

MEMORIA TÉCNICA

CANTÓN BIBLIÁN

PROYECTO:

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

GEOMORFOLOGÍA

SEPTIEMBRE, 2015

PERSONAL PARTICIPANTE

Unidad MAGAP-PRAT, SIGTIERRAS:

José Duque
Sandra González
Xavier Andrade
Óscar Garzón

Consorcio TRACASA-NIPSA:

Responsables:

Joaquín del Val
Idurre Barinagarrementería

Memoria:

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

FISCALIZACIÓN realizada por la Asociación ACOTECNIC – INGEOMATICA

ÍNDICE

I.	INTRODUCCIÓN	1
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
II.	METODOLOGÍA	5
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
III.	RESULTADOS.....	17
3.1.	Levantamiento de información.....	17
3.2.	Región 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. Relieves de los márgenes de las cimas frías	22
3.3.3. Vertientes y relieves superiores de las cuencas interandinas, sin cobertura piroclástica (Sierra Central y Meridional)	22
3.3.4. Relieves de fondo de cuencas interandinas sin cobertura piroclástica.....	23
3.3.5. Medio aluvial de Sierra	23
3.4. Geoformas y formaciones geológicas presentes en el cantón	24
3.5. Descripción de geoformas	30
3.5.1. Fluvial	30
3.5.1.1. Valle fluvial, llanura de inundación (F1)	30
3.5.1.2. Valle en V (E1)	30
3.5.1.3. Barranco (E2)	31
3.5.1.4. Garganta (E3)	31
3.5.1.5. Encañonamiento (E4)	31
3.5.1.6. Terraza media (Tm)	31
3.5.1.7. Superficie de cono de deyección (Cd1)	32
3.5.2. Laderas	32
3.5.2.1. Vertiente rectilínea (Lr1).....	32
3.5.2.2. Vertiente rectilínea con fuerte disección (Lr2).....	33
3.5.2.3. Vertiente rectilínea con abruptos (Lr4)	33
3.5.2.4. Vertiente abrupta (La1)	33
3.5.2.5. Vertiente heterogénea (Lh1)	34
3.5.2.6. Vertiente rocosa (Lh3).....	34
3.5.2.7. Vertiente heterogénea con fuerte disección (Lh4)	35
3.5.2.8. Escarpe de deslizamiento (Lh6)	35
3.5.2.9. Coluvión reciente (Col1)	36
3.5.2.10. Coluvión antiguo (Col2)	36
3.5.2.11. Macrocoluvión (Col3).....	37
3.5.2.12. Depósitos de deslizamiento, masa deslizada (Ld1)	37
3.5.3. Glaciar y periglaciar	38
3.5.3.1. Circo glaciar (Gf1)	38
3.5.3.2. Cubeta glaciar (Gf2).....	38
3.5.3.3. Fondo de valle glaciar (Gf3)	39
3.5.3.4. Vertiente de valle glaciar (Gf4).....	39
3.5.3.5. Valle glaciar colgado (Gf5)	40
3.5.3.6. Horn (Gf6)	40
3.5.3.7. Rocas aborregadas (Gf7)	41
3.5.3.8. Laguna glaciar (Gf8)	41
3.5.3.9. Morrena de fondo (Gd1)	41

3.5.3.10.	Morrena lateral (Gd2)	41
3.5.3.11.	Morrena frontal, arco morrénico (Gd3).....	41
3.5.3.12.	Morrenas (Gd4)	42
3.5.3.13.	Depósito glaciar modelado por acción fluvial (Gd6).....	42
3.5.3.14.	Hondonadas pantanosas de origen glaciar-periglacial (Gp2)	43
3.5.3.15.	Afloramientos rocosos en ambiente periglacial (Gp3)	43
3.5.3.16.	Rocas en crestas y cuchillas (Gp4)	44
3.5.4.	Volcánico	44
3.5.4.1.	Vertiente abrupta de derrames volcánicos tabulares (Rv5)	44
3.5.4.2.	Superficie volcánica ondulada (RvSo)	45
3.5.5.	Estructural	45
3.5.5.1.	Restos de superficie estructural (Esr)	45
3.5.6.	Tectónico-erosivo	45
3.5.6.1.	Relieve colinado bajo (Rt3)	45
3.5.6.2.	Relieve colinado medio (Rt4).....	45
3.5.6.3.	Relieve colinado alto (Rt5)	46
3.5.7.	Poligénicas.....	46
3.5.7.1.	Coluvio-aluvial reciente (Coa1).....	46
3.5.7.2.	Coluvio-aluvial antiguo (Coa2)	46
3.5.7.3.	Superficie horizontal disectada (Sh3)	47
3.5.7.4.	Relieve en rellanos y aplanamientos inclinados (Si1)	47
3.5.7.5.	Superficie inclinada (Si2)	48
3.5.7.6.	Superficie inclinada disectada (Si3).....	48
3.5.7.7.	Abrupto de superficie inclinada (Si4)	49
3.5.7.8.	Superficie alta (Sa1)	49
3.5.7.9.	Interfluvio de cimas redondeadas (Ar1)	49
3.5.7.10.	Interfluvio de cimas estrechas (Ar2).....	49
3.5.7.11.	Macizo rocoso (Sdv1)	50
3.5.8.	Otras génesis	50
3.5.8.1.	Superficie intervenida (O5)	50
IV.	RESUMEN Y CONCLUSIONES	51
V.	BIBLIOGRAFÍA	54
5.1.	Referencias generales	54
5.2.	Bibliografía citada	55

ANEXO I. MODELO DE FICHA DE CAMPO

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

ANEXO III. GLOSARIO DE GEOFORMAS

ANEXO IV. ATRIBUTOS DE LAS GEOFORMAS

LISTA DE CUADROS

Cuadro 2.1. Grupos genéticos y subgrupos en que se encuadran las geoformas	11
Cuadro 2.2. Índice de cartas topográficas utilizadas para el cantón Biblián	16
Cuadro 3.1. Regiones y dominios fisiográficos presentes en el cantón Biblián	19
Cuadro 3.2. Contextos morfológicos presentes en el cantón Biblián	21
Cuadro 3.3. Contextos morfológicos y geoformas presentes en el cantón	24
Cuadro 3.4. Formaciones geológicas y depósitos superficiales presentes en el cantón	28

LISTA DE FIGURAS

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

LISTA DE FOTOS

Fotos 1 y 2. Valle fluvial, llanura de inundación. Sector localidad de Biblián	30
Foto 3. Vertiente rectilínea. Sector loma Yanarrumi	32
Fotos 4 y 5. Vertiente heterogénea. Sector sureste de loma Tushín	34
Foto 6. Escarpe de deslizamiento. Sector loma Montenegro	36
Foto 7. Coluvión antiguo. Sector loma Montenegro	37
Foto 8. Circo glaciar. Sector cerro Jishomanuco	38
Foto 9. Fondo de valle glaciar. Sector quebrada Yana Urcu	39
Foto 10. Vertiente de valle glaciar. Sector loma Moraspata	40
Foto 11. Depósito glaciar modelado por acción fluvial. Sector río Machángara entre río Piñacocha y quebrada de Chico	43
Foto 12. Afloramientos rocosos en ambiente periglacial. Sector ladera suroccidental de cerro Yantaurcu	44
Foto 13. Relieves en rellanos y aplanamientos inclinados. Sector localidad Mangán de los Calles	47
Foto 14. Superficie inclinada. Sector sur de localidad de Sunillano	48

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, Acuacultura y Pesca, MAGAP, a través de la Unidad Ejecutora MAGAP-PRAT, dentro del Programa denominado como SIGTIERRAS.

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

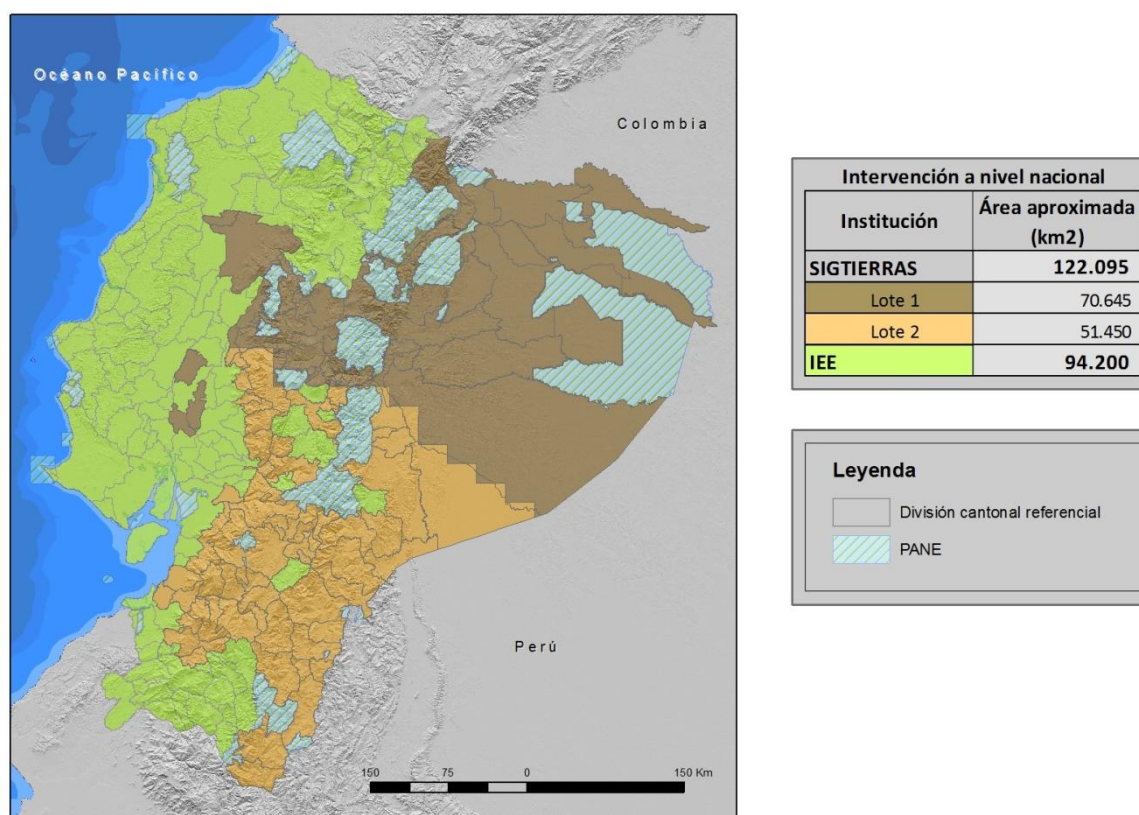
- Fotografía aérea y ortofotografía a nivel nacional.
- Levantamiento de información de barrido predial, con participación de los GAD Municipales, en 58 cantones.
- Elaboración de cartografía temática en coordinación con otras iniciativas gubernamentales.
- Actualización de la metodología y aplicación 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 km², cartografía digital y bases de datos territoriales sobre: Geomorfología, Suelos y su Capacidad de uso, Dificultad de Labranza, Cobertura y uso de la tierra, Zonas homogéneas de cultivo y Sistemas Productivos. Para todo el territorio nacional se ha realizado 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:

- LOTE 1, que ocupa una superficie de 70.645 km²; y,
- LOTE 2, que ocupa una superficie de 51.450 km² 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, Acuacultura 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.

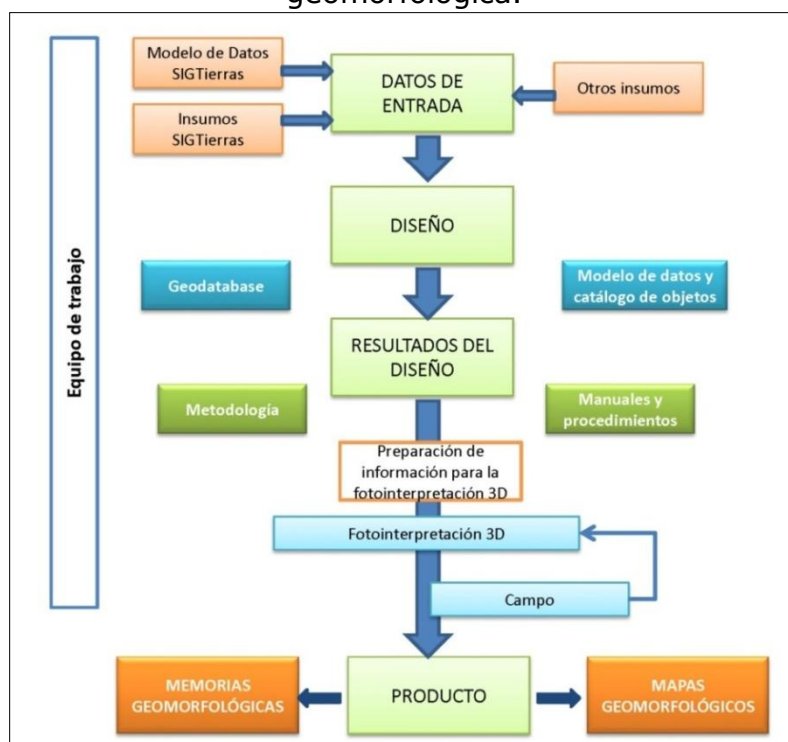
Como parámetros y unidades específicas de trabajo se establecen las siguientes:

- 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 km²), 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 km²), 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.

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

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

GRUPO GENÉTICO (tipo general de modelado)	SUBGRUPO	EJEMPLOS DE GEOFORMAS	CLAVE
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 la CODIGEM-BGS (a diferentes escalas y años de edición), constan sin edad en el esquema geológico.

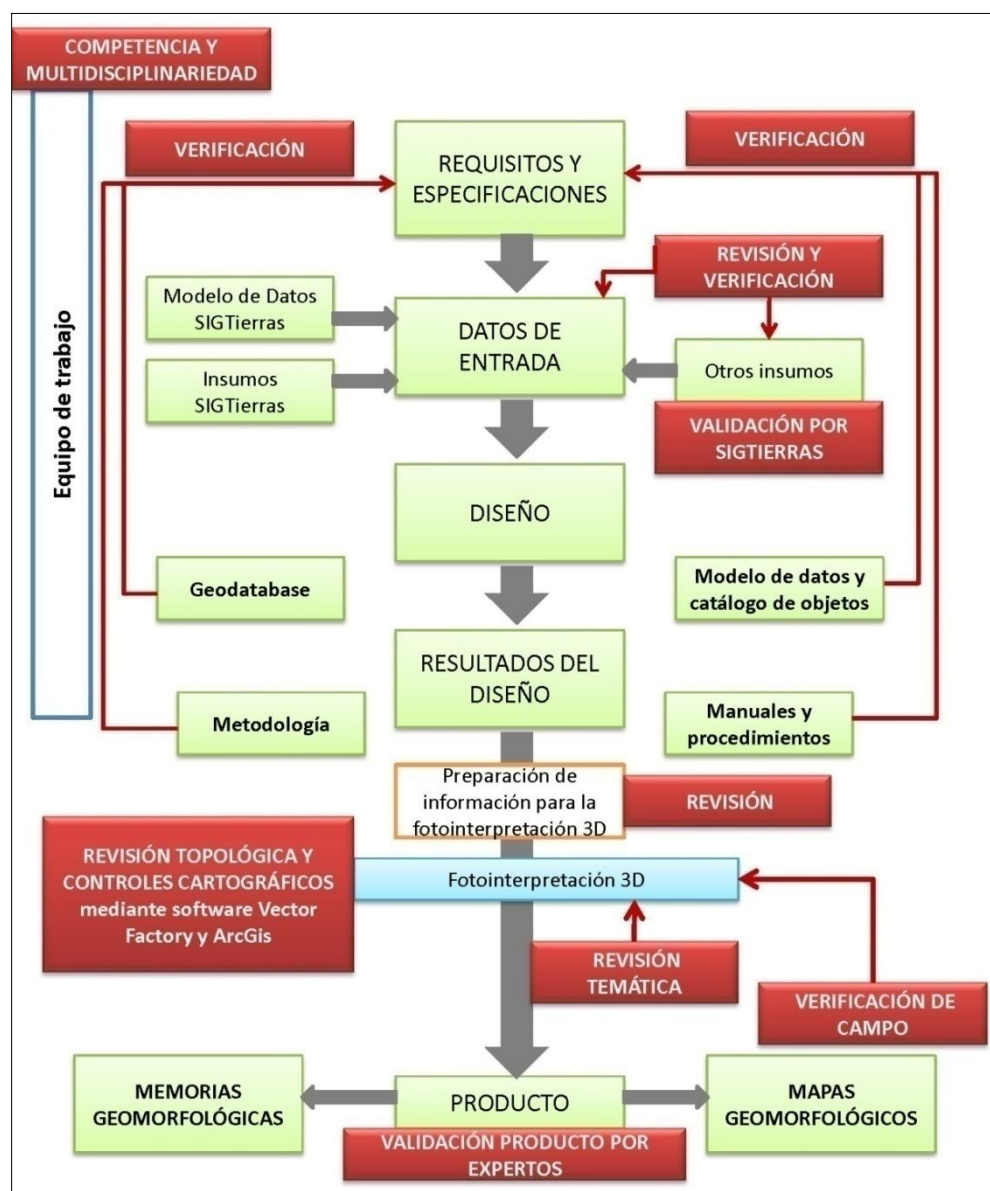
El término "formación" está utilizado en sentido amplio e incluye tanto a rocas del sustrato ("*bedrock*", en terminología anglosajona) como a formaciones o depósitos superficiales, habitualmente del Cuaternario. En el Anexo IV (epígrafe 3, Atributos geológicos: formación geológica y litología) se explica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

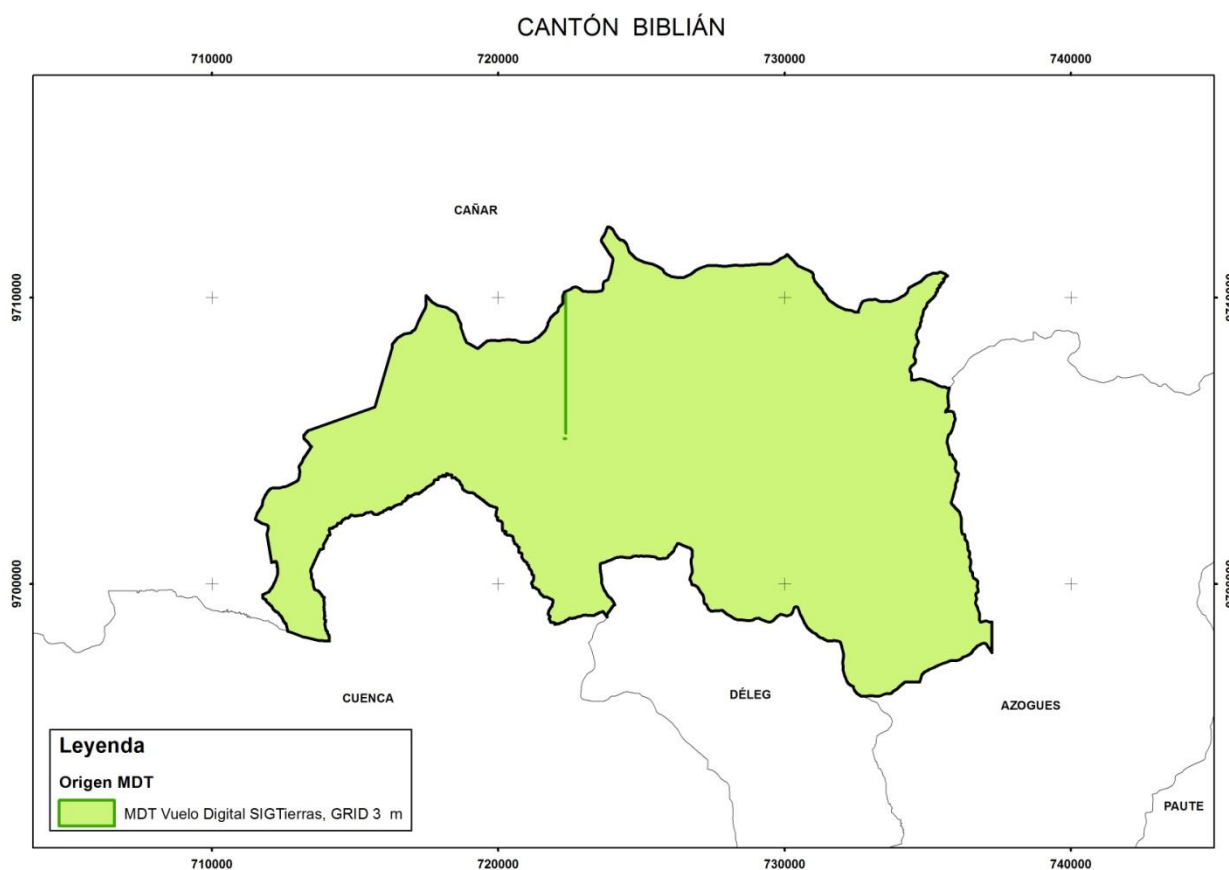
Estos hitos son los siguientes:

- 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 Biblián 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 Biblián.



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: Gualleturo (Hoja 52), esc. 1:100.000. *DGGM*. Quito.
- DGGM-UK (Dirección General de Geología y Minas; Misión Británica), 1980. Hoja Geológica: Cuenca (Hoja 53), esc. 1:100.000. *DGGM*. Quito.
- DGGM-UK (Dirección General de Geología y Minas; Misión Británica), 1975. Hoja Geológica: Cañar (Hoja 72), esc. 1:100.000. *DGGM*. Quito.
- DGGM-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), 1997 y 1998. Mapa Geológico de la Cordillera Occidental del Ecuador, esc. 1:200.000. (Publicado en 5 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 Biblián.

Código	Cartas Topográficas
NV_D4	San Francisco de Gualleturo
ÑV_C3	Cañar
NV_F2	Chiquintad
ÑV_E1	Azogues

Fuente: IGM (Instituto Geográfico Militar)

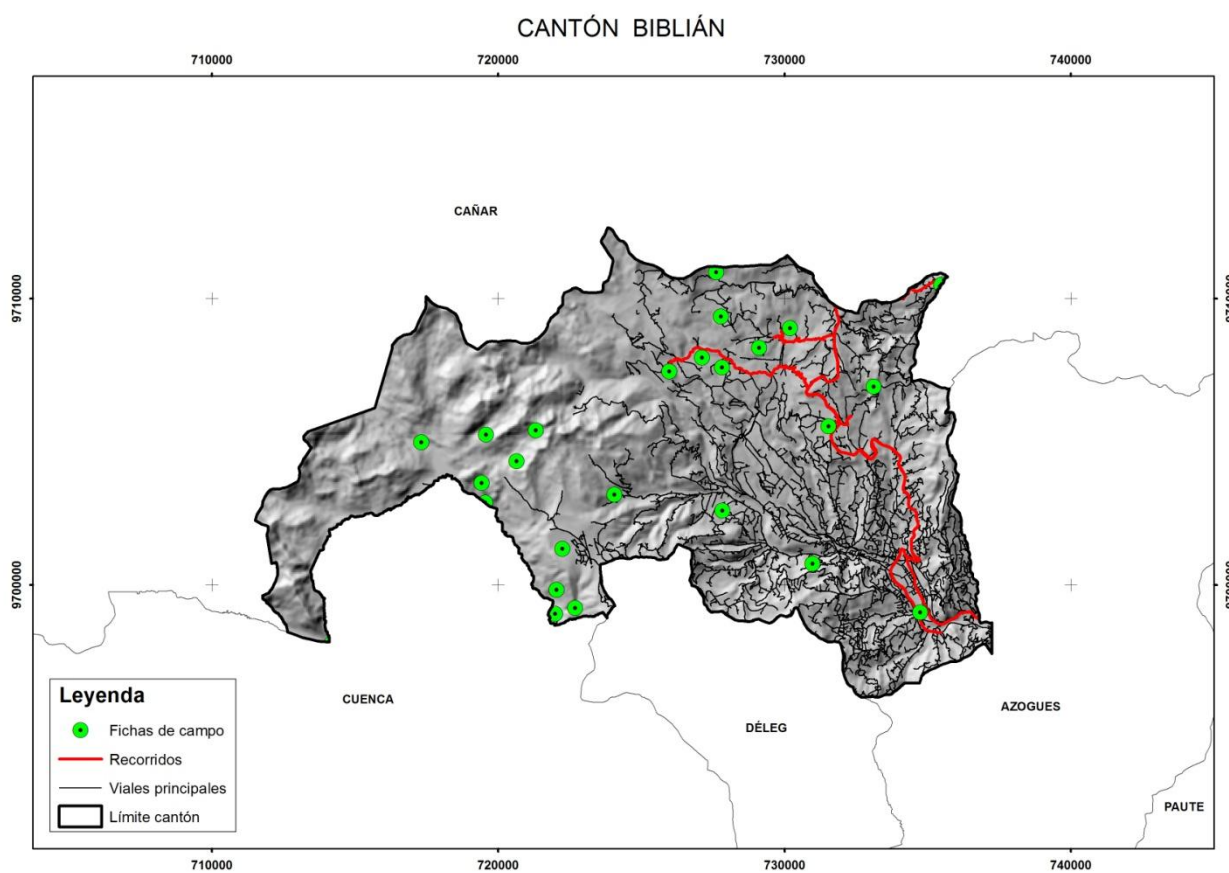
III. RESULTADOS

3.1. Levantamiento de información

La comprobación de campo del cantón Biblián se realizó los días 8 y 11 de abril y los días 9 y 11 de junio de 2014, con varios recorridos previamente establecidos por todo el cantón. Al momento de realizar la memoria no se contaba con la información de los recorridos de campo por lo que en la mitad occidental se muestran solamente las fichas. Finalmente se levantaron 23 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 Biblián.



Fuente: CTN

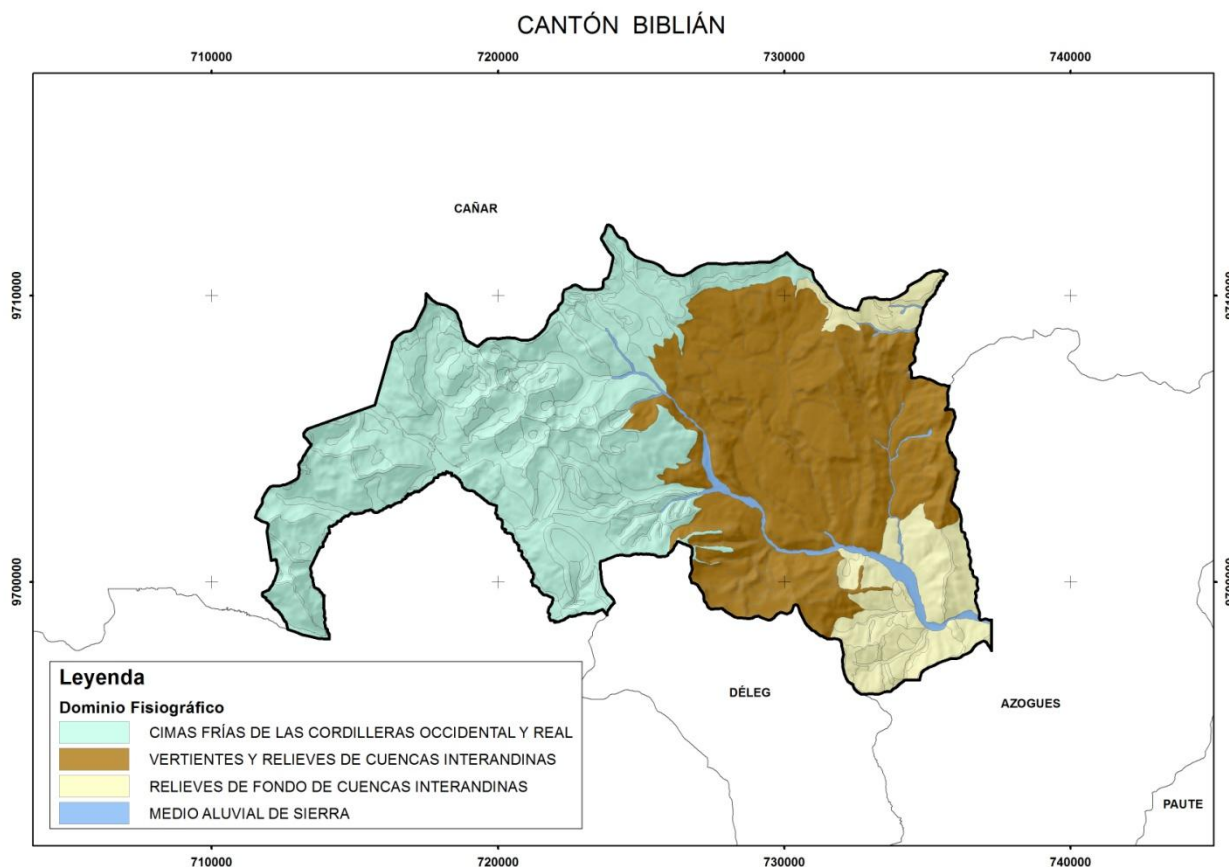
La definición y características de las diferentes Regiones, Dominios Fisiográficos y Contextos Morfológicos, que se explican en los siguientes apartados 3.2 y 3.3, están basadas en Winckell (1997).

3.2. Región y Dominios Fisiográficos

Territorialmente el cantón Biblián tiene una superficie de 225 km² aproximadamente, de los cuales el presente estudio geomorfológico contempla su totalidad. 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, presentando cuatro dominios fisiográficos, cuya 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 Biblián.



Fuente: CTN

Cuadro 3.1. Región y dominios fisiográficos presentes en el cantón Biblián.

REGIÓN	DOMINIO FISIOGRAFICO	Superficie	Porcentaje
SIERRA	Cimas frías de las Cordilleras Occidental y Real	106 km ²	47,3%
	Vertientes y relieves de cuencas interandinas	87 km ²	38,8%
	Relieves de fondo de cuencas interandinas	26 km ²	11,7%
	Medio aluvial de Sierra	5 km ²	2,2%

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 fajas paralelas con sentido meridiano que coronan las dos cordilleras andinas, Occidental y Oriental. La altitud es el primer punto en común a esos paisajes: alcanza los 6.310 msnm en el volcán Chimborazo, mientras que sus límites inferiores son todavía muy elevados: oscilan, como promedio, entre 3.300 y 3.400 msnm en la zona norte del país y entre 3.100 y 3.200 msnm hacia Amaluza, en el sur. Además de los típicos paisajes glaciares que caracterizan este dominio, también se incluyen en él la franja periglaciaria 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.

Este dominio con 106 km², es el de mayor superficie en el cantón Biblián, ocupando toda la mitad occidental del mismo, en las zonas más altas, formando parte de la Cordillera del Machángara. Se desarrolla mayoritariamente sobre materiales volcánicos del Pleistoceno pertenecientes a la Formación Tarqui, en ocasiones recubiertos por depósitos glaciares del Cuaternario. Presenta altitudes comprendidas entre los 3.030 y los 4.340 msnm, alcanzando los 4.310 msnm en el cerro Trojecharina, situado en el extremo noroccidental del cantón Biblián.

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. Al igual que otros dominios fisiográficos, éste presenta una cobertura de cenizas volcánicas que disminuye en importancia hacia el sur del país, hasta desaparecer. El contexto morfológico *Vertientes y relieves superiores de las cuencas interandinas, sin cobertura piroclástica (Sierras Central y Meridional)* llega a contactar con el dominio

de *Cimas frías*, en clara ruptura de pendiente con él. El contexto morfológico *Vertientes y relieves inferiores de las cuencas interandinas, sin cobertura piroclástica (Sierra Sur)*, por su parte, enlaza 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.

Este dominio con aproximadamente 87 km², ocupa la mitad oriental del cantón, salvo su sector suroriental. Se desarrolla mayoritariamente sobre la Formación Mangán del Mioceno y sobre las formaciones Santa Rosa y Turi, ambas del Plioceno. También se constituye por depósitos cuaternarios entre los que destacan los depósitos de ladera y los coluvio-aluviales. Presenta alturas comprendidas entre los 2.650 y los 3.795 msnm.

3.2.3. Dominio Fisiográfico Relieves de fondo de cuencas interandinas

Este dominio es una continuación al descrito anteriormente (*Vertientes y relieves de Cuencas Interandinas*) con el que conforma el conjunto del corredor interandino. Son esencialmente zonas entre horizontales y suavemente inclinadas, con un modelado superficial monótono, de plano a ligeramente ondulado, que constituyen alvéolos insertos en el medio montañoso andino. En la mitad meridional del país, los *Relieves de fondo de Cuencas Interandinas* se caracterizan por ocupar zonas de transición, sin cobertura de cenizas, entre las *Vertientes y relieves de Cuencas Interandinas* y el *Medio aluvial de Sierra*. Se emplaza con una orientación SO-NE, heredado de los grandes accidentes tectónicos de la cordillera. Su origen estructural da a los cursos hídricos una alineación en este mismo sentido.

El paisaje que se presenta en el cantón Biblián se caracteriza principalmente por vertientes heterogéneas, superficies inclinadas y deslizamientos que conectan con los valles fluviales y coluvio-aluviales del dominio fisiográfico *Medio aluvial de Sierra* descrito a continuación. Se constituye mayoritariamente por los materiales de las formaciones Biblián y Mangán, de edad pliocena. Asimismo se desarrolla sobre depósitos cuaternarios entre los que destacan los depósitos de ladera (coluvial).

Se localiza en los sectores nororiental y suroriental del cantón Biblián, ocupando una superficie de 26 km² y presentando alturas comprendidas entre los 2.530 y los 3.700 msnm.

3.2.4. Dominio Fisiográfico Medio aluvial de Sierra

El dominio incluye las diferentes formas fluviales actuales y heredadas, así como sus depósitos asociados en la región Sierra.

En el cantón Biblián atraviesa la zona de estudio de noroeste a este y de norte a sur, disectando mayoritariamente materiales volcánicos y sedimentarios de edad miocena y pliocena. Queda representado principalmente por los sistemas fluviales de los ríos Galuay y Burgay (con dirección preferencial NO-SE); río Cashicay (con dirección preferencial N-S) y quebrada Gulag (con dirección preferencial S-N). Presenta alturas comprendidas entre los 2.520 y los 3.620 msnm, quedando representado por un solo

contexto morfológico con la misma denominación que el dominio: *Medio aluvial de Sierra*.

3.3. Contextos Morfológicos

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

Cuadro 3.2. Contextos morfológicos presentes en el cantón Biblián.

REGIÓN	DOMINIO FISIOGRAFICO	CONTEXTO MORFOLÓGICO
SIERRA	Cimas frías de las Cordilleras Occidental y Real	Paisajes glaciares
		Relieves de los márgenes de las cimas frías
	Vertientes y relieves de cuencas interandinas	Vertientes y relieves superiores de las cuencas interandinas, sin cobertura piroclástica (Sierras Central y Meridional)
	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 presenta en las tierras más frías de las Cordilleras Occidental y Real, cuyas morfologías más características se corresponden con formas y depósitos glaciares, actuales y heredados, a las que a veces se llegan a superponer otras formas provenientes del periglacialismo actual. Este modelado es generalizado por encima de los 3.600 metros de altitud en el norte y baja progresivamente en el centro y sur del país, en donde no alcanza más de los 3.200 metros, presentando temperaturas medias anuales inferiores a 10°C. Habiendo desaparecido casi totalmente los glaciares que las formaron, las magníficas formas glaciares, reconocibles fácilmente, que jalonan la mayor parte de las crestas andinas, hoy no son, evidentemente funcionales.

En el cantón se localiza en la mitad occidental, en las partes altas de la Cordillera del Machángara, donde se encuentran numerosos cerros con altitudes superiores a los 4.000 metros, como el cerro Jatunquinuas, el cerro Juidán o el cerro Buihuacana. En este contexto glacial la morfología se caracteriza principalmente por circos glaciares, vertientes de valle glacial, fondos de valle glacial, valles glaciares colgados, etc. Litológicamente se desarrollan sobre tobas y aglomerados volcánicos pertenecientes a la Formación Tarqui y en menor medida sobre depósitos glaciares generados por la acción pasada de las masas de hielo. Su extensión total es de 95 km²

aproximadamente, que equivalen al 42,4% del total del cantón, siendo el contexto con mayor extensión del mismo, presentando alturas comprendidas entre los 3.350 y los 4.340 msnm.

3.3.2. Relieves de los márgenes de las cimas frías

Este contexto representa la articulación de las tierras frías andinas con las vertientes externas (dominios Vertientes externas de la Cordillera Occidental y Vertientes externas de la Cordillera Real) y con las vertientes interandinas (dominio Vertientes y relieves de las Cuencas Interandinas). En definitiva, a través de este contexto se enlazan los modelados glaciares y periglaciares con el inicio de la disección lineal de las vertientes.

Este contexto ocupa una extensión de alrededor de 11 km², distribuyéndose al pie de los *Paisajes glaciares* en su sector meridional, en una franja con dirección N-S dentro del cantón, en su zona meridional. Está principalmente modelado por diversos tipos de laderas y relieves colinados, con coluviones y depósitos de deslizamiento en las zonas medias o bajas de dichas vertientes o relieves colinados. Presenta altitudes comprendidas entre los 3.030 y los 3.810 metros.

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

Da lugar al conjunto más elevado que se puede diferenciar en las cuencas interandinas de, especialmente, la Sierra Central. Aparece en las partes altas de los valles de los ríos Jubones, León y Paute, en el conjunto de relieves elevados de las cuencas de Cuenca-Azogues, Sigsig-Gualaceo, Azogues-Biblián y Cañar, así como en el valle de Girón-Santa Isabel. Las máximas altitudes del contexto alcanzan los 3.200-3.300 msnm, con límites inferiores muy variables según las diferentes zonas, que llega a descender a 1.600 msnm (en la terminación meridional de la depresión de los ríos León y Jubones).

Ocupan una superficie importante, prolongándose hasta los pisos inferiores de las cuencas y valles, con modelados dominantes que poseen una forma en escalera, originando vertientes rectilíneas y heterogéneas, con grado de disección variable, así como superficies inclinadas. Se emplaza principalmente sobre arcillas rojas con areniscas y conglomerados pertenecientes a la Formación Santa Rosa y sobre depósitos glaciares. En menor medida lo hace sobre materiales del Mioceno, que comprenden limolitas, lutitas y areniscas de la Formación Mangán, sobre arcillas arenosas con presencia de yeso pertenecientes a la Formación Biblián y sobre tobas y aglomerados volcánicos de la Formación Tarqui.

Se extiende sobre una superficie de unos 87 km², siendo el segundo contexto más extenso del cantón. Se localiza en su mitad oriental, con alturas comprendidas entre los 2.650 y los 3.795 msnm.

3.3.4. 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 las depresiones de Cuenca y de Nabón-Las Nieves. Finalmente, pertenecen también a este contexto los restos y testigos de glaciares que aparecen en la parte inferior del valle de Girón y en la cuenca de Catamayo. Morfológicamente predominan las superficies de onduladas a suavemente disectadas, compuestas por interfluvios con suave pendiente en forma de lomas rebajadas, convexas, surcadas por pequeñas incisiones longitudinales.

En el cantón Biblián, el contexto se localiza en los sectores nororiental y suroriental, ocupando una extensión total que se aproxima a los 26 km², presentando alturas comprendidas entre los 2.530 y los 3.700 msnm. En el sector nororiental se desarrolla sobre los materiales sedimentarios de la Formación Mangán, sobre los conglomerados andesíticos de la Formación Turi y sobre depósitos glaciares. En el sector suroriental está constituida por arcillas arenosas con presencia de yeso pertenecientes a la Formación Biblián, por lutitas laminadas claras de la Formación Loyola y también por limolitas, lutitas y areniscas de la Formación Mangán, así como por depósitos de ladera. En menor medida se compone por arcillas rojas con areniscas y conglomerados de la Formación Santa Rosa y por areniscas tobáceas pertenecientes a la Formación Azogues.

3.3.5. Medio aluvial de Sierra

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

3.4. Geoformas y formaciones geológicas presentes en el cantón

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

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

CONTEXTO MORFOLÓGICO	GRUPO GENÉTICO	GEOFORMA	Km ² (aprox.)
Paisajes glaciares	FLUVIAL	Barranco	<1
		Superficie de cono de deyección	<1
	LADERAS	Vertiente rectilínea	8
		Vertiente rectilínea con fuerte disección	2
		Vertiente heterogénea	7
		Vertiente rocosa	5
		Vertiente heterogénea con fuerte disección	<1
		Coluvión reciente	<1
		Coluvión antiguo	<1
		Depósitos de deslizamiento, masa deslizada	<1
	GLACIAR Y PERIGLACIAR	Circo glaciar	13
		Cubeta glaciar	<1
		Fondo de valle glaciar	4
		Vertiente de valle glaciar	33
		Valle glaciar colgado	4
		Horn	<1
		Rocas aborregadas	1
		Laguna glaciar	<1
		Morrena de fondo	<1
		Morrena lateral	<1
		Morrena frontal, arco morrénico	<1
		Morrenas	<1
		Depósito glaciar modelado por acción fluvial	<1
		Hondonadas pantanosas de origen glaciar-periglaciario	1

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

CONTEXTO MORFOLÓGICO	GRUPO GENÉTICO	GEOFORMA	Km ² (aprox.)
Paisajes glaciares	GLACIAR Y PERIGLACIAR	Afloramientos rocosos en ambiente periglaciario	2
		Rocas en crestas y cuchillas	<1
	VOLCÁNICO	Superficie volcánica ondulada	3
	POLIGÉNICAS	Coluvio-aluvial antiguo	<1
		Superficie inclinada	<1
		Superficie inclinada disectada	<1
		Superficie alta	<1
		Interfluvio de cimas redondeadas	3
		Interfluvio de cimas estrechas	3
	OTRAS GÉNESIS	Superficie intervenida	<1
Relieves de los márgenes de las cimas frías	FLUVIAL	Barranco	<1
	LADERAS	Vertiente rectilínea	<1
		Vertiente rectilínea con fuerte disección	1
	GLACIAR Y PERIGLACIAR	Depósito glaciar modelado por acción fluvial	<1
	VOLCÁNICO	Vertiente abrupta de derrames volcánicos tabulares	7
	POLIGÉNICAS	Coluvio-aluvial reciente	<1
		Coluvio-aluvial antiguo	<1
		Interfluvio de cimas redondeadas	1
Vertientes y relieves superiores de las cuencas interandinas, sin cobertura piroclástica (Sierras Central y Meridional)	FLUVIAL	Garganta	<1
		Terraza media	<1
	LADERAS	Vertiente rectilínea	14
		Vertiente rectilínea con fuerte disección	6
		Vertiente rectilínea con abruptos	1
		Vertiente abrupta	<1
		Vertiente heterogénea	15

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

CONTEXTO MORFOLÓGICO	GRUPO GENÉTICO	GEOFORMA	Km ² (aprox.)
Vertientes y relieves superiores de las cuencas interandinas, sin cobertura piroclástica (Sierras Central y Meridional)	LADERAS	Vertiente heterogénea con fuerte disección	3
		Escarpe de deslizamiento	1
		Coluvión reciente	3
		Coluvión antiguo	2
		Macrocoluvión	3
		Depósitos de deslizamiento, masa deslizada	10
	GLACIAR Y PERIGLACIAR	Depósito glaciar modelado por acción fluvial	4
	TECTÓNICO-EROSIVO	Relieve colinado medio	<1
		Relieve colinado alto	1
	POLIGÉNICAS	Coluvio-aluvial reciente	<1
		Coluvio-aluvial antiguo	4
		Superficie horizontal disectada	<1
		Relieve en rellanos y aplanamientos inclinados	3
		Superficie inclinada	11
		Superficie inclinada disectada	1
		Abrupto de superficie inclinada	2
		Interfluvio de cimas redondeadas	2
		Interfluvio de cimas estrechas	<1
		Macizo rocoso	<1
	OTRAS GÉNESIS	Superficie intervenida	<1
Relieves de fondo de cuencas interandinas sin cobertura piroclástica	FLUVIAL	Barranco	<1
		Encañonamiento	<1
	LADERAS	Vertiente rectilínea	2
		Vertiente rectilínea con fuerte disección	6
		Vertiente heterogénea	6

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

CONTEXTO MORFOLÓGICO	GRUPO GENÉTICO	GEOFORMA	Km ² (aprox.)
Relieves de fondo de cuencas interandinas sin cobertura piroclástica	LADERAS	Vertiente heterogénea con fuerte disección	4
		Coluvión reciente	<1
		Coluvión antiguo	3
		Depósitos de deslizamiento, masa deslizada	<1
	ESTRUCTURAL	Restos de superficie estructural	<1
	TECTÓNICO-EROSIVO	Relieve colinado bajo	<1
		Relieve colinado alto	<1
	POLIGÉNICAS	Coluvio-aluvial antiguo	<1
		Superficie inclinada	1
		Interfluvio de cimas redondeadas	<1
		Interfluvio de cimas estrechas	<1
Medio aluvial de Sierra	FLUVIAL	Valle fluvial, llanura de inundación	3
		Valle en V	<1
		Barranco	<1
	POLIGÉNICAS	Coluvio-aluvial antiguo	1

Fuente: CTN

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

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

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

FORMACIÓN GEOLÓGICA O DEPÓSITO SUPERFICIAL	SÍMBOLO	EDAD	LITOLOGÍA	km² (aprox.)
Depósitos de ladera (derrumbe)	Q _{dl3}	Cuaternario	Mezcla heterogénea de materiales finos y fragmentos angulares rocosos de muy diverso tamaño	11
Depósitos de ladera (coluvial)	Q _{dl4}	Cuaternario	Mezcla heterogénea de materiales finos y fragmentos angulares rocosos, con ausencia de estratificación y estructuras de ordenamiento interno	12
Depósitos coluvio aluviales	Q _{dca}	Cuaternario	Limo-arcillas, arenas, gravas y bloques	7
Depósitos aluviales	Q _{da}	Cuaternario	Arenas, limos, arcillas y conglomerados	3
Depósitos aluviales (cono de deyección)	Q _{da5}	Cuaternario	Limo-arcillas y arenas, gravas y bloques en proporciones variables	<1
Depósitos aluviales (terrazas)	Q _{da8}	Cuaternario	Conglomerado, limo arenoso, arcilla limosa	<1
Depósitos glaciares	Q _{dg}	Cuaternario	Till, tillita. Depósitos pobremente clasificados con ausencia de estratificación y ordenamiento interno, con fragmentos de tamaño bloque empastados en matriz de grano fino	16
Depósitos fluvio glaciares	Q _{dfg}	Cuaternario	Bloques y gravas en matriz de grano fino, con ocasionales niveles de arenas	5
Depósitos kársticos (travertino)	Q _{dk1}	Cuaternario	Travertino	<1
Depósitos superficiales	Q _{dsi}	Cuaternario	Depósitos superficiales indiferenciados	1
Formación Tarqui	P _{Tq}	Pleistoceno	Tobas y aglomerados (dacíticos, riolíticos y andesíticos) caolinizados, con bajo porcentaje de lava	92
Formación Turi	P _{Tu}	Pleistoceno	Conglomerados andesíticos gruesos y brechosos, con intercalaciones de areniscas y limolitas tobáceas; escasamente litificados y consolidados	11

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

FORMACIÓN GEOLÓGICA O DEPÓSITO SUPERFICIAL	SÍMBOLO	EDAD	LITOLOGÍA	km² (aprox.)
Formación Santa Rosa	Pl _{SR}	Plioceno	Alternancia de arcillas rojas con areniscas y conglomerados	30
Formación Mangán	Mio _{Mn}	Mioceno	Limolitas, lutitas y areniscas de grano fino interestratificadas; lutitas con vetas de carbón; areniscas de grano grueso y conglomeráticas	18
Formación Guapán	Mio _{Gp}	Mioceno	Lutitas laminadas, areniscas tobáceas oscuras	<1
Formación Azogues	Mio _{Az}	Mioceno	Areniscas tobáceas de grano medio a grueso; niveles de conglomerados y capas poco potentes de arcillas, limos y lutitas	<1
Formación Loyola	Mio _{Ly}	Mioceno	Lutitas laminadas claras, con yeso; localmente, areniscas y conglomerados basales con niveles de arcillas y limolitas	2
Formación Biblián	Mio _{Bi}	Mioceno	Arcillas arenosas, a menudo rojizas y con presencia de yeso, y areniscas tobáceas gruesas	15
Formación Celica	K _{Ce}	Cretácico	Tobas andesíticas verdes muy meteorizadas y lavas andesíticas a andesito-basálticas	2

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. 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" (Mn= Mangán, Ly= Loyola, Bi=Biblián, etc.).

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 discurre por el sector central, asociada al sistema fluvial de los ríos Burgay (con dirección preferencial NO-SE) y Galuay (con dirección preferencial O-E). Se desarrolla en el contexto *Medio aluvial de Sierra* y se caracteriza por la presencia de depósitos aluviales de granulometría muy diversa, transportados y depositados por los canales fluviales. En la ficha levantada los depósitos presentan un 40% de arena, un 40% de arcilla y un 20% de grava.

Presentan pendientes muy suaves (de 2 a 5%) y formas de valle planas con una anchura media mayoritaria comprendida entre 100 y 200 metros. Los drenajes son mayoritariamente meándricos y en menor medida dendríticos.



Fotos 1 y 2. Valle fluvial, llanura de inundación. Vista general (izquierda) y detalle del depósito superficial (derecha). Depósitos aluviales. Sector localidad de Biblián. 08/04/2014.

3.5.1.2. Valle en V (E1)

Esta unidad se localiza en el sector suroriental del cantón, al sureste de la localidad de Biblián, ocupando una pequeña superficie de aproximadamente 4 ha en las que el río Burgay se ha encajado. Se desarrolla en el contexto *Medio aluvial de Sierra* y se constituye por depósitos aluviales compuestos por arenas, limos, arcillas y conglomerados. Presenta pendientes fuertes (de 40 a 70%) y formas de drenaje meándricas.

3.5.1.3. Barranco (E2)

Se localizan en los sectores nororiental y suroriental del cantón, sobre cuatro contextos morfológicos: i) *Paisajes glaciares*; ii) *Relieves de los márgenes de las cimas frías*; iii) *Relieves de fondo de cuencas interandinas sin cobertura piroclástica*; y; iv) *Medio aluvial de Sierra*.

Erosiona los materiales volcánicos de la Formación Celica; las arcillas arenosas de la Formación Biblián; las limolitas, lutitas y areniscas de la Formación Mangán; las tobas y aglomerados volcánicos de la Formación Tarqui y depósitos glaciares.

Presenta pendientes transversales de medias a fuertes hasta fuertes (de 25 a 70%), que aunque no comprendan los rangos asignados para los barrancos, han sido revisadas y presentan ausencia generalizada de suelos. Las formas de valle son en V.

3.5.1.4. Garganta (E3)

Esta unidad se localiza en el sector meridional del cantón, formando la incisión de las quebradas Ayapamba y Mangan, en su confluencia con el río Galuay. Erosiona los materiales sedimentarios del Plioceno pertenecientes a la Formación Santa Rosa y se desarrolla sobre el contexto *Vertientes y relieves superiores de las cuencas interandinas, sin cobertura piroclástica (Sierras Central y Meridional)*.

Presenta pendientes fuertes (de 40 a 70%), desniveles relativos comprendidos entre 5 y 15 metros, longitudes de vertiente cortas (de 15 a 50 metros) con formas rectilíneas y formas de valle en V.

3.5.1.5. Encañonamiento (E4)

Se localiza en el extremo suroriental del cantón (formando la incisión de la quebrada Shanshi), erosionando el contexto *Relieves de fondo de cuencas interandinas sin cobertura piroclástica*.

La geoforma erosiona los materiales sedimentarios del Mioceno pertenecientes a la Formación Biblián, presentando desniveles relativos comprendidos entre 50 y 100 metros, pendientes fuertes (de 40 a 70%), formas de valle en V y longitudes de vertiente moderadamente largas (de 50 a 250 metros) con formas cóncavas. El encañonamiento presenta una longitud aproximada de 1.700 metros y una anchura media de 140 metros.

3.5.1.6. Terraza media (Tm)

Esta geoforma se localiza en el sector meridional del cantón, en la margen derecha del río Galuay, sobre el contexto *Vertientes y relieves superiores de las cuencas interandinas, sin cobertura piroclástica (Sierras Central y Meridional)*.

Presentan pendientes suaves (de 5 a 12%) y representan el primer nivel de terrazas por encima de los depósitos fluviales actuales, situándose, como promedio, a una

altura de entre 10 y 20 metros sobre el cauce del río Galuay. Litológicamente se componen por conglomerados, limos arenosos y arcillas limosas.

3.5.1.7. Superficie de cono de deyección (Cd1)

Esta unidad geomorfológica se ubica en el extremo meridional del cantón, en la margen izquierda del río Machángara, sobre el contexto morfológico *Paisajes glaciares*. Se constituyen por depósitos aluviales de cono de deyección, que constan de limo-arcillas y arenas, así como gravas y bloques en proporciones variables, provenientes de la erosión de los materiales de las formaciones Celica y Tarqui.

Presentan pendientes suaves a medias (de 5 a 25%), desniveles relativos comprendidos entre 50 y 100 metros y longitudes de vertiente largas a muy largas (de 250 a más de 500 metros) con formas convexas.

3.5.2. Laderas

3.5.2.1. Vertiente rectilínea (Lr1)

Esta geoforma se distribuye por toda la mitad oriental del cantón Biblián, localizándose en cuatro contextos morfológicos: i) *Paisajes glaciares*; ii) *Relieves de los márgenes de las cimas frías*; iii) *Vertientes y relieves superiores de las cuencas interandinas, sin cobertura piroclástica (Sierras Central y Meridional)*; y iv) *Relieves de fondo de cuencas interandinas sin cobertura piroclástica*.

Se desarrollan sobre un variado repertorio de formaciones geológicas: Celica, Biblián, Loyola, Santa Rosa, Turi, Tarqui y también sobre depósitos glaciares del Cuaternario.

Presentan pendientes de medias hasta fuertes (de 12% a 70%), desniveles relativos muy variables en todos los contextos morfológicos (de 50 a más de 300 metros) aunque mayoritariamente comprendidos entre 100 y 200 metros y longitudes de vertiente de moderadamente largas a muy largas (de 50 a más de 500 metros).

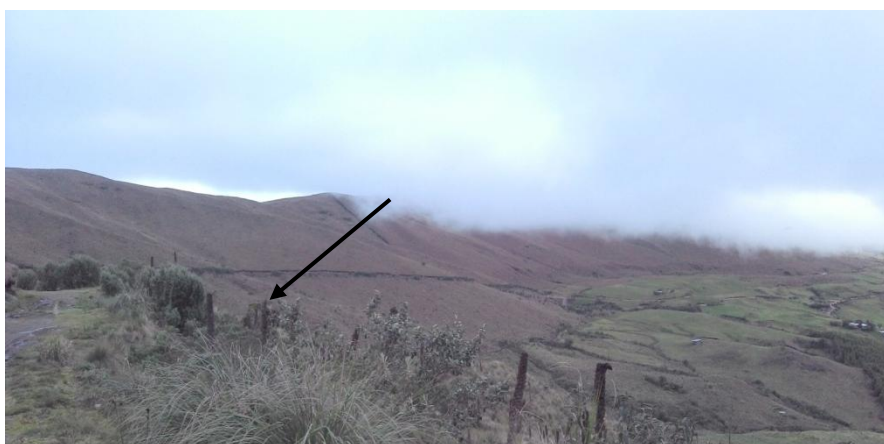


Foto 3. Vertiente rectilínea. Sector loma Yanarrumi. 09/06/2014.

3.5.2.2. Vertiente rectilínea con fuerte disección (Lr2)

Se reparten por buena parte de la mitad oriental del cantón, desarrollándose sobre cuatro contextos morfológicos: i) *Paisajes glaciares*; ii) *Relieves de los márgenes de las cimas frías*; iii) *Vertientes y relieves superiores de las cuencas interandinas, sin cobertura piroclástica (Sierras Central y Meridional)*; y iv) *Relieves de fondo de cuencas interandinas sin cobertura piroclástica*.

Presentan pendientes de medias hasta fuertes (de 12 a 70%), desniveles relativos muy variables, comprendidos entre 15 y más de 300 metros, aunque mayoritariamente superiores a 300 metros y longitudes de vertiente de moderadamente largas hasta muy largas (de 50 a más de 500 metros).

Se desarrollan sobre un variado elenco de formaciones geológicas: Celica, Biblián, Loyola, Santa Rosa, Tarqui y también sobre depósitos glaciares y depósitos de ladera del Cuaternario.

3.5.2.3. Vertiente rectilínea con abruptos (Lr4)

Esta unidad geomorfológica se ubica en el sector oriental del cantón, al oeste de la localidad de Papaloma Alto y al norte de la localidad de Sunillano, desarrollándose sobre el contexto morfológico *Vertientes y relieves superiores de las cuencas interandinas, sin cobertura piroclástica (Sierras Central y Meridional)*.

Se desarrollan sobre los materiales de la Formación Mangán y mayoritariamente sobre la Formación Santa Rosa, presentando pendientes medias a fuertes hasta fuertes (de 25 a 70%), desniveles relativos comprendidos entre 50 y 300 metros y longitudes de vertientes moderadamente largas hasta muy largas (de 50 a más de 500 metros).

3.5.2.4. Vertiente abrupta (La1)

Se localizan en el extremo oriental (ocupando la ladera occidental de la loma Charón), y una pequeña unidad en el sector meridional (al noroeste de la localidad de Mangán de Los Calles). Se desarrollan en el contexto morfológico *Vertientes y relieves superiores de las cuencas interandinas, sin cobertura piroclástica (Sierra Central y Meridional)*.

La unidad desarrollada en el extremo oriental del cantón está constituida por las tobas y aglomerados volcánicos de la Formación Tarqui, mientras que la unidad situada en el sector meridional, presenta arcillas rojas con areniscas y conglomerados pertenecientes a la Formación Santa Rosa.

Presenta pendientes fuertes a muy fuertes (de 40 a 100%), desniveles relativos que en el caso de la unidad localizada en el sector meridional, varían entre 5 y 15 metros, mientras que en la geoforma ubicada en el extremo oriental, varían entre 200 y 300 metros. Las vertientes presentan formas principalmente rectilíneas y cóncavas en menor medida, con longitudes que son cortas (de 15 a 50 metros) en la unidad geomorfológica situada en el sector sur y muy largas (más de 500 metros), en la vertiente localizada en el extremo oriental.

3.5.2.5. Vertiente heterogénea (Lh1)

Ubicadas en buena parte de la mitad oriental del cantón Biblián, se localizan en tres contextos morfológicos: i) *Paisajes glaciares*; ii) *Vertientes y relieves superiores de las cuencas interandinas, sin cobertura piroclástica (Sierra Central y Meridional)*; y iii) *Relieves de fondo de cuencas interandinas sin cobertura piroclástica*.

Son laderas de perfil mixto o irregular, que presentan pendientes medias hasta fuertes (de 12 a 70%), desniveles relativos variables, comprendidos entre 25 y 300 metros, aunque principalmente comprendidos entre 100 y 200 metros. Las longitudes de vertiente varían de moderadamente largas hasta muy largas (de 50 a más de 500 metros).

Se desarrollan sobre múltiples formaciones geológicas: Formación Biblián, Formación Guapán, Formación Loyola y Formación Mangán, todas ellas pertenecientes al Mioceno; además de la Formación Santa Rosa del Plioceno y las formaciones Turi y Tarqui de edad Pleistocena.



Fotos 4 y 5. Vertiente heterogénea. Vista general (izquierda) y detalle del macizo rocoso (derecha). Formación Tarqui. Sector sureste de Loma Tushín. 11/06/2014.

3.5.2.6. Vertiente rocosa (Lh3)

Esta geoforma se sitúa en el sector occidental del cantón, ocupando las laderas suroccidentales de los cerros Huagrauma, Jishomanuco y Yantaurcu, sobre el contexto morfológico *Paisajes glaciares*. Constituidas por tobas y aglomerados volcánicos de la Formación Tarqui, presentan pendientes medias a fuertes hasta

fuertes (de 25 a 70%), desniveles relativos situados entre 200 y más de 300 metros y longitudes de vertiente muy largas (más de 500 metros) con formas irregulares.

3.5.2.7. Vertiente heterogénea con fuerte disección (Lh4)

Esta geoforma se ubica en los sectores meridional (ocupando la ladera occidental de la loma Moraspata y la ladera nororiental de la loma Shuriray) y oriental (al este de la localidad de Biblián y al este de la localidad de Sunillano) del cantón, desarrollándose sobre tres contextos morfológicos: i) *Paisajes glaciares*; ii) *Vertientes y relieves superiores de las cuencas interandinas, sin cobertura piroclástica (Sierra Central y Meridional)*; y iii) *Relieves de fondo de cuencas interandinas sin cobertura piroclástica*.

Se desarrollan sobre las formaciones del Mioceno: Biblián, Mangán y sobre la Formación Tarqui del Pleistoceno. Presenta pendientes de medias a fuertes hasta fuertes (de 25 a 70%) y desniveles relativos comprendidos entre 50 y más de 300 metros. Las longitudes de vertiente varían desde moderadamente largas hasta muy largas (de 50 a más de 500 metros) y presentan formas irregulares.

3.5.2.8. Escarpe de deslizamiento (Lh6)

Se localizan en los sectores central y septentrional del cantón, al oeste de la localidad de Sunillano, desarrollándose sobre el contexto morfológico *Vertientes y relieves superiores de las cuencas interandinas, sin cobertura piroclástica (Sierra Central y Meridional)*.

Litológicamente se compone en su mayoría por depósitos glaciares y en menor medida por las formaciones de edad pliocena, Santa Rosa y Turi. Presenta pendientes medias a fuertes hasta fuertes (de 25 a 70%) y desniveles relativos comprendidos entre 15 y 100 metros. Las vertientes presentan longitudes moderadamente largas (de 50 a 250 metros) con formas irregulares, rectilíneas o cóncavas.



Foto 6. Escarpe de deslizamiento. Sector loma Montenegro. 11/06/2014.

3.5.2.9. Coluvión reciente (Col1)

Esta unidad se ubica en la zona centro oriental del cantón y en la zona meridional, junto a la localidad de Mangán de los Calles y puntualmente en la loma Moraspata. Se desarrolla sobre tres contextos morfológicos: i) *Paisajes glaciares*; ii) *Vertientes y relieves superiores de las cuencas interandinas, sin cobertura piroclástica (Sierra Central y Meridional)*; y iii) *Relieves de fondo de cuencas interandinas sin cobertura piroclástica*.

Constituidos por depósitos de ladera, que incluyen una mezcla heterogénea de materiales finos y fragmentos angulares rocosos, con ausencia de estratificación y estructuras de ordenamiento interno. Presentan pendientes de suaves hasta fuertes (de 5 a 70%), desniveles relativos comprendidos entre 15 y 200 metros y longitudes de vertiente de moderadamente largas hasta muy largas (de 50 a más de 500 metros) con formas convexas o irregulares.

3.5.2.10. Coluvión antiguo (Col2)

Esta geoforma se ubica en los sectores nororiental, suroriental y de forma puntual al suroeste de la loma Trancaloma, ocupando las partes medias y bajas de las laderas y desarrollándose sobre tres contextos morfológicos: i) *Paisajes glaciares*; ii) *Vertientes y relieves superiores de las cuencas interandinas, sin cobertura piroclástica (Sierra Central y Meridional)*; y iii) *Relieves de fondo de cuencas interandinas sin cobertura piroclástica*.

Presentan perfiles de ladera convexas e irregulares, pendientes de medias hasta medias a fuertes (de 12 a 40%), desniveles relativos muy variables (de 25 a más de 300 metros), aunque mayoritariamente comprendidos entre 100 y 200 metros y

longitudes de vertiente de moderadamente largas hasta muy largas (de 50 a más de 500 metros).

A diferencia de los coluviones recientes, los coluviones antiguos presentan un desarrollo vegetal que permite determinar que no se trata de un depósito actual. Están formados por material textural y composicionalmente heterogéneo, en el que predominan fragmentos de carácter angular y subangular englobados en una matriz arenosa o limosa, escasamente clasificados y sin estratificación.



Foto 7. Coluvión antiguo. Sector loma Montenegro. 11/06/2014.

3.5.2.11. Macrocoluvión (Col3)

Se localiza en el sector central del cantón, ocupando una superficie aproximada de 338 ha al norte de la loma Montenegro, sobre el contexto morfológico *Vertientes y relieves superiores de las cuencas interandinas, sin cobertura piroclástica (Sierra Central y Meridional)*. Se considera macrocoluviones a aquellos coluviones que presentan una superficie mayor a 140 ha.

Formados, al igual que la geoforma anterior (Col2), por depósitos de ladera (coluvial), presentan pendientes medias (de 12 a 25%), desniveles relativos comprendidos entre 100 y 200 metros y longitudes de vertiente muy largas (más de 500 metros) con formas rectilíneas.

3.5.2.12. Depósitos de deslizamiento, masa deslizada (Ld1)

Se distribuyen en los sectores central, nororiental y de manera puntual en el sector occidental del cantón Biblián, al sur del cerro Jatuncorona. Se desarrollan sobre tres contextos morfológicos: i) *Paisajes glaciares*; ii) *Vertientes y relieves superiores de las cuencas interandinas, sin cobertura piroclástica (Sierra Central y Meridional)*; y iii) *Relieves de fondo de cuencas interandinas sin cobertura piroclástica*.

Compuestos por material proveniente de la meteorización de las laderas y por fragmentos angulares rocosos de muy diverso tamaño, que en una de las fichas levantadas está representado por 60% de arena, 20% de arcilla y 20% de bloques redondeados. Presentan pendientes de suaves hasta fuertes (de 5 a 70%) y desniveles relativos comprendidos entre 50 y 300 metros, en función de la magnitud del deslizamiento. Presentan múltiples formas de vertiente (irregulares, cóncavas,

rectilíneas, convexas o mixtas) y las longitudes varían de moderadamente largas hasta muy largas (de 50 hasta más de 500 metros).

3.5.3. Glaciar y periglacial

3.5.3.1. Circo glaciar (Gf1)

Esta geoforma se distribuye por la mitad occidental del cantón, presentando una mayor concentración de unidades al este de Ventanilla. Se desarrollan sobre el contexto morfológico *Paisajes glaciares*, en el cual han conformado un paisaje de sobreexcavación glaciar sobre el que se ha superpuesto un modelado periglacial posterior.

Los circos glaciares de este sector han erosionado las tobas y aglomerados volcánicos de la Formación Tarqui, presentando pendientes medias a fuertes hasta fuertes (de 25 a 70%) y desniveles relativos muy variables (de 15 a más de 300 metros) en función de la magnitud de la erosión que las masas de hielo produjeron en cada caso. Las vertientes presentan longitudes de moderadamente largas hasta muy largas (de 50 a más de 500 metros) con formas mayoritariamente cóncavas y en menor medida rectilíneas o mixtas.

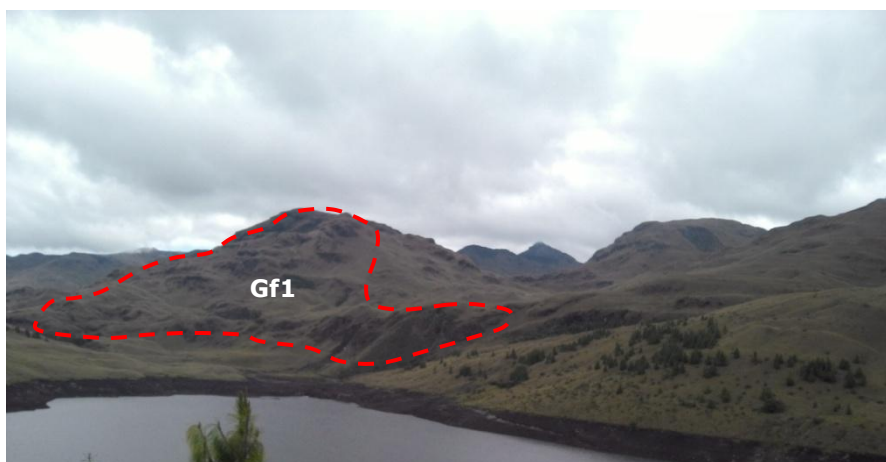


Foto 8. Circo glaciar. Sector cerro Jishomanuco. 11/04/2014.

3.5.3.2. Cubeta glaciar (Gf2)

Esta unidad se distribuye por la mitad occidental del cantón, generalmente al pie de las geoformas anteriormente descritas (Gf1) y por tanto al igual que los circos glaciares, presenta una mayor concentración de geoformas al este de Ventanilla. Se localiza en el contexto morfológico *Paisajes glaciares* y representan zonas deprimidas por efecto de la sobreexcavación glaciar.

Constituida por depósitos glaciares, que comprenden tillitas, pobremente clasificadas con ausencia de estratificación interna, con fragmentos de tamaño bloque empastados en matriz de grano fino. Presenta pendientes suaves a medias (de 5 a 25%) y desniveles relativos pequeños, comprendidos entre 5 y 50 metros. Las vertientes presentan longitudes de cortas hasta largas (de 15 a 500 metros) con formas cóncavas.

3.5.3.3. Fondo de valle glaciar (Gf3)

Se sitúan dispersos en el sector occidental del cantón, principalmente sobre los fondos de valle de los ríos Machángara y Piñacocha, así como sobre el fondo de valle de las quebradas Yana Urcu y Padrerrumi. Se desarrollan sobre el contexto morfológico *Paisajes glaciares*, ocupando el fondo de los valles generados por el avance de las masas glaciares, provenientes de los circos anteriormente descritos (Gf1), durante el último máximo glaciar. Estos valles presentan anchuras comprendidas entre 100 y 200 metros y longitudes que varían de 2 a 3 km.

Constituidos por depósitos glaciares que en la ficha seleccionada contienen 40% de limos, 30% de gravas y 30% de arenas. Presentan pendientes medias hasta medias a fuertes (de 12 a 40%) y formas de valle en U como generalmente poseen los valles de origen glaciar.



Foto 9. Fondo de valle glaciar. Sector quebrada Yana Urcu. 08/04/2014.

3.5.3.4. Vertiente de valle glaciar (Gf4)

Esta geoforma se distribuye por toda la mitad occidental del cantón, sobre el contexto morfológico *Paisajes glaciares*. Suponen las laderas que limitan con los fondos de valle glaciar anteriormente descritos (Gf3).

Se desarrollan sobre materiales volcánicos cretácicos de la Formación Celica y principalmente sobre tobas y aglomerados volcánicos pertenecientes a la Formación Tarqui. También se constituyen por depósitos glaciares cuaternarios.

Presentan pendientes de medias hasta muy fuertes (de 12 a 100%) aunque mayoritariamente son fuertes (de 40 a 70%) y desniveles relativos comprendidos entre 25 y más de 300 metros aunque principalmente superiores a 300 metros. Las longitudes de vertiente varían de moderadamente largas hasta muy largas (de 50 a más de 500 metros) aunque mayoritariamente son muy largas (más de 500 metros) y con formas mixtas, cóncavas, irregulares o rectilíneas.



Foto 10. Vertiente de valle glaciar. Sector loma Moraspata. 11/04/2014.

3.5.3.5. Valle glaciar colgado (Gf5)

Se sitúan en el sector occidental del cantón, sobre el contexto morfológico *Paisajes glaciares*. Estos valles glaciares secundarios han quedado colgados con respecto al valle glaciar principal del río Machángara, con dirección preferencial NO-SE. También se identificó una unidad en las proximidades de la Laguna Quitacocha, cuyo valle se encuentra colgado con respecto al río Piñacocha.

Se han desarrollado sobre tobas y aglomerados volcánicos de la Formación Tarqui y mayoritariamente sobre depósitos glaciares, constituidos por tillitas, pobremente clasificadas con ausencia de estratificación interna, con fragmentos de tamaño bloque empastados en matriz de grano fino. Presentan pendientes suaves a medias (de 5 a 25%) y formas de valle principalmente en U y en menor medida planas.

3.5.3.6. Horn (Gf6)

Esta unidad se localiza en el extremo noroccidental del cantón, representando las zonas culminantes del cerro Trojecharina. Se desarrolla sobre el contexto morfológico *Paisajes glaciares* y se ha formado por la coalescencia de circos glaciares y vertientes de valle glaciar.

Constituido por los materiales volcánicos de la Formación Tarqui, presenta pendientes muy fuertes (de 70 a 100%) y desniveles relativos comprendidos entre 200 y 300 metros. Las longitudes de vertiente son largas (de 250 a 500 metros) con formas rectilíneas y las cimas son agudas.

3.5.3.7. Rocas aborregadas (Gf7)

Se localizan en el sector occidental, en las zonas deprimidas situadas entre los cerros Buihuacana, Huagrauma y Padrerumi. Se desarrollan sobre el contexto *Paisajes glaciares* y están originadas por el movimiento del hielo sobre ellas, acción característica del modelado de erosión glaciar. Se desarrollan sobre tobas y aglomerados caolinizados, con bajo porcentaje de lava, pertenecientes a la Formación Tarqui y presentan pendientes medias hasta medias a fuertes (de 12 a 40%).

3.5.3.8. Laguna glaciar (Gf8)

Esta geoforma se sitúa en el extremo suroccidental del cantón, ocupando una superficie de aproximadamente 7,5 ha y presentando una pendiente plana. Concretamente es la denominada Laguna Piñacocha, situada a 3.862 msnm y originada por sobreexcavación de las masas glaciares que descendían desde el cerro Moriré (4.314 msnm), situado inmediatamente al norte de la laguna.

3.5.3.9. Morrena de fondo (Gd1)

Esta unidad se localiza en el sector occidental del cantón, sobre el contexto *Paisajes glaciares*, ocupando el fondo de valle del río Piñacocha en su confluencia con el río Machángara y también en la confluencia de las quebradas Padrerumi y Shoaserina.

Constituidas por depósitos glaciares, constituidos por tillitas, pobremente clasificadas con ausencia de estratificación interna, con fragmentos de tamaño bloque empastados en matriz de grano fino. Presentan pendientes medias (de 12 a 25%), desniveles relativos comprendidos entre 50 y 100 metros y longitudes de vertiente largas (de 250 a 500 metros) con formas convexas.

3.5.3.10. Morrena lateral (Gd2)

Se localizan en el sector occidental, sobre el contexto morfológico *Paisajes glaciares*, en la cuenca alta de la quebrada Buihuascaná y en la margen derecha del río Piñacocha, al oeste del cerro Parbarrumi.

Estos cordones morrénicos laterales están constituidos por depósitos glaciares y presentan pendientes medias hasta medias a fuertes (de 12 a 40%), desniveles relativos comprendidos entre 25 y 50 metros y longitudes de vertiente moderadamente largas (de 50 a 250 metros) con formas convexas.

3.5.3.11. Morrena frontal, arco morrénico (Gd3)

Esta geoforma ocupa una pequeña superficie de aproximadamente 2 ha en la margen derecha del río Piñacocha, sobre el contexto morfológico *Paisajes glaciares*.

Estas morrenas, que marcan el límite del avance del frente de la masa glaciar, están constituidas por depósitos glaciares y presentan pendientes medias a fuertes (de 25 a 40%), desniveles relativos comprendidos entre 5 y 15 metros y longitudes de vertiente cortas (de 15 a 50 metros) con formas cóncavas.

3.5.3.12. Morrenas (Gd4)

Se localizan en el sector occidental, en la cuenca alta del río Galuay, en la ladera norte de la loma Trancaloma, sobre el contexto morfológico *Paisajes glaciares*. Se aplica este término cuando no se puede diferenciar claramente el tipo de morrena de que se trata.

Formadas por depósitos glaciares, presentan pendientes medias (de 12 a 25%), desniveles relativos comprendidos entre 25 y 50 metros y longitudes de vertiente moderadamente largas (de 50 a 250 metros) con formas mixtas. Las cimas presentan formas redondeadas.

3.5.3.13. Depósito glaciar modelado por acción fluvial (Gd6)

Esta geoforma se ubica en los sectores meridional (ocupando las zonas deprimidas situadas entre las lomas Cuvilán y Ayaloma) y occidental del cantón (ocupando las zonas bajas de las cuencas altas de las quebradas Cachi, Padrerumi y Shoaserina), sobre tres contextos morfológicos: i) *Paisajes glaciares*; ii) *Relieves de los márgenes de las cimas frías*; y iii) *Vertientes y relieves superiores de las cuencas interandinas, sin cobertura piroclástica (Sierra Central y Meridional)*. Aparecen en contextos no glaciares ya que estos depósitos, originalmente generados por la acción glaciar, han sido afectados posteriormente por la acción fluvial, siendo por tanto geoformas heredadas de un ambiente glaciar-periglaciar que ya no está activo en este sector.

Están constituidos por depósitos fluvio glaciares que engloban bloques y gravas en matriz de grano fino, con ocasionales niveles de arenas. En la ficha seleccionada comprenden 40% de arcilla, 30% de arenas y 30% de limos. Presentan pendientes medias hasta medias a fuertes (de 12 a 40%), desniveles relativos comprendidos entre 200 y 300 metros y longitudes de vertiente muy largas (más de 500 metros) con formas irregulares o cóncavas.



Foto 11. Depósito glacial modelado por acción fluvial. Sector río Machángara, entre río Piñacocha y quebrada de Chicho. 11/04/2014.

3.5.3.14. Hondonadas pantanosas de origen glacial-periglacial (Gp2)

Se localizan en la mitad oriental del cantón, al norte de los cerros Buihuacana y Padrerumi, así como al norte y al este de la Loma Sarar, sobre el contexto *Paisajes glaciares*. Están constituidas por depósitos superficiales indiferenciados, presentando pendientes de planas a suaves (de 0 a 12%). Representan zonas de drenaje deficiente, de características endorreicas o semiendorreicas, con suelos esponjosos, tipo almohadilla y otras microformas producto de la acción de los ciclos de hielo-deshielo.

3.5.3.15. Afloramientos rocosos en ambiente periglacial (Gp3)

Esta unidad geomorfológica se sitúa en el sector occidental del cantón, en la ladera septentrional del cerro Padrerumi y en la ladera suroccidental del cerro Yantaurcu, sobre el contexto morfológico *Paisajes glaciares*.

Estos afloramientos rocosos se desarrollan sobre tobas y aglomerados volcánicos de la Formación Tarqui, presentando pendientes fuertes (de 40 a 70%), desniveles relativos comprendidos entre 100 y 200 metros y longitudes de vertiente larga (de 250 a 500 metros) con formas irregulares.



Foto 12. Afloramientos rocosos en ambiente periglacial. Sector ladera suroccidental de cerro Yantaurcu. 11/04/2014.

3.5.3.16. Rocas en crestas y cuchillas (Gp4)

Esta geoforma se ubica en el extremo occidental del cantón, sobre el contexto morfológico *Paisajes glaciares* y conformando las zonas culminantes del cerro Jatunquinuas.

Constituidas por tobas y aglomerados volcánicos pertenecientes a la Formación Tarqui, presenta pendientes fuertes (de 40 a 70%), desniveles relativos comprendidos entre 100 y 200 metros y longitudes de vertiente moderadamente largas (de 50 a 250 metros) con formas convexas. Las cimas presentan formas agudas.

3.5.4. Volcánico

3.5.4.1. Vertiente abrupta de derrames volcánicos tabulares (Rv5)

Esta geoforma se localiza en los sectores central (al sureste de la loma Bolaurcu) y meridional del cantón (al norte de la loma Tuñe), sobre el contexto morfológico *Relieves de los márgenes de las cimas frías*.

Constituidas por materiales volcánicos del Pleistoceno, que incluyen tobas y aglomerados volcánicos pertenecientes a la Formación Tarqui. Presentan pendientes fuertes (de 40 a 70%), desniveles relativos comprendidos entre 200 y más de 300 metros y longitudes de vertiente muy largas (más de 500 metros) con formas cóncavas o irregulares.

3.5.4.2. Superficie volcánica ondulada (RvSo)

Se localizan en el sector septentrional del cantón Biblián, ocupando la vertiente suroriental de la loma Sarar y la cuenca alta del río Buihuascaná, entre los cerros Yanaurcu y Huagrauma. Se desarrolla sobre el contexto morfológico *Paisajes glaciares*.

Constituidas por los materiales de la Formación Tarqui, presentan pendientes de muy suaves a suaves (de 2 a 12%), desniveles relativos comprendidos entre 15 y 25 metros y longitudes de vertiente moderadamente largas (de 50 a 250 metros).

3.5.5. Estructural

3.5.5.1. Restos de superficie estructural (Esr)

Se localizan en el extremo suroriental del cantón, al sur de la localidad de San Luis, sobre el contexto morfológico *Relieves de fondo de cuencas interandinas sin cobertura piroclástica*. Representan partes aisladas o separadas de una superficie estructural, en las que difícilmente se reconoce el condicionante estructural en su morfología. Se constituyen por lutitas laminadas claras, con yeso, pertenecientes a la Formación Loyola, presentando pendientes medias a fuertes (de 25 a 40%).

3.5.6. Tectónico-erosivo

3.5.6.1. Relieve colinado bajo (Rt3)

Esta geoforma se sitúa en el extremo norte del cantón Biblián, ocupando la vertiente sur de la loma Inganilla, sobre el contexto morfológico *Relieves de fondo de cuencas interandinas sin cobertura piroclástica*.

Está constituido por conglomerados andesíticos gruesos y brechosos pertenecientes a la Formación Turi, de edad pliocena. Presenta pendientes medias (de 12 a 25%), desniveles relativos comprendidos entre 15 y 25 metros y longitudes de vertiente moderadamente largas (de 50 a 250 metros) con formas mixtas. Los valles tienen formas en V y las cimas son redondeadas.

3.5.6.2. Relieve colinado medio (Rt4)

Estos relieves se sitúan en el sector suroriental del cantón, al norte de la localidad de Mangán de Los Calles, desarrollándose sobre el contexto morfológico *Vertientes y relieves superiores de las cuencas interandinas, sin cobertura piroclástica (Sierra Central y Meridional)*.

Están constituidas por arcillas rojas con areniscas y conglomerados pertenecientes a la Formación Santa Rosa, presentando pendientes medias hasta fuertes (de 12 a 70%), desniveles relativos comprendido entre 25 y 100 metros y longitudes de vertiente moderadamente largas (de 50 a 250 metros) con formas rectilíneas o convexas. Las formas de cima son agudas o redondeadas y los valles tienen formas principalmente en V.

3.5.6.3. Relieve colinado alto (Rt5)

Estos relieves se sitúan en los sectores central (entre Cebada loma y loma Zarar) y suroriental (en la margen derecha del río Burgay), del cantón Biblián. Se localizan en los contextos morfológicos *Vertientes y relieves superiores de las cuencas interandinas sin cobertura piroclástica* y *Relieves de fondo de cuencas interandinas sin cobertura piroclástica*.

Litológicamente se desarrollan sobre los materiales sedimentarios de las formaciones Biblián y Santa Rosa, presentando pendientes medias hasta fuertes (de 12 a 70%), desniveles relativos comprendidos entre 100 y 200 metros y longitudes de vertiente largas (de 250 a 500 metros) con formas mixtas. Las formas de cima son redondeadas o agudas y los valles tienen formas en V.

3.5.7. Poligénicas

3.5.7.1. Coluvio-aluvial reciente (Coa1)

Esta geoforma se sitúa en los sectores central (junto a la loma Ayaloma), oriental (ocupando el fondo de la quebrada Millucu Huicu) y meridional del cantón Biblián (ocupando el fondo de la quebrada Mangán), sobre los contextos morfológicos *Relieves de los márgenes de las cimas frías y Vertientes y relieves superiores de las cuencas interandinas, sin cobertura piroclástica (Sierra Central y Meridional)*.

Constituidos por depósitos coluvio-aluviales que contienen limos, arcillas, arenas, gravas y bloques, presentan pendientes medias hasta medias a fuertes (de 12 a 40%) y formas de valle en V.

3.5.7.2. Coluvio-aluvial antiguo (Coa2)

Esta geoforma se reparte por la mitad oriental del cantón Biblián y se localiza en todos los contextos morfológicos definidos para el cantón: i) *Paisajes glaciares*; ii) *Relieves de los márgenes de las cimas frías*; iii) *Vertientes y relieves superiores de las cuencas interandinas sin cobertura piroclástica (Sierras Central y Meridional)*; iv) *Relieves de fondo de cuencas interandinas sin cobertura piroclástica*; y v) *Medio aluvial de Sierra*.

Constituidos por limos, arcillas, arenas, gravas y bloques, se considera coluvio-aluviales antiguos a los que presentan un cierto grado de disección y sobre ellos aparece una vegetación pionera bien desarrollada. Presentan pendientes medias hasta fuertes (de 12 a 70%) y formas de valle en V y puntualmente en U.

3.5.7.3. Superficie horizontal disectada (Sh3)

Se desarrolla en el sector septentrional del cantón, al sur de la loma Yanarrumi, sobre el contexto morfológico *Vertientes y relieves superiores de las cuencas interandinas, sin cobertura piroclástica (Sierra Central y Meridional)*. Representan superficies horizontales en las que la escorrentía superficial ha provocado un grado de incisión de moderado a fuerte.

Se constituye por depósitos glaciares, que comprenden tillitas pobremente clasificadas con ausencia de estratificación interna, con fragmentos de tamaño bloque empastados en matriz de grano fino. Presenta pendientes suaves (de 5 a 12%), desniveles relativos comprendidos entre 15 y 25 metros, longitudes de vertiente moderadamente largas (de 50 a 250 metros) con formas rectilíneas y formas de valle en V.

3.5.7.4. Relieve en rellanos y aplanamientos inclinados (Si1)

Esta unidad se ubica en el sector meridional del cantón, al norte de la localidad de Mangán de Los Calles, sobre el contexto morfológico *Vertientes y relieves superiores de las cuencas interandinas, sin cobertura piroclástica (Sierra Central y Meridional)*.

Se desarrolla sobre los materiales sedimentarios de la Formación Santa Rosa, presentando pendientes medias hasta fuertes (de 12 a 70%), desniveles relativos comprendidos entre 50 y 300 metros, vertientes que presentan longitudes de moderadamente largas a muy largas (de 50 a más de 500 metros) con formas irregulares o mixtas y cimas con formas planas.



Foto 13. Relieves en rellanos y aplanamientos inclinados. Sector localidad Mangán de los Calles. 08/04/2014.

3.5.7.5. Superficie inclinada (Si2)

La unidad se ha identificado en los sectores centro oriental y meridional del cantón Biblián, así como de manera puntual en el sector occidental, al sur del cerro Buihuacana. Se enmarca en tres contextos morfológicos: i) *Paisajes glaciares*; ii) *Vertientes y relieves superiores de las cuencas interandinas, sin cobertura piroclástica (Sierras Central y Meridional)*; y iii) *Relieves de fondo de cuencas interandinas sin cobertura piroclástica*.

Representan superficies de perfil longitudinal rectilíneo y cierta inclinación, de origen incierto o de difícil adscripción genética, desarrollándose sobre un variado repertorio de formaciones geológicas, que se presentan agrupadas por edades: Mioceno (Biblián, Loyola, Azogues y Mangán); Plioceno (Santa Rosa); Pleistoceno (Turi y Tarqui); y depósitos glaciares del Cuaternario.

Presentan pendientes de suaves hasta medias a fuertes (de 5 a 40%), desniveles relativos muy variables, comprendidos entre 15 y más de 300 metros. Las longitudes de vertiente varían de moderadamente largas hasta muy largas (de 50 a más de 500 metros) con formas rectilíneas o irregulares.



Foto 14. Superficie inclinada. Sector sur de localidad de Sunillano. 11/06/2014.

3.5.7.6. Superficie inclinada disectada (Si3)

Esta geoforma se ubica en los sectores occidental (en la margen derecha del río Machángara y al sureste de la laguna Trojecharina), central (al sur de Cebada Loma) y septentrional del cantón (al noroeste de la localidad de Sunilano), desarrollándose sobre los contextos morfológicos *Paisajes glaciares* y *Vertientes y relieves superiores de las cuencas interandinas, sin cobertura piroclástica (Sierra Central y Meridional)*.

Se desarrolla sobre las formaciones Santa Rosa, Tarqui y mayoritariamente sobre depósitos glaciares, presentando pendientes medias (de 12 a 25%), desniveles relativos comprendidos entre 5 y 300 metros y longitudes de vertiente que varían desde cortas a muy largas (de 15 a más de 500 metros) con formas rectilíneas o irregulares. Las cimas son planas o redondeadas y los valles tienen formas planas, en V o en U.

3.5.7.7. Abrupto de superficie inclinada (Si4)

Representan el abrupto de las superficies inclinadas (Si2), anteriormente descritas, localizándose en el sector central (en la margen derecha del río Tambo) y meridional del cantón (en torno a la localidad de Mangán de los Calles), sobre el contexto morfológico *Vertientes y relieves superiores de las cuencas interandinas, sin cobertura piroclástica (Sierra Central y Meridional)*.

Se desarrollan sobre arcillas rojas con areniscas y conglomerados pertenecientes a la Formación Santa Rosa. Presentan pendientes fuertes (de 40 a 70%), desniveles relativos comprendidos entre 50 y 100 metros y vertientes con longitudes moderadamente largas (de 50 a 250 metros) con formas rectilíneas.

3.5.7.8. Superficie alta (Sa1)

Esta unidad geomorfológica se ubica en el sector noroccidental del cantón, ocupando las zonas culminantes del cerro Buihuacana, sobre el contexto morfológico *Paisajes glaciares*. Desarrollada sobre tobas y aglomerados caolinizados, con bajo porcentaje de lava pertenecientes a la Formación Tarqui, presenta pendientes suaves (de 5 a 12%).

3.5.7.9. Interfluvio de cimas redondeadas (Ar1)

Esta unidad geomorfológica se distribuye por toda la superficie del cantón, localizándose en cuatro contextos morfológicos: i) *Paisajes glaciares*; ii) *Relieves de los márgenes de las cimas frías*; iii) *Vertientes y relieves superiores de las cuencas interandinas, sin cobertura piroclástica (Sierra Central y Meridional)*; y iv) *Relieves de fondo de cuencas interandinas sin cobertura piroclástica*.

Se desarrollan sobre la Formación Celica, de edad cretácica; sobre las formaciones de edad miocena: Biblián y Mangán; sobre la Formación Santa Rosa del Plioceno y sobre la Formación Tarqui, de edad Pleistocena. Presenta pendientes medias hasta fuertes (de 12 a 70%) y formas de cima redondeadas.

3.5.7.10. Interfluvio de cimas estrechas (Ar2)

Esta geoforma se distribuye por los sectores occidental y oriental del cantón Biblián, además de una pequeña unidad en el extremo suroriental, localizándose en tres contextos morfológicos: i) *Paisajes glaciares*; ii) *Vertientes y relieves superiores de las cuencas interandinas, sin cobertura piroclástica (Sierra Central y Meridional)*; y iii) *Relieves de fondo de cuencas interandinas sin cobertura piroclástica*.

Se desarrollan sobre los materiales de las formaciones Mangán, Turi y mayoritariamente sobre la Formación Tarqui, presentando pendientes de medias hasta fuertes (de 12 a 70%) y formas de cima agudas.

3.5.7.11. Macizo rocoso (Sdv1)

Se localiza en el sector oriental del cantón, al sur de la loma Sigsihuaicu, sobre el contexto morfológico Vertientes y relieves superiores de las cuencas interandinas, sin cobertura piroclástica (Sierra Central y Meridional).

Se constituye sobre los materiales volcánicos de la Formación Tarqui, presentando pendientes fuertes (de 40 a 70%), desniveles relativos comprendidos entre 200 y 300 metros y longitudes de vertiente muy largas (más de 500 metros) con formas irregulares.

3.5.8. Otras génesis

3.5.8.1. Superficie intervenida (O5)

Esta geoforma se sitúa en el sector suroccidental del cantón, sobre el contexto morfológico Paisajes glaciares, presentando pendientes planas (de 0 a 2%). Las dos superficies corresponden a la Presa Chanlud, localizada en la confluencia del río Machángara con el río Piñacocha y a la Presa El Labrado, ubicada en el río Chulco.

IV. RESUMEN Y CONCLUSIONES

Territorialmente el cantón Biblián tiene una superficie de 225 km² aproximadamente, de los cuales el presente estudio geomorfológico contempla su totalidad.

En el cantón Biblián se pueden diferenciar cuatro dominios fisiográficos.

1. **Cimas frías de las Cordilleras Occidental y Real.** Con aproximadamente 106 km², ocupa cerca de un 47% del territorio del cantón. Presenta dos contextos morfológicos.

El contexto morfológico *Paisajes glaciares*, con aproximadamente 95 km², es el de mayor extensión del cantón, destacando el modelado glaciar y periglaciar, en el cual se han identificado numerosas geoformas relativas a este modelado: circo glaciar, cubeta glaciar, fondo de valle glaciar, vertiente de valle glaciar, valle glaciar colgado, afloramientos rocosos en ambiente periglaciar, etc. En el grupo genético laderas se han identificado vertientes rectilíneas y heterogéneas con o sin disección y vertientes rocosas, con coluviones y depósitos de deslizamiento situados en las zonas medias y bajas de dichas vertientes. Dentro de la génesis volcánica aparecen únicamente superficies volcánicas onduladas. Las geoformas de carácter poligénico quedan representadas por coluvio-aluviales antiguos, superficies inclinadas con o sin disección, superficies altas e interfluvios de cimas redondeadas y estrechas. Por último aparecen geoformas de carácter fluvial de tipo erosivo como barrancos y de carácter deposicional como superficies de cono de deyección.

El contexto morfológico *Relieves de los márgenes de las cimas frías*, ocupa una extensión aproximada de 11 km². Destaca el modelado volcánico, en el cual únicamente se ha cartografiado la unidad vertiente abrupta de derrames volcánicos tabulares, con una extensión de aproximadamente 7 km². En el grupo glaciar y periglaciar se identificaron depósitos glaciares modelados por acción fluvial. Dentro del grupo genético laderas se identificaron vertientes rectilíneas con o sin disección. Las unidades geomorfológicas incluidas en el grupo genético poligénicas están representadas por coluvio-aluviales recientes y antiguos, así como por interfluvios redondeados. Por último la génesis fluvial está representada por barrancos.

2. **Vertientes y relieves de las cuencas interandinas.** Con aproximadamente 87 km², ocupa cerca de un 40% del territorio del cantón, presentando un solo contexto morfológico.

El contexto morfológico *Vertientes y relieves superiores de las cuencas interandinas, sin cobertura piroclástica (Sierra Central y Meridional)*, es el segundo en extensión del cantón, destacando el modelado de laderas, en el cual se han identificado diferentes tipos de vertientes: rectilíneas (con o sin disección o con abruptos), heterogéneas (con o sin disección) y abruptas, con coluviones, macrocoluviones y depósitos de deslizamiento generados al pie de dichas vertientes. Dentro de las geoformas de carácter poligénico se identificaron coluvio-aluviales recientes y antiguos, superficies horizontales

disectadas, superficies inclinadas con o sin disección, abrupto de superficie inclinada, relieves en rellanos y aplanamientos inclinados e interfluvios de cimas redondeadas y estrechas. En el grupo genético tectónico-erosivo se identificaron relieves colinados medios y altos. Dentro de la génesis glacial y periglacial se cartografiaron depósitos glaciares modelados por acción fluvial. Las geoformas de carácter fluvial están representadas por unidades de tipo erosivo como barrancos y de tipo deposicional como terrazas medias. Por último se identificaron unidades con otras génesis como son las superficies intervenidas.

3. **Relieves de fondo de cuencas interandinas.** Con aproximadamente 26 km², ocupa cerca de un 12% del territorio del cantón. Presenta un solo contexto morfológico.

En el contexto morfológico *Relieves de fondo de cuencas interandinas, sin cobertura piroclástica*, destaca el modelado de laderas, en el cual se han identificado diferentes tipos de vertientes: rectilíneas (con o sin disección) y heterogéneas (con o sin disección), con coluviones y depósitos de deslizamiento generados al pie de dichas vertientes. Dentro de las geoformas de carácter poligénico se identificaron coluvio-aluviales antiguos, superficies inclinadas e interfluvios de cimas redondeadas y estrechas. En el grupo genético tectónico-erosivo se identificaron relieves colinados bajos y altos. Incluida en la génesis estructural se han cartografiado restos de superficie estructural. Por último aparecen geoformas de carácter fluvial de tipo erosivo como barrancos y encañonamientos.

4. **Medio aluvial de Sierra.** Ocupa una extensión de aproximadamente 5 km², siendo el dominio con menor extensión del cantón Biblián. Se corresponde con el contexto morfológico homónimo, ya que no presenta ninguna otra subdivisión. La mayoría de sus geoformas son de génesis fluvial y, en el cantón, aparecen asociadas a los sistemas fluviales de los ríos Galuay y Burgay (con dirección preferencial NO-SE); río Cashicay (con dirección preferencial N-S) y quebrada Gulag (con dirección preferencial S-N). Se identificaron valles fluviales-llanuras de inundación, valles en V y barrancos. Dentro del grupo poligénicas se han representado coluvio-aluviales antiguos, que enlazan con otras formas fluviales del contexto.

El cantón Biblián se localiza entre dominios de *Cimas frías de las Cordilleras Occidental y Real* y dominios de *Relieves de fondo de cuencas interandinas*, pasando de altitudes próximas a los 4.350 msnm en las zonas más elevadas del sector occidental, a altitudes de 2.500 msnm en el sector occidental.

La elevada altitud imperante en el sector occidental, unida a la existencia de sustratos volcánicos en este sector, provoca que aparezcan geoformas de carácter glacial y periglacial desarrolladas sobre sustratos volcánicos de la Formación Tarqui.

Desde un punto de vista geológico la Formación Tarqui, de edad Pleistocena y compuesta por tobas y aglomerados volcánicos, ocupa buena parte del cantón, desarrollada en la mitad occidental del mismo, con un 41% de la superficie total de

las litologías presentes en el cantón y en algunos sectores se encuentran rellenos de depósitos glaciares del cuaternario. En la mitad oriental afloran formaciones de edad miocena como Biblián, Guapán, Loyola, Mangán y Azogues, además de las formaciones Santa Rosa del Plioceno y Turi del Pleistoceno.

Desde el punto de vista de la dinámica fluvial, el cantón recibe los aportes hidrográficos provenientes de la Cordillera Occidental: los ríos Galuay y Burgay (con dirección preferencial NO-SE); río Cashicay (con dirección preferencial N-S) y quebrada Gulag (con dirección preferencial S-N).

V. BIBLIOGRAFÍA

5.1. Referencias generales

Clapperton, C.M., 1993. Quaternary Geology and Geomorphology of South America. *Elsevier*. Amsterdam, 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-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: Gualleturo (Hoja 52), esc. 1:100.000. *DGGM*. Quito.

DGGM-UK (Dirección General de Geología y Minas; Misión Británica), 1980. Hoja Geológica: Cuenca (Hoja 53), esc. 1:100.000. *DGGM*. Quito.

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

DGGM-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-Minero-Metalúrgica; British Geological Survey), 1997 y 1998. Mapa Geológico de la Cordillera Occidental del Ecuador, esc. 1:200.000. (Publicado en 5 hojas). *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.

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:

Latitud:

Altitud:

Ubicación

PROVINCIA

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	Humedad	Número Muestras	Categorización Roca
Grado Fracturación	Tipo Discontinuidad	Buzamiento	Clasificación
Grado Meteorización	Espacio entre Discontinuidades	Azimuth	Tipo
Grado Compactación	Abertura entre Discontinuidades	Profundidad	Textura
Afloramiento Agua	Material Relleno		

Macizo Rocoso 2

Estructura Macizo Rocoso	Humedad	Número Muestras	Categorización Roca
Grado Fracturación	Tipo Discontinuidad	Buzamiento	Clasificación
Grado Meteorización	Espacio entre Discontinuidades	Azimuth	Tipo
Grado Compactación	Abertura entre Discontinuidades	Profundidad	Textura
Afloramiento Agua	Material Relleno		

Macizo Rocoso 3

Estructura Macizo Rocoso	Humedad	Número Muestras	Categorización Roca
Grado Fracturación	Tipo Discontinuidad	Buzamiento	Clasificación
Grado Meteorización	Espacio entre Discontinuidades	Azimuth	Tipo
Grado Compactación	Abertura entre Discontinuidades	Profundidad	Textura
Afloramiento Agua	Material Relleno		

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-NV_D4-55-0099	CGg-NV_F2-55-0104	CGg-ÑV_C3-54-0197
CGg-NV_D4-55-0101	CGg-ÑV_C3-54-0125	CGg-ÑV_C3-54-0198
CGg-NV_F2-55-0092	CGg-ÑV_C3-54-0127	CGg-ÑV_E1-55-0091
CGg-NV_F2-55-0095	CGg-ÑV_C3-54-0129	CGg-ÑV_E1-57-0053
CGg-NV_F2-55-0096	CGg-ÑV_C3-54-0185	CGg-ÑV_E1-57-0054
CGg-NV_F2-55-0098	CGg-ÑV_C3-54-0189	CGg-ÑV_E1-57-0056
CGg-NV_F2-55-0100	CGg-ÑV_C3-54-0190	CGg-ÑV_E1-57-0057
CGg-NV_F2-55-0102	CGg-ÑV_C3-54-0193	

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 geoformas 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 geoformas 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 glaciar*). 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 glaciar o subglaciar. Se presentan con frecuencia asociadas a ciertas geoformas glaciares (*circo glaciar, cubeta glaciar, fondo de valle glaciar*, 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 monoclinas.

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 monoclinas.

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

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

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

ROCAS EN CRESTAS Y CUCHILLAS: afloramientos rocosos en ambiente glaciar-periglacial, sin cobertura edáfica o muy escasa, con perfil muy quebrado y salientes puntiagudos. Se utiliza preferentemente esta 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 (sobreeexcavación 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 glaciar*.

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.

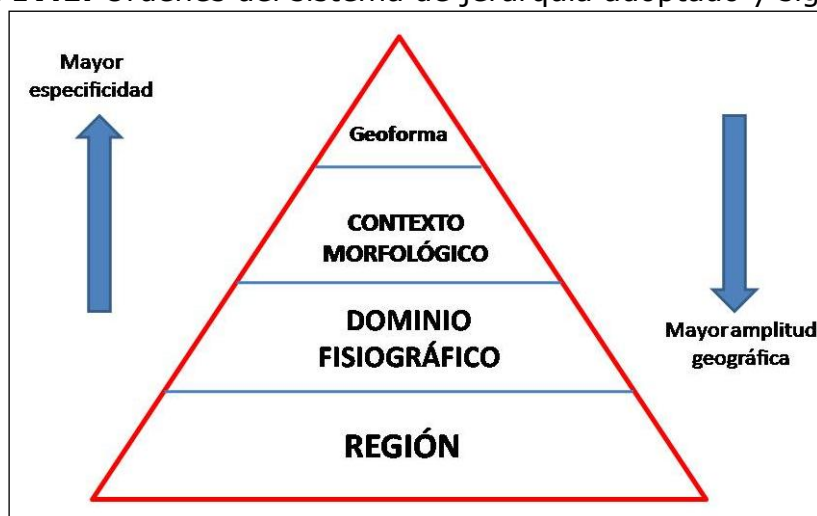
1. Atributos relacionados con el sistema de jerarquía del relieve: Región, Dominio Fisiográfico y Contexto Morfológico

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 km², 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 km².

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 km².

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

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.

REGIÓN SIERRA	
DOMINIO FISIOGRAFICO:VERTIENTES EXTERNAS DE LA CORDILLERA OCCIDENTAL	
CONTEXTOS MORFOLÓGICOS	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)

DOMINIO FISIOGRAFICO: VERTIENTES EXTERNAS DE LA CORDILLERA REAL	
CONTEXTOS MORFOLÓGICOS	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)
DOMINIO FISIOGRAFICO: CIMAS FRÍAS DE LAS CORDILLERAS OCCIDENTAL Y REAL	
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
DOMINIO FISIOGRAFICO: SISTEMA VOLCÁNICO	
CONTEXTOS MORFOLÓGICOS	Vestigios de edificios volcánicos muy destruidos, difícilmente identificables
	Construcciones de tipo estrato-volcán y formas asociadas
DOMINIO FISIOGRAFICO: VERTIENTES Y RELIEVES DE CUENCAS INTERANDINAS	
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
DOMINIO FISIOGRAFICO: RELIEVES DE FONDO DE CUENCAS INTERANDINAS	
CONTEXTOS MORFOLÓGICOS	Relieves de fondo de cuencas interandinas con rellenos volcano-sedimentarios y piroclásticos
	Relieves de fondo de cuencas interandinas sin cobertura piroclástica

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

DOMINIO FISIOGRAFICO: PIEDEMONTE ANDINO OCCIDENTAL	
CONTEXTOS MORFOLÓGICOS	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
DOMINIO FISIOGRAFICO: PIEDEMONTE COSTERO	
CONTEXTO MORFOLÓGICO	Glacis de los piedemontes costeros
DOMINIO FISIOGRAFICO: BAJA LLANURA ALUVIAL INUNDABLE DE LA COSTA	
CONTEXTO MORFOLÓGICO	Llanura aluvial reciente
DOMINIO FISIOGRAFICO: MEDIO ALUVIAL COSTERO	
CONTEXTO MORFOLÓGICO	Medio aluvial costero
DOMINIO FISIOGRAFICO: CORDILLERAS COSTERAS SOBRE ROCAS VOLCÁNICAS ANTIGUAS	
CONTEXTO MORFOLÓGICO	Cerros testigos de la llanura aluvial reciente
DOMINIO FISIOGRAFICO: MEDIO LITORAL	
CONTEXTOS MORFOLÓGICOS	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 10^2 km² 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 (geoformas banales), no ligadas a ningún sustrato litológico concreto, de cierta extensión y continuidad. Las geoformas 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 geoformas de definición poco precisa, difícilmente representables por sus propias características y modo de aparición o áreas de fuerte intervención antrópica que impiden reconocer la geoforma 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 diferenciadas 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

FORMACIÓN GEOLÓGICA O DEPÓSITO SUPERFICIAL	(*)	DESCRIPCIÓN DEL TIPO DE ROCA O SEDIMENTO
Depósitos de ladera	Q_{dl}	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	Q_{dvQ}	Tobas bien estratificadas, con frecuente carácter lacustre y alternantes con cenizas y lapilli
Conglomerados Zarapullo	P_{za}	Guijarros y cantos rodados pobremente estratificados en matriz areno-limosa
Formación Borbón	PI_B	Areniscas de grano grueso en bancos, con intercalaciones de argilita y conglomerados en la base
Formación Mangán	Mio_{Mn}	Limolitas, lutitas y areniscas de grano fino interestratificadas; lutitas con vetas de carbón; areniscas de grano grueso y conglomeráticas
Formación Playa Rica	Ole_r	Lutitas grises o negras laminadas, con intercalaciones de areniscas
Formación Ostiones	Eo_{os}	Lutitas duras, grises a pardas; tobas y arcillas silíceas hacia muro
Formación Tiyuyacu	Pal_{Ty}	Conglomerado de cuarzo, lutita y chert en matriz areno-limosa; areniscas con intercalaciones de lutitas rojas, grises y verdes
Grupo Alamor	M_{al}	Lutitas, areniscas, arcillas y limos estratificados, localmente con ligero metamorfismo
Batolito de Zamora	J_{abs}	Granitoides
Unidad Piedras	Pz_{pi}	Anfibolitas gneísicas de grano fino a grueso y esquistos verdes
Granito de Abitagua	IN G_{Ab}	Granito (monzogranito de biotita, de grano grueso y color rosado)
Gabro	IN Ga	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

TIPOS DE DRENAJE
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

CLASE O TIPO	DENSIDAD
Drenaje grueso (baja densidad)	<5 km/km ²
Drenaje medio (media densidad)	5-12 km/km ²
Drenaje fino (alta densidad)	>12 km/km ²
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.