q= Cuaternario, P=Pleistoceno, Pl=Plioceno, Mio=Mioceno, Oli=Oligoceno, Eo= Eoceno, Pal=Paleoceno, K=Cretácico, J=Jurásico, Pz=Paleozoico, mientras que los subíndices se refieren al tipo de depósito superficial (dl=depósitos de ladera; dvQ=depósitos volcánicos del Quilotoa) o al nombre de la "formación geológica" (za=Zarapullo; Bb=Borbón; Mn=Mangán, etc.). Los símbolos que inician su denominación con IN se refieren a cuerpos intrusivos sin asignación de edad.

#### 4. Atributos morfológicos: forma de la cima, de la vertiente y del valle

Los atributos morfológicos, de carácter descriptivo, hacen referencia a variables que ayudan a describir la forma del relieve de la unidad geomorfológica delimitada. Se incluyen los siguientes (Cuadro IV.4):

- Forma de la cima
- Forma de la vertiente
- Forma del valle

**Cuadro IV.4.** Categorías de formas de cima, vertiente y valle

FORMA DE LA CIMA	FORMA DE LA VERTIENTE	FORMA DEL VALLE
Aguda	Cóncava	En U
Redondeada	Convexa	En V
Plana	Rectilínea	Plano
Otras	Mixta	Otras
No Aplicable	Irregular	No Aplicable
	Otras	
	No Aplicable	

Fuente: CLIRSEN, 2012

## 5. Atributos morfométricos: desnivel relativo, longitud de vertiente y pendiente

Los atributos morfométricos se refieren a variables susceptibles de medida y que contribuyen a caracterizar el recinto o polígono identificado desde el punto de vista del análisis cuantitativo del relieve que proporciona la geoforma. Los atributos de este tipo son:

- Desnivel relativo
- Longitud de vertiente
- Pendiente

La asignación de todos estos atributos está automatizada, tal como se explica en el documento "Atributos de las geoformas, asignación de atributos y sistema de validación", en base a los datos que proporciona el MDT. No obstante, el fotointérprete los puede modificar si considera que no se ajustan a lo observado o son de carácter anómalo o inexacto.

El *desnivel relativo* corresponde a la altura existente entre la parte más baja, generalmente el cauce de los ríos, quebradas o incisiones (nivel base) y la parte más alta de las unidades geomorfológicas (CLIRSEN, 2012). Las categorías o rangos establecidos son las que se muestran en el Cuadro IV.5.

**Cuadro IV.5.** Categorías de desnivel relativo

CLASE	DESNIVEL RELATIVO
1	0 - 5 m
2	>5 - 15 m
3	>15 - 25 m
4	>25 - 50 m
5	>50 - 100 m
6	>100 - 200 m
7	>200 - 300 m
8	>300 m
NO APLICABLE	

Fuente: CLIRSEN, 2012

La *longitud de vertiente* corresponde a la distancia inclinada existente entre la parte más alta y la más baja de una unidad geomorfológica (IEE, 2012). Las categorías o rangos establecidos se muestran en el Cuadro IV.6.

**Cuadro IV.6.** Categorías de longitud de vertiente

CLASE	TIPO	LONGITUD DE VERTIENTE
1	Muy corta	< 15 m
2	Corta	>15-50 m
3	Moderadamente larga	>50-250 m
4	Larga	>250-500 m
5	Muy larga	>500 m
NO APLICABLE		

Fuente: CLIRSEN, 2012

La *pendiente* es el grado de inclinación de las geoformas, con relación a la horizontal, expresado en porcentaje (IEE, 2012). Se han establecido diez clases o rangos de pendientes de pendiente (Cuadro IV. 7).

**Cuadro IV.7.** Categorías de pendiente

CLASE	TIPO	PENDIENTE (%)
1	Plana	0-2
2	Muy suave	>2 - 5
3	Suave	>5 - 12
4	Media	>12 - 25
5	Media a fuerte	>25 - 40
6	Fuerte	>40 - 70
7	Muy fuerte	>70 - 100
8	Escarpada	> 100 - 150
9	Muy escarpada	> 150 - 200
10	Abrupta	> 200
NO APLICABLE		

Fuente: CLIRSEN, 2012

## 6. Atributos relacionados con el drenaje

Son dos las variables o atributos que se refieren al drenaje: la forma de drenaje y la densidad de drenaje. Ambas variables proporcionan información indirecta sobre el sustrato (litología y estructura) y/o el tipo de modelado al que está, o ha estado, sometida la geoforma. Las categorías consideradas para cada uno de estos atributos se recogen en los Cuadros IV.8 y IV.9.

La forma de drenaje se asigna por fotointerpretación, mientras que la densidad de drenaje (relación entre la longitud total de cauces que atraviesan un área dada y la

superficie de dicha área: Horton, 1945; Strahler, 1952; Strahler, 1954) se obtiene automáticamente.

Las herramientas para generar la red de drenaje son ArcGIS 10, ArcHydro y ETGeowizard.

**Cuadro IV.8.** Categorías de tipo de drenaje

<b>TIPOS DE DRENAJE</b>
Dendrítico
Subdendrítico
Anastomosado
Meándrico
Paralelo
Enrejado
Rectangular
Angular
Radial
Asimétrico
Subparalelo
Pinnado
Otras
No Aplicable

Fuente: CLIRSEN, 2012

**Cuadro IV.9.** Categorías de densidad de drenaje

<b>CLASE O TIPO</b>	<b>DENSIDAD</b>
Drenaje grueso (baja densidad)	<5 km/km <sup>2</sup>
Drenaje medio (media densidad)	5-12 km/km <sup>2</sup>
Drenaje fino (alta densidad)	>12 km/km <sup>2</sup>
NO APLICABLE	

Fuente: CTN

## Bibliografía citada en el anexo

Bristow, C.R., y Hoffstetter, R., 1977. Lexique Stratigraphique International, vol. V. Amérique Latine, Fasc. 5 a 2: Ecuador. *Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS)*. París, 410 p.

CLIRSEN, 2012. Proyecto: "Generación de Geoinformación para la gestión del territorio a nivel nacional, escala 1:25.000". Geomorfología. Metodología (versión 2012). *Informe no publicado*. Quito, 36 p.

CODIGEM-BGS (Corporación de Desarrollo e Investigación Geológico Minero Metalúrgica; British Geological Survey), 1993. Mapa Geológico del Ecuador, esc. 1:1.000.000. *CODIGEM*. Quito.

DGGM-IGS (Dirección General de Geología y Minas; Institute of Geological Sciences), 1982. Mapa Geológico del Ecuador, esc. 1:1.000.000. *DGGM*. Quito.

Duque, P., 2000. Léxico Estratigráfico del Ecuador. *CODIGEM*. Quito, 102 p.

Horton, R.E., 1945. Erosional development of streams and their drainage basis; hydrophysical approach to quantitative morphology. *Geol. Soc. Am. Bull.*, 56, 275-370.

Strahler, A.N., 1952. Hypsometric (area-altitude) analysis of erosional topography. *Geol. Soc. Am. Bull.*, 63, 1117-1142.

Strahler, A.N., 1954. Statistical analysis in geomorphic research. *J. Geology*, 62, 1-25.

Winckell, A. (coordinador), 1997. Los paisajes naturales del Ecuador: las regiones y paisajes del Ecuador. *CEDIG, IPGH, ORSTOM, IGM*. Quito, 416 p. + mapa esc. 1:1.000.000.