

## **MEMORIA TÉCNICA**

### **CANTÓN GUALACEO**

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

#### 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

## 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 Cimas frías de las Cordilleras Occidental y Real .....	19
3.2.2.	Dominio Fisiográfico Vertientes y relieves de Cuencas Interandinas.....	19
3.2.3.	Dominio Fisiográfico Relieves de fondo de Cuencas Interandinas .....	20
3.2.4.	Dominio Fisiográfico Medio aluvial de Sierra .....	20
3.3.	Contextos Morfológicos.....	21

3.3.1. Paisajes glaciares .....	21
3.3.2. Paisajes de páramo con modelado periglacial y huellas glaciares poco marcadas .....	22
3.3.3. Vertientes y relieves superiores de las cuencas interandinas, sin cobertura piroclástica (Sierras Central y Meridional) .....	23
3.3.4. Vertientes y relieves inferiores de las cuencas interandinas, sin cobertura piroclástica. Sierra Sur .....	23
3.3.5. Relieves de fondo de cuencas interandinas sin cobertura piroclástica.....	24
3.3.6. Medio aluvial de Sierra .....	25
3.4. Geoformas y formaciones geológicas presentes en el cantón .....	26
3.5. Descripción de geoformas .....	32
3.5.1. Fluvial .....	32
3.5.1.1. Valle fluvial, llanura de inundación (F1) .....	32
3.5.1.2. Valle indiferenciado (F3) .....	32
3.5.1.3. Barranco (E2) .....	32
3.5.1.4. Terrazas indiferenciadas (Ti) .....	33
3.5.1.5. Superficie de cono de deyección (Cd1) .....	33
3.5.1.6. Superficie de cono de deyección disectado (Cd3) .....	34
3.5.2. Laderas .....	34
3.5.2.1. Vertiente rectilínea (Lr1).....	34
3.5.2.2. Vertiente rectilínea con fuerte disección (Lr2).....	35
3.5.2.3. Vertiente rectilínea con abruptos (Lr4) .....	36
3.5.2.4. Vertiente abrupta (La1) .....	37
3.5.2.5. Vertiente abrupta con fuerte disección (La2) .....	37
3.5.2.6. Vertiente heterogénea (Lh1) .....	38
3.5.2.7. Vertiente rocosa (Lh3).....	39
3.5.2.8. Vertiente heterogénea con fuerte disección (Lh4) .....	39
3.5.2.9. Escarpe de deslizamiento (Lh6) .....	40
3.5.2.10. Coluvión reciente (Col1) .....	40
3.5.2.11. Coluvión antiguo (Col2) .....	41
3.5.2.12. Macrocoluvión (Col3).....	41
3.5.2.13. Depósitos de deslizamiento, masa deslizada (Ld1) .....	42
3.5.3. Glaciar y periglacial .....	42
3.5.3.1. Circo glaciar (Gf1) .....	42
3.5.3.2. Fondo de valle glaciar (Gf3) .....	43
3.5.3.3. Vertiente de valle glaciar (Gf4).....	44
3.5.3.4. Valle glaciar colgado (Gf5) .....	44
3.5.3.5. Rocas aborregadas (Gf7) .....	45
3.5.3.6. Laguna glaciar (Gf8) .....	45
3.5.3.7. Morrena lateral (Gd2).....	45

3.5.3.8.	Morrena frontal, arco morrénico (Gd3)	45
3.5.3.9.	Morrenas (Gd4)	46
3.5.3.10.	Hondonadas pantanosas de origen glaciar-periglacial (Gp2)	46
3.5.4.	Volcánico	46
3.5.4.1.	Llanura de depósitos volcánicos (Vc13)	46
3.5.4.2.	Vertiente de llanura de depósitos volcánicos (Vc14)	46
3.5.4.3.	Relieve volcánico colinado bajo (Rv8)	47
3.5.4.4.	Relieve volcánico colinado medio (Rv9)	47
3.5.4.5.	Relieve volcánico colinado alto (Rv10)	48
3.5.4.6.	Superficie volcánica ondulada (RvSo)	48
3.5.5.	Estructural	49
3.5.5.1.	Superficie de cuesta (Ei1)	49
3.5.5.2.	Vertiente de cuesta (Ei4)	49
3.5.5.3.	Superficie de chevron (Ei5)	49
3.5.5.4.	Barra o cresta estructural (Esv)	50
3.5.5.5.	Superficies y planos estructurales originados en capas plegadas (Epl)	50
3.5.5.6.	Restos de superficie estructural (Esr)	50
3.5.6.	Tectónico-erosivo	51
3.5.6.1.	Relieve colinado medio (Rt4)	51
3.5.6.2.	Relieve colinado alto (Rt5)	51
3.5.6.3.	Relieve colinado muy alto (Rt6)	51
3.5.7.	Poligénicas	51
3.5.7.1.	Coluvio-aluvial antiguo (Coa2)	51
3.5.7.2.	Superficie inclinada disectada (Si3)	52
3.5.7.3.	Superficie alta disectada (Sa2)	52
3.5.7.4.	Interfluvio de cimas redondeadas (Ar1)	53
3.5.7.5.	Interfluvio de cimas estrechas (Ar2)	53
<b>IV.</b>	<b>RESUMEN Y CONCLUSIONES</b>	<b>54</b>
<b>V.</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>57</b>
5.1.	Referencias generales	57
5.2.	Bibliografía citada	58
<b>ANEXO I. MODELO DE FICHA DE CAMPO</b>		
<b>ANEXO II. CÓDIGOS DE FICHAS DE CAMPO LEVANTADAS EN EL CANTÓN</b>		
<b>ANEXO III. GLOSARIO DE GEOFORMAS</b>		
<b>ANEXO IV. ATRIBUTOS DE LAS GEOFORMAS</b>		

## 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 Gualaceo .....	16
<b>Cuadro 3.1.</b> Región y dominios fisiográficos presentes en el cantón Gualaceo .....	19
<b>Cuadro 3.2.</b> Contextos morfológicos presentes en el cantón Gualaceo.....	21
<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 .....	30

## 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 Gualaceo .....	15
<b>Figura 3.1.</b> Localización de recorridos y fichas de campo del cantón Gualaceo .....	17
<b>Figura 3.2.</b> Distribución geográfica de los diferentes dominios fisiográficos presentes en el cantón Gualaceo .....	18

## LISTA DE FOTOS

---

<b>Fotos 1 y 2.</b> Barranco (izquierda) desarrollado sobre esquistos de la Unidad Alao-Paute (macizo rocoso, derecha). Sector quebrada Raruncay .....	33
<b>Foto 3.</b> Depósito superficial de cono de deyección disectado. Sector quebrada de Nallig .....	34
<b>Fotos 4 y 5.</b> Vertiente rectilínea y detalle del macizo rocoso (aglomerado riolítico de la Unidad Alao-Paute). Sector Cerro Tica.....	35
<b>Foto 6.</b> Vertiente rectilínea con fuerte disección sobre rocas metamórficas (Unidad Alao-Paute). Sector Cerro Tapacruz .....	36
<b>Foto 7.</b> Macizo rocoso (Formación Tarqui) de vertiente abrupta. Sector quebrada Osera .....	37
<b>Foto 8.</b> Vertiente abrupta con fuerte disección sobre la Formación Tarqui. Sector Loma Tierras Blanca .....	38
<b>Fotos 9 y 10.</b> Vertiente heterogénea. Vista general y detalle del macizo rocoso en tobas de la Formación Tarqui. Sector Loma Putcay.....	39
<b>Foto 11.</b> Vertiente heterogénea con fuerte disección sobre rocas de la Unidad Alao-Paute. Sector Loma Tallarrumi .....	40
<b>Fotos 12 y 13.</b> Macrocoluvión. Vista general y detalle del depósito superficial. Sector Loma Tanrrumi .....	42
<b>Foto 14.</b> Macizo rocoso (rocas metamórficas indiferenciadas, esquistos grafitosos) de circo glaciar. Sector río Culebrillas.....	43
<b>Foto 15.</b> Fondo de valle glaciar. Sector río Culebrillas.....	44
<b>Fotos 16 y 17.</b> Vertiente de valle glaciar y detalle del macizo rocoso (esquistos). Sector río Culebrillas. Sector río Culebrillas .....	44
<b>Foto 18.</b> Llanura de depósitos volcánicos (Vc13) y su correspondiente Vertiente de Llanura de depósitos volcánicos (Vc14), sobre la Formación Tablas de Gualaceo. Sector Tocteloma .....	47
<b>Foto 19.</b> Relieve volcánico colinado alto sobre Formación Tarqui. Sector Loma Bayshún .....	48
<b>Foto 20.</b> Coluvio-aluvial antiguo. Sector río Chuilla .....	52

## 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 *ráster*, 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	Co12
	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.

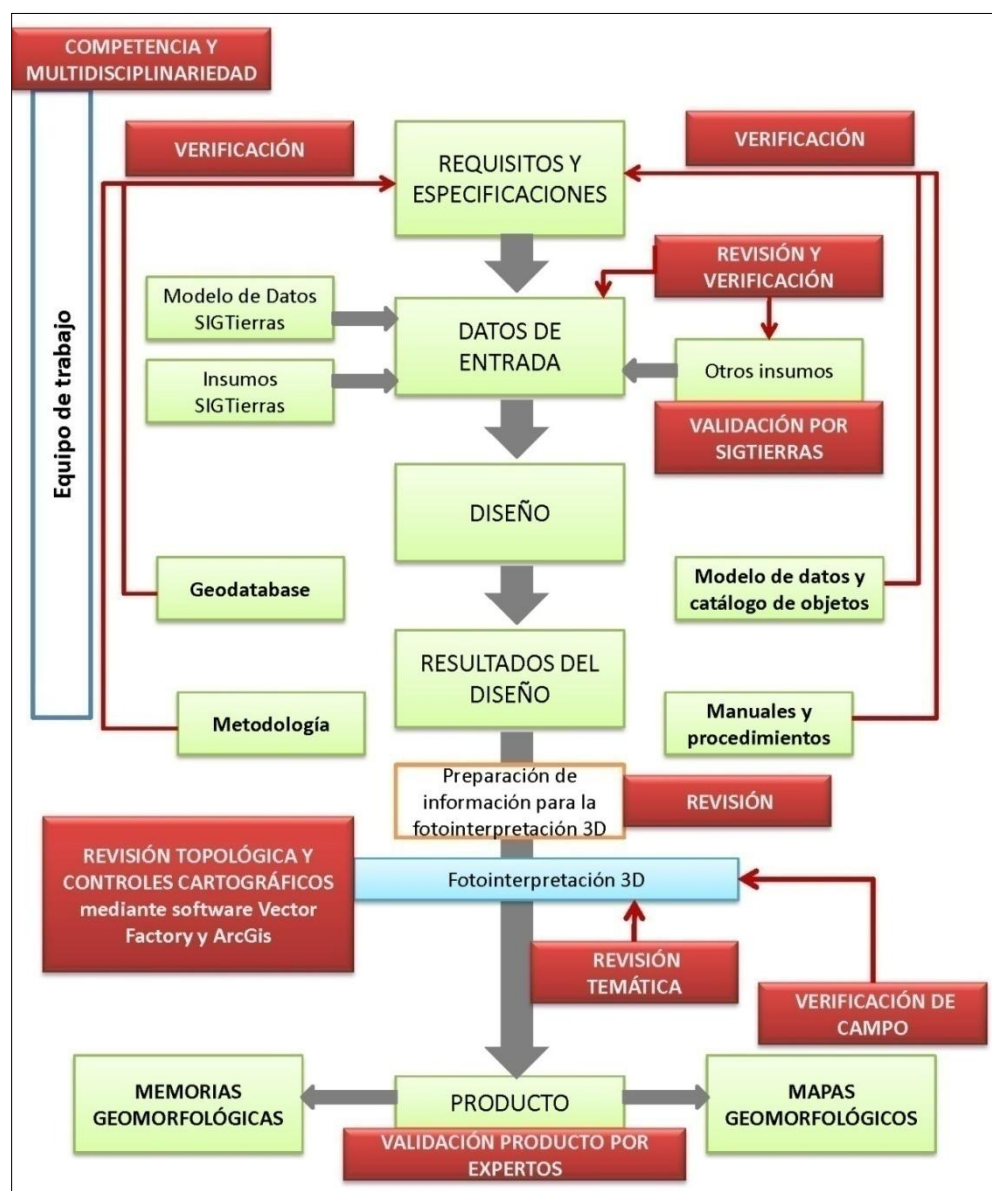
El término "formación" está utilizado en sentido amplio e incluye tanto a rocas del sustrato ("*bedrock*", en terminología anglosajona) como a formaciones o depósitos superficiales, habitualmente del Cuaternario. En el Anexo IV (epígrafe 3, Atributos geológicos: formación geológica y litología) se explica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

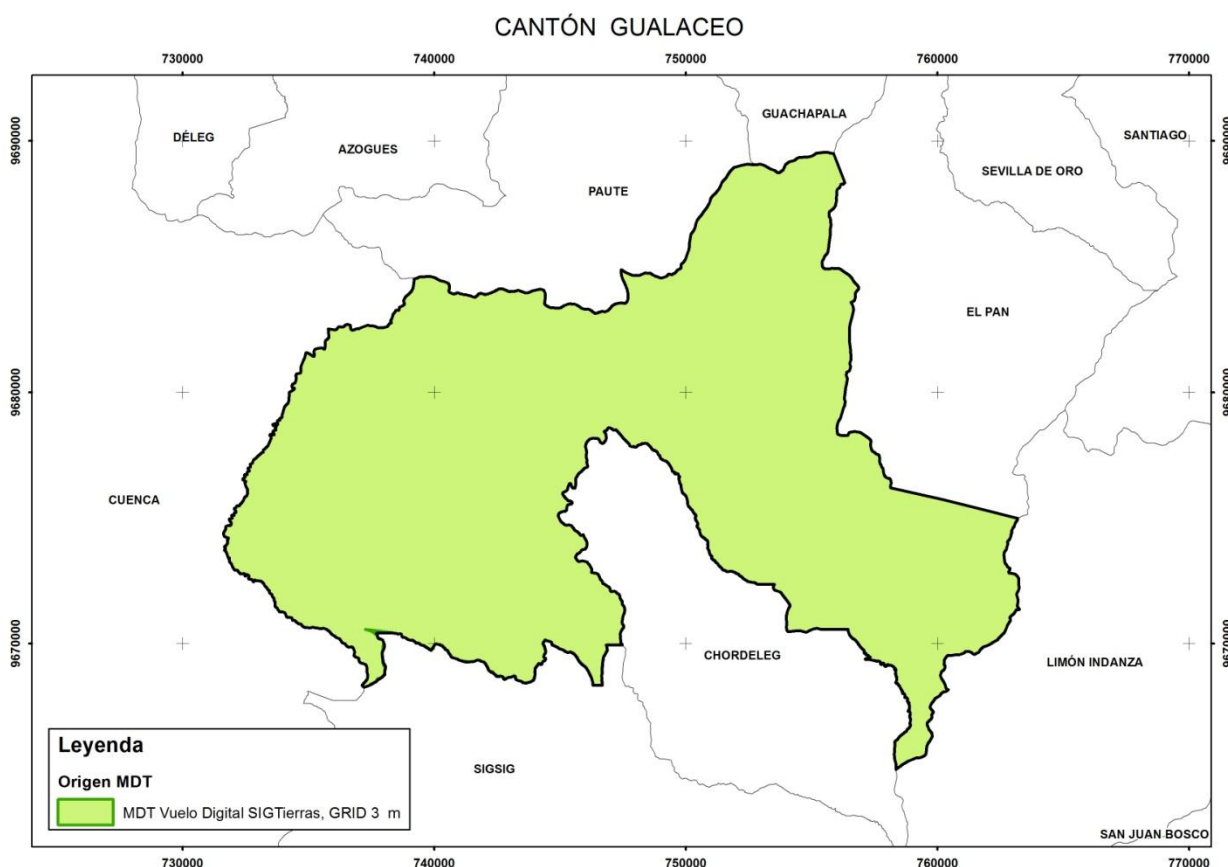
Estos hitos son los siguientes:

- 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 Gualaceo 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 Gualaceo.



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), 1980. Hoja Geológica: Azogues (Hoja 73), 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 Gualaceo.

<b>Código</b>	<b>Cartas Topográficas</b>
ÑV_E2	Guachapala
ÑV_E3	Gualaceo
ÑV_E4	Mariano Moreno
ÑVI_A1	Sigsig
ÑVI_A2	San Juan Bosco

Fuente: IGM (Instituto Geográfico Militar)

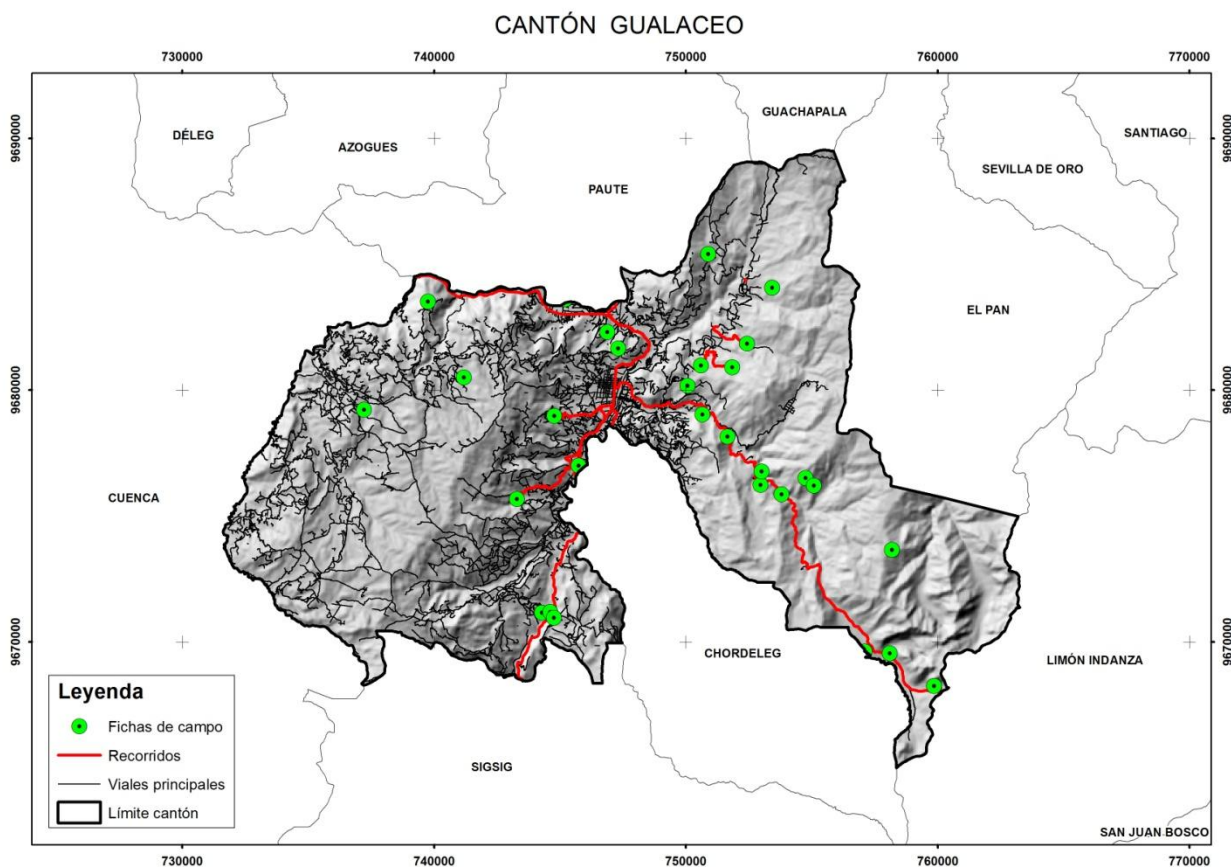
### III. RESULTADOS

#### 3.1. Levantamiento de información

La comprobación de campo del cantón Gualaceo se realizó en el día 8 de abril y en los días 22, 23 y 24 de mayo de 2014, con varios recorridos previamente establecidos por todo el cantón. Finalmente se levantaron 28 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 Gualaceo.



Fuente: CTN

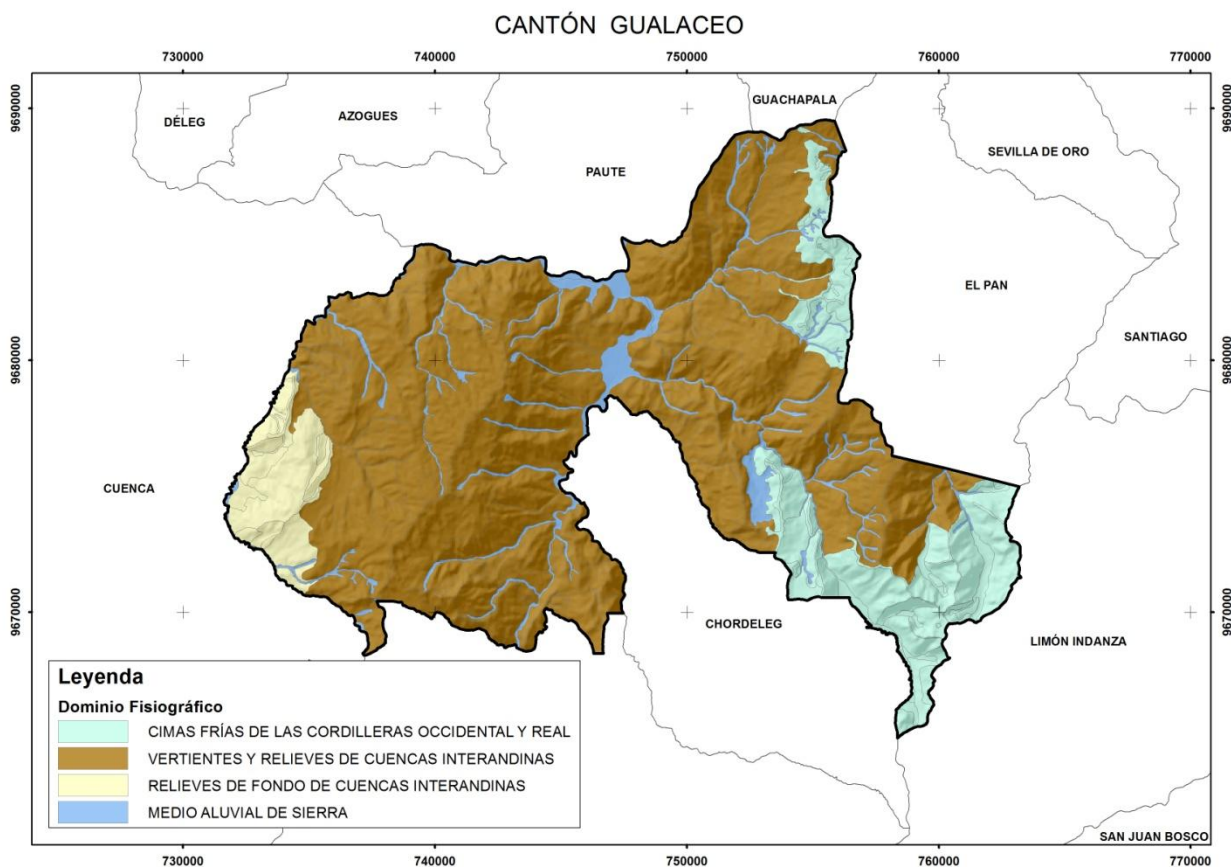
La definición y características de las diferentes Regiones, Dominios Fisiográficos y Contextos Morfológicos, que se explican los siguientes apartados 3.2 y 3.3, están basadas en Winckell (1997).

### 3.2. Regiones y Dominios Fisiográficos

Territorialmente el cantón Gualaceo tiene 354 km<sup>2</sup> aproximadamente, de los cuales el presente estudio geomorfológico contempla el 100% de su superficie. 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 Gualaceo.



Fuente: CTN

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

REGIÓN	DOMINIO FISIOGRÁFICO	Superficie	Porcentaje
SIERRA	Cimas frías de las Cordilleras Occidental y Real	51 km <sup>2</sup>	14,4%
	Vertientes y relieves de Cuencas Interandinas	259 km <sup>2</sup>	73,1%
	Relieves de fondo de Cuencas Interandinas	19 km <sup>2</sup>	5,5%
	Medio aluvial de Sierra	25 km <sup>2</sup>	7,0%

Fuente: CTN

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

Las Cimas frías de las Cordilleras Occidental y Real aparecen con una notable fragmentación geográfica, desde la frontera colombiana hasta el sur de Amaluza, en la frontera peruana. Las tierras más frías dibujan dos franjas 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.

El cantón Gualaceo, el dominio de las Cimas Frías está representado ampliamente en algunos sectores al este. Es abundante en el apéndice sureste del cantón, donde ocupa relieves de altitud considerable. Allí se pueden encontrar múltiples formas de origen glaciar. Otros puntos donde este dominio tiene representación son el sector de Loma Pelada-Cerro Ventanas, al noreste, y las inmediaciones de Loma Guincal, al sureste, donde predominan los paisajes de páramo. En conjunto, la extensión del dominio fisiográfico de las *Cimas Frías* es de 51 km<sup>2</sup>, lo que supone el 14% del territorio del cantón.

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

Incluido dentro del estrecho corredor interandino, este dominio, fragmentado y discontinuo, incluye a las zonas más elevadas de dicho pasillo o depresión. Los relieves superiores del mismo llegan a contactar con el dominio de Cimas frías, en 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 es el más importante del cantón, con unos 259 km<sup>2</sup>. Ocupa casi tres cuartos de la superficie del área de estudio, y forma relieves dominados por grandes vertientes de pendientes moderadas a fuertes.

### 3.2.3. Dominio Fisiográfico Relieves de fondo de Cuencas Interandinas

Este dominio se opone muy claramente al otro -Vertientes y relieves de Cuencas Interandinas- con el que conforma el conjunto del corredor interandino. Los Relieves de fondo de Cuencas Interandinas suelen mostrarse esencialmente como zonas entre horizontales y suavemente inclinadas, con un modelado superficial monótono, de plano a ligeramente ondulado. El origen de este dominio, netamente estructural, condiciona que la altitud a la que se sitúan dependa tanto de la amplitud del hundimiento tectónico como del espesor del posterior relleno de depósitos (lacustres, fluviales y volcánicos, principalmente).

Este dominio abarca unos 19 km<sup>2</sup> del área de estudio, y se localiza en el extremo occidental del cantón. Aunque esta zona - de pendientes algo elevadas- no posee completamente las características típicas del dominio fisiográfico en cuestión, se han asignado a éste por estar en buena parte constituido por unidades estructurales, cuya litología corresponde a los materiales detríticos de relleno de la cuenca de Cuenca.

### 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, esencialmente) 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 Gualaceo, este dominio está representado principalmente en los sistemas fluviales de los ríos Gualaceo y Paute, así como gran parte de la red de barrancos y quebradas que desembocan en ellos.

### 3.3. Contextos Morfológicos

Los contextos morfológicos presentes en el área de estudio, dentro del cantón Gualaceo 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 Gualaceo.

REGIÓN	DOMINIO FISIOGRAFICO	CONTEXTO MORFOLÓGICO
SIERRA	Cimas frías de las Cordilleras Occidental y Real	Paisajes glaciares
		Paisajes de páramo con modelado periglacial y huellas glaciares poco marcadas
	Vertientes y relieves de Cuencas Interandinas	Vertientes y relieves superiores de las cuencas interandinas, sin cobertura piroclástica (Sierras Central y Meridional)
		Vertientes y relieves inferiores de las cuencas interandinas, sin cobertura piroclástica. Sierra Sur
	Relieves de fondo de Cuencas Interandinas	Relieves de fondo de cuencas interandinas sin cobertura piroclástica
	Medio aluvial de Sierra	Medio aluvial de Sierra

Fuente: CTN

#### 3.3.1. 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 periglacialismo 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 muchos sectores estos paisajes presentan una cobertura de proyecciones piroclásticas recientes. Estas cenizas han fosilizado los modelados glaciares preexistentes, de manera que variaciones topográficas originales han quedado

suavizadas. La potencia de esta cobertera de cenizas disminuye progresivamente hacia el sur, hasta desaparecer por completo en la región meridional de la cordillera.

En el cantón Gualaceo, este contexto se ubica sobre un grupo de relieves que hay en el extremo suroriental, con alturas que oscilan entre los 3.200 y 3.700 msnm y una superficie de alrededor de 32 Km<sup>2</sup>. La litología que se observa en este contexto corresponde a rocas metamórficas, sin asignar a una formación en concreto.

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

Los paisajes de este contexto se caracterizan por cimas suavemente onduladas y rebajadas, normalmente con cumbres e interfluvios anchos y redondeados, de los que emergen localmente salientes rocosos; sus vertientes muestran pendientes moderadas y enlazan suavemente con hondonadas de carácter pantanoso. Guarda ciertos aspectos que se asemejan con los paisajes glaciares (valles ensanchados, acumulaciones morrénicas, circos y nichos de paredes suavizadas) y otros rasgos de carácter volcánico, junto con las marcas de una posterior acción fluvial: erosión lineal por encajamiento de la red fluvial y captura de algunas de las depresiones pantanosas. En los bordes de algunos conjuntos glaciares, así como en las cumbres de las vertientes amazónicas, este contexto se muestra esencialmente como un conjunto de afloramientos rocosos, a veces con formas de crestas y cuchillas, con laderas cubiertas de conos y taludes de derrubios.

La cota superior de este contexto coincide con el límite inferior de los *Paisajes glaciares*, mientras que su límite inferior presenta variaciones notables: se puede encontrar a 3.200, a 3.000, o incluso ligeramente por debajo de los 2.800 msnm.

En el cantón, el contexto abarca aproximadamente 19 km<sup>2</sup> de superficie total. Se ubica hacia el este del área de estudio, en dos sectores principalmente: Loma Pelada-Cerro Ventanas, al noreste, y las inmediaciones de Loma Guincal, al sureste. En Loma Pelada y Cerro Ventanas el relieve es suave, y esta sobreelevado formando una especie de meseta, con una cota inferior situada a unos 3.200 msnm. En Loma Guincal, por el contrario, el paisaje es más accidentado, con frecuentes superficies rocosas y acumulaciones de bloques, y una cota inferior algo más baja, en torno a 3.000 msnm aproximadamente. Las litologías más importantes están representadas por rocas metamórficas indiferenciadas, Unidad Alao-Paute (secuencia de rocas volcánicas débilmente metamorfizadas y metapelitas) y Formación Tarqui (tobas y aglomerados volcánicos andesíticos-riolíticos), en proporciones similares.

### 3.3.3. Vertientes y relieves superiores de las cuencas interandinas, sin cobertura piroclástica (Sierras Central y Meridional)

Da lugar al conjunto más elevado que se puede diferenciar en el dominio de las cuencas interandinas. En el entorno de Gualaceo, las máximas altitudes del contexto superan con frecuencia los 3.200 msnm, con límites inferiores que, aunque son muy variables según las diferentes zonas, aquí descienden hasta unos 2.400 msnm. Los modelados dominantes originan grandes vertientes, con grado de disección variable y, en general, fuertes pendientes.

La litología juega un papel importante en el modelado de la región. La gran predominancia de las rocas volcánicas de la Formación Tarqui dan lugar, en general, a modelados de relieves con cimas redondeadas subiguales, pendientes moderadas y fuertes incisiones, con desniveles relativos importantes. Existen también importantes afloramientos de rocas metamórficas, que originan vertientes homogéneamente disectadas, con abruptos locales sobre los estratos más resistentes. Por otro lado, las formaciones superficiales se presentan muy meteorizadas, aunque el espesor de alteración es reducido, debido a procesos de rejuvenecimiento de las laderas.

Dentro del cantón Gualaceo, este contexto se localiza por gran parte de la superficie de estudio, ocupando la franja superior del dominio *Vertientes y relieves de las Cuencas Interandinas*, a ambos lados del valle del río Gualaceo. Ocupa en total unos 164 km<sup>2</sup>. La litología mayoritaria corresponde a la Formación Tarqui. Le siguen en importancia una secuencia de rocas metamórficas indiferenciadas, así como metapelitas y metavulcanitas pertenecientes a la Unidad Alao-Paute. Existen algunos afloramientos menores de la Formación Biblián, consistente en areniscas y arcillas rojas con yeso.

### 3.3.4. Vertientes y relieves inferiores de las cuencas interandinas, sin cobertura piroclástica. Sierra Sur

Este contexto representa la continuación, bajo condiciones climáticas más secas, de las vertientes superiores (contexto *Vertientes y relieves superiores de cuencas interandinas, sin cobertura piroclástica, Sierras Central y Meridional*), con características morfológicas similares, siendo sus principales diferencias las derivadas de los procesos morfodinámicos actuales, de carácter muy activo en algunos sectores (intenso abarrancamiento superficial, pequeños conos de deyección en la desembocadura de las incisiones, generación de conos rocosos al pie de escarpes pronunciados, etc.).

En la región actual, el contexto está representado por las fuertes incisiones del sistema fluvial del río Gualaceo, afluente del Paute. Hacia la zona de cabecera de la cuenca del Paute, el valle posee un perfil en V bastante abierto, donde se observan vertientes rectilíneas con fuertes pendientes y abruptos locales. Aguas abajo, la incisión del sistema del río Paute se acentúa, dando lugar a desniveles relativos muy importantes y a una morfología del valle más cerrada. Da lugar a vertientes de perfil rectilíneo, con fuertes pendientes. Las alteritas presentan en general muy escaso desarrollo, aunque en las vertientes inferiores de los valles son moderadamente profundas, de carácter arcilloso.

En el cantón Gualaceo, este contexto morfológico se asocia al contexto anterior aunque, de manera complementaria, éste ocupa las partes bajas del dominio *Vertientes y relieves de las Cuencas Interandinas*, formando una franja en torno los ríos Gualaceo y Paute. Su superficie es de unos 95 km<sup>2</sup>. Las formaciones geológicas más importantes están encabezadas por la Unidad Alao-Paute, con prácticamente la mitad de la superficie total del contexto. La Formación Tarqui también está presente de forma generalizada, con una superficie que ronda el 30% del total. Existen algunos afloramientos de cierta relevancia de la serie volcano-sedimentaria de la Formación Tablas de Gualaceo y volcánicos de Llaço, de edad cuaternaria. El resto de la superficie se reparte entre diversos tipos de depósitos superficiales (coluviones, deslizamientos, coluvio-aluviales, etc...) y formaciones geológicas de escasa importancia.

### 3.3.5. Relieves de fondo de cuencas interandinas sin cobertura piroclástica

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

En el primero de estos emplazamientos, la terminación de los valles de los ríos Jubones y León, se extiende una zona de vertientes de fuerte inclinación con abundantes síntomas y evidencias de inestabilidad de laderas y otra de grandes vertientes rectilíneas a menor altura. Los relieves monoclinales de la cuenca de Cuenca, con eje submeridiano, afectan a sedimentos terciarios y generan un marcado modelado estructural. Los relieves más suaves de las cuencas de Cañar y Cuenca, con rellanos escalonados, dan lugar a extensas superficies, onduladas o suavemente disectadas. Los relieves en capas superpuestas de baja inclinación dan lugar a relieves en graderío y otras formas estructurales de suave buzamiento en la cuenca de Cuenca y en la Nabón-Las Nieves.

Ya en el entorno inmediato del área de estudio, por el borde oriental de la cuenca de Cuenca, aparecen relieves de pendientes y desnivel relativo moderados, con claras características estructurales. Están formados por los miembros inferiores del relleno detrítico de la cuenca -Formación Biblián- expuestos en el borde de la misma por la erosión posterior. Se localizan en el extremo occidental del cantón Gualaceo, con 19 km<sup>2</sup> en total. La litología más abundante corresponde, de acuerdo a lo expuesto anteriormente, a la serie detrítica miocena de la Formación Biblián. También se han descrito afloramientos de rocas cretácicas de la Formación Yunguilla (limolitas, areniscas y calizas), aunque poco importantes.

### 3.3.6. 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.)
Paisajes glaciares	LADERAS	Vertiente abrupta	<1
		Vertiente rocosa	<1
	GLACIAR Y PERIGLACIAR	Circo glaciar	4
		Fondo de valle glaciar	2
		Vertiente de valle glaciar	19
		Valle glaciar colgado	2
		Rocas aborregadas	<1
		Laguna glaciar	<1
		Morrena lateral	<1
		Morrena frontal, arco morrénico	<1
		Morrenas	<1
	POLIGÉNICAS	Superficie inclinada disectada	1
		Interfluvio de cimas redondeadas	<1
		Interfluvio de cimas estrechas	1
Paisajes de páramo con modelado periglacial y huellas glaciares poco marcadas	FLUVIAL	Barranco	<1
	LADERAS	Vertiente rectilínea	<1
		Vertiente rectilínea con fuerte disección	4
		Vertiente abrupta	1
		Vertiente heterogénea	5
		Vertiente heterogénea con fuerte disección	2
	GLACIAR Y PERIGLACIAR	Hondonadas pantanosas de origen glaciar-periglacial	<1
	VOLCÁNICO	Superficie volcánica ondulada	4
	POLIGÉNICAS	Coluvio-aluvial antiguo	<1
		Superficie alta disectada	1
		Interfluvio de cimas redondeadas	<1
Interfluvio de cimas estrechas		<1	

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

CONTEXTO MORFOLÓGICO	GRUPO GENÉTICO	GEOFORMA	km <sup>2</sup> (aprox.)
Vertientes y relieves superiores de las cuencas interandinas, sin cobertura piroclástica (Sierras Central y Meridional)	FLUVIAL	Valle indiferenciado	2
		Barranco	2
	LADERAS	Vertiente rectilínea	14
		Vertiente rectilínea con fuerte disección	36
		Vertiente rectilínea con abruptos	<1
		Vertiente abrupta con fuerte disección	1
		Vertiente heterogénea	45
		Vertiente rocosa	<1
		Vertiente heterogénea con fuerte disección	13
		Escarpe de deslizamiento	<1
		Coluvión reciente	<1
		Coluvión antiguo	3
		Macrocoluvión	4
		Depósitos de deslizamiento, masa deslizada	1
	GLACIAR Y PERIGLACIAR	Vertiente de valle glaciar	1
	VOLCÁNICO	Relieve volcánico colinado medio	<1
		Relieve volcánico colinado alto	25
		Superficie volcánica ondulada	1
	ESTRUCTURAL	Superficie de chevron	2
		Restos de superficie estructural	<1
	TECTÓNICO-EROSIVO	Relieve colinado alto	<1
		Relieve colinado muy alto	4
	POLIGÉNICAS	Coluvio-aluvial antiguo	<1
Interfluvio de cimas redondeadas		4	
Interfluvio de cimas estrechas		<1	

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

CONTEXTO MORFOLÓGICO	GRUPO GENÉTICO	GEOFORMA	km <sup>2</sup> (aprox.)
Vertientes y relieves inferiores de las cuencas interandinas, sin cobertura piroclástica. Sierra Sur	FLUVIAL	Barranco	1
		Superficie de cono de deyección	<1
		Superficie de cono de deyección disectado	<1
	LADERAS	Vertiente rectilínea	9
		Vertiente rectilínea con fuerte disección	14
		Vertiente rectilínea con abruptos	1
		Vertiente abrupta con fuerte disección	5
		Vertiente heterogénea	4
		Vertiente heterogénea con fuerte disección	41
		Escarpe de deslizamiento	<1
		Coluvión reciente	2
		Coluvión antiguo	2
		Macrocoluvión	3
		Depósitos de deslizamiento, masa deslizada	1
	VOLCÁNICO	Llanura de depósitos volcánicos	1
		Vertiente de llanura de depósitos volcánicos	3
		Relieve volcánico colinado bajo	<1
		Relieve volcánico colinado medio	<1
	TECTÓNICO-EROSIVO	Relieve colinado medio	<1
	POLIGÉNICAS	Coluvio-aluvial antiguo	1
Interfluvio de cimas redondeadas		<1	
Relieves de fondo de cuencas interandinas sin cobertura piroclástica	FLUVIAL	Barranco	<1
	LADERAS	Vertiente rectilínea	1
		Vertiente rectilínea con fuerte disección	2
		Vertiente heterogénea	6
		Coluvión antiguo	<1
	ESTRUCTURAL	Superficie de cuesta	<1
		Vertiente de cuesta	1
		Superficie de chevron	8
		Barra o cresta estructural	<1
		Superficies y planos estructurales originados en capas plegadas	<1
	POLIGÉNICAS	Coluvio-aluvial antiguo	<1
Interfluvio de cimas redondeadas		<1	

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

<b>CONTEXTO MORFOLÓGICO</b>	<b>GRUPO GENÉTICO</b>	<b>GEOFORMA</b>	<b>km<sup>2</sup> (aprox.)</b>
Medio aluvial de Sierra	FLUVIAL	Valle fluvial, llanura de inundación	6
		Valle indiferenciado	2
		Barranco	7
		Terrazas indiferenciadas	<1
	LADERAS	Coluvión antiguo	<1
	POLIGÉNICAS	Coluvio-aluvial antiguo	8

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 (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	16
Depósitos coluvio aluviales	Q <sub>dca</sub>	Cuaternario	Limo-arcillas, arenas, gravas y bloques	9
Depósitos aluviales	Q <sub>da</sub>	Cuaternario	Arenas, limos, arcillas y conglomerados	6
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	<1
Depósitos aluviales consolidados	Q <sub>da9</sub>	Cuaternario	Arenas y limo-arcillas en proporciones variables, con gravas y bloques de subangulosos a redondeados, a veces imbricados; conjunto consolidado	4
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	5
Depósitos superficiales	Q <sub>dsi</sub>	Cuaternario	Depósitos superficiales indiferenciados	<1

**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>
Tablas de Gualaceo y volcánicos de Llacao	Q <sub>VGL</sub>	Cuaternario	Aglomerado volcánico con matriz de vidrio blanco (Llacao) y secuencia volcano-sedimentaria bien estratificada con predominio de tobas (Gualaceo)	7
Formación Tarqui	Mio <sub>Tq</sub>	Mioceno	Tobas y aglomerados (dacíticos, riolíticos y andesíticos) caolinizados, con bajo porcentaje de lava	142
Formación Biblián	Mio <sub>Bi</sub>	Mioceno	Arcillas arenosas, a menudo rojizas y con presencia de yeso, y areniscas tobáceas gruesas	20
Formación Yunguilla	K <sub>Yg</sub>	Cretácico	Limolitas masivas gris oscuras y areniscas cuarzo-feldespáticas; calizas, grauvacas y areniscas tobáceas	4
Unidad Alao Paute	J <sub>AP</sub>	Jurásico	Metavulcanitas con débil metamorfismo, lavas masivas y filitas verdes, esquistos verdes, cuarcitas y mármoles	73
Rocas metamórficas	ME	Paleozoico	Rocas metamórficas indiferenciadas	64

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, Mio=Mioceno, K=Cretácico, J=Jurásico, 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" (Tq=Tarqui, Bi=Biblián, Yg=Yunguilla, AP=Alao Paute, 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)

Esta geoforma se presenta asociada a los ríos Gualaceo y Paute, los más importantes de la región. El primero recorre el cantón de sur a norte por su parte central, mientras que el río Paute discurre por el límite norte del mismo. Aparece en el contexto morfológico *Medio aluvial de Sierra*, y suma un área total de 6 km<sup>2</sup>. Presentan pendientes muy suaves (de 2 a 5%) y formas de valle planas, recorridos por canales de tendencia meandriforme.

Los terrenos ocupados por estas geoformas se inundan, parcial o totalmente, durante épocas de crecidas. Sus depósitos se caracterizan por una granulometría muy diversa y con marcadas variaciones laterales y verticales de facies, dispuestos en franjas adyacentes al canal fluvial. En las cercanías de Loma Tanrrumi, al sur del cantón, se pudo determinar una composición del material aluvial del río Gualaceo rica en bloques redondeados, con un porcentaje de arena algo menor y una escasa proporción de limos. Esta composición es propia de un medio sedimentario de energía relativamente alta, como es el curso alto de un río como el actual.

##### 3.5.1.2. Valle indiferenciado (F3)

Esta geoforma se ubica principalmente asociada a unos tributarios del río San Francisco, el este del cantón. Se trata de pequeños valles de fondo plano, con ausencia de dinámica fluvial permanente. Juntos ocupan un área de 4 km<sup>2</sup> aproximadamente, dentro del contexto morfológico *Medio aluvial de Sierra*.

Presentan pendientes suaves (de 5 a 12%) y forma de valle plana, y están recorridos por una red de drenaje de carácter dendrítico.

##### 3.5.1.3. Barranco (E2)

Esta geoforma se encuentra ampliamente distribuida por el cantón. Son formas de incisión fluvial, con pendientes transversales fuertes (de 40 a 70%), formas de valle en V y ausencia generalizada de suelos. La superficie conjunta de estas unidades suma unos 11 km<sup>2</sup>, repartidos por todos los contextos morfológicos del cantón a excepción de *Paisajes glaciares*.

Los barrancos se desarrollan principalmente sobre la Formación Tarqui y, con una superficie ligeramente menor, sobre rocas metamórficas indiferenciadas. Curiosamente, la extensión total de la Formación Tarqui es más de dos veces superior a la de las rocas metamórficas, lo que indica que en realidad, la génesis de barrancos se da con mayor preferencia sobre esta última. Las razones para ello

podrían ser de tipo estructural, pues la Formación Tarqui -a pesar de tener cierta resistencia a la erosión- tiene una estructura tabular subhorizontal o poco inclinada, la cual puede dificultar la formación de los relieves de alta pendiente donde se suelen generar los barrancos.



**Fotos 1 y 2.** Barranco (izquierda) desarrollado sobre esquistos de la Unidad Alao-Paute (macizo rocoso, derecha). Sector quebrada Raruncay. 08/04/2014.

#### 3.5.1.4. Terrazas indiferenciadas (Ti)

En algunas terrazas, no ha podido diferenciarse su posición relativa respecto al modelo general de terrazas (media, alta, colgada) de un determinado sistema fluvial, quedando muy dudosa su adscripción a alguna de ellas. En estos casos, a estos rellanos de origen fluvial se les ha considerado bajo la denominación de terrazas indiferenciadas. Dentro del cantón se ha podido localizar una de estas terrazas en la zona de confluencia de los ríos Paute y Gualaceo, cerca del límite septentrional del área de estudio. Presenta una superficie modesta, de sólo 78 ha.

Se localiza en el contexto morfológico *Medio aluvial de Sierra* y se caracteriza por presentar pendientes suaves (5 a 12%). Está compuesta por depósitos aluviales (conglomerados, limo arenoso, arcilla limosa).

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

Esta geoforma se corresponde con la superficie y vertiente -no separable esta última por su reducido tamaño- de pequeños abanicos aluviales procedentes de los relieves circundantes. La única geoforma de este tipo localizada dentro del cantón actual se ubica en la margen derecha del río Gualaceo, unas pocas decenas de metros al sur de la localidad que le da nombre. Este cono de deyección es de pequeño tamaño -a escala de cartografía- con unas 36 ha de superficie total. Aparece en el contexto morfológico *Vertientes y relieves inferiores de las cuencas interandinas, sin cobertura piroclástica (Sierra Sur)*, y está formado por depósitos aluviales de cono de deyección, que constan de limo-arcillas y arenas, así como gravas y bloques en proporciones variables.

Se caracterizan por presentar pendientes suaves (de 5 a 12%), un desnivel relativo de 50 a 100 metros y vertientes muy largas (más de 500 metros), con formas cóncavas.

### 3.5.1.6. Superficie de cono de deyección disectado (Cd3)

Son un caso concreto de la geoforma anterior, en las cuales se observa una mayor disección sobre la superficie del cuerpo sedimentario. Se ha identificado un solo cono de este tipo, y aparece muy cerca del anterior, a escasos 2 km al suroeste. Posee una superficie de unas 44 ha, y se ha incluido en el contexto morfológico *Vertientes y relieves inferiores de las cuencas interandinas, sin cobertura piroclástica (Sierra Sur)*.

Presenta pendientes medias, un desnivel relativo -de las disecciones- de 15 a 25 metros con vertientes moderadamente largas (de 50 a 250 metros) y perfil rectilíneo. Litológicamente, está formado por depósitos aluviales de cono de deyección. La comprobación de campo indica una composición de sus depósitos formada por gravas, arenas y arcillas en proporciones muy similares.



**Foto 3.** Depósito superficial de cono de deyección disectado. Sector quebrada de Nallig. 08/04/2014.

### 3.5.2. Laderas

#### 3.5.2.1. Vertiente rectilínea (Lr1)

Se reparte por todo el cantón Gualaceo, aunque presenta una abundancia ligeramente mayor en la mitad oriental del mismo. En total, suma unos 25 km<sup>2</sup> de extensión, pudiendo observarse en los contextos morfológicos siguientes: i) *Paisajes de páramo con modelado periglacial y huellas glaciares poco marcadas*; ii) *Vertientes y relieves superiores de las cuencas interandinas, sin cobertura piroclástica (Sierras Central y Meridional)*; iii) *Vertientes y relieves inferiores de las cuencas interandinas, sin cobertura piroclástica (Sierra Sur)* y iv) *Relieves de fondo de cuencas interandinas sin cobertura piroclástica*. Su mayor abundancia se da, claramente, en los contextos pertenecientes al dominio de *Vertientes y relieves de cuencas interandinas*.

Las vertientes rectilíneas del cantón muestran un rango de pendientes que va desde media hasta fuerte (de 12 a 70%), si bien la mayoría de ellas están dentro del rango de 40 a 70%. Parecen existir condicionantes litológicos en la distribución de pendientes, pues si se contemplan sólo las rocas metamórficas (indiferenciadas y

Unidad Alao-Paute), se observa un gran predominio de la pendiente fuerte. Sin embargo, en los terrenos donde aflora la Formación Tarqui, las pendientes son más variadas y se distribuyen más homogéneamente a lo largo de todo el rango, dando como resultado un valor medio más bajo. Las razones para ello podrían ser similares al caso de los barrancos (E2), en la que la estructura de bajo buzamiento de la Formación Tarqui influye en la pendiente de los relieves, algo inferior a la de los terrenos metamórficos.

El desnivel relativo está comprendido entre 50 y más de 300 metros, aunque en la mayoría de los casos aparece en el rango de 100 a 300 metros. La longitud de la vertiente oscila entre larga y muy larga, con perfil rectilíneo. Las litologías más abundantes corresponden, en primer lugar, a la Unidad Alao-Paute, seguida de la Formación Tarqui. Existen afloramientos de rocas metamórficas indiferenciadas, aunque son menos importantes que las anteriores.



**Fotos 4 y 5.** Vertiente rectilínea y detalle del macizo rocoso (aglomerado riolítico de la Unidad Alao-Paute). Sector Cerro Tica. 22/05/2014.

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

Este tipo de laderas, de perfil longitudinal rectilíneo, presentan una intensa disección, conservando una pendiente de cierta uniformidad a lo largo de las mismas. Aunque la geoforma se distribuye por la mayor parte del territorio del cantón, es mucho más abundante en la mitad oriental. La superficie total de esta unidad es de 55 km<sup>2</sup>, distribuidos en los mismos contextos morfológicos que la anterior: i) *Paisajes de páramo con modelado periglacial y huellas glaciares poco marcadas*; ii) *Vertientes y relieves superiores de las cuencas interandinas, sin cobertura piroclástica (Sierras Central y Meridional)*; iii) *Vertientes y relieves inferiores de las cuencas interandinas, sin cobertura piroclástica (Sierra Sur)* y iv) *Relieves de fondo de cuencas interandinas sin cobertura piroclástica*. Al igual que en las vertientes rectilíneas (Lr1), la mayor abundancia tiene lugar en los contextos de *Vertientes y relieves de cuencas interandinas*, especialmente en *Vertientes y relieves superiores de las cuencas interandinas, sin cobertura piroclástica (Sierras Central y Meridional)*.

Aparecen con pendientes de medias a fuertes (de 12 a 70%), y al igual que la geoforma anterior, depende de la litología. De hecho, se comporta de la misma forma, con pendientes mayoritariamente fuertes en rocas metamórficas y de promedio más reducido en la Formación Tarqui. El desnivel relativo es superior a 300 metros en casi la mitad de los casos, si bien se pueden encontrar vertientes con 50

metros de desnivel en adelante. Las longitudes oscilan entre moderadas y muy largas, aunque en el 80% de los casos superan los 500 metros.

Las principales formaciones geológicas sobre las que se desarrollan estas geoformas corresponden a rocas metamórficas, Unidad Alao-Paute y Formación Tarqui. Aparecen en proporciones muy similares entre sí.



**Foto 6.** Vertiente rectilínea con fuerte disección sobre rocas metamórficas (Unidad Alao-Paute). Sector Cerro Tapacruz. 23/05/2014.

#### 3.5.2.3. Vertiente rectilínea con abruptos (Lr4)

Son laderas de perfil rectilíneo en las que aparecen una o más zonas de ruptura de pendiente, creando formas escalonadas por un brusco incremento de la pendiente general de la ladera. Estos incrementos de inclinación suele estar ligados a la aparición de litologías más resistentes a la erosión dentro de la misma formación geológica. Dentro del cantón, se han podido localizar adyacentes al borde suroccidental, con una superficie total de 2 km<sup>2</sup> aproximadamente. Aparecen en los contextos morfológicos *Vertientes y relieves superiores de las cuencas interandinas, sin cobertura piroclástica (Sierras Central y Meridional)* y *Vertientes y relieves inferiores de las cuencas interandinas, sin cobertura piroclástica (Sierra Sur)*.

Presentan pendientes fuertes (de 40 a 70%), desniveles relativos de 100 a 200 metros y longitudes de vertientes largas (de 250 a 500 m). En cuanto a la litología, sólo se desarrollan sobre la Formación Tarqui. Dicha formación presenta frecuentes intercalaciones de lavas y tobas, que explicarían la presencia de los abruptos observados.

#### 3.5.2.4. Vertiente abrupta (La1)

Estas vertientes, de pendientes superiores al 70%, son escasas en el cantón Gualaceo. Se encuentran en las cercanías de Loma Guincal, en el sector suroriental del área de estudio, donde ocupan una superficie conjunta de algo más de 1 km<sup>2</sup>. Se encuentran en los contextos morfológicos *Paisajes glaciares* y *Paisajes de páramo con modelado periglacial y huellas glaciares poco marcadas*.

Presentan un desnivel relativo comprendido, en general, entre 200 y 300 metros y longitudes de vertiente largas (de 250 a 500 m) con formas rectilíneas y, ocasionalmente, cóncavas. Se desarrollan principalmente sobre la Formación Tarqui, en las zonas periféricas donde se encuentra el abrupto estructural característico de esta formación, en el cual se pueden llegar a alcanzar pendientes elevadas.



**Foto 7.** Macizo rocoso (Formación Tarqui) de vertiente abrupta. Sector quebrada Osera. 22/05/2014.

#### 3.5.2.5. Vertiente abrupta con fuerte disección (La2)

Se encuentran en tres puntos principales: Loma Pucará (sector norte), Cerro Tablarrumi (sector suroriental) y alrededores de Loma Tierras Blancas (sector sur). Suman en total unos 6 km<sup>2</sup> y se incluyen en los contextos morfológicos *Vertientes y relieves superiores de las cuencas interandinas, sin cobertura piroclástica (Sierras Central y Meridional)* y *Vertientes y relieves inferiores de las cuencas interandinas, sin cobertura piroclástica (Sierra Sur)*.

Presenta pendientes muy fuertes (de 70 al 100%), desnivel relativo generalmente superior a 300 m y vertientes largas a muy largas, con formas rectilíneas. Se disponen sobre rocas metamórficas (indiferenciadas), Unidad Alao-Paute y Formación Tarqui, con una importancia algo mayor de ésta última. En el caso de la Formación Tarqui, se corresponden con el abrupto estructural de dicha formación, al igual que la geoforma anterior.



**Foto 8.** Vertiente abrupta con fuerte disección sobre la Formación Tarqui. Sector Loma Tierras Blancas. 08/04/2014.

#### 3.5.2.6. Vertiente heterogénea (Lh1)

Se trata de laderas de perfil irregular o mixto. Esta geoforma se reparte por todo el cantón Gualaceo, aunque es más abundante en la mitad occidental, de manera inversa a las vertientes rectilíneas (Lr1 y Lr2). Es una unidad muy extensa, con una superficie superior a 60 km<sup>2</sup> y aparece en cuatro de los seis contextos morfológicos del área de estudio: i) *Paisajes de páramo con modelado periglacial y huellas glaciares poco marcadas*; ii) *Vertientes y relieves superiores de las cuencas interandinas, sin cobertura piroclástica (Sierras Central y Meridional)*; iii) *Vertientes y relieves inferiores de las cuencas interandinas, sin cobertura piroclástica (Sierra Sur)*; y iv) *Relieves de fondo de cuencas interandinas sin cobertura piroclástica*. No obstante, la superficie en el contexto *Vertientes y relieves superiores de las cuencas interandinas, sin cobertura piroclástica (Sierras Central y Meridional)* es muy superior al resto.

La pendiente varía entre media y fuerte (de 12 a 70%), aunque predomina el rango situado entre el 12 y el 25%. Hay que destacar que dicho rango de pendientes (de 12 a 25%) se da casi exclusivamente en rocas de la Formación Tarqui, de manera similar al caso de las vertientes rectilíneas (y probablemente por el mismo motivo). En el resto de litologías, las pendientes son casi siempre más elevadas. El desnivel relativo mayoritario es superior a 200 metros, con vertientes de longitud muy larga y perfil generalmente irregular.

La litología más importante corresponde a las tobas y aglomerados volcánicos de la Formación Tarqui. El resto de formaciones son, comparativamente, mucho más escasas. Las más relevantes corresponden a la Unidad Alao-Paute y a la Formación Biblián (arcillas y areniscas con yeso). En todas estas formaciones existen intercalaciones de litologías de distinta resistencia, que debido al efecto que produce la erosión diferencial, forman laderas con un perfil irregularizado, propio de vertientes heterogéneas.



**Fotos 9 y 10.** Vertiente heterogénea. Vista general y detalle del macizo rocoso en tobas de la Formación Tarqui. Sector Loma Putcay. 08/04/2014.

#### 3.5.2.7. Vertiente rocosa (Lh3)

Esta geoforma es escasa dentro del territorio del cantón, con una extensión ligeramente superior a 1 km<sup>2</sup>. Se sitúa en el extremo suroriental del mismo, en los contextos morfológicos *Paisajes glaciares* y *Vertientes y relieves superiores de las cuencas interandinas, sin cobertura piroclástica (Sierras Central y Meridional)*.

Sus pendientes son medias a fuertes (de 25 a 40%). El desnivel relativo está comprendido entre 50 y 100 metros en unos casos, y es superior a 300 en otros. La longitud de vertiente es moderadamente larga (de 50 a 250 m) o muy larga (más de 500 m), de forma irregular o mixta. Aparece sobre rocas metamórficas, únicamente.

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

Aparecen en numerosos puntos del cantón, con una cierta preferencia a lo largo del eje central del mismo, en torno al río Gualaceo. En total, acumula unos 57 km<sup>2</sup> de extensión, distribuidos en tres de los seis contextos morfológicos del área de trabajo: i) *Paisajes de páramo con modelado periglacial y huellas glaciares poco marcadas*; ii) *Vertientes y relieves superiores de las cuencas interandinas, sin cobertura piroclástica (Sierras Central y Meridional)*; y iii) *Vertientes y relieves inferiores de las cuencas interandinas, sin cobertura piroclástica (Sierra Sur)*, con una mayor presencia en éste último.

Las pendientes son algo superiores, de media, a las de las vertientes heterogéneas (Lh1), desde medias a fuertes hasta fuertes (de 25 a 70%). De nuevo, aunque de manera mucho menos marcada que en casos anteriores, parece que las rocas metamórficas (Unidad Alao-Paute) tienden a acaparar las mayores pendientes, mientras que en la Formación Tarqui se son algo menores, si bien la diferencia es ahora más sutil. El desnivel relativo es superior a 100 metros, aunque en la mayoría de los casos, también supera los 300 metros. La longitud de la vertiente es muy larga, de perfil irregular y, en algunos casos, mixto.

Este tipo de vertientes se desarrolla esencialmente sobre dos formaciones geológicas, la Unidad Alao-Paute y la Formación Tarqui, en proporciones casi equivalentes. En ambas unidades se pueden encontrar contrastes litológicos suficientes para dar lugar a las irregularidades características de estas geoformas.



**Foto 11.** Vertiente heterogénea con fuerte disección sobre rocas de la Unidad Alao-Paute. Sector Loma Tallarrumi. 23/05/2014

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

En el área de cabecera de un deslizamiento suelen aparecer uno o más escarpes que indican el límite superior del mismo. Son más fácilmente reconocibles cuando los movimientos han sido recientes, aunque dependiendo de su tamaño, topografía local y tipo de materiales en los que se produce, pueden llegar a identificarse incluso escarpes de deslizamientos muy antiguos (pre-holocenos, incluso).

Se han cartografiado algunos de estos escarpes de deslizamiento, ubicados alrededor de la región central del cantón. En conjunto presentan un área modesta, de unas 85 ha, y aparecen en los contextos morfológicos *Vertientes y relieves superiores de las cuencas interandinas, sin cobertura piroclástica (Sierras Central y Meridional)* y *Vertientes y relieves inferiores de las cuencas interandinas, sin cobertura piroclástica (Sierra Sur)*.

Presentan pendientes fuertes y desniveles relativos muy variables, en función de la magnitud del deslizamiento (desde 50 hasta más de 300 metros). Por lo general, la longitud de la vertiente es moderadamente larga, de forma cóncava.

Se han desarrollado sobre rocas de la Formación Tarqui principalmente, aunque también existen ejemplos en la Unidad Alao-Paute.

#### 3.5.2.10. Coluvión reciente (Col1)

Esta geofoma de ladera, con depósitos superficiales asociados, se encuentra por lo general en las zonas inferiores de las laderas de los valles de los ríos Paute y Gualaceo, con una superficie total de 3 km<sup>2</sup> aproximadamente. Su posición es coherente con el hecho de que sean más abundantes en el contexto morfológico *Vertientes y relieves inferiores de las cuencas interandinas, sin cobertura piroclástica (Sierra Sur)*. No obstante, existe una pequeña superficie dentro de *Vertientes y*

*relieves superiores de las cuencas interandinas, sin cobertura piroclástica (Sierras Central y Meridional).*

La pendiente mayoritaria es media (de 12 a 25%), con un desnivel relativo general de 100 a 200 metros y una longitud de la vertiente superior a 500 metros, de perfil convexo. 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.

#### 3.5.2.11. Coluvión antiguo (Col2)

Esta unidad es básicamente igual a la anterior, aunque se la considera antigua por presentar, en general, un grado mayor de disección y una cobertura vegetal mejor desarrollada. Se encuentra repartida por buena parte del cantón, con preferencia en la parte inferior de los relieves. Tiene una superficie de 6 km<sup>2</sup> aproximadamente, distribuidos en forma de numerosos cuerpos de tamaño pequeño o moderado. Se encuentra en cuatro contextos morfológicos: i) *Vertientes y relieves superiores de las cuencas interandinas, sin cobertura piroclástica (Sierras Central y Meridional)*; ii) *Vertientes y relieves inferiores de las cuencas interandinas, sin cobertura piroclástica (Sierra Sur)*; iii) *Relieves de fondo de cuencas interandinas sin cobertura piroclástica*; y iv) *Medio aluvial de Sierra*, con una mayor representación en los dos primeros.

Presentan un rango de pendientes comprendido entre el 12 y el 70%, aunque predominan las medias (de 12 a 25%). El desnivel relativo es muy variable (desde 15 a más 300 metros), aunque la mayoría de coluviones están dentro de un intervalo de 50 a 200 metros. Las longitudes de la vertiente son largas a muy largas, con un perfil convexo. Litológicamente, son equivalentes al coluvión reciente (Col1).

#### 3.5.2.12. Macrocoluvión (Col3)

Genética y morfológicamente se trata de un coluvión, denominado así cuando presenta unas dimensiones mayores a 140 ha. En el territorio del cantón, se han localizado tres macrocoluviones al pie de los relieves que aparecen en la mitad occidental del área de estudio. En conjunto suman 7 km<sup>2</sup> aproximadamente, y aparecen en los contextos morfológicos *Vertientes y relieves superiores de las cuencas interandinas, sin cobertura piroclástica (Sierras Central y Meridional)* y *Vertientes y relieves inferiores de las cuencas interandinas, sin cobertura piroclástica (Sierra Sur)*.

Presenta pendientes medias (de 12 a 25%), desniveles relativos de 200 a más de 300 metros, vertientes de longitud muy larga (más de 500 m) y forma de vertiente de tipo convexo. La comprobación de campo de un macrocoluvión situado en Loma Tanrrumi (sector meridional) reveló una composición principalmente arcillosa, con una proporción menor de arenas y bloques angulosos.



**Fotos 12 y 13.** Macrocoluvión. Vista general y detalle del depósito superficial. Sector Loma Tanrumi. 08/04/2014.

### 3.5.2.13. 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). Estos escarpes no siempre son cartografiables, debido a su pequeño tamaño o a que han sido degradados por la erosión.

Estos depósitos se sitúan de forma dispersa a lo largo del cantón, con una superficie total de 3 km<sup>2</sup> aproximadamente. Aparecen en los contextos morfológicos *Vertientes y relieves superiores de las cuencas interandinas, sin cobertura piroclástica (Sierras Central y Meridional)* y *Vertientes y relieves inferiores de las cuencas interandinas, sin cobertura piroclástica (Sierra Sur)*.

Las pendientes de estos depósitos están comprendidas entre medias y fuertes (de 12 a 70%), con desniveles mayoritariamente comprendidos entre 50 y 200 metros. Las longitudes de las vertientes son mayores a 500 metros en casi todos los casos, con un perfil de ladera convexo, por lo general.

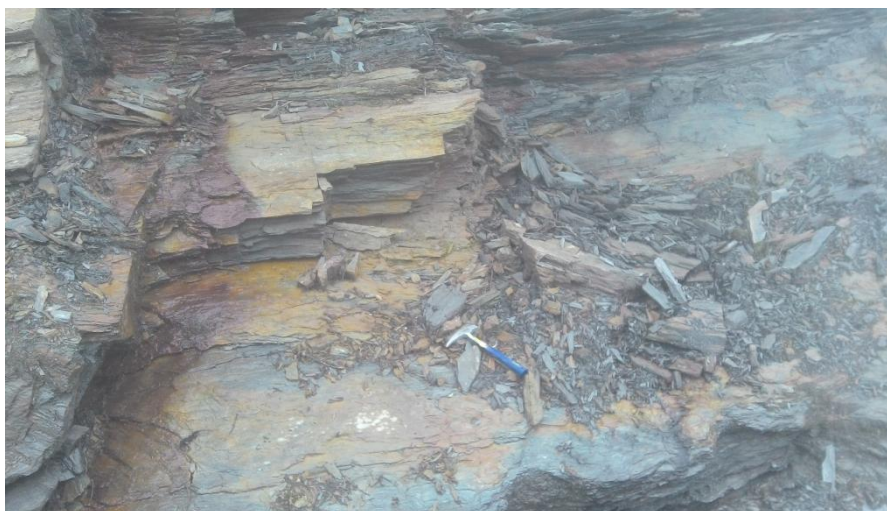
Están compuestos por material de alteración y meteorización de las laderas y por fragmentos angulares rocosos de las formaciones de las que proceden. Según la cartografía geológica disponible, la mayoría de deslizamientos se han producido en áreas donde aflora la Formación Tarqui.

### 3.5.3. Glaciar y periglacial

#### 3.5.3.1. Circo glaciar (Gf1)

En el cantón Gualaceo, se pueden encontrar circos glaciares en el extremo suroriental, a altitudes comprendidas entre 3.400 y 3.700 msnm. Presentan en total más de 4 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 fuertes, con un desnivel relativo elevado, pues supera los 200 metros en casi todos los casos (rangos de 200 a 300 m y de más de 300 m). Tienen vertientes largas o muy largas, de forma cóncava. Se han desarrollado sobre un sustrato formado por rocas metamórficas indiferenciadas.



**Foto 14.** Macizo rocoso (rocas metamórficas indiferenciadas, esquistos grafitosos) de circo glaciar. Sector río Culebrillas. 22/05/2014.

#### 3.5.3.2. 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, se han encontrado algunas de estas geformas vinculadas a circos glaciares (Gf1), en las mismas áreas geográficas que éstos. Su extensión es de 2 km<sup>2</sup> aproximadamente, y se ubican dentro del contexto morfológico *Paisajes glaciares*, a altitudes situadas sobre los 3.200 msnm.

Estas geformas corresponden a valles en forma de U, con pendientes suaves. El fondo de los valles glaciares aparece relleno del material detrítico producto de la erosión glaciar (till, depósitos muy heterométricos y sin estructuras ordenamiento interno, con fragmentos de tamaño bloque empastados en matriz de grano fino).



**Foto 15.** Fondo de valle glaciar. Sector río Culebrillas. 22/05/2014.

#### 3.5.3.3. 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. Se encuentran en la misma zona que las anteriores (sector sureste), dentro del contexto morfológico *Paisajes glaciares*, donde aparece asociada a fondos de valle glaciar (Gf3). Alcanzan una superficie conjunta de más de 20 km<sup>2</sup>.

Poseen pendientes fuertes (de 40 a 70%) y en algún caso, escarpadas (de 100 a 150%). Los desniveles relativos generalmente superan los 300 metros, con vertientes muy largas, de perfil cóncavo. Al igual que en las anteriores geofomas, el macizo rocoso sobre el que se disponen las vertientes de valle glaciar corresponde a rocas metamórficas indiferenciadas.



**Fotos 16 y 17.** Vertiente de valle glaciar y detalle del macizo rocoso (esquistos). Sector río Culebrillas. 22/05/2014.

#### 3.5.3.4. 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 en el sector sureste, junto a las otras formas glaciares descritas. Tienen una superficie conjunta de casi 2 km<sup>2</sup>, y se

encuentra dentro del contexto morfológico *Paisajes glaciares*. Son valles con forma de U, de pendiente media. Están rellenos de los mismos depósitos que los fondos de valle glaciar (Gf3).

#### 3.5.3.5. 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.

Solo se ha identificado un campo de rocas aborregadas, asociado a un valle glaciar colgado situado al oeste de Cerro Manga Urcu. Ocupa un área pequeña, de 27 ha aproximadamente, y se incluye dentro del contexto morfológico *Paisajes glaciares*. Presentan una pendiente media y están formadas por rocas metamórficas indiferenciadas.

#### 3.5.3.6. 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 dos lagunas glaciares en el extremo suroriental (lagunas de Huarmimayllag y Carimayllag), cuya superficie suma unas 15 ha en total. Pertenecen al contexto morfológico *Paisajes glaciares*.

#### 3.5.3.7. Morrena lateral (Gd2)

Son acumulaciones de sedimentos glaciares denominados "till", originados en el margen lateral del glaciar. Dentro del área de estudio se han podido identificar en el interior de algunos de los fondos de valle glaciar cartografiados (sectores de río Culebrillas y río Culebrillas Chico, al sureste del cantón), dentro del contexto morfológico *Paisajes glaciares*. Su extensión muy escasa, de 8 ha aproximadamente. Forman acúmulos de material glaciar de cimas redondeadas, pendiente suave a media y desniveles bajos (de 15 a 25 metros) con vertientes mixtas y moderadamente largas.

#### 3.5.3.8. Morrena frontal, arco morrénico (Gd3)

Es similar a la morrena lateral (depósitos de till), aunque se forma en el frente del glaciar. Dentro del cantón se encuentran igualmente asociados a fondos de valle glaciar (en sectores de río Culebrillas Chico y Cerro Santo Domingo). Muestran mayor superficie que las morrenas laterales, unas 26 ha, y pertenecen también al contexto morfológico *Paisajes glaciares*. Su pendiente es media, con un desnivel de 25 a 50 metros y vertientes moderadamente largas, de forma mixta o rectilínea. La forma de la cima es redondeada.

#### 3.5.3.9. 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 Gualaceo se pueden observar en el extremo suroriental, entre Cerro Curiquingue y Loma Pato Cocha. Se trata de un depósito aislado de till de 32 ha de extensión, que forma parte del contexto morfológico *Paisajes glaciares*. Estas acumulaciones de till presentan cimas redondeadas, una pendiente media a fuerte (de 25 a 40%), desnivel de 50 a 100 metros y vertientes muy largas, de perfil mixto.

#### 3.5.3.10. 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 cantón se pueden encontrar en el extremo nororiental, en las inmediaciones de Cerro Ventanas, un paraje de relieves suaves situado a unos 3.200-3.300 msnm y elevado respecto a los relieves circundantes, de mayor pendiente. La superficie de estas áreas pantanosas es de unas 31 ha, ubicadas dentro del contexto morfológico *Paisajes de páramo con modelado periglacial y huellas glaciares poco marcadas*.

#### 3.5.4. Volcánico

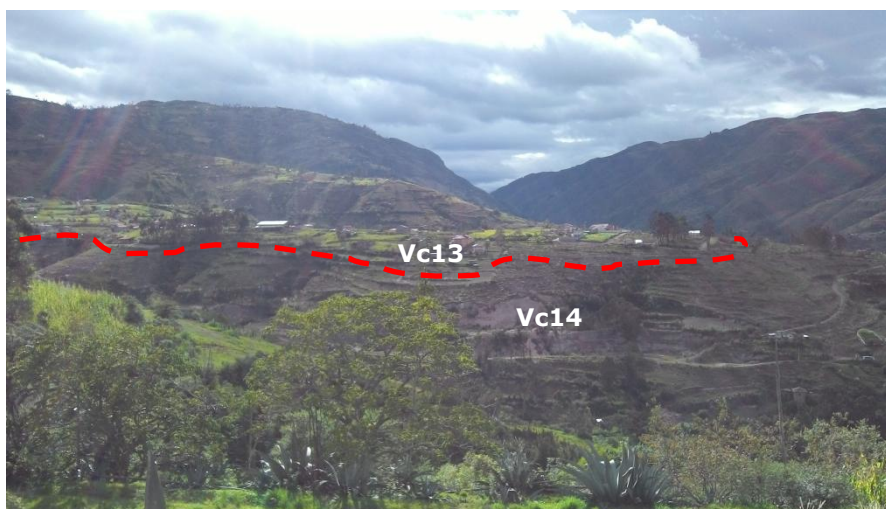
##### 3.5.4.1. Llanura de depósitos volcánicos (Vc13)

Este tipo de llanura, formada por material piroclástico de la Formación Tablas de Gualaceo y volcánicos de Llaqueo, se encuentra en el sector centro-norte del cantón. Corresponde a los restos de una superficie más antigua, de pendiente suave, y de la que sólo queda una pequeña parte a modo de testigo, de 1 km<sup>2</sup> de extensión. Aparece en posición cimera sobre el cerro de Tocteloma, al norte de la localidad de Gualaceo, y pertenece al contexto morfológico *Vertientes y relieves inferiores de las cuencas interandinas, sin cobertura piroclástica (Sierra Sur)*.

##### 3.5.4.2. Vertiente de llanura de depósitos volcánicos (Vc14)

Esta geoforma corresponde al escalón erosivo que limita la llanura de depósitos volcánicos. Aparece, como es lógico, en el mismo sector que la unidad anterior, formando parte de las laderas del cerro de Tocteloma y con una superficie total de 3 km<sup>2</sup> aproximadamente. Pertenece, al igual que su geoforma asociada, al contexto morfológico *Vertientes y relieves inferiores de las cuencas interandinas, sin cobertura piroclástica (Sierra Sur)*.

Presenta una pendiente media a fuerte (de 25 a 40%), desnivel de 100 a 200 metros y vertientes de longitud larga (de 250 a 500 metros) con perfil cóncavo. Está constituida por material volcano-sedimentario de la Formación Tablas de Gualaceo y volcánicos de Llaqueo. En la fotografía siguiente aparecen tanto la geoforma actual como la llanura de depósitos volcánicos (Vc13), ya que están estrechamente relacionadas.



**Foto 18.** Llanura de depósitos volcánicos (Vc13) y su correspondiente Vertiente de llanura de depósitos volcánicos (Vc14), sobre la Formación Tablas de Gualaceo. Sector Tocteloma. 08/04/2014.

#### 3.5.4.3. Relieve volcánico colinado bajo (Rv8)

Esta tipo de unidad, compuesta por material volcánico, no hace referencia a ningún aspecto genético, únicamente se emplea de modo descriptivo. En el cantón Gualaceo se puede encontrar en el sector noroccidental, en las inmediaciones de Sobaloma. Es de pequeña extensión, 47 ha, y pertenece al contexto morfológico *Vertientes y relieves inferiores de las cuencas interandinas, sin cobertura piroclástica (Sierra Sur)*.

Posee una pendiente media a fuerte (de 25 a 40%) y un desnivel relativo de 15 a 25 metros. Este relieve tiene cimas redondeas, con vertientes de forma cóncava y de longitud corta (de 15 a 50 metros). Está constituido por tobas y aglomerados volcánicos de la Formación Tarqui.

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

Es una geoforma similar a la anterior, aunque presenta un mayor desnivel relativo. Presenta una superficie modesta, 1 km<sup>2</sup> aproximadamente, y aparece dispersa por la mitad occidental del cantón. Está presente en los contextos morfológicos *Vertientes y relieves superiores de las cuencas interandinas, sin cobertura piroclástica (Sierras Central y Meridional)* y *Vertientes y relieves inferiores de las cuencas interandinas, sin cobertura piroclástica (Sierra Sur)*.

Se caracteriza por presentar pendientes desde medias hasta medias a fuertes (de 12 a 40%). Muestra formas de la cima agudas y redondeadas, vertientes mixtas y cóncavas y una longitud de vertiente que varía entre 50 a 250 metros. El desnivel relativo varía entre 50 y 100 metros. Geológicamente, se encuentra asociado a los mismos materiales que la anterior geoforma: tobas y aglomerados volcánicos de la Formación Tarqui.

#### 3.5.4.5. Relieve volcánico colinado alto (Rv10)

Forma parte del mismo tipo de geoformas que las dos anteriores, con la diferencia de que ésta presenta un mayor desnivel relativo (de 100 a 200 metros). Ocupa buena parte del tercio occidental del cantón, con un total aproximado de 25 km<sup>2</sup>. Se incluye dentro del contexto morfológico *Vertientes y relieves superiores de las cuencas interandinas, sin cobertura piroclástica (Sierras Central y Meridional)*.

Forma relieves de cimas redondeadas y vertientes rectilíneas o irregulares. Su pendiente general es media (de 12 a 25%) y las laderas son de longitud larga (de 250 a 500 metros).

El sustrato rocoso sobre el que se ha desarrollado esta geoforma corresponde a la Formación Tarqui. Por su posición, parece tratarse de los restos de una meseta formada por los derrames volcánicos tabulares de Tarqui, aunque estaría muy degradada y su estructura ligeramente inclinada hacia el oeste.



**Foto 19.** Relieve volcánico colinado alto sobre Formación Tarqui. Sector Loma Bayshún. 08/04/2014.

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

Son, como su propio nombre indica, superficies de formas onduladas desarrolladas sobre materiales volcánicos en sentido amplio, sin una implicación genética concreta. Se puede encontrar en varios puntos dispersos por el cantón, aunque el más relevante se sitúa en el sector de Cerro Ventanas-Loma Pelada, al noreste. La extensión total ocupada por esta geoforma asciende a 5 km<sup>2</sup> aproximadamente. Aparece en los contextos morfológicos *Paisajes de páramo con modelado periglacial y huellas glaciares poco marcadas y Vertientes y relieves superiores de las cuencas interandinas, con cobertura piroclástica (Sierra Norte)*, siendo más importante en el primero de ellos.

En el sector de Cerro Ventanas-Loma Pelada, esta unidad aparece formando un relieve de pendiente suave y elevado respecto a las áreas circundantes, con frecuentes hondonadas pantanosas (Gp2). Se sitúa a una cota de unos 3.300 msnm.

Se desarrolla sobre material volcánico de la Formación Tarqui, lo cual permite deducir junto con la morfología descrita, que forma parte de los derrames volcánicos tabulares a los que da origen dicha formación.

### 3.5.5. Estructural

#### 3.5.5.1. Superficie de cuesta (Ei1)

Esta unidad se puede encontrar en el sector occidental del cantón (Loma Quillo Cruz), donde ocupa un área de 59 ha. Pertenece al contexto morfológico *Relieves de fondo de cuencas interandinas sin cobertura piroclástica*.

Se trata de superficies inclinadas según los planos de estratificación de la formación sobre la que se desarrollan, en este caso la Formación Biblián (serie detrítica de areniscas y arcillas alternantes). El buzamiento local es de componente oeste, compatible por tanto con la orientación de la geoforma. Presentan pendientes medias (de 12 a 25%) y longitudes de vertiente de 50 a 500 metros con formas rectilíneas. El desnivel relativo se sitúa entre 50 y 100 metros mayoritariamente.

#### 3.5.5.2. Vertiente de cuesta (Ei4)

Son laderas que culminan en superficies de cuesta, separadas por el frente de cuesta, que no ha podido ser mapeado para este cantón. Ocupan un área de 1 km<sup>2</sup> y se ubican en la misma zona geográfica que la anterior unidad, ya que están asociadas. Forman parte del mismo contexto morfológico y se desarrollan, igualmente, sobre la alternancia de areniscas y arcillas de la Formación Biblián, aunque en este caso son superficies oblicuas a la estratificación. Presentan pendientes fuertes (de 40 a 70%), desnivel relativo de 50 a 100 metros y vertientes moderadamente largas, con forma cóncava.

#### 3.5.5.3. Superficie de chevron (Ei5)

Estas unidades geomorfológicas se diferencian de las superficies de cuesta en la mayor inclinación de las capas sobre las que se desarrollan, superior al 25%. Se desarrollan también sobre la secuencia detrítica de la Formación Biblián, buzante hacia el oeste, lo cual se traduce en esa misma orientación para las superficies de chevron.

Se encuentran en el extremo occidental del cantón, al igual que las anteriores geoformas de tipo estructural, aunque tienen una superficie mucho mayor (10 km<sup>2</sup> aproximadamente). Pertenecen también al contexto morfológico *Relieves de fondo de cuencas interandinas sin cobertura piroclástica*.

Muestran una pendiente media a fuerte (de 25 a 40%) y un desnivel relativo variable, desde 100 hasta más de 300 metros. Las vertientes son de longitud muy larga en la mayoría de los casos y presentan una forma rectilínea.

#### 3.5.5.4. Barra o cresta estructural (Esv)

Esta geoforma se encuentra ubicada junto al límite suroccidental del cantón, en un punto cercano al sector de Loma Jolle. Se trata de un pequeño afloramiento de rocas de la Formación Biblián (15 ha), de buzamiento subvertical, perteneciente al contexto morfológico *Relieves de fondo de cuencas interandinas sin cobertura piroclástica*.

Muestra pendientes muy fuertes (de 70 a 100%), desnivel relativo de 25 a 50 metros, longitud de vertiente moderadamente larga (de 50 a 250 m) y vertientes rectilíneas.

#### 3.5.5.5. Superficies y planos estructurales originados en capas plegadas (Epl)

Está situada muy próxima a la geoforma anterior, a menos de un kilómetro hacia el oeste. Esta unidad está formada por superficies que se generan a favor de estratos con diferentes buzamientos, originados por la disposición de las capas en anticlinales, sinclinales, monoclinales, etc. En este caso, se forman a partir de estructuras monoclinales de la Formación Biblián en el margen de la cuenca de Cuenca. Presenta una superficie de 42 ha y se incluye dentro del contexto morfológico *Relieves de fondo de cuencas interandinas sin cobertura piroclástica*.

La geoforma presenta pendientes fuertes (de 40 a 70%), desniveles relativos comprendidos entre 200 y 300 metros, vertientes de longitud muy larga (más de 500 m) y formas de vertiente irregular.

#### 3.5.5.6. Restos de superficie estructural (Esr)

Esta geoforma se localiza en el límite occidental del cantón Gualaceo, en la margen derecha de la quebrada Desihuanca. Comprende un total de 71 ha y está contenida en el contexto morfológico *Vertientes y relieves superiores de las cuencas interandinas, sin cobertura piroclástica (Sierras Central y Meridional)*.

A diferencia de las anteriores geoformas estructurales, esta unidad se desarrolla sobre dos formaciones geológicas, la Formación Biblián (la más común en las geoformas estructurales del cantón) y la Formación Yunguilla, compuesta por limolitas grises, areniscas y calizas.

Las pendientes observadas son fuertes (de 40 a 70%), los desniveles relativos varían entre 100 y 200 metros, las longitudes de vertiente son largas y la forma de ladera es de carácter irregular.

### 3.5.6. Tectónico-erosivo

#### 3.5.6.1. Relieve colinado medio (Rt4)

Este tipo de relieve se sitúa en la zona central del cantón, apenas un kilómetro al sureste de la población de Gualaceo, donde ocupa una superficie de tan sólo 74 ha. Se ha incluido dentro del contexto morfológico *Vertientes y relieves inferiores de las cuencas interandinas, sin cobertura piroclástica (Sierra Sur)*.

Su desnivel relativo fluctúa entre 50 y 100 metros, presenta cimas agudas y vertientes cóncavas de 250 a 500 metros de longitud. Las pendientes son medias (de 12 a 25%). Se desarrolla sobre rocas metamórficas de la Unidad Alao-Paute.

#### 3.5.6.2. Relieve colinado alto (Rt5)

Se localiza en el sector de Loma Guincal, al sureste del cantón. Es una geoforma de pequeña extensión (53 ha aproximadamente) perteneciente al contexto morfológico *Vertientes y relieves superiores de las cuencas interandinas, sin cobertura piroclástica (Sierras Central y Meridional)*.

Presenta pendientes fuertes y un desnivel relativo de 100 a 200 metros, con vertientes rectilíneas de 50 a 250 metros de longitud.

#### 3.5.6.3. Relieve colinado muy alto (Rt6)

Aparece en dos puntos de la mitad oriental del cantón: Cerro Tablarrumi (extremo sureste) y Cerro Tapacruz (sector oriental), con mayor importancia de éste último. Ambos sectores pertenecen al contexto morfológico *Vertientes y relieves superiores de las cuencas interandinas, sin cobertura piroclástica (Sierras Central y Meridional)*, con un área total sobrepasa los 4 km<sup>2</sup>.

Son relieves de 200 a 300 metros de desnivel relativo, con cimas agudas y vertientes irregulares de gran longitud (más de 500 metros). La pendiente es principalmente media a fuerte (de 25 a 40%). En cuanto a la litología, predominan las rocas metamórficas de la Unidad Alao-Paute en el relieve de Cerro Tapacruz, mientras que en Cerro Tablarrumi se encuentran rocas metamórficas indiferenciadas.

### 3.5.7. Poligénicas

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

Son depósitos de transición entre las laderas y los valles que rellenan vaguadas y fondos de pequeños drenajes, cuyos materiales proceden tanto de la ladera como de una restringida dinámica fluvial. Su litología corresponde a limo-arcillas, arenas, gravas y bloques.

Se reparten por numerosos puntos del cantón, ocupando algunos de los cauces de la red de drenaje. En total suman 9 km<sup>2</sup> de extensión y tienen presencia en todos los contextos morfológicos descritos en el área de estudio, exceptuando los *Paisajes*

*glaciares*. Es especialmente abundante en el *Medio aluvial de Sierra*, ya que los coluvio-aluviales tienen un cierto desarrollo lineal y están bien conectados con la red de drenaje.

Tiene pendientes medias en casi todos los casos, aunque el rango completo oscila entre suaves y fuertes (de 5 a 70%). Las formas de los valles son variadas, con predominio de los valles planos y en V.



**Foto 20.** Coluvio-aluvial antiguo. Sector río Chuilla. 23/05/2014.

#### 3.5.7.2. Superficie inclinada disectada (Si3)

Este tipo de unidades se emplea para describir superficies con una cierta inclinación y con un grado de incisión de moderado a fuerte, normalmente cuando existe dificultad para adscribirla a una geoforma más específica. En la zona de estudio, se encuentra únicamente al sur de Loma Guincal, en el sector sureste del cantón. Tiene una extensión de 1 km<sup>2</sup> y se asocia al contexto morfológico *Paisajes glaciares*.

Las pendientes son, normalmente, medias (de 12 a 25%) con desniveles de 100 a 200 metros. La longitud de la vertiente es moderadamente larga, de perfil rectilíneo. Se desarrollan sobre la Formación Tarqui.

#### 3.5.7.3. Superficie alta disectada (Sa2)

Son superficies elevadas respecto al relieve de su entorno, cuyo origen es difícil de determinar. Presentan, además, un grado de incisión moderado a fuerte en las formas de drenaje. En el cantón Gualaceo se pueden localizar en Cerro Derrumbo Negro y Loma Turubambilla, al noreste del área de estudio. Presentan una extensión de 1 km<sup>2</sup> aproximadamente y se encuadran dentro del contexto morfológico *Paisajes de páramo con modelado periglacial y huellas glaciares poco marcadas*.

Se caracterizan por presentar pendiente media (de 12 a 25%), desniveles relativos comprendidos entre 50 y 100 metros y vertientes convexas de longitud moderadamente larga (de 50 a 250 m). Están formadas por rocas metamórficas.

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

Esta unidad geomorfológica se ubica por gran parte del territorio del cantón. Se trata de una geoforma de desarrollo lineal y estrecho, con perfil transversal redondeado, que ocupa las posiciones cimeras del relieve, de donde arrancan los diferentes tipos de ladera o vertientes. Ocupan un área de 7 km<sup>2</sup> y se encuentran en todos los contextos morfológicos del cantón, con la excepción del *Medio aluvial de Sierra*. Se desarrollan sobre buena parte de las litologías existentes en el cantón Gualaceo, si bien predominan en mayor medida sobre la Formación Tarqui, en parte debido a que es la más abundante en el área de estudio.

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

Los interfluvios de cimas estrechas, similares a los anteriores pero de perfil más agudo, aparecen dispersos especialmente por los relieves del la zona más oriental del cantón. Son menos abundantes (2 km<sup>2</sup> de superficie total) y están representados en tres contextos morfológicos: i) *Paisajes glaciares*; ii) *Paisajes de páramo con modelado periglacial y huellas glaciares poco marcadas*; y iii) *Vertientes y relieves superiores de las cuencas interandinas, sin cobertura piroclástica (Sierras Central y Meridional)*, con una mayor proporción en el primero de ellos.

Se desarrollan con preferencia sobre rocas metamórficas. Estas litologías abundan en el sector suroriental, donde predominan formas de génesis glacial. Es posible que la mayor proporción de interfluvios de cimas estrechas tenga relación con modelados de este tipo, ya que los procesos de erosión glacial suelen producir aristas agudas en la parte alta de los relieves.

#### IV. RESUMEN Y CONCLUSIONES

Territorialmente el cantón Gualaceo tiene 354 km<sup>2</sup> aproximadamente, de los cuales el presente estudio geomorfológico contempla el 100% de su superficie. Está situado en la región Sierra, con alturas sobre el nivel del mar que varían desde 2.200 metros hasta un máximo de 3.800 metros.

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

1. **Cimas frías de las Cordilleras Occidental y Real.** Presenta una extensión de 51 km<sup>2</sup> y se sitúa en los sectores orientales, tanto al suroeste como al sureste. El tipo de litología más abundante corresponde a rocas metamórficas, con más de la mitad de la superficie del dominio ocupada por éstas. Le siguen la Unidad Alao-Paute y la Formación Tarqui, aunque son mucho menos importantes. Este dominio fisiográfico contiene dos contextos morfológicos, denominados *Paisajes glaciares* y *Paisajes de páramo con modelado glaciar y huellas glaciares poco marcadas*.

El contexto de *Paisajes glaciares* está representado en su mayoría por formas de origen glaciar y periglaciar, tanto en extensión como en número (circo glaciar, vertiente de valle glaciar, fondo de valle glaciar, rocas aborregadas, morrenas, etc.). Existen algunas geoformas de génesis de ladera, así como poligénicas, pero comparativamente son muy escasas.

En *Paisajes de páramo con modelado glaciar y huellas glaciares poco marcadas*, el tipo de geoforma dominante corresponde al grupo de laderas. Las unidades más relevantes son las distintas variedades de vertientes rectilíneas y heterogéneas. Las formas volcánicas sólo están representadas por la superficie volcánica ondulada, aunque ocupan un área considerable. En el grupo de geoformas poligénicas, de cierta extensión también, las unidades más abundantes son la superficie alta disectada, interfluvios y coluvio-aluviales. El resto de grupos genéticos está muy poco representado, incluyendo las hondonadas pantanosas de origen glaciar-periglaciar (génesis glaciar y periglaciar), a pesar de ser características de este contexto.

2. **Vertientes y relieves de Cuencas Interandinas.** Representa el 72% del área estudiada, lo que se traduce en 259 km<sup>2</sup>. Este dominio fisiográfico se desarrolla principalmente sobre rocas volcánicas de la Formación Tarqui, cuyos afloramientos cubren la mitad del mismo. Existen también importantes extensiones de metavulcanitas y metapelitas de la Unidad Alao-Paute y, en menor medida, de rocas metamórficas. En el territorio estudiado del cantón, presenta dos contextos morfológicos, denominados *Vertientes y relieves superiores de las cuencas interandinas, sin cobertura piroclástica (Sierras Central y Meridional)* y *Vertientes y relieves inferiores de las cuencas interandinas, sin cobertura piroclástica (Sierra Sur)*.

Las geoformas más abundantes en *Vertientes y relieves superiores de las cuencas interandinas, sin cobertura piroclástica (Sierras Central y Meridional)*

son, con gran diferencia, las relacionadas con el modelado de laderas, especialmente distintos tipos de vertientes rectilíneas y heterogéneas. Las geoformas volcánicas les siguen en importancia, representadas en su mayoría por relieves colinados volcánicos. En el grupo genético tectónico-erosivo se pueden encontrar relieves colinados, en especial de tipo muy alto. Dentro de las formas poligénicas aparecen interfluvios de cimas redondeadas como unidad más representativa, mientras que en el caso de geoformas fluviales, las más frecuentes son los barrancos y valles indiferenciados. Cabe mencionar la presencia de algunas superficies de chevron, de tipo estructural.

En el contexto morfológico *Vertientes y relieves inferiores de las cuencas interandinas, sin cobertura piroclástica (Sierra Sur)*, las geoformas más abundantes son, de nuevo, de ladera. Aquí las unidades más frecuentes corresponden, como en el contexto anterior, a los diversos tipos de vertientes rectilíneas y heterogéneas. Las geoformas de génesis volcánica se reducen prácticamente a una llanura de depósitos volcánicos y su vertiente asociada, en las cercanías de Gualaceo. Existen geoformas fluviales, de las cuales son los barrancos las más representativas, así como formas poligénicas, representadas por coluvio-aluviales antiguos e interfluvios de cimas redondeadas.

3. **Relieves de fondo de Cuencas Interandinas.** Presenta una extensión más escasa frente a los anteriores, 19 km<sup>2</sup>. En este dominio predominan las rocas sedimentarias, siendo la más importante la Formación Biblián, seguida de la Formación Yunguilla. Se constatan algunos afloramientos de rocas volcánicas (Formación Tarqui), de escasa importancia. Dentro del dominio *Relieves de fondo de Cuencas Interandinas* se distingue un sólo contexto morfológico en el entorno del cantón: Relieves de fondo de cuencas interandinas sin cobertura piroclástica.

A diferencia de los contextos anteriores, las unidades más importantes en el caso actual son de génesis estructural, especialmente las superficies de chevron, formadas por material de la Formación Biblián. Las geoformas de ladera presentan una extensión ligeramente inferior a las estructurales. Dentro de éstas, la unidad más frecuente es la vertiente heterogénea. El resto de grupos genéticos están muy escasamente representados.

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) como formas de depósito (valle fluvial, llanura de inundación). El contexto contiene también unidades de tipo poligénico, coluvio-aluvial antiguo esencialmente, ya que muestran continuidad con la red de drenaje del cantón.

El cantón Gualaceo se sitúa en una región de importantes desniveles, dentro de la cuenca del río Paute, el cauce más importante del entorno inmediato. Las fuertes incisiones provocadas por los ríos Paute y Gualaceo, así como sus afluentes, han dado lugar a paisajes dominados por vertientes, con frecuencia de tipo heterogéneo debido a las diferencias litológicas existentes. Las vertientes generadas muestran

pendientes elevadas, especialmente en la mitad oriental del cantón, dominada por litologías metamórficas. En las zonas donde aflora la Formación Tarqui, en su mayoría al oeste, las pendientes son más bajas. Ello se debe, en parte, a la estructura tabular y subhorizontal de dicha formación, que da relieves de menor pendiente. Estas zonas con relieves más suaves corresponden a los importantes derrames volcánicos tabulares que se extienden por la región central de la Sierra.

En la zona oriental del cantón se ha observado áreas donde abundan las geoformas de origen glaciar y periglacial, situadas a altitudes por encima de 3.000 metros. El modelado relacionado con glaciares no se produce de forma activa en la actualidad, por lo que los relieves a los que dieron lugar se formaron durante el Cuaternario, en los que el hielo cubría extensiones mucho mayores que hoy día.

En el extremo occidental del cantón afloran materiales sedimentarios de la cuenca de Cuenca. Aparecen basculados hacia el oeste, frecuentemente formando superficies de chevron y otras geoformas asociadas. Corresponden a los miembros inferiores del relleno de la cuenca sedimentaria, los cuales aparecen colgados y basculados por movimientos tectónicos que provocaron un desplazamiento diferencial de los bloques del borde, movimientos articulados a través de fallas normales.

## 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.

Rossiter, 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-UK (Dirección General de Geología y Minas; Misión Británica), 1980. Hoja Geológica: Azogues (Hoja 73), 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



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

CGg-ÑV_E3-54-0039	CGg-ÑV_E4-61-0011
CGg-ÑV_E3-54-0040	CGg-ÑV_E4-61-0012
CGg-ÑV_E3-54-0042	CGg-ÑV_E4-61-0013
CGg-ÑV_E3-54-0044	CGg-ÑV_E4-61-0017
CGg-ÑV_E3-54-0046	CGg-ÑV_E4-61-0019
CGg-ÑV_E3-54-0047	CGg-ÑV_E4-61-0021
CGg-ÑV_E3-54-0050	CGg-ÑV_E4-61-0022
CGg-ÑV_E3-54-0052	CGg-ÑV_E4-61-0024
CGg-ÑV_E3-54-0054	CGg-ÑV_E4-61-0025
CGg-ÑV_E3-54-0055	CGg-ÑV_E4-61-0027
CGg-ÑV_E3-54-0056	CGg-ÑV_E4-61-0028
CGg-ÑV_E3-61-0023	CGg-ÑV_E4-61-0029
CGg-ÑV_E4-61-0008	CGg-ÑV_E4-61-0031
CGg-ÑV_E4-61-0010	CGg-ÑV_E4-61-0032



### 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 cimaras. 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 cimaras.

## -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-periglaciar, sin cobertura edáfica o muy escasa, con perfil muy quebrado y salientes puntiagudos. Se utiliza preferentemente esta geoforma 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.

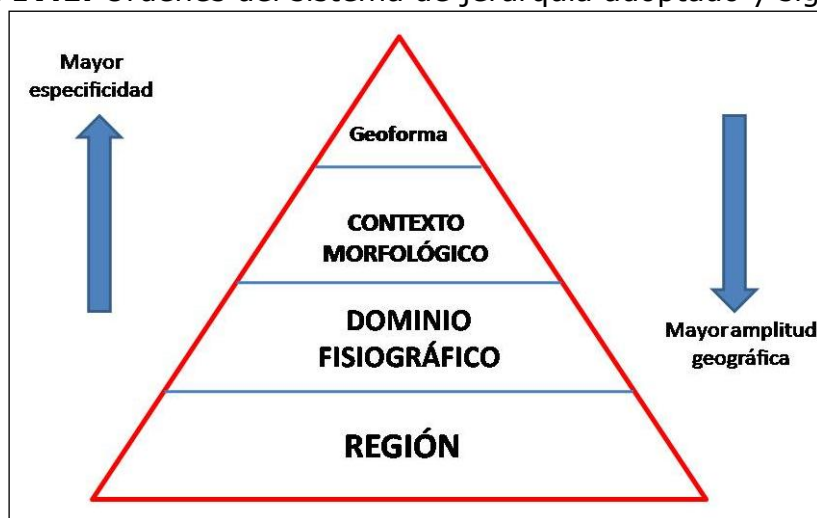
### **1. Atributos relacionados con el sistema de jerarquía del relieve: Región, Dominio Fisiográfico y Contexto Morfológico**

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 FISIOGRAFICO: 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 FISIOGRAFICO: CIMAS FRÍAS DE LAS CORDILLERAS OCCIDENTAL Y REAL</b>	
CONTEXTOS MORFOLÓGICOS	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 FISIOGRAFICO: SISTEMA VOLCÁNICO</b>	
CONTEXTOS MORFOLÓGICOS	Vestigios de edificios volcánicos muy destruidos, difícilmente identificables
	Construcciones de tipo estrato-volcán y formas asociadas
<b>DOMINIO FISIOGRAFICO: VERTIENTES Y RELIEVES DE CUENCAS INTERANDINAS</b>	
CONTEXTOS MORFOLÓGICOS	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 FISIOGRAFICO: RELIEVES DE FONDO DE CUENCAS INTERANDINAS</b>	
CONTEXTOS MORFOLÓGICOS	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>	
CONTEXTO MORFOLÓGICO	Medio aluvial de Sierra
<b>REGIÓN AMAZONÍA</b>	
<b>DOMINIO FISIOGRAFICO: ZONA SUBANDINA</b>	

CONTEXTOS MORFOLÓGICOS	Cordillera del Napo: paisajes estructurales, calcáneos y relieves periféricos, con cobertura de cenizas volcánicas
	Cordillera del Cutucú: relieves sobre rocas calcáneas 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 FISIAGRÁFICO: AMAZONIA PERIANDINA</b>	
CONTEXTOS MORFOLÓGICOS	Piedemontes próximos, con cobertura de cenizas volcánicas recientes
	Piedemontes distales, sin cobertura de cenizas volcánicas
	Colinas periandinas occidentales
	Colinas periandinas orientales
<b>DOMINIO FISIAGRÁFICO: MEDIO ALUVIAL AMAZÓNICO</b>	
CONTEXTO MORFOLÓGICO	Medio aluvial amazónico
<b>REGIÓN COSTA</b>	
<b>DOMINIO FISIAGRÁFICO: RELIEVES ESTRUCTURALES SOBRE SEDIMENTOS TERCIARIOS</b>	
CONTEXTO MORFOLÓGICO	Mesas muy disectadas y restos de relieves tabulares sobre limolitas y areniscas culminantes
<b>DOMINIO FISIAGRÁFICO: GRAN CONO TABULAR DE LA LLANURA COSTERA Y LLANURA ALUVIAL ANTIGUA</b>	
CONTEXTOS MORFOLÓGICOS	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.