

MEMORIA TÉCNICA

CANTÓN SAN MIGUEL

PROYECTO:

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

GEOMORFOLOGÍA

AGOSTO, 2015

PERSONAL PARTICIPANTE

Unidad MAGAP-PRAT, SIGTIERRAS:

José Duque
Sandra González
Xavier Andrade
Óscar Garzón

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.	Regiones y Dominios Fisiográficos.....	18
3.2.1.	Dominio Fisiográfico Cimas frías de las Cordilleras Occidental y Real	19
3.2.2.	Vertientes externas de la Cordillera Occidental	19
3.2.3.	Dominio Fisiográfico Medio aluvial de Sierra	20
3.2.4.	Piedemonte andino occidental	20
3.2.5.	Medio aluvial costero.....	20
3.3.	Contextos Morfológicos.....	21

3.3.1. Paisajes glaciares	21
3.3.2. Relieves diversificados sobre materiales volcánicos antiguos, con cobertura piroclástica (Cordillera Occidental).....	22
3.3.3. Vertientes homogéneas sobre granitos y granodioritas, con cobertura piroclástica (Cordillera Occidental).....	23
3.3.4. Cuencas deprimidas con relieves colinares sobre rellenos volcano-sedimentarios, con cobertura piroclástica (Cordillera Occidental).....	23
3.3.5. Zonas deprimidas o abrigadas y primeras estribaciones de la vertiente occidental, sin cobertura piroclástica (Cordillera Occidental).....	23
3.3.6. Medio aluvial de Sierra	24
3.3.7. Conos de esparcimiento y formas de piedemonte proximales, en contacto con la vertiente andina occidental	24
3.3.8. Medio aluvial costero.....	24
3.4. Geoformas y formaciones geológicas presentes en el cantón	25
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 indiferenciado (F3)	30
3.5.1.3. Valle en V (E1)	30
3.5.1.4. Barranco (E2)	30
3.5.1.5. Encañonamiento (E4)	31
3.5.1.6. Terraza media (Tm)	32
3.5.1.7. Superficie de cono de deyección (Cd1)	32
3.5.1.8. Abrupto de cono de deyección (Cd2)	33
3.5.1.9. Superficie de cono de deyección disectado (Cd3)	33
3.5.2. Laderas	33
3.5.2.1. Vertiente rectilínea (Lr1).....	33
3.5.2.2. Vertiente rectilínea con fuerte disección (Lr2).....	34
3.5.2.3. Vertiente rectilínea con abruptos (Lr4)	35
3.5.2.4. Vertiente abrupta (La1)	36
3.5.2.5. Vertiente abrupta con fuerte disección (La2)	36
3.5.2.6. Vertiente heterogénea (Lh1)	37
3.5.2.7. Vertiente heterogénea con fuerte disección (Lh4)	38
3.5.2.8. Escarpe de deslizamiento (Lh6)	39
3.5.2.9. Coluvión antiguo (Col2)	39
3.5.2.10. Macrocoluvión (Col3).....	40
3.5.2.11. Depósitos de deslizamiento, masa deslizada (Ld1)	41
3.5.3. Glaciar y periglaciar	41
3.5.3.1. Circo glaciar (Gf1)	41

3.5.3.2.	Cubeta glaciar (Gf2).....	41
3.5.3.3.	Fondo de valle glaciar (Gf3)	42
3.5.3.4.	Vertiente de valle glaciar (Gf4).....	42
3.5.3.5.	Depósito glaciar modelado por acción fluvial (Gd6)	42
3.5.4.	Volcánico	43
3.5.4.1.	Relieve volcánico colinado medio (Rv9)	43
3.5.4.2.	Relieve volcánico colinado alto (Rv10).....	43
3.5.4.3.	Relieve volcánico colinado muy alto (Rv11).....	44
3.5.4.4.	Relieve volcánico montañoso (Rv12)	45
3.5.5.	Estructural.....	45
3.5.5.1.	Superficies de planas a ligeramente onduladas sobre cangahua (Ev3)	45
3.5.6.	Tectónico-erosivo	46
3.5.6.1.	Relieve colinado medio (Rt4).....	46
3.5.6.2.	Relieve colinado alto (Rt5)	46
3.5.7.	Poligénicas.....	46
3.5.7.1.	Coluvio-aluvial antiguo (Coa2)	46
3.5.7.2.	Superficie inclinada (Si2)	47
3.5.7.3.	Superficie inclinada disectada (Si3).....	48
3.5.7.4.	Abrupto de superficie inclinada (Si4)	48
3.5.7.5.	Interfluvio de cimas redondeadas (Ar1)	48
3.5.7.6.	Interfluvio de cimas estrechas (Ar2)	49
IV.	RESUMEN Y CONCLUSIONES	50
V.	BIBLIOGRAFÍA	53
5.1.	Referencias generales	53
5.2.	Bibliografía citada	54

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 San Miguel	16
Cuadro 3.1. Regiones y dominios fisiográficos presentes en el cantón San Miguel	19
Cuadro 3.2. Contextos morfológicos presentes en el cantón San Miguel	21
Cuadro 3.3. Contextos morfológicos y geoformas presentes en el cantón	25
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 San Miguel	15
Figura 3.1. Localización de recorridos y fichas de campo del cantón San Miguel	17
Figura 3.2. Distribución geográfica de los diferentes dominios fisiográficos presentes en el cantón San Miguel	18

LISTA DE FOTOS

Foto 1. Barranco. Sector confluencia de quebradas Mancarrón y Tauri	31
Foto 2. Superficie de cono de deyección. Sector confluencia de quebrada Vigas Urcu con río de La China	32
Foto 3. Vertiente rectilínea. Sector Changil Alto	34
Fotos 4 y 5. Vertiente rectilínea con fuerte d. Sector Redondo Loma suroeste de la localidad San Miguel de Bolívar	35
Foto 6. Vertiente rectilínea con abruptos. Sector norte de Cerro Aluzana	35
Foto 7. Vertiente abrupta. Sector ladera oriental del Cerro Grande	36
Foto 8. Vertiente abrupta con fuerte disección. Sector ladera suroriental del Cerro Aluzana	37
Foto 9. Vertiente heterogénea. Sector Chontapamba	38
Foto 10. Vertiente heterogénea con fuerte disección. Sector San Pablo de Atenas	39
Foto 11. Coluvión antiguo. Sector El Torno	40
Foto 12. Fondo de valle glaciar. Sector Cóndor Loma	42
Foto 13. Relieve volcánico colinado medio. Sector Villa Mora	43
Foto 14. Relieve volcánico colinado alto. Sector Cerro Vigas Urcu	44
Foto 15. Relieve volcánico montañoso. Sector Guarumal, Padre Urcu	45
Foto 16. Coluvio-aluvial antiguo. Sector El Torno	47

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:

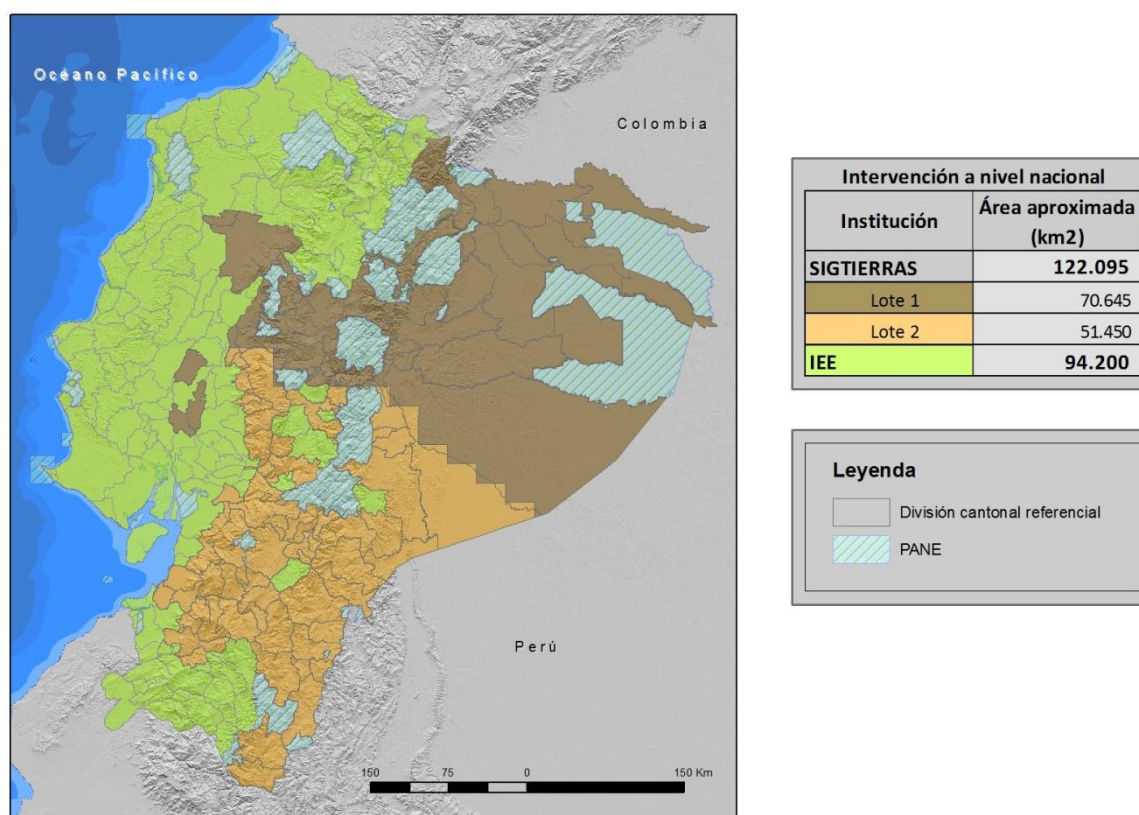
- Fotografía aérea y ortofotografía a nivel nacional.
- Levantamiento de información de barrido predial, con participación de los GAD Municipales, en 58 cantones.
- Elaboración de cartografía temática en coordinación con otras iniciativas gubernamentales.
- Actualización de la metodología y aplicación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

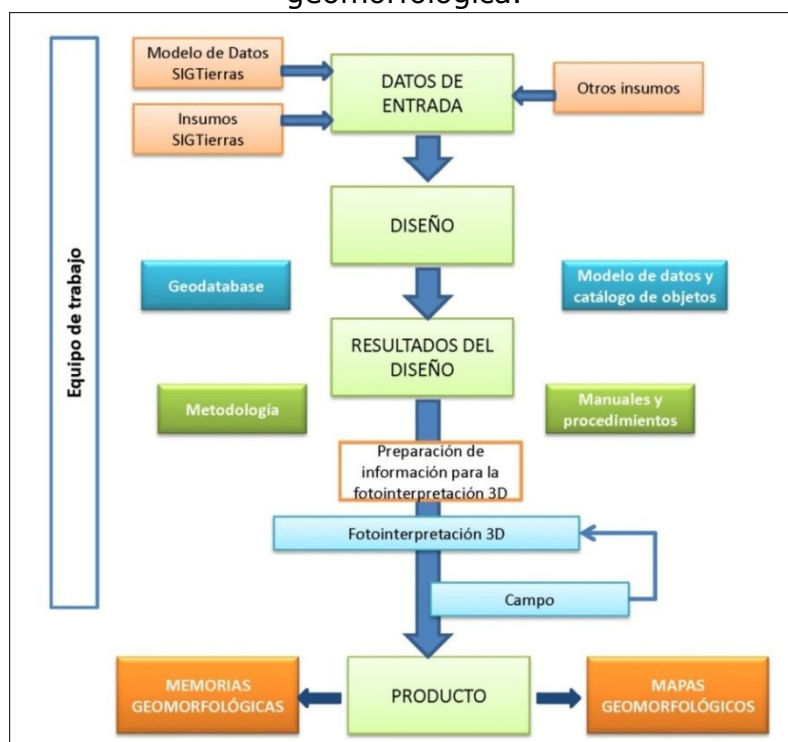
Como parámetros y unidades específicas de trabajo se establecen las siguientes:

- 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, ArchHydro 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
	Periglaciar	Afloramientos rocosos en ambiente periglaciar	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%).

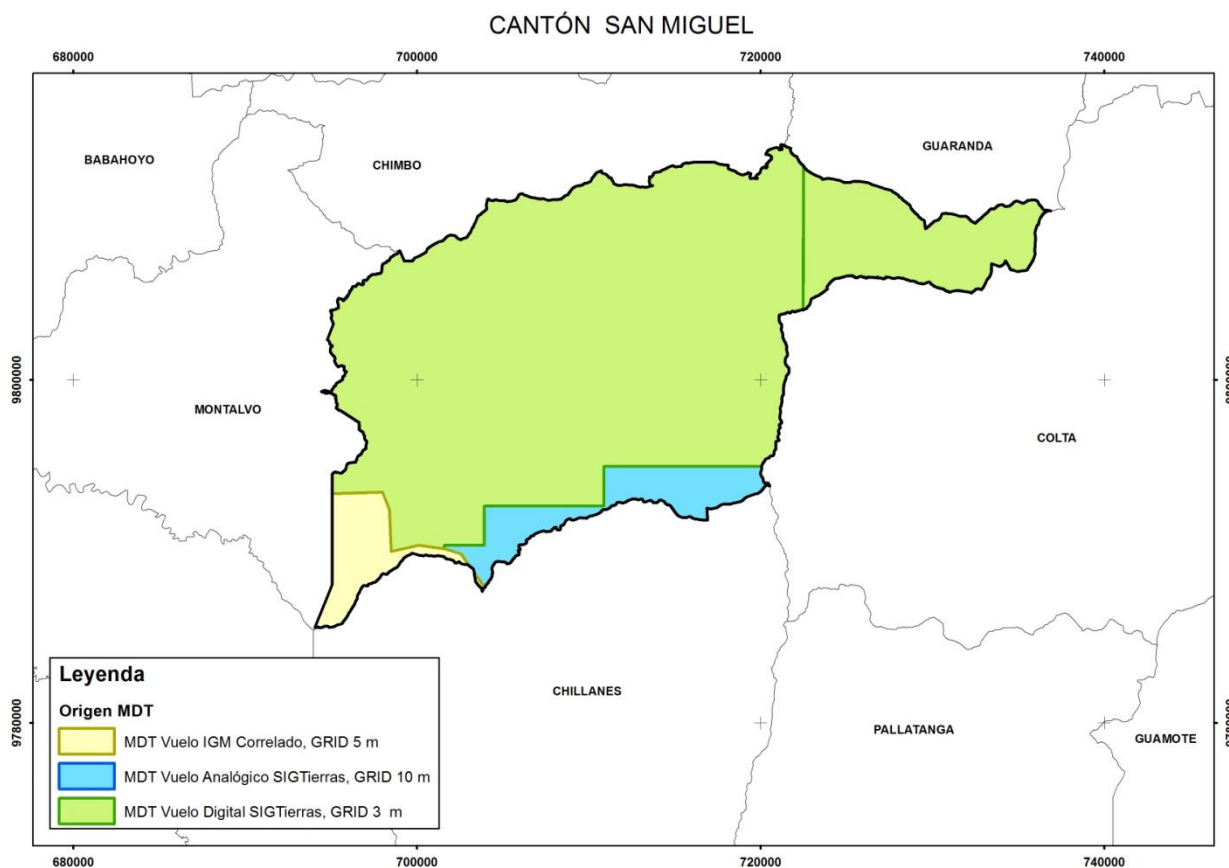
Estos hitos son los siguientes:

- 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 San Miguel 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 San Miguel.



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), 1979. Hoja Geológica: San Miguel (Hoja 50), esc. 1:100.000. *DGGM*. Quito.
- DGGM-UK (Dirección General de Geología y Minas; Misión Británica), 1978. Hoja Geológica: Riobamba (Hoja 70), 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 San Miguel.

Código	Cartas Topográficas
NIV_F1	Juan Montalvo
NIV_F2	San Miguel de Bolívar
ÑIV_E1	Sicalpa
NIV_F3	Simón Bolívar
NIV_F4	Chillanes

Fuente: IGM (Instituto Geográfico Militar)

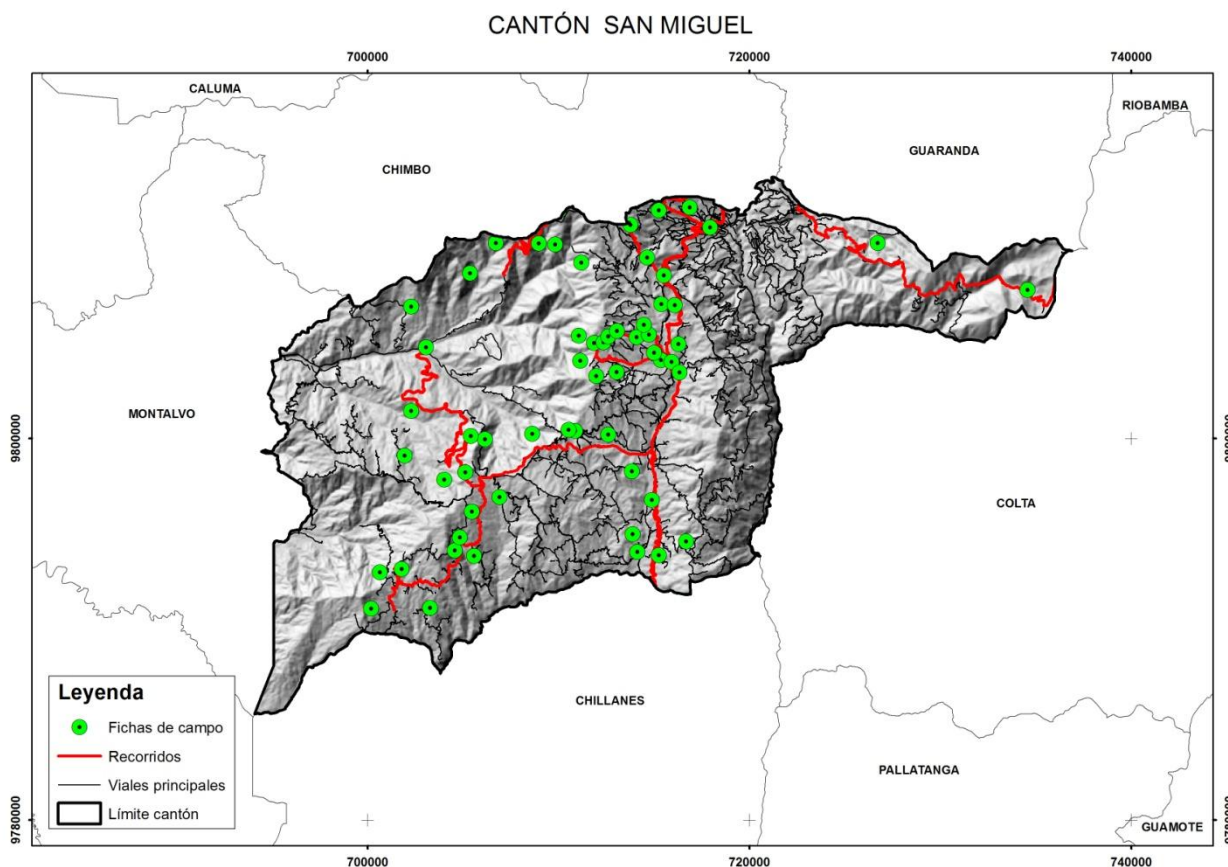
III. RESULTADOS

3.1. Levantamiento de información

La comprobación de campo del cantón San Miguel se realizó el día 10 de junio y entre los días 02 al 06 de noviembre de 2014, con varios recorridos previamente establecidos por todo el cantón. Finalmente se levantaron 58 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 San Miguel.



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. Regiones y Dominios Fisiográficos

Territorialmente el cantón San Miguel tiene una superficie de 573 km² aproximadamente, de los cuales el presente estudio geomorfológico contempla toda 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 y una pequeña parte de aproximadamente 2 km² incluida en la región Costa. Presenta cinco 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 San Miguel.



Fuente: CTN

Cuadro 3.1. Regiones y dominios fisiográficos presentes en el cantón San Miguel.

REGIÓN	DOMINIO FISIAGRÁFICO	Superficie	Porcentaje
SIERRA	Cimas frías de las Cordilleras Occidental y Real	18 km ²	3,1%
	Vertientes externas de la Cordillera Occidental	527 km ²	91,9%
	Medio aluvial de Sierra	27 km ²	4,6%
COSTA	Piedemonte andino occidental	1 km ²	0,2%
	Medio aluvial costero	<1 km ²	0,1%

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 4.339 msnm en el Cóndor Loma, situado en el extremo nororiental del cantón San Miguel. 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.

En el cantón San Miguel, este dominio se ubica en el sector nororiental, ocupando una superficie de aproximadamente 18 km² y presentando alturas comprendidas entre los 3.270 y los 4.330 msnm. Se desarrolla mayoritariamente sobre materiales de edad cretácica, apareciendo también en menor medida sobre materiales volcánicos del Cuaternario. En el cantón San Miguel este dominio queda representado por un solo contexto morfológico denominado *Paisajes glaciares*.

3.2.2. Vertientes externas de la Cordillera Occidental

Las Vertientes externas de la Cordillera Real constituyen el dominio fisiográfico situado entre *Cimas frías de las Cordilleras Occidental y Real* y *Piedemonte andino occidental*, situado este último dominio ya en la región Costa. Da lugar, en el cantón San Miguel, a vertientes con grandes desniveles y pendientes fuertes que se desarrollan fundamentalmente sobre formaciones volcano-sedimentarias de edad cretácica, donde los componentes estructurales son particularmente visibles, flanqueadas de formaciones graníticas intrusivas, recubiertas parcialmente por proyecciones piroclásticas y por una franja adyacente de rocas metamórficas de edad paleozoica.

Este dominio domina la mayor parte del cantón, ocupando aproximadamente 527 km², un 92% de la superficie total del cantón, con alturas comprendidas entre los 270 y los 4.280 msnm.

3.2.3. Dominio Fisiográfico Medio aluvial de Sierra

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

En el cantón San Miguel atraviesa la zona de estudio de este a oeste y de norte a sur, disectando materiales intrusivos sin asignación de edad, materiales metamórficos de edad paleozoica y litologías volcano-sedimentarias del Cretácico. Queda representado principalmente por los sistemas fluviales de los ríos Cristal y San Jorge (con dirección preferencial E-O); y de los ríos Chicoto y Chimbo (con dirección preferencial N-S). Presenta alturas comprendidas entre los 265 y los 3.130 msnm, quedando representado por un solo contexto morfológico con la misma denominación que el dominio: *Medio aluvial de Sierra*.

3.2.4. Piedemonte andino occidental

Este dominio se extiende al pie de los relieves andinos, hacia la costa, desde Santo Domingo, al norte, hasta Machala, al sur, a través de una serie continua de conos coalescentes de esparcimiento y deyección. Presentan una anchura promedio de entre 10 a 20 km, aunque al oeste de Bucay, a la altura de Guayaquil, alcanzan 50 km.

Los conos de esparcimiento y otros depósitos que conforman este piedemonte presentan gran variedad textural en sus materiales (gravas, arenas, limos y arcillas). La disección en ellos es de nula a moderada, con pendientes medias a bajas que se suavizan aguas abajo. En toda la zona septentrional, la potente cobertura reciente de origen piroclástico borra las diferenciaciones del sustrato rocoso, homogeneizado de esta manera a todo el conjunto comprendido en toda la zona septentrional.

Dentro del cantón San Miguel, este dominio fisiográfico ocupa una pequeña superficie de aproximadamente 1 km², y se encuentra ubicado en el sector occidental. Estas formas de piedemonte se desarrollan sobre depósitos de ladera (coluvial), que provienen de la erosión de los materiales volcano-sedimentarios de edad Cretácica y presentan alturas comprendidas entre los 400 y los 620 msnm. Está representado en este cantón por un solo contexto morfológico: *Conos de esparcimiento y formas de piedemonte proximales, en contacto con la vertiente andina occidental*.

3.2.5. Medio aluvial costero

El dominio incluye las diferentes formas fluviales de la red hidrográfica actual y sus depósitos asociados en la región Costa. En el cantón San Miguel, este dominio fisiográfico se encuentra influenciado directamente por el río San Jorge, ubicado en el sector occidental y disectando materiales volcano-sedimentarios del Cretácico. Presenta una superficie muy pequeña de aproximadamente 57 ha, comprendiendo alturas entre los 260 y los 660 msnm.

3.3. Contextos Morfológicos

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

REGIÓN	DOMINIO FISIOGRAFICO	CONTEXTO MORFOLÓGICO
SIERRA	Cimas frías de las Cordilleras Occidental y Real	Paisajes glaciares
	Vertientes externas de la Cordillera Occidental	Relieves diversificados sobre materiales volcánicos antiguos, con cobertura piroclástica (Cordillera Occidental)
		Vertientes homogéneas sobre granitos y granodioritas, con cobertura piroclástica (Cordillera Occidental)
		Cuencas deprimidas con relieves colinares sobre rellenos volcano-sedimentarios, con cobertura piroclástica (Cordillera Occidental)
		Zonas deprimidas o abrigadas y primeras estribaciones de la vertiente occidental, sin cobertura piroclástica (Cordillera Occidental)
	Medio aluvial de Sierra	Medio aluvial de Sierra
COSTA	Piedemonte andino occidental	Conos de esparcimiento y formas de piedemonte proximales, en contacto con la vertiente andina occidental
	Medio aluvial costero	Medio aluvial costero

Fuente: CTN

3.3.1. Paisajes glaciares

Este contexto 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 heredadas, a las que se llegan a superponer geoformas periglaciares.

Las geoformas más representativas que se han identificado corresponden a la génesis glaciario-periglaciario: circo glaciar, cubeta glaciar, fondo de valle glaciar, vertiente de valle glaciar y depósito glaciar modelado por acción fluvial. El grupo genético laderas presenta únicamente una vertiente rectilínea, localizada al sur del Cerro Yatahuachana. Por último se identificaron interfluvios de cimas estrechas pertenecientes al grupo genético poligénicas, divisorias agudas generadas en muchos casos por la coalescencia de circos o vertientes glaciares, como sucede en el sector alrededor de los cerros Padre Rumi, Picota, Patococha y Yatahuachana.

Mayoritariamente se desarrolla sobre limolitas y areniscas cretácicas pertenecientes a la Formación Yunguilla y en menor medida se encuentra recubierto por cenizas volcánicas andesíticas de la Formación Cangahua, en el sector de loma de Tres Quillas. Presenta alturas comprendidas entre los 3.270 y los 4.330 msnm y su extensión es de 18 km² aproximadamente, un 3% de la superficie total del cantón.

3.3.2. Relieves diversificados sobre materiales volcánicos antiguos, con cobertura piroclástica (Cordillera Occidental)

Ocupa la mayor parte de la vertiente andina occidental, al norte de la línea Babahoyo-Alausí, donde se localiza el cantón San Miguel. Su principal característica es la existencia de una cobertura piroclástica casi continua en todo el contexto que difumina las formas de relieve subyacentes. Esta cobertura sólo desaparece en los abruptos y en las formas recientes de incisión fluvial, donde aflora el sustrato volcánico antiguo.

Se reparte por buena parte de la superficie del cantón, salvo en los extremos occidental y nororiental. En el sector occidental, central y septentrional se desarrolla mayoritariamente sobre areniscas volcánicas de grano grueso, brechas, tobas, hialoclastitas, limolitas volcánicas, microgabros-diabasas, basaltos sub-porfiríticos, lavas en almohadillas y escasas calcarenitas pertenecientes a la Formación Macuchi. Además el contexto se constituye por cuerpos intrusivos ígneos de ácidos a intermedios y corneanas típicas de un metamorfismo de contacto de edad paleozoica.

En el sector oriental se desarrolla principalmente sobre limolitas masivas gris oscuras y areniscas cuarzo-feldespáticas; calizas, grauvacas y areniscas tobáceas pertenecientes a la Formación Yunguilla. El contexto también se constituye en este sector por las cenizas volcánicas andesíticas de la Formación Cangahua.

Este contexto ocupa una superficie aproximada de 276 km², un 48% de la superficie total del cantón San Miguel, siendo el contexto más extenso. Presenta alturas comprendidas entre los 690 y los 4.280 msnm.

3.3.3. Vertientes homogéneas sobre granitos y granodioritas, con cobertura piroclástica (Cordillera Occidental)

Este contexto se relaciona con el batolito de Balzapamba y representa una intrusión granítica de ácida a intermedia sin asignación de edad. El relieve contiene una disección homogénea, con una distancia interfluvial corta, conteniendo profundas arenizaciones que afectan a los cuerpos granitoides. Estas facies intrusivas compuestas por granito resultan siempre más alterables que las rocas encajantes, generalmente volcánicas o volcano-sedimentarias de la Formación Macuchi, mostrando buenos ejemplos de erosión diferencial.

En el cantón San Miguel ocupa el sector central del mismo, con una superficie aproximada de 84 km², presentando alturas comprendidas entre los 800 y los 3.040 msnm.

3.3.4. Cuencas deprimidas con relieves colinares sobre rellenos volcano-sedimentarios, con cobertura piroclástica (Cordillera Occidental)

Se corresponde con las cuencas deprimidas de Guaranda y de Chillanes, ambas situadas sobre la vertiente occidental (a diferencia del resto de cuencas, que se ubican en posición central, entre las dos ramas de la cordillera y las tierras frías asociadas). Ambas cuencas presentan un relleno Pleistoceno, formado por materiales lacustres con aportes fluvio-torrenciales, un escaso depósito coluvio-aluvial y, finalmente, un recubrimiento de dos generaciones de depósitos piroclásticos eólicos.

La cuenca de Guaranda, que es la correspondiente al sector septentrional del cantón San Miguel, presenta una topografía de interfluvios estrechos y pendientes generalmente moderadas, a veces surcadas por incisiones fluviales de flancos abruptos. Se desarrolla mayoritariamente sobre tobas andesíticas de grano fino pertenecientes a la Formación Volcánicos Guaranda, de edad pleistocena. Ocupa una superficie de 28 km² aproximadamente, un 5% de la extensión total del cantón, presentando alturas comprendidas entre los 2.290 y los 3.190 msnm.

3.3.5. Zonas deprimidas o abrigadas y primeras estribaciones de la vertiente occidental, sin cobertura piroclástica (Cordillera Occidental)

Conforman un conjunto de relieves moderados desarrollados al este de la localidad de Juan Montalvo (sector occidental del cantón San Miguel), desde la parte superior de los conos de piedemonte (dominio Piedemonte Andino Occidental), a unos 100 metros de altitud, hacia el oriente, hasta contactar con los relieves mucho más abruptos de la vertiente andina occidental, donde llega a alcanzar entre 1.200 y 1.600 msnm; alturas a partir de las cuales reaparecen los relieves habitualmente abruptos de las vertientes.

No presenta generalmente cobertura piroclástica salvo en el sector nororiental, donde una porción del contexto se encuentra recubierto por las cenizas volcánicas de la Formación Cangahua. El paisaje se ve caracterizado por vertientes rectilíneas, abruptas o heterogéneas divididas por interfluvios de cimas estrechas y disectadas por incisiones fluviales, generalmente barrancos. Se desarrollan geológicamente

sobre areniscas volcánicas de la Formación Macuchi, salpicadas por varios cuerpos intrusivos ígneos de ácidos a intermedios de edad incierta y por rocas metamórficas corneanas.

Dentro del cantón San Miguel, este contexto morfológico llega a ocupar una superficie aproximada de 139 km² equivalente al 24% del total del área cantonal. Se dispone en la parte occidental y septentrional del cantón, presentando alturas comprendidas entre los 270 y los 2.775 msnm.

3.3.6. Medio aluvial de Sierra

Este contexto es coincidente con el dominio fisiográfico del mismo nombre, cuyas características generales se han descrito en el apartado 3.2.3.

3.3.7. Conos de esparcimiento y formas de piedemonte proximales, en contacto con la vertiente andina occidental

Estos conos de esparcimiento se ubican directamente en la zona de contacto con la vertiente andina, extendiéndose desde Santo Domingo de los Tsáchilas, al norte, hasta la altura de Machala, al sur. Presentan un típico perfil longitudinal ligeramente cóncavo, de pendiente comprendida entre el 5% y el 10%, aunque localmente puede alcanzar o sobrepasar el 20%.

Están formados por material detrítico predominantemente grueso, de origen fluvial y fluvio-torrencial, que recubre en el caso del cantón San Miguel a las areniscas volcánicas de la Formación Macuchi. La capa de cenizas y lapilli, en las zonas en que aparece, se muestra alterada con un característico color amarillento a grisáceo; los materiales de los conos también muestran una alteración avanzada y profunda, como se detecta en afloramientos que muestran guijarros fantasmas en una matriz arcillosa y rojiza.

Dentro del cantón San Miguel, este contexto morfológico se encuentra ubicado en el extremo occidental, al norte de la localidad de San Jorge. Presenta alturas comprendidas entre los 400 y los 620 msnm, ocupando una pequeña superficie de aproximadamente 1 km².

3.3.8. Medio aluvial costero

Este contexto es coincidente con el dominio fisiográfico del mismo nombre, cuyas características generales se han descrito en el apartado 3.2.5.

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	LADERAS	Vertiente rectilínea	2
	GLACIAR Y PERIGLACIAR	Circo glaciar	<1
		Cubeta glaciar	<1
		Fondo de valle glaciar	<1
		Vertiente de valle glaciar	12
		Depósito glaciar modelado por acción fluvial	<1
	POLIGÉNICAS	Interfluvio de cimas estrechas	1
Relieves diversificados sobre materiales volcánicos antiguos, con cobertura piroclástica (Cordillera Occidental)	FLUVIAL	Barranco	5
		Superficie de cono de deyección	<1
		Superficie de cono de deyección disectado	<1
	LADERAS	Vertiente rectilínea	38
		Vertiente rectilínea con fuerte disección	37
		Vertiente rectilínea con abruptos	24
		Vertiente abrupta	23
		Vertiente abrupta con fuerte disección	18
		Vertiente heterogénea	19
		Vertiente heterogénea con fuerte disección	28
		Escarpe de deslizamiento	3
		Coluvión antiguo	5
		Macrocoluvión	5
		Depósitos de deslizamiento, masa deslizada	5
	VOLCÁNICO	Relieve volcánico colinado medio	9
		Relieve volcánico colinado alto	14
		Relieve volcánico colinado muy alto	7
		Relieve volcánico montañoso	16
	ESTRUCTURAL	Superficies de planas a ligeramente onduladas sobre cangahua	2
	TECTÓNICO-EROSIVO	Relieve colinado medio	1
		Relieve colinado alto	2

Fuente: CTN

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

CONTEXTO MORFOLÓGICO	GRUPO GENÉTICO	GEOFORMA	km ² (aprox.)
Relieves diversificados sobre materiales volcánicos antiguos, con cobertura piroclástica (Cordillera Occidental)	POLIGÉNICAS	Coluvio-aluvial antiguo	4
		Superficie inclinada	<1
		Superficie inclinada disectada	<1
		Abrupto de superficie inclinada	2
		Interfluvio de cimas redondeadas	4
		Interfluvio de cimas estrechas	3
Vertientes homogéneas sobre granitos y granodioritas, con cobertura piroclástica (Cordillera Occidental)	LADERAS	Vertiente rectilínea	3
		Vertiente rectilínea con fuerte disección	52
		Vertiente rectilínea con abruptos	<1
		Vertiente abrupta	3
		Vertiente abrupta con fuerte disección	6
		Vertiente heterogénea	<1
		Vertiente heterogénea con fuerte disección	9
	TECTÓNICO-EROSIVO	Coluvión antiguo	2
		Relieve colinado medio	2
		Relieve colinado alto	3
	POLIGÉNICAS	Coluvio-aluvial antiguo	<1
		Interfluvio de cimas redondeadas	3
Cuencas deprimidas con relieves colinares sobre rellenos volcano-sedimentarios, con cobertura piroclástica (Cordillera Occidental)	FLUVIAL	Barranco	<1
	LADERAS	Vertiente rectilínea	2
		Vertiente rectilínea con fuerte disección	<1
		Vertiente rectilínea con abruptos	1
		Vertiente heterogénea	8
		Coluvión antiguo	2
	VOLCÁNICO	Relieve volcánico colinado medio	2
		Relieve volcánico colinado alto	11
	ESTRUCTURAL	Superficies de planas a ligeramente onduladas sobre cangahua	<1
	POLIGÉNICAS	Coluvio-aluvial antiguo	<1
		Abrupto de superficie inclinada	<1
		Interfluvio de cimas redondeadas	<1
Zonas deprimidas o abrigadas y primeras estribaciones de la vertiente occidental, sin cobertura piroclástica (Cordillera Occidental)	FLUVIAL	Valle indiferenciado	<1
		Barranco	2
		Encañonamiento	<1
		Superficie de cono de deyección	<1
		Abrupto de cono de deyección	<1

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

CONTEXTO MORFOLÓGICO	GRUPO GENÉTICO	GEOFORMA	km ² (aprox.)
Zonas deprimidas o abrigadas y primeras estribaciones de la vertiente occidental, sin cobertura piroclástica (Cordillera Occidental)	LADERAS	Vertiente rectilínea	17
		Vertiente rectilínea con fuerte disección	25
		Vertiente rectilínea con abruptos	7
		Vertiente abrupta	5
		Vertiente abrupta con fuerte disección	11
		Vertiente heterogénea	17
		Vertiente heterogénea con fuerte disección	18
		Escarpe de deslizamiento	2
		Coluvión antiguo	7
		Depósitos de deslizamiento, masa deslizada	2
	VOLCÁNICO	Relieve volcánico colinado medio	1
		Relieve volcánico colinado alto	12
		Relieve volcánico colinado muy alto	8
		Relieve volcánico montañoso	2
	ESTRUCTURAL	Superficies de planas a ligeramente onduladas sobre cangahua	<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	1
		Valle en V	<1
		Barranco	8
		Terraza media	<1
	POLIGÉNICAS	Coluvio-aluvial antiguo	17
Conos de esparcimiento y formas de piedemonte proximales, en contacto con la vertiente andina occidental	LADERAS	Coluvión antiguo	1
Medio aluvial costero	POLIGÉNICAS	Coluvio-aluvial antiguo	<1

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	7
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	22
Depósitos coluvio aluviales	Q _{dca}	Cuaternario	Limo-arcillas, arenas, gravas y bloques	23
Depósitos aluviales	Q _{da}	Cuaternario	Arenas, limos, arcillas y conglomerados	1
Depósitos aluviales (cono de deyección)	Q _{da5}	Cuaternario	Limo-arcillas y arenas, gravas y bloques en proporciones variables	2
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	1
Depósitos fluvio glaciares	Q _{dfg}	Cuaternario	Bloques y gravas en matriz de grano fino, con ocasionales niveles de arenas	<1

Fuente: CTN

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

FORMACIÓN GEOLÓGICA O DEPÓSITO SUPERFICIAL	SÍMBOLO	EDAD	LITOLOGÍA	km² (aprox.)
Formación Cangahua	Q _c	Cuaternario	Ceniza volcánica andesítica, con lapilli y otros fragmentos piroclásticos	15
Volcánicos Guaranda	P _{VGu}	Pleistoceno	Tobas andesíticas de grano fino, de color pardo a amarillo, con andesitas porfiríticas interestratificadas	30
Volcánicos Lourdes	Pl _{VLu}	Plioceno	Dacita porfirítica, brechas volcánicas, rocas volcánicas porfiríticas, tobas y flujos de lava	13
Formación Yunguilla	K _{Yg}	Cretácico	Limolitas masivas gris oscuras y areniscas cuarzo-feldespáticas; calizas, grauvacas y areniscas tobáceas	53
Formación Macuchi	K _M	Cretácico	Areniscas volcánicas de grano grueso, brechas, tobas, hialoclastitas, limolitas volcánicas, microgabros-diabasas, basaltos sub-porfiríticos, lavas en almohadillas y escasas calcarenitas	272
Corneanas	ME Co	Paleozoico	Corneanas	25
Cuerpo intrusivo de ácido a intermedio	IN	Sin asignación de edad	Cuerpo intrusivo de ácido a intermedio	109

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, Pal=Paleoceno, K=Cretácico, J=Jurásico. Mientras que los subíndices se refieren al tipo de depósito superficial en el caso de los materiales de edad Cuaternario (dl=depósitos de ladera, dca=depósitos coluvio aluviales, da= depósitos aluviales, etc.) o al nombre de la "formación geológica" (Py= Pisayambo, Rb= San Miguel, C= Cangahua, etc.). Los símbolos que inician su denominación con ME hacen referencia a rocas metamórficas que, en los insumos, carecían de asignación de edad, aunque por su posición y otras características han sido consideradas de forma genérica como pertenecientes al Paleozoico. Los símbolos que inician su denominación con IN se refieren a cuerpos intrusivos sin asignación de edad.

3.5. Descripción de geoformas

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

3.5.1. Fluvial

3.5.1.1. Valle fluvial, llanura de inundación (F1)

Esta geoforma se sitúa en los sectores septentrional y occidental del cantón, asociada a los ríos Chimbo (con dirección preferencial N-S) y Cristal (con dirección preferencial E-O). 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.

Presentan pendientes muy suaves (de 2 a 5%) y formas de valle planas con una anchura media mayoritaria cercana a los 100 metros. Presentan drenajes subdendríticos o pinnados.

3.5.1.2. Valle indiferenciado (F3)

Esta geoforma se sitúa en el sector central del cantón San Miguel, junto a la localidad de Gashapamba. Se localiza en el contexto morfológico *Zonas deprimidas o abrigadas y primeras estribaciones de la vertiente occidental, sin cobertura piroclástica (Cordillera Occidental)*.

Se desarrolla sobre depósitos aluviales, constituidos por arenas, limos, arcillas y conglomerados, presentando pendientes suaves (de 5 a 12%), formas de valle planas y formas de drenaje pinnadas.

3.5.1.3. Valle en V (E1)

Esta unidad se sitúa en el sector nororiental (ocupando el fondo de valle del río Cañi), y en el extremo septentrional del cantón (ocupando el fondo de valle del río Santiago en su confluencia con el río Chimbo). Las dos vertientes laterales que el río ha erosionado verticalmente, presentan pendientes fuertes (de 40 a 70%). Las dimensiones longitudinales son aproximadamente de 1 km y el ancho inferior a 100 metros mayoritariamente. Se desarrolla sobre el contexto morfológico *Medio aluvial de Sierra*, sobre las formaciones Yunguilla, Volcánicos Guaranda y Cangahua.

3.5.1.4. Barranco (E2)

Se encuentra repartida por todo el cantón, presentando pendientes transversales de fuertes hasta muy fuertes (de 40 a 100%), con formas de valle en V y ausencia generalizada de suelos.

Se presenta en cuatro contextos morfológicos: i) *Relieves diversificados sobre materiales volcánicos antiguos, con cobertura piroclástica (Cordillera Occidental)*; ii) *Cuencas deprimidas con relieves colinares sobre rellenos volcano-sedimentarios, con cobertura piroclástica (Cordillera Occidental)*; iii) *Zonas deprimidas o abrigadas y primeras estribaciones de la vertiente occidental, sin cobertura piroclástica (Cordillera Occidental)*; y iv) *Medio aluvial de Sierra*.

Su distribución no guarda ninguna relación especial con las formaciones geológicas a las que erosionan: cuerpo intrusivo ígneo de ácido a intermedio; Formación Macuchi, Formación Yunguilla, Volcánicos Guaranda y Formación Cangahua.



Foto 1. Barranco. Sector confluencia de quebradas Mancarrón y Tauri. 10/06/2014.

3.5.1.5. Encañonamiento (E4)

Se localiza en el extremo meridional del cantón, formando las incisiones del río Sicoto entre las localidades de Chontapamba y Mangashpa. Erosionan las areniscas volcánicas de grano grueso pertenecientes a la Formación Macuchi y se integran en el contexto morfológico *Zonas deprimidas o abrigadas y primeras estribaciones de la vertiente occidental, sin cobertura piroclástica (Cordillera Occidental)*.

Los desniveles de sus vertientes están comprendidos entre 100 y 200 metros, presentando pendientes escarpadas (de 100 a 150%), formas de valle en V y longitudes de vertiente moderadamente largas (de 50 a 250 metros) con formas mixtas.

3.5.1.6. Terraza media (Tm)

Esta geoforma se ubica en el sector central (en la margen izquierda del río de La China) y meridional (en la margen derecha del río Sicoto), del cantón San Miguel, sobre el contexto *Medio aluvial de Sierra*. Presentan pendientes suaves (de 5 a 12%) y representan el primer nivel de terrazas por encima de los depósitos fluviales actuales. Litológicamente se componen por conglomerados, limos arenosos y arcillas limosas.

3.5.1.7. Superficie de cono de deyección (Cd1)

Esta unidad geomorfológica se distribuye por los sectores central (en la margen izquierda del río de La China), oriental (en la margen derecha del río Chimbo) y occidental (en la margen izquierda del río Cristal) del cantón San Miguel. Se desarrolla en los contextos morfológicos *Relieves diversificados sobre materiales volcánicos antiguos, con cobertura piroclástica (Cordillera Occidental)* y *Zonas deprimidas o abrigadas y primeras estribaciones de la vertiente occidental, sin cobertura piroclástica (Cordillera Occidental)*.

Constituidos por depósitos aluviales de cono de deyección, que constan de limo-arcillas y arenas, así como gravas y bloques en proporciones variables. Presentan pendientes de medias hasta fuertes (de 12 a 70%) en el contexto *Relieves diversificados* y de suaves hasta medias a fuertes (de 5 a 40%) en el contexto *Zonas deprimidas o abrigadas*. Los desniveles relativos están comprendidos entre 25 y 100 metros y las vertientes varían de moderadamente largas a muy largas (de 50 a más de 500 metros) con múltiples formas (rectilíneas, irregulares, mixtas, etc.).

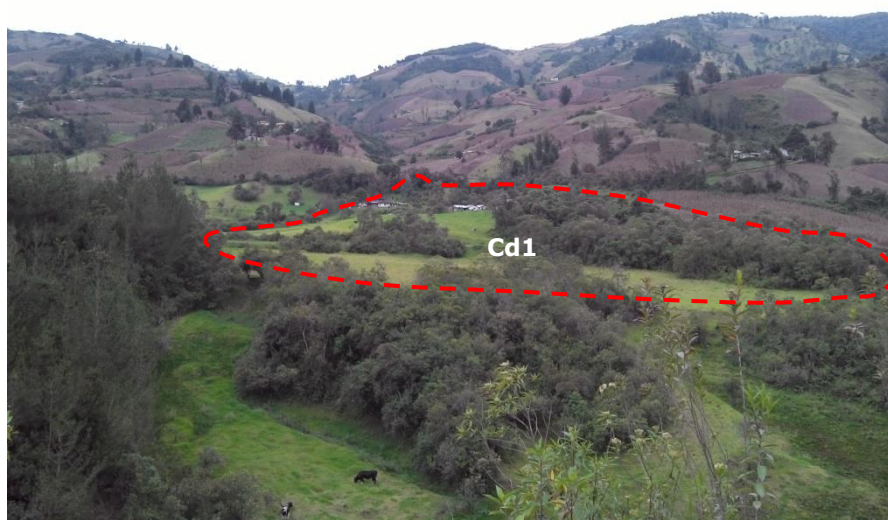


Foto 2. Superficie de cono de deyección. Sector confluencia de quebrada Vigas Urcu con río de La China. 03/11/2014.

3.5.1.8. Abrupto de cono de deyección (Cd2)

Esta geoforma se sitúa en el sector oriental del cantón (en la margen derecha del río Chimbo), representando el escarpe que limita la geoforma anteriormente descrita (Cd1). Se desarrolla sobre el contexto morfológico *Zonas deprimidas o abrigadas y primeras estribaciones de la vertiente occidental, sin cobertura piroclástica (Cordillera Occidental)*.

Constituida por depósitos aluviales de cono de deyección, presenta pendientes fuertes (de 40 a 70%), desniveles relativos comprendidos entre 25 y 50 metros y vertientes con longitudes moderadamente largas (de 50 a 250 metros) con formas rectilíneas.

3.5.1.9. Superficie de cono de deyección disectado (Cd3)

Esta unidad se localiza en el sector central del cantón y sobre ella se asienta la localidad de San Pablo de Atenas. Se ubica en el contexto *Relieves diversificados sobre materiales volcánicos antiguos, con cobertura piroclástica (Cordillera Occidental)*.

Se constituye por depósitos aluviales (cono de deyección), que incluyen limos, arcillas, arenas, gravas y bloques en proporciones variables. Presenta pendientes medias (de 12 a 25%), desniveles relativos comprendidos entre 15 y 25 metros y longitudes de vertiente que varían de 50 a 250 metros con formas mixtas. Las formas de valle son en V y las cimas presentan formas redondeadas.

3.5.2. Laderas

3.5.2.1. Vertiente rectilínea (Lr1)

Esta geoforma se distribuye por toda la superficie del cantón San Miguel, localizándose en cinco contextos morfológicos: i) *Paisajes glaciares*; ii) *Relieves diversificados sobre materiales volcánicos antiguos, con cobertura piroclástica (Cordillera Occidental)*; iii) *Vertientes homogéneas sobre granitos y granodioritas, con cobertura piroclástica (Cordillera Occidental)*; iv) *Cuencas deprimidas con relieves colinares sobre rellenos volcano-sedimentarios, con cobertura piroclástica (Cordillera Occidental)*; y v) *Zonas deprimidas o abrigadas y primeras estribaciones de la vertiente occidental, sin cobertura piroclástica (Cordillera Occidental)*.

De manera general, todas los tipos de vertientes en el cantón, presentan una mayor longitud y un mayor desnivel en el sector occidental, debido a las profundas incisiones producidas en este sector occidental de la cordillera, llegando a menudo estas vertientes a descender hasta la región Costa. Se trata de vertientes ubicadas en los contextos *Zonas deprimidas o abrigadas*, *Vertientes homogéneas sobre granitos y granodioritas* y *Relieves diversificados* (en el sector occidental, ya que también aparece este contexto en el sector central-oriental).

Presentan pendientes de medias a fuertes hasta fuertes (de 25% a 70%), desniveles relativos muy variables en todos los contextos morfológicos aunque mayoritariamente superiores a 300 metros y longitudes de vertiente principalmente mayores de 500 metros. Se desarrollan sobre un amplio abanico de formaciones geológicas: Formación Macuchi, Formación Yunguilla, Volcánicos Guaranda, etc.



Foto 3. Vertiente rectilínea. Sector Changil Alto. 04/11/2014.

3.5.2.2. Vertiente rectilínea con fuerte disección (Lr2)

Se reparte por toda la superficie del cantón salvo en el sector nororiental, desarrollándose sobre tres contextos morfológicos: i) *Relieves diversificados sobre materiales volcánicos antiguos, con cobertura piroclástica (Cordillera Occidental)*; ii) *Vertientes homogéneas sobre granitos y granodioritas, con cobertura piroclástica (Cordillera Occidental)*; y iii) *Zonas deprimidas o abrigadas y primeras estribaciones de la vertiente occidental, sin cobertura piroclástica (Cordillera Occidental)*.

Presentan pendientes de medias a fuertes hasta fuertes (de 25 a 70%), desniveles relativos variables, comprendidos entre 100 y más de 300 metros, aunque mayoritariamente superiores a 300 metros y longitudes de vertiente principalmente muy largas (más de 500 metros).

Se desarrollan sobre un amplio abanico de formaciones geológicas: Formación Macuchi, Volcánicos Lourdes, Formación Cangahua, etc. En ocasiones se encuentran afloramientos como el de la Foto 5, en los que las litologías presentan una importante alteración: tobas brechoides de la Formación Volcánicos Lourdes, muy meteorizadas y con presencia de clastos de dacíticos a riolíticos. En este caso el afloramiento está cubierto por un paleosuelo enterrado por las cenizas volcánicas más recientes.



Fotos 4 y 5. Vertiente rectilínea con fuerte disección. Vista general (izquierda) y detalle del macizo rocoso (derecha). Volcánicos Lourdes. Sector Redondo Loma, suroeste de localidad San Miguel de Bolívar. 05/06/2014.

3.5.2.3. Vertiente rectilínea con abruptos (Lr4)

Esta unidad geomorfológica se reparte por toda la superficie del cantón, desarrollándose sobre cuatro contextos morfológicos: i) *Relieves diversificados sobre materiales volcánicos antiguos, con cobertura piroclástica (Cordillera Occidental)*; ii) *Vertientes homogéneas sobre granitos y granodioritas, con cobertura piroclástica (Cordillera Occidental)*; iii) *Cuencas deprimidas con relieves colinares sobre rellenos volcano-sedimentarios, con cobertura piroclástica (Cordillera Occidental)*; y iv) *Zonas deprimidas o abrigadas y primeras estribaciones de la vertiente occidental, sin cobertura piroclástica (Cordillera Occidental)*.

Se desarrollan sobre un amplio abanico de formaciones geológicas: Cuerpo intrusivo ígneo de ácido a intermedio, Corneanas, Formación Macuchi, Formación Yunguilla, Volcánicos Lourdes y Volcánicos Guaranda. Presenta pendientes medias hasta fuertes (de 12 a 70%), desniveles relativos muy variables aunque predominantemente superiores a 300 metros y longitudes de vertientes mayoritariamente muy largas (más de 500 metros).



Foto 6. Vertiente rectilínea con abruptos. Sector norte de Cerro Aluzana. 03/11/2014.

3.5.2.4. Vertiente abrupta (La1)

Se distribuye por toda la superficie del cantón San Miguel salvo en su sector suroccidental, localizándose en tres contextos morfológicos: i) *Relieves diversificados sobre materiales volcánicos antiguos, con cobertura piroclástica (Cordillera Occidental)*; ii) *Vertientes homogéneas sobre granitos y granodioritas, con cobertura piroclástica (Cordillera Occidental)*; y iii) *Zonas deprimidas o abrigadas y primeras estribaciones de la vertiente occidental, sin cobertura piroclástica (Cordillera Occidental)*.

Presenta pendientes muy fuertes (de 70 a 100%), desarrolladas sobre un cuerpo intrusivo ígneo de ácido a intermedio y sobre corneanas, típicas rocas que indican un metamorfismo de contacto en los bordes de dicho cuerpo intrusivo; además se constituye por las formaciones de edad cretácica Macuchi y Yunguilla. Los desniveles que presenta son superiores a 300 metros en el contexto *Vertientes homogéneas* y muy variables en los otros dos contextos morfológicos (de 25 a más de 300 metros). Las vertientes presentan formas rectilíneas y sus longitudes son muy largas en el contexto *Vertientes homogéneas* y de moderadamente largas a muy largas (de 50 a 500 metros), en los contextos *Relieves diversificados* y *Zonas deprimidas o abrigadas*.

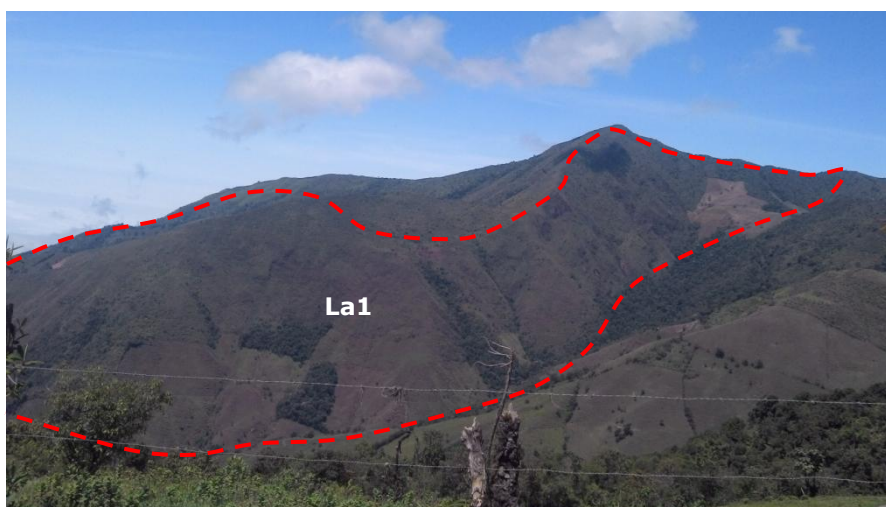


Foto 7. Vertiente abrupta. Sector ladera oriental del Cerro Grande. 05/11/2014.

3.5.2.5. Vertiente abrupta con fuerte disección (La2)

Esta geoforma se distribuye por toda la superficie del cantón salvo en su sector nororiental. Se desarrolla sobre tres contextos morfológicos: i) *Relieves diversificados sobre materiales volcánicos antiguos, con cobertura piroclástica (Cordillera Occidental)*; ii) *Vertientes homogéneas sobre granitos y granodioritas, con cobertura piroclástica (Cordillera Occidental)*; y iii) *Zonas deprimidas o abrigadas y primeras estribaciones de la vertiente occidental, sin cobertura piroclástica (Cordillera Occidental)*.

En el contexto *Vertientes homogéneas* están constituidas por materiales de un cuerpo intrusivo ígneo de ácido a intermedio. En el contexto *Relieves diversificados* se desarrollan sobre corneanas, sobre areniscas volcánicas pertenecientes a la Formación Macuchi y sobre dacitas y brechas volcánicas de la Formación Volcánicos Lourdes. En el contexto *Zonas deprimidas o abrigadas* se desarrollan sobre corneanas y sobre la Formación Macuchi.

Presenta pendientes muy fuertes, desniveles relativos comprendidos entre 100 y más de 300 metros y longitudes de vertiente comprendidas entre 50 y más de 500 metros con formas rectilíneas.

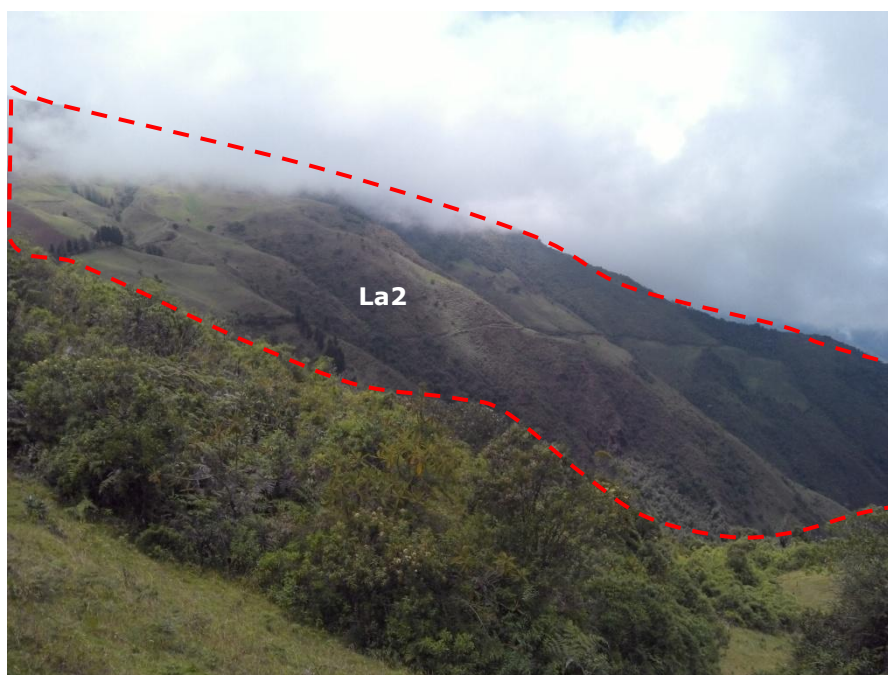


Foto 8. Vertiente abrupta con fuerte disección. Sector ladera suroccidental del Cerro Aluzana. 05/11/2014.

3.5.2.6. Vertiente heterogénea (Lh1)

Ubicada por toda la superficie del cantón San Miguel, excepto en su sector nororiental, se localiza en cuatro contextos morfológicos: i) *Relieves diversificados sobre materiales volcánicos antiguos, con cobertura piroclástica (Cordillera Occidental)*; ii) *Vertientes homogéneas sobre granitos y granodioritas, con cobertura piroclástica (Cordillera Occidental)*; iii) *Cuencas deprimidas con relieves colinares sobre rellenos volcano-sedimentarios, con cobertura piroclástica (Cordillera Occidental)*; y iv) *Zonas deprimidas o abrigadas y primeras estribaciones de la vertiente occidental, sin cobertura piroclástica (Cordillera Occidental)*.

Son laderas de perfil mixto o irregular, que presentan pendientes de medias a fuertes hasta fuertes (de 25 a 70%), desniveles relativos importantes, que superan a menudo los 300 metros y longitudes de vertiente mayoritariamente superiores a 500 metros.

Se presentan sobre un variado elenco de formaciones geológicas: Formación Yunguilla, Volcánicos Guaranda, Formación Cangahua, etc.



Foto 9. Vertiente heterogénea. Sector Chontapamba. 04/11/2014.

3.5.2.7. Vertiente heterogénea con fuerte disección (Lh4)

Se reparte por toda la superficie del cantón salvo en su sector suroccidental, sobre tres contextos morfológicos: i) *Relieves diversificados sobre materiales volcánicos antiguos, con cobertura piroclástica (Cordillera Occidental)*; ii) *Vertientes homogéneas sobre granitos y granodioritas, con cobertura piroclástica (Cordillera Occidental)*; y iii) *Zonas deprimidas o abrigadas y primeras estribaciones de la vertiente occidental, sin cobertura piroclástica (Cordillera Occidental)*.

En el contexto Relieves diversificados se desarrollan sobre un variado elenco de formaciones geológicas: Formación Macuchi, Formación Yunguilla, Volcánicos Guaranda, etc. Los contextos *Vertientes homogéneas* y *Zonas deprimidas* están constituidos por los materiales del cuerpo intrusivo ígneo de ácido a intermedio y por areniscas volcánicas de la Formación Macuchi.

Presenta pendientes de medias a fuertes hasta muy fuertes (de 25 a 100%), desniveles relativos comprendidos entre 100 y más de 300 metros aunque mayoritariamente superiores a 300 metros. Las longitudes de vertiente son principalmente mayores a 500 metros y presentan formas irregulares.



Foto 10. Vertiente heterogénea con fuerte disección. Sector San Pablo de Atenas.
03/11/2014.

3.5.2.8. Escarpe de deslizamiento (Lh6)

Se reparte por toda la superficie del cantón salvo en los extremos suroccidental y septentrional, desarrollándose sobre los contextos morfológicos *Relieves diversificados sobre materiales volcánicos antiguos, con cobertura piroclástica (Cordillera Occidental)*; y *Zonas deprimidas o abrigadas y primeras estribaciones de la vertiente occidental, sin cobertura piroclástica (Cordillera Occidental)*.

Se desarrolla sobre corneanas, areniscas volcánicas de la Formación Macuchi, limolitas masivas de la Formación Yunguilla y tobas andesíticas de la Formación Volcánicos Guaranda. Presenta pendientes de medias a fuertes hasta muy fuertes (de 25 a 100%) y desniveles relativos variables (de 50 a más de 300 metros), aunque mayoritariamente superiores a 300 metros. Las vertientes presentan longitudes de moderadamente largas hasta muy largas (de 50 a más de 500 metros) con formas mixtas o rectilíneas.

3.5.2.9. Coluvión antiguo (Col2)

Esta geoforma se encuentra repartida por toda la superficie del cantón, salvo en los sectores suroccidental y nororiental, ocupando las partes medias y bajas de las laderas y desarrollándose sobre cinco contextos morfológicos: i) *Relieves diversificados sobre materiales volcánicos antiguos, con cobertura piroclástica (Cordillera Occidental)*; ii) *Vertientes homogéneas sobre granitos y granodioritas, con cobertura piroclástica (Cordillera Occidental)*; iii) *Cuencas deprimidas con relieves colinares sobre rellenos volcano-sedimentarios, con cobertura piroclástica (Cordillera Occidental)*; iv) *Zonas deprimidas o abrigadas y primeras estribaciones de la vertiente occidental, sin cobertura piroclástica (Cordillera Occidental)*; y v) *Conos de*

esparcimiento y formas de piedemonte proximales, en contacto con la vertiente andina occidental.

Presentan formas de ladera muy variadas (cóncava, mixta, convexa, rectilínea), pendientes de medias hasta fuertes (de 12 a 70%), desniveles relativos muy variables aunque mayoritariamente comprendidos entre 100 y 200 metros y longitudes de vertiente principalmente muy largas (más de 500 metros).

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 11. Coluvión antiguo. Sector El Torno. 03/11/2014.

3.5.2.10. Macrocoluvión (Col3)

Se localiza en los sectores central y meridional del cantón, al norte y al sur de la localidad de San Pablo de Atenas, ocupando cada unidad superficies mayores a 140 ha, sobre el contexto morfológico *Relieves diversificados sobre materiales volcánicos antiguos, con cobertura piroclástica (Cordillera Occidental)*.

Generados, al igual que la geoforma anterior (Col2), por depósitos de ladera (coluvial). Presentan pendientes de medias hasta medias a fuertes (de 12 a 40%), desniveles relativos comprendidos entre 100 y más de 300 metros y longitudes de vertiente muy largas con formas mixtas.

3.5.2.11. Depósitos de deslizamiento, masa deslizada (Ld1)

Se distribuyen por toda la superficie del cantón, salvo en los extremos septentrional y suroccidental, desarrollándose sobre los contextos morfológicos *Relieves diversificados sobre materiales volcánicos antiguos, con cobertura piroclástica (Cordillera Occidental)* y *Zonas deprimidas o abrigadas y primeras estribaciones de la vertiente occidental, sin cobertura piroclástica (Cordillera Occidental)*.

Compuestos por material de alteración y meteorización de las laderas y por fragmentos angulares rocosos de muy diverso tamaño, presentan pendientes de suaves hasta fuertes (de 5 a 70%) y desniveles relativos comprendidos entre 100 y más de 300 metros, en función de la magnitud del deslizamiento. Las formas de vertiente son irregulares o mixtas y las longitudes superiores a 500 metros.

3.5.3. Glaciar y periglacial

3.5.3.1. Circo glaciar (Gf1)

Esta geoforma se localiza en el extremo nororiental del cantón San Miguel, otorgando la característica forma de herradura a la zona norte de la loma de Tres Quillas. Se desarrolla sobre el contexto morfológico *Paisajes glaciares* y la acción del hielo glaciar ha erosionado las limolitas masivas y areniscas cuarzo-feldespáticas de edad cretácica pertenecientes a la Formación Yunguilla.

Presenta pendientes fuertes (de 40 a 70%) y desniveles relativos comprendidos entre 100 y 200 metros. Las vertientes presentan formas cóncavas con longitudes largas (de 250 a 500 metros).

3.5.3.2. Cubeta glaciar (Gf2)

Localizada en las zonas bajas y contiguas de la anterior geoforma (Gf1), se localiza en el sector nororiental del cantón, sobre el mismo contexto morfológico *Paisajes glaciares*. Litológicamente están formadas por depósitos glaciares, pobremente clasificados y con ausencia de estratificación y ordenamiento interno, provenientes de la erosión glaciar de los materiales de la Formación Yunguilla.

Al considerarse zonas deprimidas por la sobreexcavación glaciar, sus pendientes no son elevadas: medias (de 12 a 25%). Los desniveles relativos están comprendidos entre 100-200 metros y las vertientes tienen una longitud superior a 500 metros con formas cóncavas.

3.5.3.3. Fondo de valle glaciar (Gf3)

Situados, al igual que las dos geoformas anteriormente descritas (Gf1 y Gf2), en el extremo nororiental del cantón San Miguel, ocupando el fondo de los valles de las quebradas Cunuhuaycu y Cóndor Corral, sobre el contexto morfológico *Paisajes glaciares*.

Al igual que la anterior geoforma (Gf2), litológicamente está compuesta por depósitos glaciares. Presentan pendientes medias (de 12 a 25%) y formas de valle en U.



Foto 12. Fondo de valle glaciar. Sector Cóndor Loma. 10/06/2014.

3.5.3.4. Vertiente de valle glaciar (Gf4)

Representan laderas de pendientes pronunciadas, que limitan con el *fondo de valle glaciar* descrito anteriormente (Gf3). Se distribuyen por el extremo nororiental del cantón San Miguel, localizándose en el contexto *Paisajes glaciares*.

La acción glaciar ha erosionado los materiales cretácicos de la Formación Yunguilla, presentando pendientes en su mayoría fuertes (de 40 a 70%) y desniveles relativos comprendidos entre 100 y más de 300 metros, aunque mayoritariamente superiores a 300 metros. Las vertientes son principalmente de longitud muy larga (más de 500 metros) y presentan formas irregulares.

3.5.3.5. Depósito glaciar modelado por acción fluvial (Gd6)

Se ubica en el sector nororiental del cantón, ocupando parte del fondo de valle de las quebradas Cunuhuaycu y Corazón Chupa, situándose en el contexto morfológico *Paisajes glaciares*.

Representan antiguos depósitos glaciares que han sido disectados y modelados por la acción fluvial, posterior al modelado glaciar. Están compuestos por bloques heterométricos y gravas, empastados en matriz de grano fino y ocasionalmente por depósitos glaciares de till, presentando pendientes de medias a fuertes hasta fuertes (de 25 a 70%).

3.5.4. Volcánico

3.5.4.1. Relieve volcánico colinado medio (Rv9)

Se localiza en los sectores central y septentrional del cantón San Miguel, sobre tres contextos morfológicos: i) *Relieves diversificados sobre materiales volcánicos antiguos, con cobertura piroclástica (Cordillera Occidental)*; ii) *Cuencas deprimidas con relieves colinares sobre rellenos volcano-sedimentarios, con cobertura piroclástica (Cordillera Occidental)*; y iii) *Zonas deprimidas o abrigadas y primeras estribaciones de la vertiente occidental, sin cobertura piroclástica (Cordillera Occidental)*.

En los contextos *Cuencas deprimidas* y *Zonas deprimidas o abrigadas*, estos relieves volcánicos se desarrollan sobre tobas andesíticas de grano fino pertenecientes la Formación Volcánicos Guaranda, mientras que en el contexto *Relieves diversificados*, lo hacen sobre la Formación Macuchi, Volcánicos Lourdes y Volcánicos Guaranda.

Sus pendientes varían desde medias hasta fuertes (de 12 a 70%) y sus desniveles relativos están comprendidos entre 25 y 100 metros. Las longitudes de vertiente son moderadamente largas (de 50 a 250 metros) y tienen formas mixtas, convexas o rectilíneas. Los valles tienen formas en U o en V y las cimas presentan formas redondeadas, planas o agudas.



Foto 13. Relieve volcánico colinado medio. Sector Villa Mora. 03/11/2014.

3.5.4.2. Relieve volcánico colinado alto (Rv10)

Esta unidad geomorfológica se distribuye por toda la superficie del cantón, salvo en su sector nororiental. Se localiza sobre tres contextos morfológicos: i) *Relieves diversificados sobre materiales volcánicos antiguos, con cobertura piroclástica (Cordillera Occidental)*; ii) *Cuencas deprimidas con relieves colinares sobre rellenos volcano-sedimentarios, con cobertura piroclástica (Cordillera Occidental)*; y iii) *Zonas*

deprimidas o abrigadas y primeras estribaciones de la vertiente occidental, sin cobertura piroclástica (Cordillera Occidental).

En el contexto morfológico *Relieves diversificados*, estas unidades geomorfológicas se desarrollan sobre las formaciones Macuchi, Volcánicos Lourdes y Volcánicos Guaranda. En el contexto *Cuencas deprimidas* lo hacen sobre las formaciones Volcánicos Guaranda y Cangahua, mientras en *Zonas deprimidas o abrigadas* se desarrollan sobre las formaciones Macuchi y Cangahua.

Se caracteriza por presentar pendientes de medias hasta muy fuertes (de 12 a 100%), desniveles relativos comprendidos entre 100-200 metros y longitudes de vertiente de moderadamente largas hasta muy largas (de 250 a más de 500 metros) con formas mixtas o irregulares.

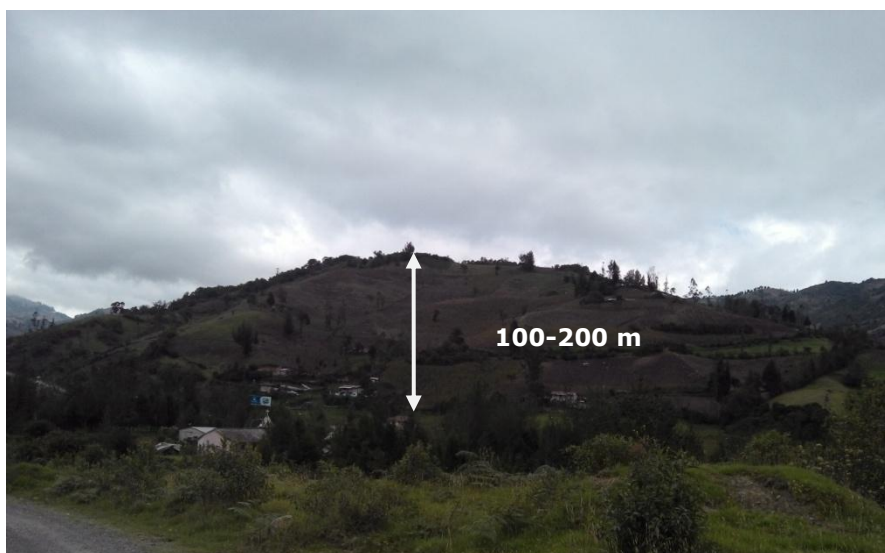


Foto 14. Relieve volcánico colinado alto. Sector Cerro Vigas Urcu. 03/11/2014.

3.5.4.3. Relieve volcánico colinado muy alto (Rv11)

Se localiza en los sectores central y occidental del cantón, sobre los contextos morfológicos *Relieves diversificados sobre materiales volcánicos antiguos, con cobertura piroclástica (Cordillera Occidental)* y *Zonas deprimidas o abrigadas y primeras estribaciones de la vertiente occidental, sin cobertura piroclástica (Cordillera Occidental)*.

Constituidos por areniscas volcánicas de grano grueso pertenecientes a la Formación Macuchi, presentan pendientes de medias a fuertes hasta fuertes (de 25 a 70%), desniveles relativos comprendidos entre 200 y 300 metros y longitudes de vertiente de largas a muy largas (de 250 a más de 500 metros) con formas mixtas. Los valles tienen formas en V y las cimas son redondeadas.

3.5.4.4. Relieve volcánico montañoso (Rv12)

Esta geoforma se distribuye por buena parte de la superficie del cantón, salvo en su sector nororiental y noroccidental, sobre los contextos morfológicos *Relieves diversificados sobre materiales volcánicos antiguos, con cobertura piroclástica (Cordillera Occidental)* y *Zonas deprimidas o abrigadas y primeras estribaciones de la vertiente occidental, sin cobertura piroclástica (Cordillera Occidental)*.

Se desarrolla sobre los materiales de edad cretácica de la Formación Macuchi, presentando pendientes de medias a fuertes hasta fuertes (de 25 a 70%), desniveles relativos superiores a 300 metros y longitudes de vertiente muy largas (más de 500 metros) con formas mixtas e irregulares. Presentan valles en forma de V y cimas redondeadas o agudas.

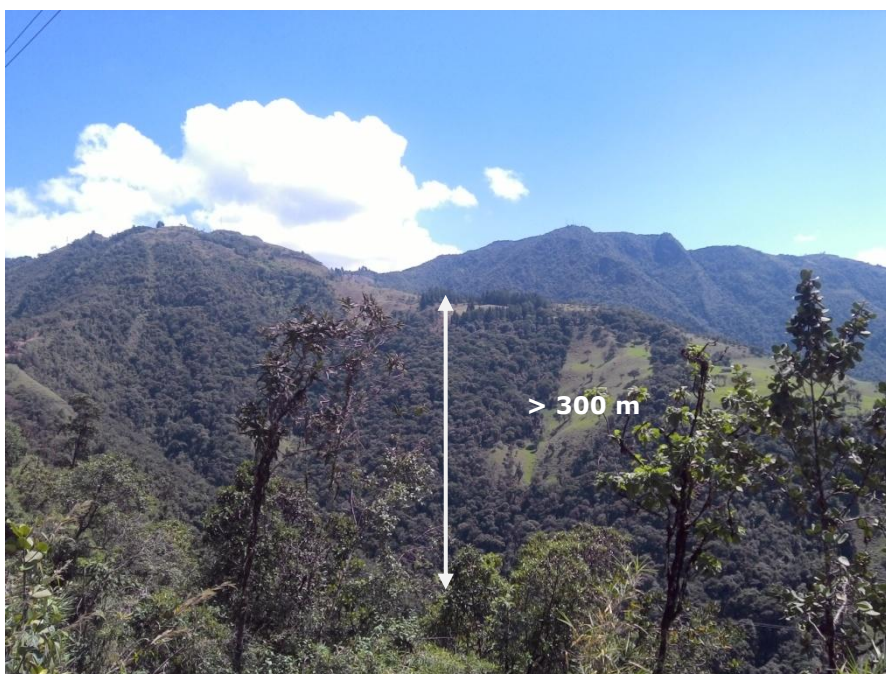


Foto 15. Relieve volcánico montañoso. Sector Guarumal, Padre Urcu. 05/11/2014.

3.5.5. Estructural

3.5.5.1. Superficies de planas a ligeramente onduladas sobre cangahua (Ev3)

Se localizan en el sector nororiental del cantón, al sureste de San Miguel de Bolívar, entre las localidades de San Vicente y Ungubí. Se desarrolla en tres contextos morfológicos: i) *Relieves diversificados sobre materiales volcánicos antiguos, con cobertura piroclástica (Cordillera Occidental)*; ii) *Cuencas deprimidas con relieves colinares sobre rellenos volcano-sedimentarios, con cobertura piroclástica (Cordillera Occidental)*; y iii) *Zonas deprimidas o abrigadas y primeras estribaciones de la vertiente occidental, sin cobertura piroclástica (Cordillera Occidental)*.

Constituidas por las cenizas volcánicas de la Formación Cangahua, presentan pendientes de suaves a medias (de 5 a 25%).

3.5.6. Tectónico-erosivo

3.5.6.1. Relieve colinado medio (Rt4)

Estos relieves se sitúan en el sector central (al norte de la localidad de San Pablo de Atenas), y meridional (junto a la localidad de Sicoto). Se desarrolla sobre los contextos morfológicos *Relieves diversificados sobre materiales volcánicos antiguos, con cobertura piroclástica (Cordillera Occidental)* y *Vertientes homogéneas sobre granitos y granodioritas, con cobertura piroclástica (Cordillera Occidental)*.

Se desarrollan sobre un cuerpo intrusivo ígneo de ácido a intermedio, presentando pendientes medias a fuertes (de 25 a 40%), desnivel relativo comprendido entre 50 y 100 metros y longitudes de vertiente moderadamente largas (de 50 a 250 metros) con formas mixtas. Las formas de cima son redondeadas o agudas y los valles tienen formas en V.

3.5.6.2. Relieve colinado alto (Rt5)

Estos relieves se sitúan en el sector central y meridional del cantón, sobre los contextos morfológicos *Relieves diversificados sobre materiales volcánicos antiguos, con cobertura piroclástica (Cordillera Occidental)* y *Vertientes homogéneas sobre granitos y granodioritas, con cobertura piroclástica (Cordillera Occidental)*.

Litológicamente se desarrolla sobre un cuerpo intrusivo ígneo de ácido a intermedio y presenta pendientes medias a fuertes hasta fuertes (de 25 a 70%), desnivel relativo comprendido 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 antiguo (Coa2)

Esta geoforma se reparte por toda la superficie del cantón San Miguel, salvo en su sector nororiental y se localiza en todos los contextos morfológicos excepto en *Paisajes glaciares* y en *Conos de esparcimiento y formas de piedemonte proximales, en contacto con la vertiente andina occidental*.

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, como se observa en la Foto 16.

Presentan rangos de pendientes muy variables, desde planas hasta fuertes en el contexto *Relieves diversificados sobre materiales volcánicos antiguos*; de suaves hasta medias a fuertes (de 5 a 40%) en el contexto *Medio aluvial de Sierra*; de medias hasta fuertes (de 12 a 70%) en *Zonas deprimidas o abrigadas*; medias (de 12 a 25%) en los contextos *Cuencas deprimidas con relieves colinares sobre rellenos volcano-sedimentarios, con cobertura piroclástica (Cordillera Occidental)* y *Medio aluvial costero* y por último de medias a fuertes (de 25 a 40%) en *Vertientes*

homogéneas sobre granitos y granodioritas. Los valles tienen formas en V, en U o planas.



Foto 16. Coluvio-aluvial antiguo. Sector El Torno. 03/11/2014.

3.5.7.2. Superficie inclinada (Si2)

La unidad se ha identificado en los sectores occidental, septentrional y central del cantón San Miguel, enmarcada en los contextos morfológicos: *Relieves diversificados sobre materiales volcánicos antiguos, con cobertura piroclástica (Cordillera Occidental)* y *Zonas deprimidas o abrigadas y primeras estribaciones de la vertiente occidental, sin cobertura piroclástica (Cordillera Occidental)*.

Representan superficies de perfil longitudinal rectilíneo y cierta inclinación, de origen incierto o de difícil adscripción genética. En el contexto *Relieves diversificados* las unidades cartografiadas se desarrollan sobre la Formación Macuchi, mientras que en *Zonas deprimidas o abrigadas* lo hacen sobre las formaciones Macuchi, Volcánicos Guaranda y Cangahua.

Presenta pendientes de medias hasta medias a fuertes (de 12 a 40%), desniveles relativos comprendidos entre 200 y 300 metros en el contexto *Relieves diversificados* y entre 25 y 200 metros en el contexto *Zonas deprimidas o abrigadas*. Las longitudes de vertiente varían de moderadamente largas hasta muy largas (de 50 a más de 500 metros) con formas rectilíneas o mixtas.

3.5.7.3. Superficie inclinada disectada (Si3)

Esta geoforma se ubica en el sector central del cantón, al este de la localidad de San José de las Palmas, desarrollándose sobre el contexto morfológico *Relieves diversificados sobre materiales volcánicos antiguos, con cobertura piroclástica (Cordillera Occidental)*.

Se desarrolla sobre areniscas volcánicas de grano grueso pertenecientes a la Formación Macuchi, presentando pendientes medias a fuertes (de 25 a 40%), desniveles relativos comprendidos entre 15 y 25 metros y longitudes de vertiente moderadamente largas (de 50 a 250 metros) con formas mixtas.

3.5.7.4. Abrupto de superficie inclinada (Si4)

Representan el abrupto de las superficies inclinadas (Si2), anteriormente descritas, localizándose en el sector nororiental del cantón, sobre los contextos morfológicos *Relieves diversificados sobre materiales volcánicos antiguos, con cobertura piroclástica (Cordillera Occidental)* y *Cuencas deprimidas con relieves colinares sobre rellenos volcano-sedimentarios, con cobertura piroclástica (Cordillera Occidental)*.

En el contexto *Relieves diversificados* se desarrollan sobre las cenizas volcánicas de la Formación Cangahua, mientras que en *Cuencas deprimidas con relieves colinares* lo hacen sobre tobas andesíticas de grano fino pertenecientes a la Formación Volcánicos Guaranda.

Se caracterizan por presentar pendientes de medias a fuertes hasta fuertes (de 25 a 70%), desniveles relativos comprendidos entre 50 y 100 metros y vertientes rectilíneas con longitudes de moderadamente largas a largas (de 50 a 500 metros).

3.5.7.5. Interfluvio de cimas redondeadas (Ar1)

Esta unidad geomorfológica se ubica en los sectores central, occidental y septentrional del cantón, localizándose en cuatro contextos morfológicos: i) *Relieves diversificados sobre materiales volcánicos antiguos, con cobertura piroclástica (Cordillera Occidental)*; ii) *Vertientes homogéneas sobre granitos y granodioritas, con cobertura piroclástica (Cordillera Occidental)*; iii) *Cuencas deprimidas con relieves colinares sobre rellenos volcano-sedimentarios, con cobertura piroclástica (Cordillera Occidental)*; y iv) *Zonas deprimidas o abrigadas y primeras estribaciones de la vertiente occidental, sin cobertura piroclástica (Cordillera Occidental)*.

En el contexto *Relieves diversificados* esta geoforma se desarrolla sobre la Formación Macuchi y sobre Volcánicos Lourdes, en *Vertientes homogéneas* lo hace sobre un cuerpo intrusivo ígneo de ácido a intermedio, mientras que en el contexto *Cuencas deprimidas* están constituidas por Volcánicos Guaranda. Por último en *Zonas deprimidas o abrigadas* se desarrolla sobre corneanas y sobre la Formación Macuchi. Presenta pendientes de medias hasta fuertes (de 12 a 70%).

3.5.7.6. Interfluvio de cimas estrechas (Ar2)

Esta geoforma se distribuye mayoritariamente por las zonas altas del sector nororiental del cantón y en menor medida por el sector central, septentrional y occidental. Se localiza en tres contextos morfológicos: i) *Paisajes glaciares*; ii) *Relieves diversificados sobre materiales volcánicos antiguos, con cobertura piroclástica (Cordillera Occidental)*; y iii) *Zonas deprimidas o abrigadas y primeras estribaciones de la vertiente occidental, sin cobertura piroclástica (Cordillera Occidental)*.

En el sector nororiental, ocupado por paisajes glaciares, se han desarrollado estos interfluvios estrechos, en ocasiones generados por la coalescencia de circos glaciares como sucede en el sector de la Cordillera Anga Huachana.

Se desarrollan sobre los materiales del cuerpo intrusivo ígneo de ácido a intermedio, sobre las corneanas que bordean dicho cuerpo intrusivo, y también sobre las formaciones Macuchi y Yunguilla, todas ellas litologías de considerable resistencia a la erosión, que facilitan la aparición de estos interfluvios estrechos. Presentan pendientes de medias a fuertes hasta fuertes (de 25 a 70%).

IV. RESUMEN Y CONCLUSIONES

Territorialmente el cantón San Miguel tiene una superficie de 573 km² aproximadamente, de los cuales el presente estudio geomorfológico contempla toda su totalidad.

En el cantón San Miguel se pueden diferenciar cinco dominios fisiográficos:

1. **Cimas frías de las Cordilleras Occidental y Real.** Ocupa aproximadamente 18 km², un 3% de la superficie del cantón San Miguel, en donde únicamente presenta un contexto morfológico: *Paisajes glaciares*.

En dicho contexto el modelado más característico es el glaciar y periglacial, presentando geoformas propias de este grupo genético: circo glaciar, cubeta glaciar, fondo de valle glaciar, vertiente de valle glaciar y depósito glaciar modelado por acción fluvial. El grupo genético laderas también tiene representación en este contexto con las vertientes rectilíneas. Aparecen también geoformas poligénicas: interfluvios de cimas estrechas.

2. **Vertientes externas de la Cordillera Occidental.** Con aproximadamente 527 km², ocupa cerca de un 92% del territorio del cantón. Presenta cuatro contextos morfológicos.

En el contexto morfológico *Relieves diversificados sobre materiales volcánicos antiguos, con cobertura piroclástica (Cordillera Occidental)*, con aproximadamente 275 km², destaca el modelado de laderas, en el cual se han identificado diferentes tipos de vertientes: rectilíneas (con o sin disección o con abruptos), heterogéneas y abruptas (con o sin disección), con coluviones, macrocoluviones y depósitos de deslizamiento generados al pie de dichas vertientes. En el grupo genético volcánico aparecen diferentes tipos de relieves volcánicos colinados. Dentro de las geoformas de carácter poligénico se identificaron coluvio-aluviales, superficies inclinadas con o sin disección en las que en ocasiones se ha podido mapear su abrupto e interfluvios de cimas redondeadas y estrechas. Dentro del modelado estructural únicamente se cartografió la unidad: superficies de planas a ligeramente onduladas sobre cangahua. En el grupo genético tectónico-erosivo se identificaron relieves colinados medios y altos. Por último aparecen geoformas de carácter fluvial de tipo erosivo como barrancos y de carácter deposicional como superficie de cono de deyección con o sin disección.

El contexto morfológico *Vertientes homogéneas sobre granitos y granodioritas, con cobertura piroclástica (Cordillera Occidental)*, ocupa una extensión aproximada de 84 km². Al igual que en el contexto anterior, destaca el modelado de laderas, en el cual se identificaron distintos tipos de vertientes con o sin disección (rectilíneas, abruptas y heterogéneas) con coluviones situados en las zonas medias o bajas de dichas vertientes. Las unidades geomorfológicas incluidas en el grupo genético poligénicas están representadas por coluvio-aluviales antiguos, así como por interfluvios redondeados. Dentro de la génesis tectónica-erosiva aparecen relieves colinados medios y altos.

En el contexto *Cuencas deprimidas con relieves colinares sobre relleños volcánico-sedimentarios, con cobertura piroclástica (Cordillera Occidental)*, destacan las geoformas de laderas, representadas por vertientes rectilíneas, vertientes rectilíneas con fuerte disección, vertientes rectilíneas con abruptos, vertientes heterogéneas y coluviones localizados en las zonas medias o bajas de dichas vertientes. El grupo genético volcánico también presenta una buena representación dentro de este contexto, apareciendo relieves volcánicos colinados medios y altos. Dentro de la génesis estructural únicamente se cartografiaron superficies de planas a ligeramente onduladas sobre cangahua. En el grupo poligénicas se identificaron coluvio-aluviales antiguos, abrupto de superficie inclinada e interfluvio de cimas redondeadas. Por último se representaron barrancos dentro de la génesis fluvial.

El contexto *Zonas deprimidas o abrigadas y primeras estribaciones de la vertiente occidental, sin cobertura piroclástica (Cordillera Occidental)*, es el de segunda mayor extensión del cantón San Miguel, con una superficie aproximada de 139 km². La génesis más destacada es laderas, en la que se han identificado diferentes tipos de vertientes (rectilíneas, abruptas y heterogéneas con o sin disección), con coluviones y depósitos de deslizamiento localizados en las zonas medias o bajas de dichas vertientes. Dentro del grupo genético volcánico se representaron diferentes tipos de relieves volcánicos colinados: medio, alto, muy alto y montañoso. Las geoformas de carácter estructural únicamente quedan representadas por superficies de planas a ligeramente onduladas sobre cangahua y las unidades poligénicas identificadas han sido: coluvio-aluvial, superficie inclinada e interfluvio de cimas redondeadas y estrechas. Por último el grupo genético fluvial está constituido por geoformas de carácter erosivo como barrancos y encañonamientos y de carácter deposicional como superficie de cono de deyección y abrupto de cono de deyección, además de valles indiferenciados.

3. **Medio aluvial de Sierra.** Ocupa una extensión de aproximadamente 27 km² y 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 Cristal y San Jorge (con dirección preferencial E-O); y de los ríos Chicoto y Chimbo (con dirección preferencial N-S). Se identificaron valles fluviales-llanuras de inundación, valles en V, barrancos y terrazas medias. Dentro del grupo poligénicas se han representado coluvio-aluviales antiguos, que enlazan con otras formas fluviales del contexto.
4. **Piedemonte andino occidental.** En el cantón este contexto se presenta en una pequeña extensión de aproximadamente 1 km², ubicada en el sector occidental. Únicamente se cartografiaron coluviones antiguos pertenecientes al grupo genético laderas, los cuales se encuentran conformados por una mezcla heterogénea de materiales finos y fragmentos angulares rocosos, con ausencia de estratificación y estructuras de ordenamiento interno.
5. **Medio aluvial costero.** Presenta una pequeña superficie de aproximadamente 57 ha, siendo el contexto más reducido del cantón. Se identificó

exclusivamente la unidad morfológica denominada coluvio-aluvial antiguo, de origen poligénico. Esta unidad se encuentra constituida por depósitos coluvio-aluviales que comprenden de limos, arcillas, arenas, gravas y bloques.

El cantón San Miguel se localiza entre dominios de *Cimas frías* y dominios de la región Costa como *Piedemonte andino occidental* y *Medio aluvial costero*, por lo que la gran variabilidad altitudinal es una de las claves para entender la geomorfología de este cantón, pasando de altitudes próximas a los 4.300 msnm en las zonas más elevadas del sector nororiental, a altitudes de 260 msnm en el sector occidental.

Desde las elevadas altitudes del sector nororiental a las zonas deprimidas del sector occidental se desarrolla el dominio *Vertientes externas de la Cordillera Occidental*, el cual se compone por cuatro contextos morfológicos, destacando el contexto *Relieves diversificados sobre materiales volcánicos antiguos, con cobertura piroclástica (Cordillera Occidental)*, que ocupa buena parte de la vertiente andina occidental dentro del cantón, presentando mayor cobertura piroclástica en las áreas más próximas al Volcán Chimborazo, situado aproximadamente a 30 km al noreste del límite del cantón San Miguel.

Desde un punto de vista geológico las formaciones Macuchi y Yunguilla, de edad mesozoica, ocupan buena parte del cantón y se encuentran afectadas en parte por intrusiones ígneas de ácidas a intermedias y por las corneanas típicas de un metamorfismo de contacto de la propia intrusión. Además encontramos formaciones volcánicas de edad pleistocena y holocena (Volcánicos Guaranda, Volcánicos Lourdes y Formación Cangahua) que también han alterado y recubierto las formaciones del Mesozoico anteriormente citadas.

Desde el punto de vista de la dinámica fluvial, el cantón recibe los aportes hidrográficos provenientes de la Cordillera Occidental (río Cristal y San Jorge con direcciones preferenciales E-O); río Sicoto con dirección preferencial NEE-SOO; y ríos de La China y Chimbo con direcciones preferenciales N-S.

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-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.

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

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

DGGM-UK (Dirección General de Geología y Minas; Misión Británica), 1978. Hoja Geológica: San Miguel (Hoja 68), esc. 1:100.000. *DGGM*. Quito.

DGGM-UK (Dirección General de Geología y Minas; Misión Británica), 1976. Hoja Geológica: Chimborazo (Hoja 69), esc. 1:100.000. *DGGM*. Quito.

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

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 Rocosos

Macizo Rocosos 1

Estructura Macizo Rocosos 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 Rocosos 2

Estructura Macizo Rocosos 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 Rocosos 3

Estructura Macizo Rocosos 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 Rocosos

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-NIV_F2-62-0379	CGg-NIV_F2-62-0438	CGg-NIV_F2-62-0568
CGg-NIV_F2-62-0387	CGg-NIV_F2-62-0439	CGg-NIV_F2-62-0570
CGg-NIV_F2-62-0390	CGg-NIV_F2-62-0441	CGg-NIV_F2-62-0571
CGg-NIV_F2-62-0397	CGg-NIV_F2-62-0442	CGg-NIV_F4-62-0445
CGg-NIV_F2-62-0398	CGg-NIV_F2-62-0443	CGg-NIV_F4-62-0449
CGg-NIV_F2-62-0410	CGg-NIV_F2-62-0467	CGg-NIV_F4-62-0450
CGg-NIV_F2-62-0412	CGg-NIV_F2-62-0470	CGg-NIV_F4-62-0452
CGg-NIV_F2-62-0416	CGg-NIV_F2-62-0471	CGg-NIV_F4-62-0453
CGg-NIV_F2-62-0418	CGg-NIV_F2-62-0474	CGg-NIV_F4-62-0485
CGg-NIV_F2-62-0420	CGg-NIV_F2-62-0477	CGg-NIV_F4-62-0486
CGg-NIV_F2-62-0421	CGg-NIV_F2-62-0478	CGg-NIV_F4-62-0487
CGg-NIV_F2-62-0422	CGg-NIV_F2-62-0481	CGg-NIV_F4-62-0488
CGg-NIV_F2-62-0423	CGg-NIV_F2-62-0482	CGg-NIV_F4-62-0489
CGg-NIV_F2-62-0424	CGg-NIV_F2-62-0484	CGg-NIV_F4-62-0490
CGg-NIV_F2-62-0425	CGg-NIV_F2-62-0537	CGg-NIV_F4-62-0491
CGg-NIV_F2-62-0427	CGg-NIV_F2-62-0538	CGg-NIV_F4-62-0492
CGg-NIV_F2-62-0428	CGg-NIV_F2-62-0539	CGg-NIV_F4-62-0494
CGg-NIV_F2-62-0431	CGg-NIV_F2-62-0540	CGg-ÑIV_E1-53-0440
CGg-NIV_F2-62-0432	CGg-NIV_F2-62-0542	CGg-ÑIV_E1-53-0441
CGg-NIV_F2-62-0436		

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 cimeras. Está caracterizado por la presencia de crestas o aristas agudas en su interior.

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

-K-

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

-L-

LAGUNA COLMATADA: depósito de antigua laguna.

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

LAGUNA GLACIAR: término genérico para designar cualquier tipo de laguna originada en ambiente 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*, *terrazza alta*, o *terrazza 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.

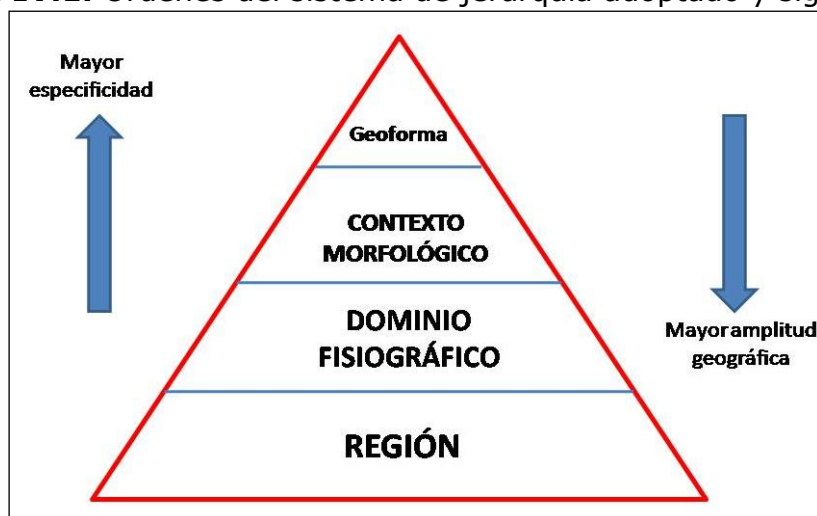
1. Atributos relacionados con el sistema de jerarquía del relieve: Región, Dominio Fisiográfico y Contexto Morfológico

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-periglaciario) o sistema morfogenético (p.ej., volcánico, litoral, aluvial); su diferenciación también se establece, a menudo, en base a unidades tectónicas y estructurales (p.ej., vertientes externas de las cordilleras, paisajes estructurales, grandes sistemas de piedemonte). Representan, en definitiva, un tipo de características del relieve que se diferencian claramente del espacio adyacente y que se localizan en un marco geográfico definido, continuo y de considerable extensión, del orden de 10^3 a 10^4 km².

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	Pl_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.