

PROYECTO:

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

GEOMORFOLOGÍA

METODOLOGÍA

Versión 2.0 septiembre 2015

PERSONAL PARTICIPANTE

Unidad MAGAP-PRAT, SIGTIERRAS:

José Duque
Sandra González
Xavier Andrade
Óscar Garzón

Consortio TRACASA-NIPSA:

Responsables:

Joaquín del Val
Idurre Barinagarrementería

Técnicos participantes en la temática de Geomorfología:

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

FISCALIZACIÓN realizada por la Asociación ACOTECNIC - INGEOMATICA

INDICE

I. INTRODUCCIÓN, CARACTERÍSTICAS DEL PRODUCTO Y OBJETIVOS	5
1.1. Introducción	5
1.2. Características de la Cartografía Geomorfológica	7
1.3. Objetivos del presente documento	7
II. BASES CONCEPTUALES.....	7
2.1. Sistema de jerarquía del relieve: Región, Dominio Fisiográfico y Contexto Morfológico...	7
2.2. Geoforma.....	11
2.3. Grupo genético (tipo de modelado)	12
2.4. Formación geológica y depósitos superficiales.....	15
2.5. Atributos morfológicos: forma de la cima, de la vertiente y del valle.....	17
2.6. Atributos morfométricos: desnivel relativo, longitud de vertiente y pendiente	18
2.7. Atributos relacionados con el drenaje	20
III. DESARROLLO DE LA METODOLOGÍA	22
3.1. Etapas metodológicas	22
3.2. Recopilación de información	22
3.2.1. Insumos básicos: MDT, ortofotos y otras imágenes	23
3.2.2. Insumos complementarios.....	23
3.3. Fotointerpretación.....	24
3.4. Fase de campo	27
3.4.1. Criterios para la validación en campo.....	27
3.4.2. Validación y adquisición de datos de campo.....	27
3.5. Integración de datos y adecuación cartográfica final.....	28
3.6. Salidas Gráficas	28
3.6.1. Marco principal y leyenda asociada.....	28
3.6.2. Esquema Relieve y Paisaje (Contextos Morfológicos),	31
3.6.3. Esquema Geológico	31
3.6.4. Esquema Pendientes.....	32
3.7. Redacción de la Memoria técnica.....	32
IV. CONTROL DE CALIDAD.....	32
4.1. Gestión de Calidad del conjunto del trabajo.....	32
4.2. Control de calidad temática	34
4.3. Control topológico y coherencia cartográfica.....	34
4.4. Herramientas que inciden directamente en la calidad	35
V. BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA.....	36
VI. ANEXO. PROCEDIMIENTOS DE GEOMORFOLOGÍA	38

FIGURAS

Figura I.1. Distribución geográfica de la Zona de Estudio dentro del área continental	6
Figura III.1. Mapa sintético de procesos en el diseño y producción de la cartografía geomorfológica.....	22
Figura III.2. Ejemplos de insumos básicos: ortofoto (izq.) y MDT (dcha.)	23
Figura III.3. Ejemplos de insumos complementarios: mapa de sombras (izq.) y red de drenaje (dcha.)	24
Figura III.4. Ejemplo de delimitación de una geoforma (caldera volcánica) a partir de la fotointerpretación digital 3D.....	25
Figura III.5. Salida cartográfica del cantón La Troncal.	29
Figura V.1. Plan de calidad en la cartografía geomorfológica, principales hitos.....	33

CUADROS

Cuadro II.1. Regiones, Dominios Fisiográficos y Contextos Morfológicos considerados en el área de estudio	8
Cuadro II.2. Grupos genéticos y características de los mismos	12
Cuadro II.3. Grupos genéticos y subgrupos en que se encuadran las geoformas.....	13
Cuadro II.4. Ejemplos de formaciones geológicas y de depósitos superficiales, símbolos asignados y descripción litológica correspondiente	16
Cuadro II.5. Categorías de formas de cima, vertiente y valle	18
Cuadro II.6. Categorías de desnivel relativo.....	19
Cuadro II.7 Categorías de longitud de vertiente.	19
Cuadro II.8. Categorías de pendiente.....	20
Cuadro II.9. Categorías de tipo de drenaje.	21
Cuadro II.10. Categorías de densidad de drenaje.	21
Cuadro III.1. Grupos genéticos y subgrupos en que se encuadran las geoformas.....	29

I. INTRODUCCIÓN, CARACTERÍSTICAS DEL PRODUCTO Y OBJETIVOS

1.1. Introducción

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

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

Además de otros componentes, el Proyecto gestiona el Levantamiento de Cartografía Temática a escala 1:25.000 de Ecuador (LCT). Con este antecedente, se ha generado, en un área de trabajo de 122.095 km², cartografía digital y bases de datos territoriales sobre: Geomorfología, Geopedología y su Capacidad de uso, Dificultad de Labranza, Cobertura y uso de la tierra, Zonas homogéneas de cultivo y Sistemas Productivos.

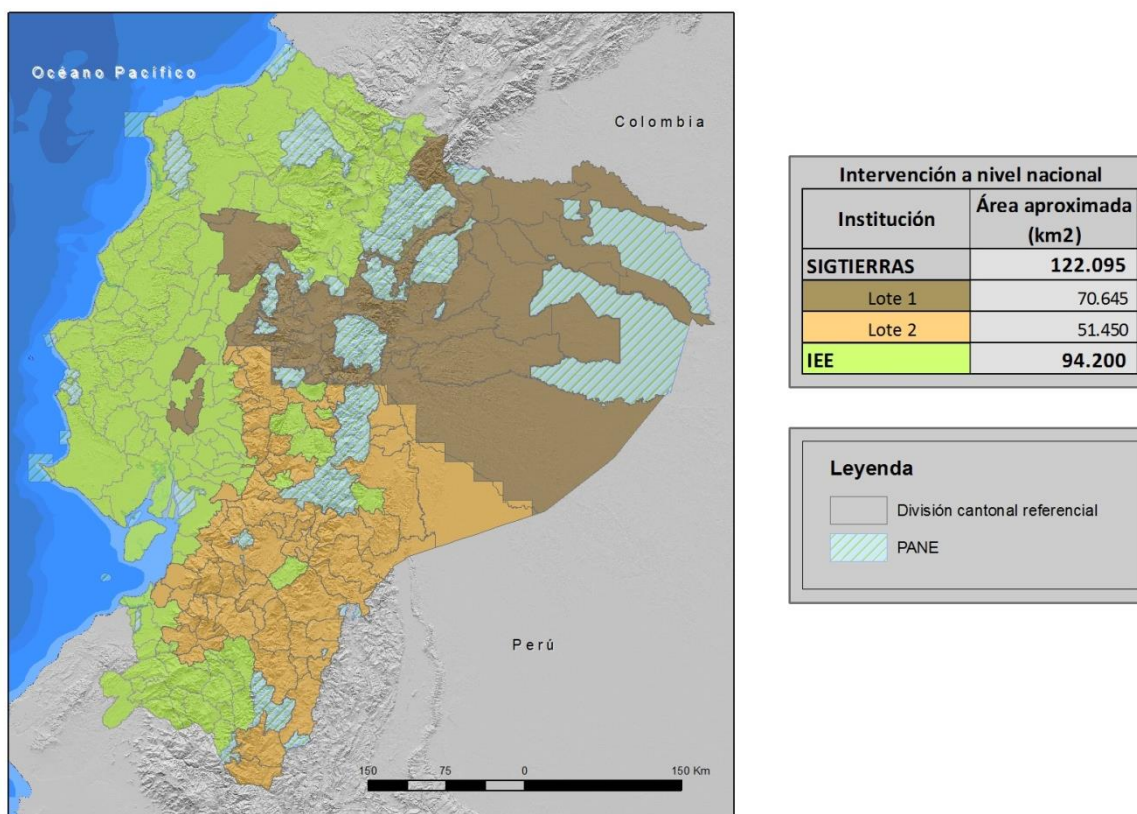
El Proyecto consta de dos LOTES:

1. LOTE 1, que ocupa una superficie de 70.645 km²; y,
2. LOTE 2, que ocupa una superficie de 51.450 km² y en el que se incluyen diversas temáticas a nivel de territorio nacional (ajuste de la cartografía existente de Peligros Volcánicos y cartografía de Accesibilidad a la Red Vial, a Infraestructuras de Acopio y Facilidades Agrícolas, a Centros Económicos Importantes y Zonas Homogéneas de Accesibilidad)

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 de fecha 9 de diciembre de 2013.

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 I.1. Distribución geográfica de la Zona de Estudio dentro del área continental



Fuente: CTN

Dentro de los objetivos generales del conjunto del Proyecto, la Cartografía Geomorfológica 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. Otros 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.

1.2. Características de la Cartografía Geomorfológica

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

- Escala: 1: 25.000
- 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: cartografía digital en formato fileGDB y PostGIS-GRES , metadatos; memorias cantonales; salidas gráficas cantonales y por hojas; fotografías y fichas de campo.

1.3. Objetivos del presente documento

El objetivo de la presente metodología es detallar los diferentes pasos llevados a cabo para la realización del mapa geomorfológico, la forma de trabajo, los criterios implementados y su forma de aplicarlos, así como las bases conceptuales en que se sustenta.

Este documento se complementa con un conjunto de procedimientos desarrollados a lo largo del trabajo de Cartografía Geomorfológica, a los que se hace referencia en el presente documento. En el Anexo I se listan todos estos procedimientos y se sintetizan sus contenidos.

II. BASES CONCEPTUALES

Para este proyecto se ha apostado por el cambio del concepto de “Unidades Ambientales”, utilizado por el Instituto Espacial Ecuatoriano (exCLIRSEN), por un sistema optimizado en el cual se estructura la información geomorfológica en distintos niveles jerárquicos. Debido a que 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.

Esta conceptualización está plasmada en el siguiente procedimiento:

- [150526_Sistema de jerarquía.docx](#)

2.1. Sistema de jerarquía del relieve: Región, Dominio Fisiográfico y Contexto Morfológico

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 nivel de mayor detalle de esta jerarquía. 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.

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-periglaciar) 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 II.1 se muestran todos los Contextos Morfológicos de cada Dominio Fisiográfico y Región.

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

REGIÓN SIERRA	
DOMINIO FISIográfico: 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 FISIAGRÁFICO: 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 FISIAGRÁFICO: 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 FISIAGRÁFICO: SISTEMA VOLCÁNICO	
CONTEXTOS MORFOLÓGICOS	Vestigios de edificios volcánicos muy destruidos, difícilmente identificables
	Construcciones de tipo estrato-volcán y formas asociadas
DOMINIO FISIAGRÁFICO: 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 FISIAGRÁFICO: 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 FISIAGRÁFICO: 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: PIEDEMONTES 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: PIEDEMONTES COSTEROS	
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 FISIAGRÁFICO: 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.

2.2. Geoforma

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 10² 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.

El conjunto de geoformas contempladas en el Proyecto representan un total de 221 (además de otras 10 que, aunque incorporadas inicialmente, se han considerado fuera de uso). El listado de geoformas, ordenadas por grupos y subgrupos genéticos, se puede consultar en el siguiente procedimiento:

- [150526_Relaciones_vdef.xlsx](#)

Para la identificación de las geoformas, existe un Manual que incluye la descripción general de sus características, grupo genético en el que se incluyen ejemplos y gráficos ilustrativos de las mismas. El procedimiento en que se recogen se denomina:

- [Manual_Geoformas_febrero 2015.pdf](#)

La definición de cada una de las geoformas se puede consultar en:

- [Memorias técnica, Anexo III. Glosario de Geoformas.](#)

2.3. Grupo genético (tipo de modelado)

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 II.2.

Cuadro II.2. Grupos genéticos y características de los mismos

GRUPO GENÉTICO (tipo general de modelado)	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

GRUPO GENÉTICO (tipo general de modelado)	CARACTERÍSTICAS GENERALES
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

Estos grupos genéticos se han dividido, en ocasiones, en órdenes menores, o subgrupos. Cada uno de estos subgrupos está integrado por geoformas que, además de compartir el tipo general de modelado (fluvial, volcánico, estructural, etc.), presentan afinidades en su génesis particular, en su morfología o en los procesos dinámicos que representan. Los diferentes subgrupos, y ejemplos de geoformas que pertenecen a ellos, se muestran en el Cuadro 2.3.

Cuadro II.3. Grupos genéticos y subgrupos en que se encuadran las geoformas

GRUPO GENÉTICO (tipo general de modelado)	SUBGRUPO	EJEMPLOS DE GEOFORMAS
FLUVIAL	Valles fluviales y formas relacionadas con predominio de sedimentación	Valle fluvial, llanura de inundación
		Valle indiferenciado
	Encajamientos e incisiones fluviales	Barranco
		Garganta
	Canales fluviales	Cauces y meandros ocasionalmente funcionales
		Dique o banco aluvial
	Terrazas	Terraza media
		Vertiente o abrupto de terraza
	Conos de esparcimiento	Superficie de cono de esparcimiento disectado
		Abreupto de cono de esparcimiento
Conos de deyección	Superficie de cono de deyección	
	Superficie de cono de deyección disectado	
Otras formas	Badlands	
	Chimeneas de hadas	
FLUVIO-LACUSTRE	En valles-terrazas	Áreas endorreicas en llanuras aluviales y terrazas
		Depresión de decantación

GRUPO GENÉTICO (tipo general de modelado)	SUBGRUPO	EJEMPLOS DE GEOFORMAS
	En otros ambientes	Depresión lagunar Superficie ondulada lacustre
LADERAS	Laderas rectilíneas	Vertiente rectilínea Vertiente rectilínea con salientes rocosos
	Laderas abruptas	Vertiente abrupta Vertiente abrupta con fuerte disección
	Laderas heterogéneas y otras morfologías	Vertiente heterogénea con fuerte disección Vertiente heterogénea
	Depósitos de ladera	Coluvión antiguo Talud de derrubios
	Piedemonte	Glacis de esparcimiento Glacis de esparcimiento disectado
	GLACIAR PERIGLACIAR	Formas glaciares
Depósitos glaciares		
Periglaciar		Afloramientos rocosos en ambiente periglaciar Rocas desmenuzadas por el hielo, campos y ríos de bloques
VOLCÁNICO	Antiguos edificios	Pitones o agujas volcánicas Vestigios de edificios volcánicos
	Conos inactivos	Cono sin actividad volcánica actual e intenso retoque glaciar Cono sin actividad volcánica y sin huellas glaciares
		Conos activos
	Formas asociadas a conos	Caldera Rampas de piedemonte de cono volcánico
	Domos	Domo volcánico
	Relieves diversos	Superficie de meseta volcánica Relieve volcánico colinado alto
MARINO	Depósitos actuales	Playa marina Marisma, estuario
	Depósitos antiguos	Planicie costera Superficie de mesa marina
KÁRSTICO	-	Polje Dolina, campo de dolinas
METEORIZACIÓN	-	Colinas en media naranja Colinas de cimas redondeadas de aspecto tabular
EÓLICO	Formas de erosión	Campo de reg Yardangs
	Depósitos	Manto eólico Campo de dunas
ESTRUCTURAL	Capas horizontales	Superficie de mesa o meseta Cornisa de mesa o meseta
	Capas inclinadas	Superficie de cuesta disectada Frente de cuesta
	Capas subverticales	Barra o cresta estructural
	Capas plegadas	Superficies y planos estructurales

GRUPO GENÉTICO (tipo general de modelado)	SUBGRUPO	EJEMPLOS DE GEOFORMAS	
		originados en capas plegadas	
	Superficies residuales	Restos de superficie estructural	
	En materiales volcánicos	Niveles estructurales sobre lavas endurecidas Relieves escalonados sobre capas de lava endurecida y otros materiales volcánicos	
TECTÓNICO-EROSIVO	-	Relieve colinado medio Relieve montañosos	
	POLIGÉNICAS	Coluvio aluvial	Coluvio-aluvial reciente Coluvio-aluvial antiguo
Superficies de erosión y planicies intermontanas		Superficie de erosión Planicie intermontana	
Superficies horizontales		Superficie horizontal disectada Abrupto de superficie horizontal	
Superficies inclinadas		Superficie inclinada Abrupto de superficie inclinada	
Altas superficies		Superficie alta Superficie alta disectada	
Relieves residuales		Inselberg Cerro testigo	
Aristas, divisorias e interfluvios		Interfluvio de cimas estrechas Interfluvio de cimas redondeadas	
Sustrato diverso		Macizo rocoso Afloramientos rocosos	
OTRAS		-	Superficies planas intervenidas Superficie intervenida

Fuente: CTN

2.4. Formación geológica y depósitos superficiales

Una *formación geológica* (sensu stricto) es una unidad litoestratigráfica constituida por un conjunto de rocas claramente diferenciables de las adyacentes o próximas por sus características litológicas, suficientemente distintiva 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 relación completa de *formaciones geológicas* consideradas en el Proyecto, así como su descripción litológica, se encuentra recogida en el procedimiento:

- [150526_Relaciones_vdef.xlsx](#), pestaña “Formación-Litología”

Complementariamente, para las geoformas que llevan asociada una *formación* o *depósito superficial* (por ejemplo, valle fluvial/llanura de inundación, coluvión antiguo o reciente, morrena de fondo, flujo de piroclastos o playa marina) se asigna el tipo de formación o depósito superficial correspondiente (depósitos aluviales, depósitos de ladera (coluvial), depósitos glaciares, depósitos volcánicos (piroclastos) o depósitos marinos, respectivamente), según lo establecido en el procedimiento:

- [141219_Geoformas_FmSuperf.xlsx](#)

A continuación, en el Cuadro II.4, se muestran algunos ejemplos de formaciones geológicas y de depósitos superficiales, con el código asignado y la descripción del tipo de roca o sedimento.

Cuadro II.4. Ejemplos de formaciones geológicas y de 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;

FORMACIÓN GEOLÓGICA O DEPÓSITO SUPERFICIAL	(*)	DESCRIPCIÓN DEL TIPO DE ROCA O SEDIMENTO
		areniscas de grano grueso y conglomeráticas
Formación Playa Rica	Ole _r	Lutitas grises o negras laminadas, con intercalaciones de areniscas
Formación Ostiones	Eo _{Os}	Calizas y calizas silicificadas, con delgados niveles arcillosos y aspecto brechoide
Formación Tiyuyacu	Pal _{Ty}	Conglomerado de cuarzo, lutita y chert en matriz arenolimoso; 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 _{BZ}	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 G _a	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; Duque, 2000

(*) 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: Breve léxico estratigráfico del Ecuador (Duque, 2000), hojas geológicas 1:100.000 y 1:250.000 publicadas por el INIGEMM u organismos predecesores, Mapa Geológico de la República del Ecuador a escala 1:1.000.000 (CODIGEM-BGS, 1993; DGGM-IGS, 1982) 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.

2.5. 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 2.5):

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

Cuadro II.5. 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 Aplica	Irregular	No Aplica
	Otras	
	No Aplica	

Fuente: CLIRSEN, 2012

La descripción y características de estos atributos se encuentran explicadas en el procedimiento:

- [150526_Atributos_asignac_validac.docx](#), apartado 5, "Atributos Morfológicos"

De forma complementaria, para cada tipo de geoforma se han establecido, con carácter orientativo, los diferentes valores o rangos que pueden tomar. Aparecen en el siguiente procedimiento:

- [150526_Relaciones_vdef.xlsx](#), pestaña "Relaciones Geoforma_RestoCampos"

2.6. 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

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 2.6.

Cuadro II.6. 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 Aplica	

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 (CLIRSEN, 2012). Las categorías o rangos establecidos se muestran en el Cuadro 2.7.

Cuadro II.7 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 Aplica		

Fuente: CLIRSEN, 2012

La *pendiente* es el grado de inclinación de las geoformas, con relación a la horizontal, expresado en porcentaje (CLIRSEN, 2012). Se han establecido diez clases o rangos de pendientes (Cuadro II.8).

Cuadro II.8. 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 Aplica		

Fuente: CLIRSEN, 2012

La descripción y características de los atributos morfométricos se detallan en el procedimiento:

- [150526_Atributos_asignac_validac.docx](#), apartado 6, "Atributos Morfométricos"

Tal como se explica en dicho procedimiento, la asignación de dichos atributos está automatizada, 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.

De forma complementaria, para cada tipo de geoforma se han establecido, con carácter orientativo, los diferentes valores o rangos que pueden tomar. Aparecen en el siguiente procedimiento:

- [150526_Relaciones_vdef.xlsx](#), pestaña "Relaciones Geoforma_RestoCampos"

2.7. 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 el Cuadro II.9 y en el Cuadro II.10.

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 II.9. Categorías de tipo de drenaje.

TIPOS DE DRENAJE
Dendrítico
Subdendrítico
Anastomosado
Meándrico
Paralelo
Enrejado
Rectangular
Angular
Radial
Asimétrico
Subparalelo
Pinnado
Otras
No Aplica

Fuente: CLIRSEN, 2012

Cuadro II.10. 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 Aplica	

Fuente: CTN

La descripción y características de ambos atributos, relacionados con el drenaje, se detallan en el procedimiento:

- [150526_Atributos_asignac_validac.docx](#), apartado 6 y 7, " Atributos relacionados con el drenaje "

De forma complementaria, para cada tipo de geoforma se han establecido, con carácter orientativo, los diferentes valores o rangos que pueden tomar. Aparecen en el siguiente procedimiento:

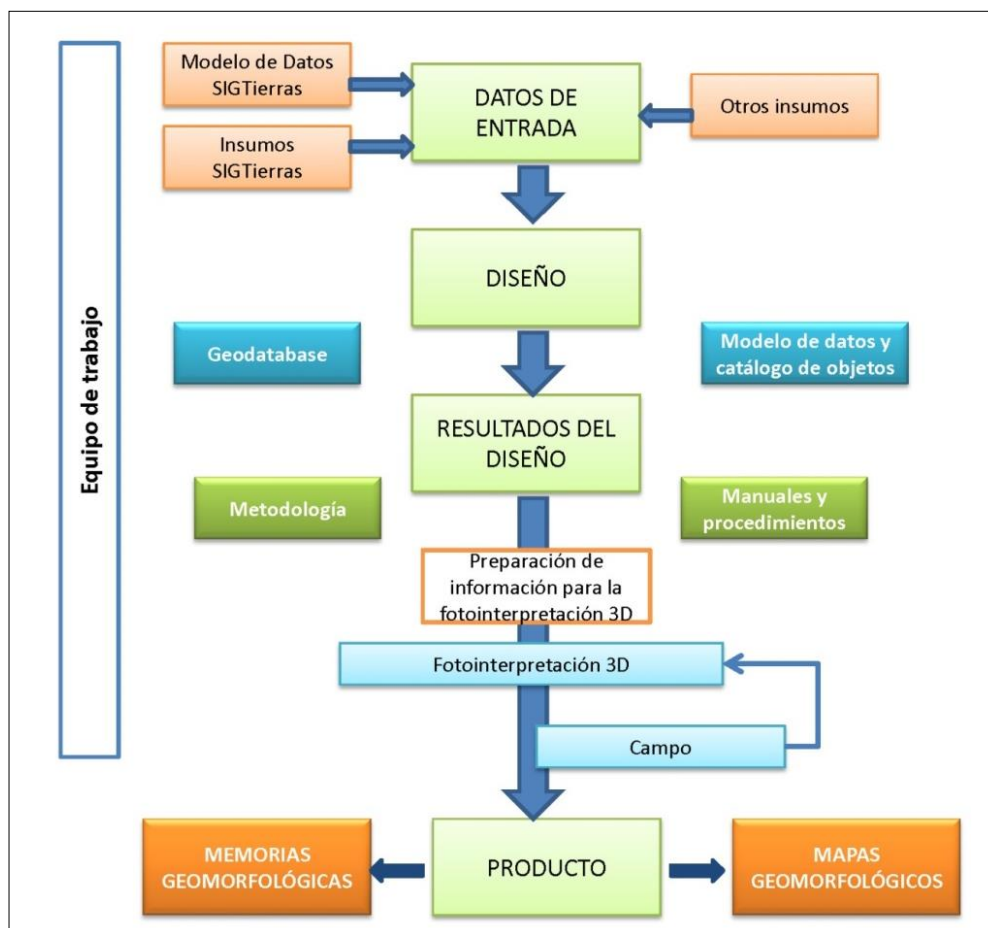
- [150526_Relaciones_vdef.xlsx](#), pestaña "Relaciones Geoforma_RestoCampos"

III. DESARROLLO DE LA METODOLOGÍA

3.1. Etapas metodológicas

Los principales procesos llevados a cabo en las fases de diseño y producción de la cartografía geomorfológica se esquematizan en la figura 3.1.

Figura III.1. Mapa sintético de procesos en el diseño y producción de la cartografía geomorfológica.



Fuente: CTN

En los siguientes apartados, se explican 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.

3.2. 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

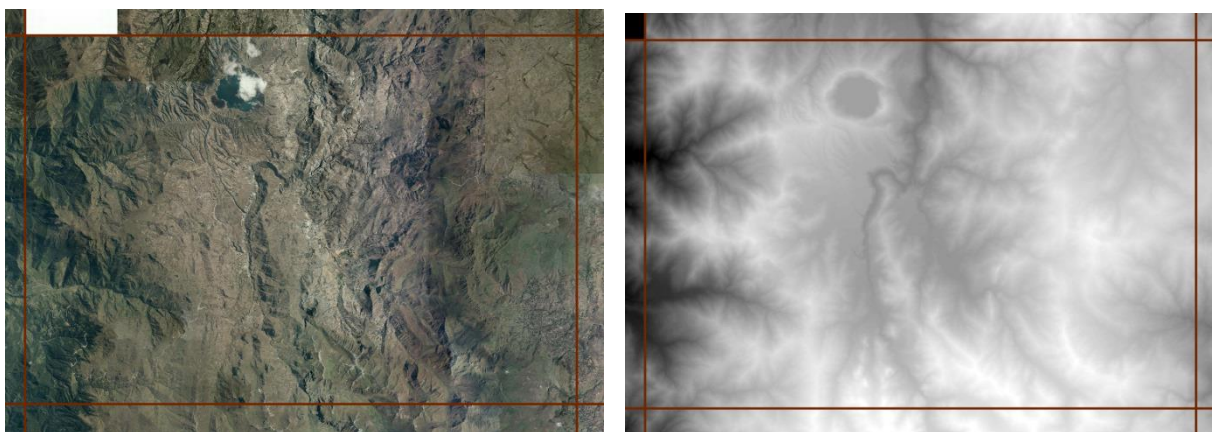
3.2.1. Insumos básicos: MDT, ortofotos y otras imágenes

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 MDTs 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.

Figura III.2. Ejemplos de insumos básicos: ortofoto (izq.) y MDT (dcha.)



Fuente: CTN

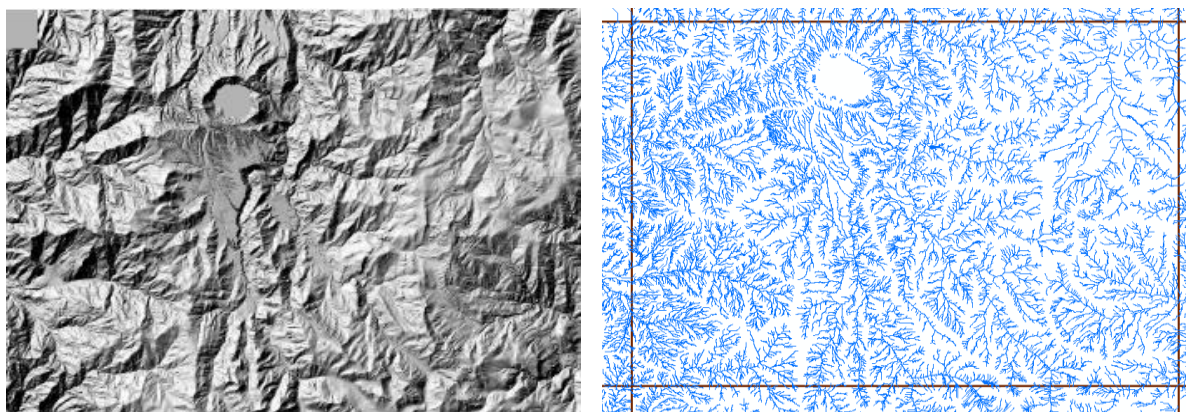
3.2.2. Insumos complementarios

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 el 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, elaborados a partir del MDT y el modelo *hillshade* de ArcMap.
- Red de drenaje generada a partir del MDT, con ayuda de la red de drenaje a escala 1:5.000. Las herramientas que se utilizan son ArcGIS 10, ArcHydro y ETGeowizard.
- Mapa de pendientes. Información generada a partir del MDT (de 3 metros en Sierra, 4 metros en Costa y 5 metros en Amazonía).
- Mapa de Paisajes Naturales del Ecuador, escala 1: 1.000.000 (Winckell, 1997), cartografía que ha servido de base para establecer el sistema de jerarquía del relieve en que se estructura la información geomorfológica.
- Mapa topográfico 1:50.000. Mapa en formato *ráster*, que sirve de referencia para una primera comprensión del relieve y sus formas más características, así como sobre 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 tanto 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.

Figura III.3. Ejemplos de insumos complementarios: mapa de sombras (izq.) y red de drenaje (dcha.).



Fuente: CTN

3.3. 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

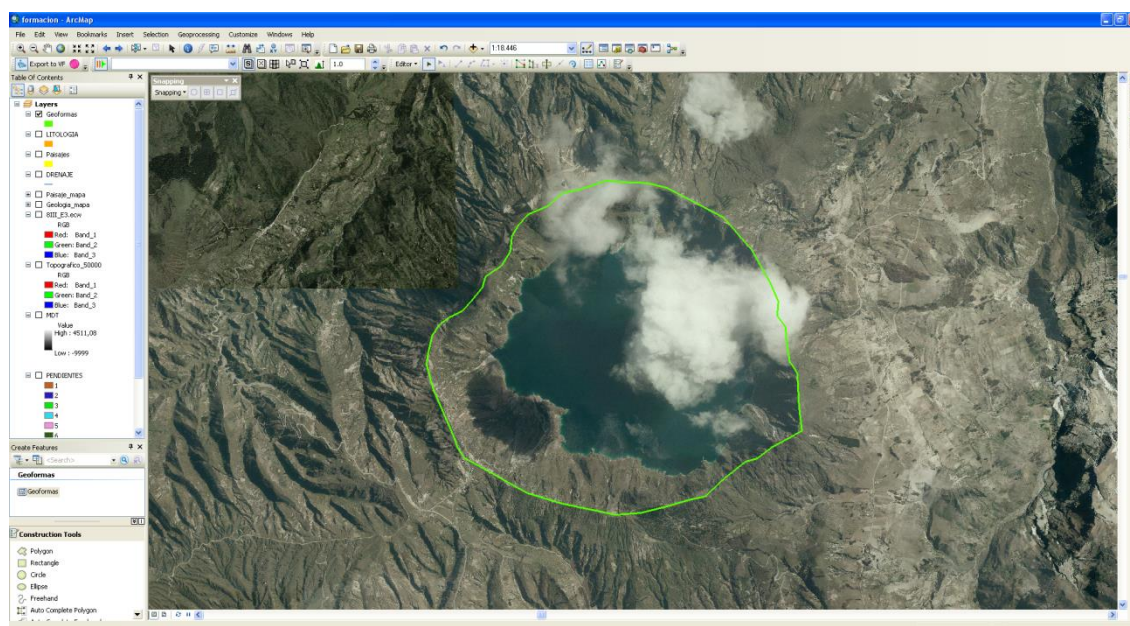
geoformas, entendidas éstas como porciones del paisaje identificables respecto a las de su entorno inmediato y que presentan características homogéneas en cuanto a su génesis (procesos formadores), morfología (forma del terreno), morfometría (pendiente, desnivel relativo, longitud de vertiente), procesos 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.

Figura III.4. Ejemplo de delimitación de una geoforma (caldera volcánica) a partir de la fotointerpretación digital 3D.



Fuente: CTN

- 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 específicas 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)

Una vez que se hayan asignado los atributos se revisan los siguientes puntos:

- 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. Estas tareas forman parte del Control de Calidad, tal como se expone en los epígrafes 5.2 y 5.3.

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*. Sus principales características se exponen a continuación, apareciendo detalladas en el procedimiento:

- [140613_Manual_Trabajo_vdef.docx](#)

Purview:

- Permite la visión 3D. Posibilita tanto una visión amplia (por ejemplo, de toda una hoja 1:50.000) como detallada, a través de los cambios de escala que se precisen. Ello permite identificar las grandes estructuras y patrones de relieve y entrar en el detalle de las geoformas sin perder de vista el contexto del modelado en el que se encuentra. Todo ello de una forma ágil, rápida y en un entorno conocido (ArcGIS).
- Permite visualizar todas las capas de ArcMap sobre la visión 3D (vectores), así como capas de fondo ráster si es necesario.
- Al estar integrado en ArcMap, se pueden utilizar todas las funcionalidades de éste a nivel de edición, consulta, visualización, etc.

Vector Factory:

Es una extensión de ArcMap y trabaja como repositorio de la información es una base de datos geográfica (Geodatabase, GdB). Presenta una pantalla dividida en 2 partes: edición y asignación de atributos en la Geodatabase. El objetivo principal de Vector Factory es disminuir el número de clics del operador, y reducir al máximo el trabajo posterior de edición de los datos capturados, a la vez que garantiza la consistencia de dichas capturas con el modelo de datos del proyecto. Las funcionalidades y el menú con el que se trabaja se ha desarrollado e implementado específicamente para el trabajo de cartografía geomorfológica de Ecuador.

Adicionalmente, facilita la implementación de controles de calidad, topológicos y de revisión de la información, propios de ArcMap. Por ejemplo:

Asegurar que polígonos adyacentes compartan la misma geometría en las fronteras comunes, forzando la conectividad topológica (en 3D o 2D, según interese), en tiempo real de captura (opción “Trace” y opción “Auto complete polygon”).

- Ausencia de polígonos con superficie inferior a la permitida (1 ha).
- Ausencia de elementos multiparte.
- Fijar dos escalas de trabajo principales.
- Asegurar que no existan recintos sin asignación.

Complementariamente a lo recogido en este epígrafe, la metodología de fotointerpretación se detalla en el siguiente procedimiento:

- [140613_Procedimiento_Fotointerpretacion_vdef.docx](#)

3.4. Fase de campo

3.4.1. 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.

3.4.2. 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. 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 *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.



Foto 1. Toma de datos en campo. Cobertura piroclástica (cenizas volcánicas y lapilli) sobre la Formación Pisayambo.

3.5. 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.).

3.6. Salidas Gráficas

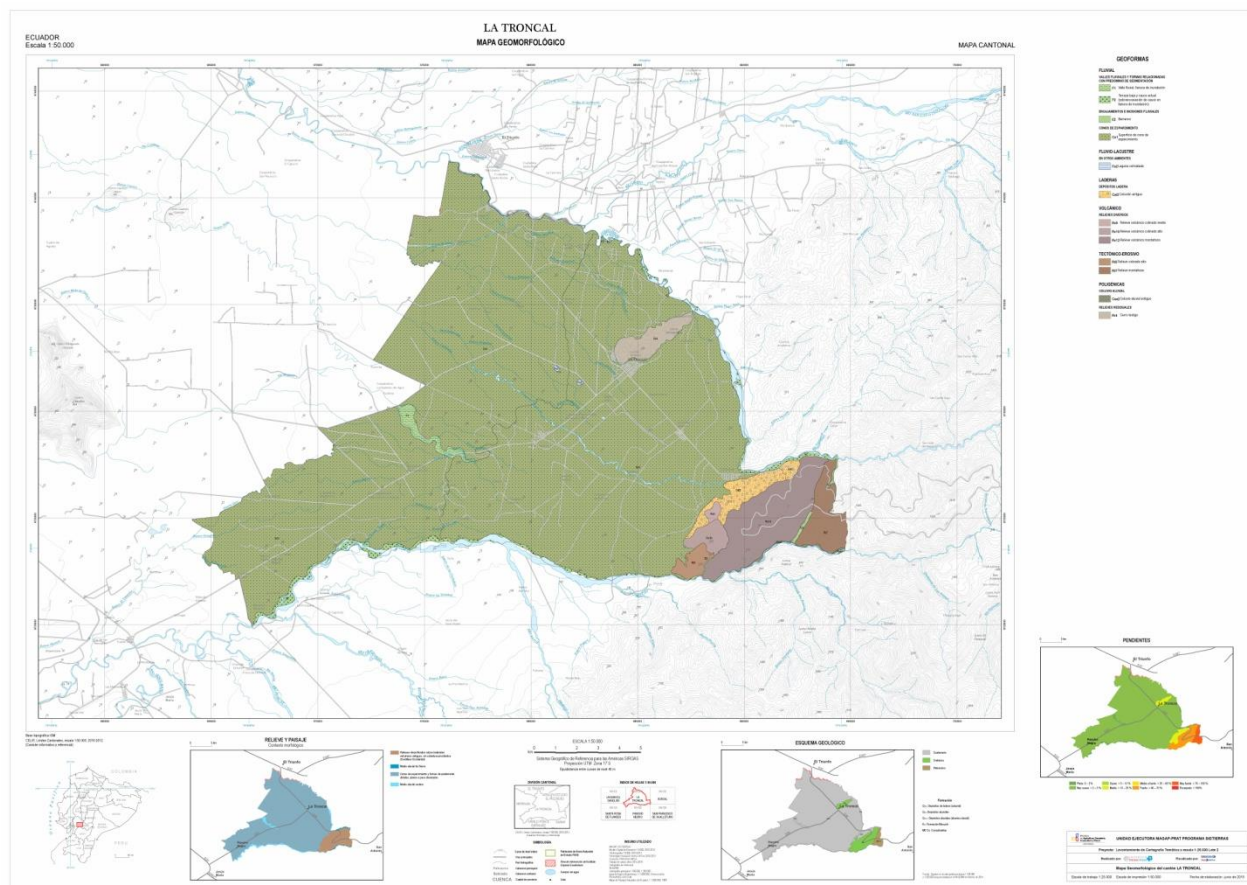
En la preparación de las salidas gráficas se ingresan los límites constantes de la fotointerpretación: base topográfica, cuerpos de agua, Patrimonio de Áreas Naturales del Estado (PANE) y límites cantonales. Se prepara el layout (composición del plano para la salida gráfica) y se ajusta el diseño para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

3.6.1. Marco principal y leyenda asociada

En el marco principal se representan las diferentes geoformas identificadas en el territorio a una escala 1:25.000. Se han seguido las siguientes pautas:

- El archivo geoformas con el cual se realiza el marco de datos principal se extrae de la GDB de geomorfología utilizando como límite el área de trabajo para cada caso (Hojas 50K y Cantones de cada bloque).
- Los polígonos menores a 1 ha que aparecen en el borde del área a representar, son absorbidos por el polígono colindante con el que comparten mayor lado.
- Se reduce la densidad de los vértices de los polígonos para aligerar el tamaño del archivo y adecuarla a la resolución del pdf resultante, en este caso 360 ppp (puntos por pulgada), produciéndose un ligero suavizado de las líneas, visualmente casi imperceptible.
- Se etiquetan los polígonos con una representación mayor a 2 ha en el marco de datos.

Figura III.5. Salida cartográfica del cantón La Troncal.



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.

Cuadro III.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	Cd3

GRUPO GENÉTICO (tipo general de modelado)	SUBGRUPO	EJEMPLOS DE GEOFORMAS	CLAVE
		disectado	
	Otras formas	Badlands	Fb1
FLUVIO-LACUSTRE	En valles-terrazas	Áreas endorreicas en llanuras aluviales y terrazas	F11
	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
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

GRUPO GENÉTICO (tipo general de modelado)	SUBGRUPO	EJEMPLOS DE GEOFORMAS	CLAVE
OTRAS		Superficie intervenida	O5

Fuente: CTN

3.6.2. Esquema Relieve y Paisaje (Contextos Morfológicos),

El esquema de *Relieve y Paisaje* presenta los Contextos Morfológicos identificados en el área del mapa a una escala 1:250.000.

- Se utiliza el archivo de geformas generado para el marco de datos principal.
- Los polígonos menores de 70 ha son absorbidos por el polígono contiguo con el que comparten mayor lado, para adaptarse al umbral de visualización de la escala.
- En la leyenda se simbolizan todos los contextos que aparecen en la vista del marco de datos.

3.6.3. Esquema Geológico

En el *Esquema Geológico* aparecen las distintas formaciones geológicas del mapa a escala 1:250.000, 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: Breve léxico estratigráfico del Ecuador (Duque, 2000), hojas geológicas 1:100.000 y 1:250.000 publicadas por el INIGEMM u organismos predecesores, Mapa Geológico de la República del Ecuador a escala 1:1.000.000 (CODIGEM-BGS, 1993; DGGM-Misión Británica, 1982) 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.

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.

La relación completa de *formaciones geológicas* consideradas en el Proyecto, así como su descripción litológica y la simbología asociada, se encuentra recogida en el procedimiento:

- [150526_Relaciones_vdef.xlsx](#), pestaña “Formación-Litología”

Se siguen las siguientes pautas para la representación de los polígonos:

- Se utiliza el archivo de geformas generado para el marco de datos principal
- Se disuelven los polígonos por el campo formación.
- Los polígonos menores de 70 ha son absorbidos por el polígono colindante con el que comparten mayor lado, para adaptarse al umbral de visualización de la escala.
- Para simbolizar las edades geológicas se utiliza el orden y la gama de colores establecido. Se establece un orden estratigráfico teniendo en cuenta la información citada al principio del apartado.
- Las formaciones geológicas son representadas por su contorno y son etiquetados los polígonos cuya presencia en el marco de datos es mayor o igual a 70 ha.

- En la leyenda se simbolizan todas las edades geológicas que aparecen en el marco de datos y las formaciones geológicas que están etiquetadas en el mismo.

3.6.4. Esquema Pendientes

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 (0-2%), muy suave (>2% - 5%), suave (>5% - 12%), media (>12% - 25%), media a fuerte (>25% - 40%), fuerte (>40% - 70%), muy fuerte (>70% - 100%) y escarpada (>100%).

3.7. Redacción de la Memoria técnica

La redacción de la memoria técnica se ha realizado por cantón, por lo que se adapta la información realizada por hojas cincuenta mil a una cartográfica con límite cantonal. Con los datos recogidos en campo y la cartografía, se procede a la redacción de la memoria geomorfológica cantonal, para un mayor entendimiento de la salida cartográfica geomorfológica. Esta memoria técnica se divide en tres apartados: Introducción, Metodología y Resultados.

En el primer apartado se explican los objetivos principales del estudio, enumerando las distintas temáticas del proyecto y la distribución geográfica del mismo. En el segundo epígrafe, se expone la metodología aplicada para la cartografía geomorfológica, enumerando las características del producto esperado, además de informar sobre cuáles han sido los insumos empleados para tal empeño. También se destaca las distintas fases que se han llevado a cabo para la consecución del producto como puede ser: la Fotointerpretación, la fase de campo, el software y la preparación de las salidas gráficas. La tercera y última parte de la memoria técnica tiene que ver con el propio recurso generado, donde se abordan las características de los diferentes dominios fisiográficos y contextos morfológicos que se dan en el cantón, basados en libro Los Paisajes naturales del Ecuador, de A. Winckell. Una vez explicados los dominios y contextos se describen las diferentes unidades geomorfológicas donde se hace hincapié en su localización en el cantón, su relación con la litología y contexto morfológico, y finalmente, sus características morfológicas y morfométricas. Por último se escribe un pequeño resumen y conclusiones con el fin de plasmar las características geomorfológicas más importantes y destacadas del cantón.

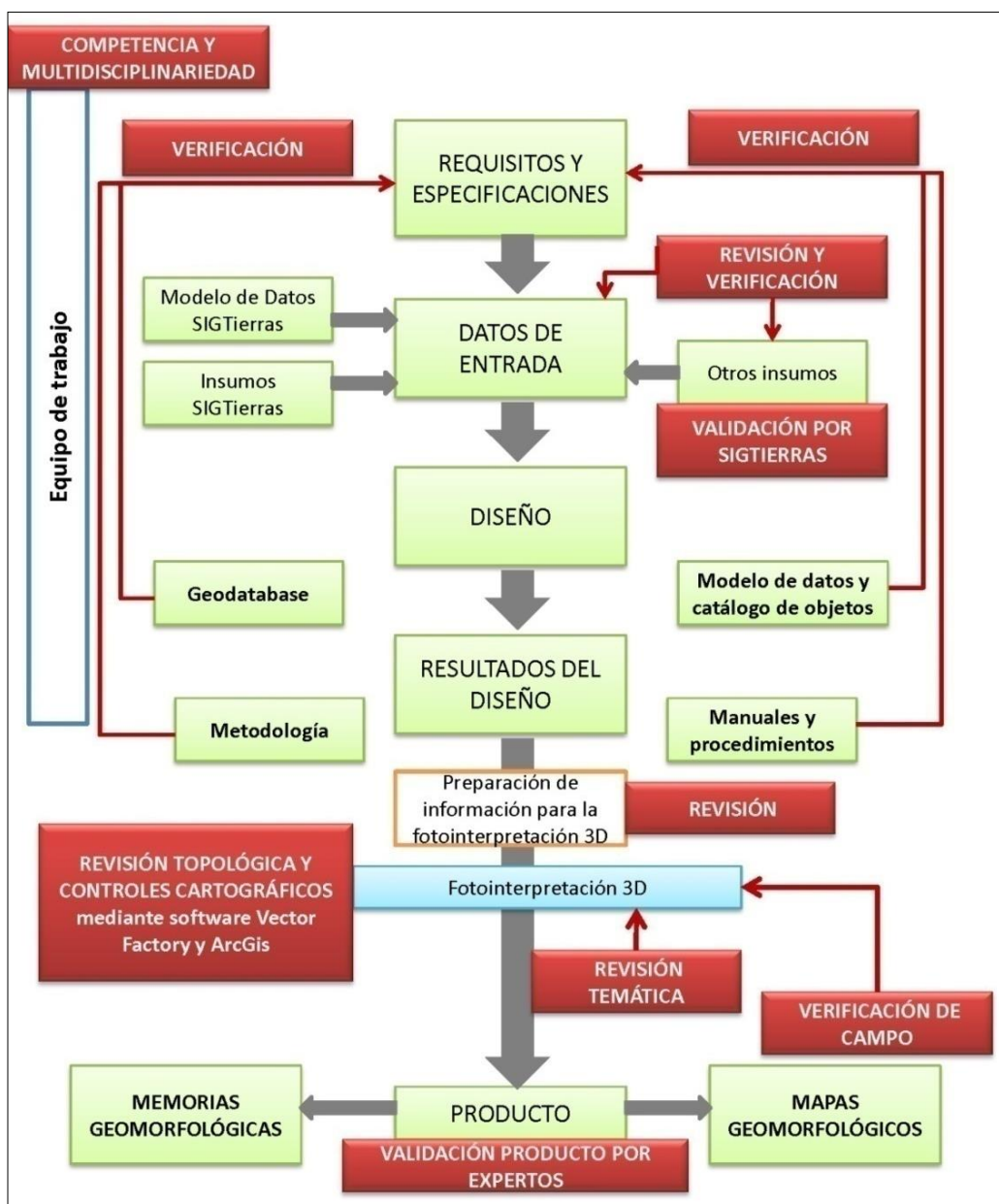
La memoria técnica tiene además cuatro anexos que ayudan a la comprensión de la misma, estos anexos son: modelo de ficha, códigos de fichas de campo levantadas en el cantón, glosario de geofomas y atributos de las geofomas.

IV. CONTROL DE CALIDAD

4.1. Gestión de Calidad del conjunto del trabajo

La Gestión de Calidad en los trabajos de cartografía geomorfológica se enmarca y es coherente con el Plan de Calidad del conjunto del Proyecto, del que forma parte. Dicho Plan de Calidad afecta a todos los procesos y productos del trabajo y señala los principales hitos que debe cumplir para cada una de las temáticas, cuyas relaciones con los principales procesos se muestran en la Figura 5.1.

Figura IV.1. Plan de calidad en la cartografía geomorfológica, principales hitos.



Fuente: CTN

Estos hitos son los siguientes:

- Competencia y multidisciplinaredad del equipo de trabajo para llevar a cabo las tareas y actividades previstas. Para la realización de las memorias se han mantenido reuniones diarias de 15 minutos a la misma hora y en el mismo lugar siguiendo la estrategia "Scrum", dentro del marco de desarrollos ágiles, para que cada técnico pudiera exponer sus problemas ante el grupo y se le diera salida a la mayor brevedad posible.
- 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: Tablet (campo), Purview, Vector Factory y ArcMap (fotointerpretación en oficina). Revisión y verificación 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. Existen documentos que respaldan la testamdarización de criterios a la hora de introducir los atributos morfométricos y morfológicos para cada unidades geomorfológicas:
 - [150526_Relaciones_vdef.xlsx](#), pestaña "Relaciones_geoformas_RestoCampos"
- Revisión de la adecuación de la información necesaria para la fotointerpretación 3D.

4.2. Control de calidad temática

Durante la fase de fotointerpretación 3D, hay dos sistemas de aseguramiento de la Calidad:

- Sistema Vector Factory:
 - Búsqueda de Geoformas mediante el sistema de pantalla implementado en Vector Factory en que, mediante un sistema ordenado por grupos genéticos, se facilita su correcta elección, al tiempo que disminuye la posibilidad de errores en la asignación de la Geoforma (ya que ésta se selecciona directamente sin tener que introducir claves o nuevos clicks).
 - La incorporación adicional de una serie de reglas al sistema Vector Factory facilita la atribución de los parámetros asociados a la Geoforma y ayuda al fotointérprete a seleccionar las opciones idóneas.
- Seguimiento periódico, por parte del equipo responsable, de la correcta asignación y delimitación de Geoformas y resolución de dudas. Además, la homogeneización de criterios, a través de orientaciones verbales y escritas a todo el equipo de trabajo, se realiza periódicamente, al menos con frecuencia semanal.

Tras la fase de fotointerpretación 3D, hay otros dos sistemas de aseguramiento de la calidad:

- El fotointérprete somete sus datos a un proceso de validación. Esta validación se realiza tras la delimitación y atribución de todos los polígonos del área de estudio. Se validan atributos calculados (pendiente, desnivel relativo, longitud de vertiente y densidad de drenaje), atributos fotointerpretados (forma de cima, forma de valle, forma de vertiente y forma de drenaje) y atribuciones geológicas a determinadas Geoformas (aquellas que van asociadas a depósitos superficiales). Especificado en el procedimiento:
 - [150526_Atributos_asignac_validac.docx](#), apartado 8, "Validación de resultados"
- Revisión temática por parte del equipo responsable.

Una vez finalizadas estas actividades, se lleva a cabo la fase de campo, en la que, además de obtener otros datos, se verifica la interpretación realizada.

Finalmente, se lleva a cabo la validación de los productos finales antes de su entrega al cliente (controles topológicos y de empates de hojas).

4.3. Control topológico y coherencia cartográfica

Las reglas topológicas utilizadas, proporcionadas por el software ArcGIS y Vector Factory, son:

- Los recintos no pueden solapar (*must not overlap*).
- No deben existir huecos entre polígonos (*must not have gaps*).
- Geoformas asignadas a un determinado Contexto Morfológico no pueden entrar a superponerse con otro Contexto Morfológico (*must not overlap with*).

Otros aspectos que son objeto de control antes de la finalización del producto son los siguientes:

- Comprobación de ausencia de polígonos de superficie inferior a 1 ha.
- Ausencia de elementos multiparte.
- Comprobación de que no existen recintos sin asignación.

4.4. Herramientas que inciden directamente en la calidad

La utilización del software *Purview*, por otro lado, incide directamente en la calidad del producto, ya que permite editar y digitalizar en 3D de forma directa y disponer de una visión estereoscópica general del terreno, no limitada a la franja de menor superficie que proporcionan los sistemas tradicionales. Además, incide en la calidad las siguientes características del software:

- Captura directa sobre las bases de datos geográficas.
- Superposición estereoscópica de todo tipo de datos vectoriales 3D (Cartografía, LIDAR, MDT, etc.) sobre las imágenes.
- Superposición de todo tipo de datos ráster con posibilidad de utilizar transparencias o visualizaciones alternativas sobre las imágenes que se están fotointerpretando.
- Totalmente integrado en ArcGIS, ya que Purview no utiliza ningún motor de imagen externo, ni interfaz con otro software fotogramétrico, siendo por tanto transparente y utilizable con otras extensiones y personalizaciones de ArcGIS.
- No requiere transformación de formatos de imagen. Acepta cualquier formato soportado por ArcGIS: TIFF, IMG, COT, ECW, JP2K, SJS, etc.
- Función “overview” para visualizar un mosaico georreferenciado de todas las imágenes del proyecto.
- Mejora de brillo, contraste y gama de las imágenes.

V. BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

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.

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

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

CLIRSEN, 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-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.

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

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.

FAO, 2009. Guía para la descripción de suelos. FAO. Roma, 99 p.

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

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.

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.

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.

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.

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