



Ministerio
de **Defensa**
Nacional



Instituto **Espacial**
Ecuatoriano



Secretaría Nacional
de **Planificación**
y Desarrollo



Ministerio
de **Agricultura, Ganadería,**
Acuacultura y Pesca

MEMORIA TÉCNICA

CANTÓN TULCÁN

PROYECTO:

**“GENERACIÓN DE GEOINFORMACIÓN PARA LA GESTIÓN
DEL TERRITORIO A NIVEL NACIONAL. ESCALA 1: 25 000”**

GEOMORFOLOGÍA

2015

PERSONAL PARTICIPANTE

El desarrollo de este estudio demandó la participación de funcionarios del INSTITUTO ESPACIAL ECUATORIANO (IEE) y MAGAP (CGSIN), así como de profesionales contratados para este efecto, con amplia experiencia y conocimiento en geología, geomorfología, sensores remotos y sistemas de información geográfica.

INSTITUTO ESPACIAL ECUATORIANO:

Personal con nombramiento:

Ing. Agr. Julio Moreno

Personal contratado:

Ing. Geol. Maribel Cañar Muñoz. (Intérprete Geomorfología - Control de calidad)

Ing. Geog. Adriana López. (Memoria Técnica)

Ing. Geol. Mariana Yaguana. (Memoria Técnica)

Ing. Agr. Oscar Ayala (Layout)

MAGAP:

Ing. Geol. Gustavo Tapia Vera

ÍNDICE

I. INTRODUCCIÓN.....	10
II. METODOLOGÍA	10
2. 1 Términos de Referencia	10
2. 2 Aspectos Conceptuales	10
2.2 1 Unidad ambiental	10
2.2 2 Formación geológica, tipo de roca y depósitos superficiales.....	11
2.2.2 1 Formación geológica	11
2.2.2 2 Depósitos aluviales.....	11
2.2.2 3 Depósitos coluviales	11
2.2.2 4 Depósitos fluvio lacustres.....	11
2.2.2 5 Depósitos coluvio aluviales	11
2.2.2 6 Depósitos glaciares.....	11
2.2 3 Unidad genética (Origen).....	11
2.2 4 Unidad geomorfológica	12
2. 3 Etapas Metodológicas	13
2.3 1 Etapa 1: Recopilación de información	13
2.3 2 Etapa 2: Cartografía geomorfológica	13
2.3.2 1 Ajuste de bloques fotogramétricos.....	13
a Fase de preparación:	14
b Fase de procesamiento de datos:	14
2.3.2 2 Estructura de la Leyenda Geomorfológica	14
a Variables geomorfológicas	14
a.1. Unidad ambiental.....	14
a.2. Génesis	15
(a). Unidad genética	15
a.3. Morfología.....	15
(a). Unidad geomorfológica.....	15
(b). Forma de la cima	16
(c). Forma de la vertiente.....	16
(d). Forma de valle.....	16
a.4. Morfometría	17
(a). Pendiente.....	17
(b). Desnivel relativo	17
(c). Longitud de la vertiente.....	18
b Variables geológicas.....	18
b.1. Tipo de drenaje	18
b.2. Densidad de drenaje	18
b.3. Tipo de roca o depósito superficial.....	19
2.3.2 3 Fotointerpretación digital.....	20
2.3.2 4 Revisión cartográfica	21
2.3.2 5 Validación en campo.....	22
2.3.2 6 Obtención de la cartografía e información final.....	23
2. 4 Controles de Calidad	25
III. RESULTADOS	27
3.1. Levantamiento de información	27
3.2. Unidad genética (Origen)	30
3.2.1. Tectónico.....	30
3.2.2. Tectónico Erosivo	30

3.2.3.	Volcánico.....	30
3.2.4.	Glaciar	30
3.2.5.	Fluvio Lacustre	30
3.2.6.	Denudativo	30
3.2.7.	Erosivo.....	30
3.2.8.	Deposicional erosivo	31
3.2.9.	Deposicional o Acumulativo.....	31
3.3.	Unidades Ambientales.	31
3.3.1.	Cimas Frías de las Cordilleras Heredadas de Formas Paleoglaciares.....	31
3.3.2.	Los Conos Volcánicos bien Conservados, sin actividad volcánica	33
3.3.3.	Relieves de los Márgenes de las Cimas Frías.....	33
3.3.4.	Vertientes Externas de la Cordillera Occidental	34
3.3.5.	Vertientes y Relieves Superiores de las Cuenca Interandinas sobre Volcanismo de la Sierra Norte	35
3.3.6.	Vertientes Inferiores y Relieves de las Cuenca Interandinas de la Sierra Norte	36
3.3.7.	Relieves de los Fondos de las Cuenas con Rellenos Volcano- Sedimentarios.....	37
3.3.8.	Gran Cono del Placer.....	38
3.3.9.	Medio Aluvial	38
3.4.	Descripción Geomorfológica - Geológica.....	39
3.4.1.	Origen: Tectónico	47
3.4.1.1.	Terraza Colgada (Tc).....	47
3.4.2.	Origen: Tectónico Erosivo	47
3.4.2.1.	Macizo rocoso (Mr).....	47
3.4.2.2.	Relieve montañoso (R7)	48
3.4.2.3.	Relieve colinado muy alto (R6)	48
3.4.2.4.	Relieve colinado alto (R5)	49
3.4.2.5.	Relieve colinado medio (R4)	50
3.4.2.6.	Relieve colinado bajo (R3)	50
3.4.2.7.	Relieve colinado muy bajo (R2)	51
3.4.2.8.	Vertiente abrupta (Vab).....	51
3.4.2.9.	Superficie de erosión (Se).....	52
3.4.2.10.	Superficie Ondulada (Sn).....	52
3.4.2.11.	Cerro Testigo (Ct).....	52
3.4.3.	Origen: Volcánico	52
3.4.3.1.	Flancos del Volcán (Fv).....	52
3.4.3.2.	Flujos de lava (Flv)	53
3.4.3.3.	Vertiente de flujo de lava (Vfl).....	53
3.4.3.4.	Relieve volcánico montañoso (Rv7)	54
3.4.3.5.	Relieve volcánico colinado muy alto (Rv6).....	55
3.4.3.6.	Relieve volcánico colinado alto (Rv5).....	56
3.4.3.7.	Relieve volcánico colinado medio (Rv4)	57
3.4.3.8.	Relieve volcánico colinado bajo (Rv3)	58
3.4.3.9.	Relieve volcánico colinado muy bajo (Rv2)	59
3.4.3.10.	Relieve volcánico ondulado (Rv1).....	59
3.4.3.11.	Superficie volcánica ondulada (Svn)	60
3.4.4.	Origen: Glaciar.....	61
3.4.4.1.	Circo glaciar (Cg).....	61
3.4.4.2.	Fondo de valle glaciar (Fvg)	61
3.4.4.3.	Valle en U (Vu).....	62
3.4.4.4.	Valle colgado (Vc).....	63
3.4.4.5.	Rocas aborregadas (Rab).....	63
3.4.4.6.	Morrena de fondo (Mfo)	64
3.4.4.7.	Morrena lateral (Mla).....	64

3.4.5.	Origen: Fluvio lacustre	65
3.4.5.1.	Relieve lacustre ondulado (RI1)	65
3.4.5.2.	Depresión lagunar (DIg).....	65
3.4.5.3.	Depresión pantanosa (Dpa).....	66
3.4.6.	Origen: Denudativo	66
3.4.6.1.	Escarpe de deslizamiento (Edz)	66
3.4.6.2.	Coluvio aluvial antiguo (Co)	67
3.4.6.3.	Coluvio aluvial reciente (Cv).....	68
3.4.6.4.	Coluvión antiguo (Can).....	68
3.4.6.5.	Coluvión reciente (Cr)	69
3.4.6.6.	Garganta (Gr)	69
3.4.6.7.	Glacis de erosión (Ger)	70
3.4.7.	Origen: Erosivo	70
3.4.7.1.	Barranco (Br)	70
3.4.7.2.	Escarpe de terraza (Etr).....	71
3.4.8.	Origen: Depositional Erosivo.....	71
3.4.8.1.	Terraza alta (Tde).....	71
3.4.9.	Origen: Depositional o acumulativo	72
3.4.9.1.	Cono de derrubios (Cdr)	72
3.4.9.2.	Superficie de cono de deyección antiguo (Cds)	72
3.4.9.3.	Vertiente de cono de deyección antiguo (Vcy)	73
3.4.9.4.	Superficie de cono de esparcimiento (Ces)	73
3.4.9.5.	Superficie de cono de esparcimiento disectado (Cesd)	74
3.4.9.6.	Superficie de cono de esparcimiento muy disectado (Cesm)	74
3.4.9.7.	Vertiente de cono de esparcimiento (Vces).....	75
3.4.9.8.	Testigo de cono de deyección (Tcy).....	75
3.4.9.9.	Glacis de esparcimiento (Ges)	75
3.4.9.10.	Terraza alta (Ta).....	76
3.4.9.11.	Terraza media (Tm)	77
3.4.9.12.	Terraza baja y cauce actual (Tb).....	77
3.4.9.13.	Escarpe de terraza (Et).....	77
3.4.9.14.	Valle intramontano (Vn).....	77
3.4.9.15.	Valle fluvial (Va)	78
IV.	CONCLUSIONES	80
V.	RECOMENDACIONES	81
VI.	BIBLIOGRAFÍA	82

LISTA DE CUADROS

Cuadro 2.1. Ejemplo de unidades geomorfológicas.	12
Cuadro 2.2. Ejemplo de unidades ambientales.	15
Cuadro 2.3. Ejemplo de categorización de la variable unidad genética.	15
Cuadro 2.4. Ejemplo de categorización de la unidad geomorfológica.	16
Cuadro 2.5. Categorización de forma de la cima.	16
Cuadro 2.6. Categorización de forma de la vertiente.	16
Cuadro 2.7. Categorización de la forma de valle.	17
Cuadro 2.8. Categorización de pendiente.	17
Cuadro 2.9. Categorización de desniveles relativos.	17
Cuadro 2.10. Categorización de la longitud de la vertiente	18
Cuadro 2.11. Ejemplo de categorización del tipo de drenaje.	18
Cuadro 2.12. Categorización de la densidad de drenaje.	19
Cuadro 2.13. Ejemplo de categorización del tipo de roca o depósito superficial.	19
Cuadro 2.14. Diseño de la base de datos.	21
Cuadro 3.1. Características de las líneas de vuelo del cantón Tulcán	27
Cuadro 3.2. Índice de hojas geológicas utilizadas para el cantón Tulcán	28
Cuadro 3.3. Índice de cartas topográficas utilizadas para el cantón Tulcán	28
Cuadro 3.4. Unidades genéticas y geomorfológicas.	42

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1.	Modelo conceptual para elaborar la cartografía geomorfológica.	24
Figura 3.1.	Distribución del bloque ajustado del cantón Tulcán.	27
Figura 3.2.	Localización de los puntos visitados en campo del cantón Tulcán.	29
Figura 3.3.	Recorrido realizado dentro del cantón Tulcán.....	29

LISTA DE FOTOS

Foto 1. Macizo rocoso (Mr).....	47
Foto 2. Relieve montañoso (R7). Sector El Obando.	48
Foto 3. Relieve colinado muy alto (R6). Sector La Plata.	49
Foto 4. Relieve colinado alto (R5). Sector La Esperanza.....	49
Foto 5. Relieve colinado medio (R4). Sector La Plata.....	50
Foto 6. Vertiente abrupta (Vab). Sector La Envidia.....	51
Foto 7. Flujos de lava (Flv). Sector Peña Blanca.	53
Foto 8. Vertiente de flujo de lava (Vfl). Sector Peña Blanca.....	54
Foto 9. Relieve volcánico montañoso (Rv7). Sector Playa Alta.	55
Foto 10. Relieve volcánico colinado muy alto (Rv6). Sector El Carmelo.....	56
Foto 11. Relieve volcánico colinado alto (Rv5). Sector Bellavista.	57
Foto 12. Relieve volcánico colinado medio (Rv4). Sector Playa Baja.	58
Foto 13. Relieve volcánico colinado bajo (Rv3). Sector Cajón.....	58
Foto 14. Relieve volcánico colinado muy bajo (Rv2). Sector Tufiño.	59
Foto 15. Relieve volcánico ondulado (Rv1). Sector Romerillo.....	60
Foto 16. Superficie volcánica ondulada (Svn). Sector Santa Barbará.	60
Foto 17. Circo glaciar (Cg). Sector Los Colorados.	61
Foto 18. Fondo de valle glaciar (Fvg). Sector Los Colorados.....	62
Foto 19. Valle en u (Vu). Sector Los Colorados.....	62
Foto 20. Valle colgado (Vco). Sector Laguna del Miedo.	63
Foto 21. Rocas aborregadas (Rab). Sector Naranjal.	64
Foto 22. Morrena lateral (Mla). Sector Bellavista.	65
Foto 23. Depresión lagunar (Dlg). Sector Naranjal.....	66
Foto 24. Escarpe de deslizamiento (Edz). Sector Potrerillos	67
Foto 25. Coluvión antiguo (Can). Sector El Huatal.	67
Foto 26. Coluvión antiguo (Can). Sector El Rosal.....	68
Foto 27. Garganta (Gr). Sector Piedra Negra.	70
Foto 28. Glacis de erosión (Ger). Sector San Francisco de Caldera, 2014.....	70
Foto 29. Barranco (Br). Sector Quebradas Frontales	71
Foto 30. Superficie de cono de deyección antiguo (Cds). Sector. El Obando	72
Foto 31. Superficie de esparcimiento (Ces). Sector. Cocha Seca.....	73
Foto 32. Superficie de esparcimiento muy disectado (Cesm). Sector. Río Mira.....	74
Foto 33. Glacis de esparcimiento (Ges). Sector Chuncher.	76
Foto 34. Terraza alta (Ta). Sector La Esperanza.	76
Foto 35. Valle intramontano (Vn). Sector El Frailejón.	78
Foto 36. Valle fluvial (Va). Sector Tufiño	78

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1.	Ficha de descripción geomorfológica.....	84
-----------------	--	----

I. INTRODUCCIÓN

En el marco de la ejecución del Proyecto Generación de Geoinformación para la Gestión del Territorio a Nivel Nacional, que se realiza bajo la coordinación y soporte de la Secretaria Nacional de Planificación y Desarrollo -SENPLADES-, está considerado el estudio geomorfológico, que se lo desarrolla con la participación del IEE y MAGAP a través del CGSIN, para obtener productos que coadyuven a la gestión territorial.

Cabe destacar, que de acuerdo al consenso alcanzado con INIGEMM, en la presente metodología, se utiliza el término "Tipo de roca y depósito superficial" en vez de "Litología", porque geológicamente este término involucra el levantamiento de información muy detallada que no es posible obtener con los recursos del proyecto.

El objetivo del estudio es generar cartografía geomorfológica del cantón Tulcán, mediante técnicas de fotointerpretación, como insumo para estudios complementarios y de síntesis como son los levantamientos de suelos, capacidad de uso de las tierras, amenazas geológicas etc., que parten de la génesis, morfología y morfometría, de cada unidad geomorfológica.

II. METODOLOGÍA

2. 1 Términos de Referencia

- Área de estudio: Territorio nacional continental.
- Unidad de estudio: Cantón.
- Escala: 1: 25 000.
- Nivel de Estudio: Semi-Detallado.
- Unidad mínima de mapeo: 1 ha.
- Sistema espacial de referencia: UTM-WGS84-Zona 17 S.
- Formato digital de entrega: gdb.
- Insumos básicos: Fotografías aéreas digitales, modelo digital del terreno (MDT), mapas geomorfológicos, morfopedológicos y geológicos.
- Técnica: Fotointerpretación geomorfológica digital.
- Campo: Comprobación de unidades geomorfológicas interpretadas.
- Productos a entregarse: Mapa temático y memoria técnica geomorfológica.

2. 2 Aspectos Conceptuales

2.2 1 Unidad ambiental

Son áreas homogéneas por sus características físicas, bióticas y por su relación con procesos ecológicos; donde el criterio básico utilizado para la delimitación es el del paisaje, entendido como la interrelación o articulación de los elementos: relieve, litología, suelos, uso del suelo y vegetación (Acosta y Andrade, 2008).

El paisaje no es la simple suma de elementos geográficos separados, sino que es el resultado de las combinaciones dinámicas, a veces inestables de elementos físicos, biológicos y antropológicos, que concatenados hacen del paisaje un cuerpo único, indisociable, en perpetua evolución (Winckell *et al.*, 1997).

El mapa de Paisajes Naturales del Ecuador escala 1: 1 000 000, realizado por CEDIG y ORSTOM en el año 1989, sirvió de base para la división de las unidades ambientales.

2.2 2 Formación geológica, tipo de roca y depósitos superficiales

2.2.2 1 Formación geológica

Es una unidad litoestratigráfica que define cuerpos de rocas caracterizadas por poseer propiedades litológicas comunes (composición y estructura) que las diferencian de las adyacentes.

2.2.2 2 Depósitos aluviales

Son depósitos cuaternarios compuestos generalmente de arcillas, limos y arenas acarreados por cuerpos aluviales.

2.2.2 3 Depósitos coluviales

Son depósitos compuestos principalmente de gravas, arenas y en menor proporción por limos; producto de los materiales que han sido removidos por efecto de la gravedad y luego han sido depositados al pie de los relieves.

2.2.2 4 Depósitos fluvio lacustres

En general son sedimentos de grano fino, predominando los limos y las arcillas. El contenido de materia orgánica puede ser muy alto, sobre todo en zonas pantanosas. Frecuentemente presentan estructuras laminadas en niveles muy finos.

2.2.2 5 Depósitos coluvio aluviales

Corresponden a depósitos formados por la acción de la deposición de materiales aluviales por corrientes fluviales sumados a los aportes gravitacionales laterales de los relieves que los rodean.

2.2.2 6 Depósitos glaciares

Sedimentos dejados por la acción y arrastre de un glaciar de material heterogéneo, puede variar en su composición desde arcillas hasta mezclas de arena, grava y canto rodado.

2.2 3 Unidad genética (Origen)

El origen de las unidades geomorfológicas puede deberse a uno de los siguientes procesos genéticos: Depositional o Acumulativo, Denudativo, Tectónico Erosivo, Volcánico, Depositional erosivo, Erosivo, Glaciar, Tectónico, entre otras.

2.2 4 Unidad geomorfológica

Define el tipo de la unidad geomorfológica a través de un nombre representativo, enmarcado en el análisis de las características del paisaje y subpaisaje.

Cuadro 2.1. Ejemplo de unidades geomorfológicas.

Código	Origen	Unidad geomorfológica	Descripción
Tc	Tectónico	Terraza colgada	Término usado para describir superficie tabulares en forma de terrazas, las cuales evidencian que ha existido un agente tectónico que las ha situado topográficamente encima de una depresión, valle o nivel de base.
R6	Tectónico Erosivo	Relieve colinado muy alto	Constituyen elevaciones con desniveles relativos desde 200m hasta 300m. Sus vertientes pueden tener diferentes formas, entre convexas, cóncavas, rectilíneas, mixtas e irregulares.
Rv7	Volcánico	Relieve volcánico montañoso	El relieve volcánico se desarrolla sobre los grandes edificios volcánicos. Sólo los volcanes más recientes y simples tienen un único cono volcánico en la cumbre. Lo normal es que, a lo largo de la historia, el volcán haya tenido muchas erupciones, y aparezcan conos volcánicos en varias partes del edificio, y no sólo en la cumbre. Además, una vez expuestos, comienzan a sufrir los embates de la erosión.
Mla	Glaciar	Morrena lateral	Forma alargada y estrecha compuesta por material rocoso suelto, que se dispone en los flancos del glaciar, a lo largo de sus márgenes, por procesos de erosión. La confluencia de dos morrenas laterales origina una morrena media o central.
Dpa	Fluvio Lacustre	Depresión pantanosa	Forma de relieve de perfil cóncavo con áreas de alta concentración de agua con tasas de movimiento muy bajas. Poseen una alta concentración de materia orgánica en superficie, lo que da lugar a una concentración baja de oxígeno en su interior.
Co	Denudativo	Coluvión antiguo	Está compuesto por materiales detríticos, transportados desde las partes altas de las laderas por acción de la gravedad y depositados en las partes intermedias o al pie de las mismas. Los materiales depositados son de carácter angular poco clasificados y sin estratificación, con pequeñas cantidades de material de grano fino
Br	Erosivo	Barranco	Forma de relieve con paredes que se mantienen verticales pudiendo erosionarse más rápidamente la base, con pendientes relativamente abruptas. En ellos la red fluvial se manifiesta por una gran capacidad erosiva.

Tde	Deposicional Erosivo	Terraza alta	Se forma cuando se alternan los procesos de incisión y agradación formando una secuencia de terrazas que proporcionan un registro del cambio en los flujos del río y del sedimento suministrado a lo largo del tiempo, se realiza una diferenciación entre terrazas que erosionan el sustrato rocoso.
Va	Deposicional o acumulativo	Valle Fluvial	Forma de relieve alargada con pendiente, relativamente plana y de sección transversal estrecha en algunos casos, intercalada entre áreas de relieve más alto y que tiene como eje a un río que fluye generalmente en forma sinuosa. Suele ser inundable en época de invierno.

Fuente: Adaptado de CLIRSEN-MAGAP, 2010

2.3 Etapas Metodológicas

2.3.1 Etapa 1: Recopilación de información

Esta fase comprende la revisión, análisis y evaluación de la información disponible sobre los levantamientos geomorfológicos, geológicos y amenazas geológicas realizados en el país, a efectos de analizar sus características y establecer su compatibilidad con las especificaciones técnicas aplicables a los propósitos del presente estudio.

Además, se preparan los insumos básicos: fotografía aérea digital, cartografía base, MDT, y se recopila la información secundaria referencial, principalmente para el proceso de fotointerpretación digital.

2.3.2 Etapa 2: Cartografía geomorfológica

El levantamiento geomorfológico es la subdivisión del territorio de acuerdo a las unidades geomorfológicas. Una unidad geomorfológica la entendemos como una porción del paisaje constituida por una misma roca o material superficial y con características similares en cuanto a su génesis (origen, como por ejemplo: denudativo o tectónico erosivo), morfología (aspectos descriptivos, como por ejemplo: valle o superficie de mesa) y morfometría (aspectos cuantitativos, como: pendiente y desnivel relativo) (Modificado de Van Zuidam, 1985).

La metodología se fundamenta en la generación de información primaria, obtenida a partir de fotointerpretación digital, tomando como material de referencia cartas geológicas, topográficas y el MDT. Los principales referentes lo constituyen los mapas morfopedológicos y geomorfológicos, escala 1: 200 000 de PRONAREG-ORSTOM, y el mapa de Paisajes Naturales del Ecuador, escala 1: 1 000 000, realizado por CEDIG y ORSTOM (1989). El flujograma de esta etapa se lo puede encontrar en la Figura 2.1.

2.3.2.1 Ajuste de bloques fotogramétricos

El proceso de ajuste de bloques fotogramétricos se lo realiza en el software LPS Core, utilizando como insumos principales la fotografía aérea (escala 1: 30 000 o 1: 60 000) y los puntos de control de alta precisión, mediante las siguientes fases:

a Fase de preparación:

- Adquisición de fotografías aéreas escaneadas o digitales, en formato *.tiff, con una resolución que garantice un adecuado detalle para la fotointerpretación.
- Creación de un proyecto de ajuste de bloque fotogramétrico (*.blk).

b Fase de procesamiento de datos:

- Definición de la orientación interna, que utiliza parámetros propios de la cámara como: posición del punto principal, distancia focal, marcas fiduciales y distorsión de la lente, entre otros. Debe tener un error medio cuadrático (RMS) menor a 0,5 píxeles.
- Realización de la orientación externa, que define la posición y la orientación angular asociada con la imagen. Los parámetros de orientación externa están conformados por: coordenadas del centro de proyección (X_0 Y_0 Z_0) y por tres ángulos independientes que definen la orientación del sistema espacial, omega (ω), phi (φ) y kappa (κ). En caso de que los parámetros existan, se los importa directamente al proyecto de ajuste de bloque.
- Ingreso de puntos de control para la aerotriangulación, cumpliendo una distribución homogénea. Es recomendable contar con cuatro puntos por par estereoscópico o modelo y para finalizar un punto de control cada cuatro modelos. Debe tener un RMS menor a dos píxeles.
- Generación de puntos de paso o amarre (tie points) en las áreas de traslape de las fotografías.
- Obtención del bloque ajustado.

2.3.2 2 Estructura de la Leyenda Geomorfológica

Las unidades geomorfológicas se encuentran enmarcadas dentro de una apreciación macro que inicia con la identificación de la unidad ambiental y la unidad geológica con las cuales están muy estrechamente relacionadas; dentro de la caracterización de cada unidad geomorfológica, se describe su origen, su morfología y morfometría.

Es importante destacar que anexo a la presente metodología se ha generado el documento de bases conceptuales, el cual define los términos aquí utilizados.

a Variables geomorfológicas

Conforme a la escala de trabajo se estudian los siguientes aspectos geomorfológicos: unidad ambiental, génesis, morfología y morfometría.

Estos cuatro aspectos describen lo que se concibe como unidad geomorfológica.

a.1. Unidad ambiental

Bajo el precepto descrito en aspectos conceptuales, cada unidad ambiental está ligada a la presencia de ciertas unidades geomorfológicas.

Cuadro 2.2. Ejemplo de unidades ambientales.

Unidad Ambiental	Cod
Cimas Frías de las Cordilleras Heredadas de Formas Paleoglaciares	CFCFP
Los Conos Volcánicos bien Conservados, sin Actividad Actual	LCVCSA
Relieves de los Márgenes de las Cimas Frías	RMCF
Vertientes Externas de la Cordillera Occidental	VECO
Vertientes y Relieves Superiores de las Cuencas Interandinas sobre Volcanismo de la Sierra Norte	VRSN
Vertientes Inferiores y Relieves de las Cuencas Interandinas de la Sierra Norte	VIRN
Relieves de los Fondos de Cuencas con Rellenos Volcano-Sedimentarios	RFCVS
Gran Cono del Placer	GCEP
Medio Aluvial	MA

Fuente: Adaptado de CLIRSEN-MAGAP, 2010
Winckell, A.; Zebrowski, C.; Sourdat, M., 1997. Modificado de los paisajes naturales del Ecuador: las regiones y paisajes del Ecuador.

- a.2. Génesis
- (a). Unidad genética

Se refiere al proceso responsable de la creación de la unidad geomorfológica (Gustavsson, 2005).

Cuadro 2.3. Ejemplo de categorización de la variable unidad genética.

Unidad genética	Cod
Tectónico	Tect
Tectónico Erosivo	Tec
Volcánico	Vol
Glaciar	Gcl
Fluvio Lacustre	Fl
Denudativo	Den
Erosivo	Er
Deposicional Erosivo	Der
Deposicional o Acumulativo	Dep

Fuente: Adaptado de CLIRSEN-MAGAP, 2010

- a.3. Morfología

Describe los aspectos cualitativos de la unidad geomorfológica.

- (a). Unidad geomorfológica

Define el tipo de la unidad geomorfológica a través de un nombre representativo, enmarcado en el análisis de las características de la unidad ambiental.

Cuadro 2.4. Ejemplo de categorización de la unidad geomorfológica.

Unidad geomorfológica	Cod
Relieve colinado muy alto	R6
Flujos de lava	Flv
Depresión pantanosa	Dpa
Morrena lateral	Mla
Barranco	Br
Superficie de mesa	S1
Coluvión antiguo	Co
Terraza colgada	Tc
Coluvión antiguo	Co
Terraza alta	Tde
Valle Fluvial	Va

Fuente: Adaptado de CLIRSEN-MAGAP, 2010

(b). Forma de la cima

Se refiere a la forma de las crestas que presentan los relieves, de acuerdo al siguiente cuadro.

Cuadro 2.5. Categorización de forma de la cima.

Forma cima	Cod
Aguda	Cag
Redondeada	Cre
Plana	Cpl

Fuente: Adaptado de PRONAREG-ORSTOM, 1982

(c). Forma de la vertiente

Se refiere a la forma de la ladera. Es importante para deducir la litología y proveer mayor información como, por ejemplo, la erosión.

Cuadro 2.6. Categorización de forma de la vertiente.

Forma vertiente	Cod
Cóncava	Vca
Convexa	Vcx
Rectilínea	Vr
Irregular	Vir
Mixta	Vmx

Fuente: Adaptado de PRONAREG-ORSTOM, 1982

(d). Forma de valle

Define la forma de valles no cartografiados que se identifican al interior de otra unidad.

Cuadro 2.7. Categorización de la forma de valle.

Forma valle	Cod
En U	Fvu
En V	Fvv
Plano	Fvp

Fuente: Adaptado de CLIRSEN-MAGAP, 2010

a.4. Morfometría

Corresponde al análisis cuantitativo del relieve, es decir que toma en cuenta los aspectos medibles de la descripción de la morfología (Summerfield, 1991 y Tricart, 1965). Las variables morfométricas deben estar acordes con los datos que provee el MDT.

(a). Pendiente

Se refiere al grado de inclinación de las vertientes con relación a la horizontal; está expresado en porcentaje.

Cuadro 2.8. Categorización de pendiente.

Tipo	Descripción	Cod
Plana	0 a 2 %	(1)
Muy suave	2 a 5 %	(2)
Suave	5 a 12 %	(3)
Media	12 a 25 %	(4)
Media a fuerte	25 a 40 %	(5)
Fuerte	40 a 70 %	(6)
Muy fuerte	70 a 100 %	(7)
Escarpada	100 a 150 %	(8)
Muy escarpada	150 a 200 %	(9)
Abrupta	> 200 %	(10)

Fuente: Adaptado de PRONAREG-ORSTOM, 1982

(b). Desnivel relativo

Este parámetro corresponde a la altura existente entre la parte más baja, generalmente el cauce de los ríos o quebradas (nivel base) y la parte más alta de las unidades geomorfológicas. Se mide en metros.

Cuadro 2.9. Categorización de desniveles relativos.

Tipo	Cod
0 a 5 m	1
5 a 15 m	2
15 a 25 m	3
25 a 50 m	4
50 a 100 m	5
100 a 200 m	6
200 a 300 m	7
> 300 m	8

Fuente: Adaptado de PRONAREG-ORSTOM, 1982

(c). Longitud de la vertiente

Corresponde a la distancia inclinada existente entre la parte más alta y la más baja de una unidad geomorfológica, la misma que se mide en metros. Tiene una relación directa principalmente con los procesos de erosión y movimientos en masa.

Cuadro 2.10. Categorización de la longitud de la vertiente

Tipo	Descripción	Cod
Muy corta	< a 15 m	V1
Corta	15 a 50 m	V2
Moderadamente larga	50 a 250 m	V3
Larga	250 a 500 m	V4
Muy larga	> a 500 m	V5

Fuente: Van Zuidam, R., 1985

b Variables geológicas

Consta de dos variables de apoyo y una de caracterización.

b.1. Tipo de drenaje

Cuando la escorrentía se concentra, la superficie terrestre se erosiona creando un canal. Los canales de drenaje forman una red cuya forma constituye un indicio del tipo de roca presente en la unidad.

Cuadro 2.11. Ejemplo de categorización del tipo de drenaje.

Tipo	Cod
Dendrítico	Dt
Subdendrítico	St
Paralelo	Pa
Enrejado	Er
Rectangular	Rc
Radial	Ra
Multibasal	Mb
Anastomosado	An
Pinnado	Pn
Meándrico	Md

Fuente: Van Zuidam, R., 1985

b.2. Densidad de drenaje

Corresponde al espaciamiento existente entre cada uno de los drenajes que forman la red, medido en centímetros sobre la fotografía. A menor densidad el material se relaciona con mayor dureza y resistencia a la erosión.

Cuadro 2.12. Categorización de la densidad de drenaje.

Tipo	Espaciamiento	Cod
Fino (muy disectado)	< 150 m	Fi
Medio (disectado)	150 a 1500 m	Me
Grueso (poco disectado)	> 1500 m	Gs

Fuente: Van Zuidam, R., 1985

b.3. Tipo de roca o depósito superficial

Se refiere a la composición de las unidades geomorfológicas en cuanto a su tipo de roca o depósito superficial. En un primer campo se adquiere la denominación geológica oficial desde la información secundaria. En un segundo campo se describe el tipo de roca en gabinete y se confirma en campo. Debe ser lo más específico posible. El referente oficial para estos datos es la cartografía de INIGEMM.

Cuadro 2.13. Ejemplo de categorización del tipo de roca o depósito superficial.

Denominación geológica o Formación superficial	Cod	Descripción del tipo de roca o depósito superficial
Depósitos aluviales	Q ₁	Arenas de grano medio a grueso, con intercalación de limos y gravas.
Depósitos coluviales	Q ₂	Arenas de grano medio a grueso, gravas y bloques.
Depósitos coluviales aluviales	Q ₃	Limos, arenas de grano fino a grueso (depende del sector pueden además tener gravas, boleas).
Depósitos fluvio lacustres	Q ₁₁	Arenas de grano medio a grueso y gravas, con intercalación de limos y arcillas.
Depósitos glaciares	Q ₈	Bloques y gravas, principalmente volcánicos y de formas angulares y subangulares.
Formación San Tadeo	Q _s	Brechas, tobas, productos piroclásticos, conglomerados volcánicos
Volcánicos Mirador Huaca y Cerro Negro	PL _{MH}	Andesita gris oscura de textura hialopilitica con matriz de microlitos de plagioclasa y vidrio volcánico
Miembro Chontal	KM _{CH}	Lutitas negras, ocasionalmente gráficas, areniscas volcánicas, filitas.
Sedimentos San Jerónimo	K _{SJ}	Areniscas, lutitas chertosas, calizas, grauvacas.
Formación Macuchi	K _M	Lavas andesíticas verdosas, brechas y tobas.
Rocas Intrusivas	G	Granodiorita.

Fuente: Adaptado de CLIRSEN-MAGAP, 2010

En campo se realiza una descripción detallada del tipo de roca o depósito superficial, de acuerdo a la ficha definida para este efecto (Ver Anexo 1).

2.3.2 3 Fotointerpretación digital

Es la técnica que permite la obtención de información primaria, bajo la premisa de que los aspectos geológicos: tipo de roca, formaciones superficiales, tectónica; aspectos geomorfológicos: morfología, morfometría, morfodinámica; aspectos hidrográficos: densidad, forma del drenaje; uso del suelo; movimientos en masa; infraestructura, etc., son claramente identificables y susceptibles de ser analizados a través de la observación estereoscópica. La misma se fundamenta en conocimientos integrales que posibilitan un análisis sistémico de manera contextual. La finalidad es llegar al entendimiento de la existencia de cada unidad, sus características y su relación con las unidades que la rodean, ya que en el espacio geográfico todas las variables se interrelacionan en un sistema ordenado y coherente.

La interpretación digital estereoscópica de las fotografías aéreas provistas en el proyecto se realiza por bloques ajustados, basada en el estudio profundo del área intervenida y tomando en cuenta toda la información recopilada para obtener un producto consistente y de calidad. La unidad mínima de mapeo corresponde a 1 ha.

El proceso de fotointerpretación digital cubre los siguientes pasos:

- Estudio y definición de unidades ambientales, de acuerdo al libro y mapa "Los Paisajes Naturales del Ecuador" de Winckell, A. (1997), que proveen un marco general para la interpretación ya que determina la variabilidad de las unidades geomorfológicas que pueden encontrarse en su interior, relacionadas con su génesis, material parental y otras características, en base a un análisis sistémico. Adicionalmente se debe tener un conocimiento cabal de la litología, tectónica y evolución geológica general del área a estudiar.
- Organización preliminar: Determinación de responsabilidades por intérprete, mecanismos de coordinación para definir el área efectiva y el avance de la fotointerpretación digital de cada uno de los bloques ajustados.
- Demarcación de la red de drenaje: Es importante para analizar los cambios de tipo de roca.
- Definición y caracterización de las unidades geomorfológicas: La asignación del tipo de roca a la unidad geomorfológica se basa en el patrón del drenaje, y en los datos geológicos secundarios recopilados.
- Ingreso de las variables a la geodatabase de manera simultánea a la interpretación digital.
- Definición de puntos para visita en campo en los sitios donde existen problemas en la delimitación o caracterización.
- Empate de la información gráfica y alfanumérica entre bloques interpretados.

La interpretación digital, realizada directamente en pantalla, debe cumplir los siguientes pasos:

- Digitalización a escalas 1: 10 000 y 1: 15 000 en fotografías aéreas 1: 30 000 y 1: 60 000 respectivamente, mediante líneas que aparezcan suavizadas y tengan concordancia con el MDT y las curvas de nivel. Se debe

tener en cuenta la red hidrográfica y demás elementos relevantes de la cartografía base.

- Enlace de las unidades geomorfológicas entre el aspecto gráfico con el alfanumérico, codificación realizada simultáneamente a la fotointerpretación digital. Para tal fin, se utiliza la geodatabase según el diseño del Cuadro 2.14 (los dominios que puede adquirir cada variable son los explicados anteriormente y constan en el catálogo de objetos del proyecto).

Cuadro 2.14. Diseño de la base de datos.

Variable	Nombre campo	Tipo
Unidad ambiental	UnidadAmbi	Texto, 250
Unidad genética	U_genet	Texto, 250
Unidad geomorfológica	U_morfol	Texto, 100
Código de unidad morfológica	Cod	Texto, 50
Forma de cima	F_cima	Texto, 50
Forma de la vertiente	F_vertiente	Texto, 50
Forma de valle	F_valle	Texto, 50
Pendiente	Pendiente	Texto, 50
Rango de pendiente	R_pendient	Texto, 50
Desnivel relativo	D_relativo	Texto, 50
Longitud de la vertiente	L_vertien	Texto, 50
Tipo de drenaje	Dr_tipo	Texto, 50
Densidad de drenaje	Dr_dens	Texto, 50
Geología o Formación superficial	Geologia	Texto, 100
Tipo de roca o depósito superficial	Tipo_roca	Texto, 250
Observaciones	Obs	Texto, 250

Fuente: Adaptado de CLIRSEN-MAGAP, 2010

- Digitalización de los puntos para visita en campo.
- Verificación de la continuidad de las unidades en los límites de los bloques interpretados.

2.3.2 4 Revisión cartográfica

Previo a la obtención del mapa geomorfológico preliminar se realiza la revisión cartográfica de los datos gráficos y alfanuméricos obtenidos, en la cual se eliminan posibles errores y se verifica la lógica en cada uno de los elementos creados. Para ello se realiza:

- Revisión temática:
 - Se contrasta la interpretación con toda la información secundaria disponible, se examina la coherencia de los datos y la lógica con capas geomorfológicas de los alrededores.
 - Se realizan las correcciones necesarias.
- Revisión topológica: Para evitar sobreposición y espacios sin información entre polígonos.

2.3.2 5 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 el tipo de roca o depósito superficial asignado. Las actividades en el campo consisten en realizar recorridos utilizando los ejes viales y cursos de ríos o quebradas, con la finalidad de verificar la interpretación efectuada en gabinete. En el caso de puntos no accesibles el equipo se traslada a pie. Es primordial encontrar sitios con perfiles existentes donde se pueda verificar la relación unidad geomorfológica y tipo de roca o depósito superficial.

Dentro de este proceso existen los siguientes pasos:

- Definición del itinerario, de acuerdo a la localización y número de puntos de comprobación identificados en la fotointerpretación digital. Se deben visitar todos los tipos de unidad geomorfológica y los tipos de roca o depósito superficial en cada cantón.
- Preparación de los materiales para la salida.

En campo la salida se compone de:

- Visita a los puntos definidos en el itinerario y descripción de los mismos mediante ficha de campo (Ver Anexo 1). Verificación de atributos de acuerdo a la leyenda (génesis, morfología y morfometría).
- Documentación a través de toma de puntos GPS y fotografías.
- Ubicación de perfiles existentes para la descripción del macizo rocoso o depósito superficial (en la misma ficha).
- Toma de muestras si resulta necesario.
- Identificación de unidades no interpretadas.
- Entrevistas a habitantes del sector, lo cual es muy útil cuando la unidad geomorfológica ha sido modificada por el hombre y para conocer su dinámica.
- Análisis contextual con temas relacionados: análisis de la relación de la unidad geomorfológica con el recurso agua, cobertura y uso, infraestructura vial y su estado, infraestructura productiva, accesibilidad, calidad de vida, degradación del ecosistema, por citar algunos ejemplos.

Cabe indicar que para cada ficha de campo existe un manual descriptivo que apoyado con la base conceptual contienen los fundamentos para su llenado, con el fin de estandarizar y asegurar una coherencia en la información levantada por los diferentes profesionales.

La información recopilada debe ser procesada en gabinete, para ello se realiza:

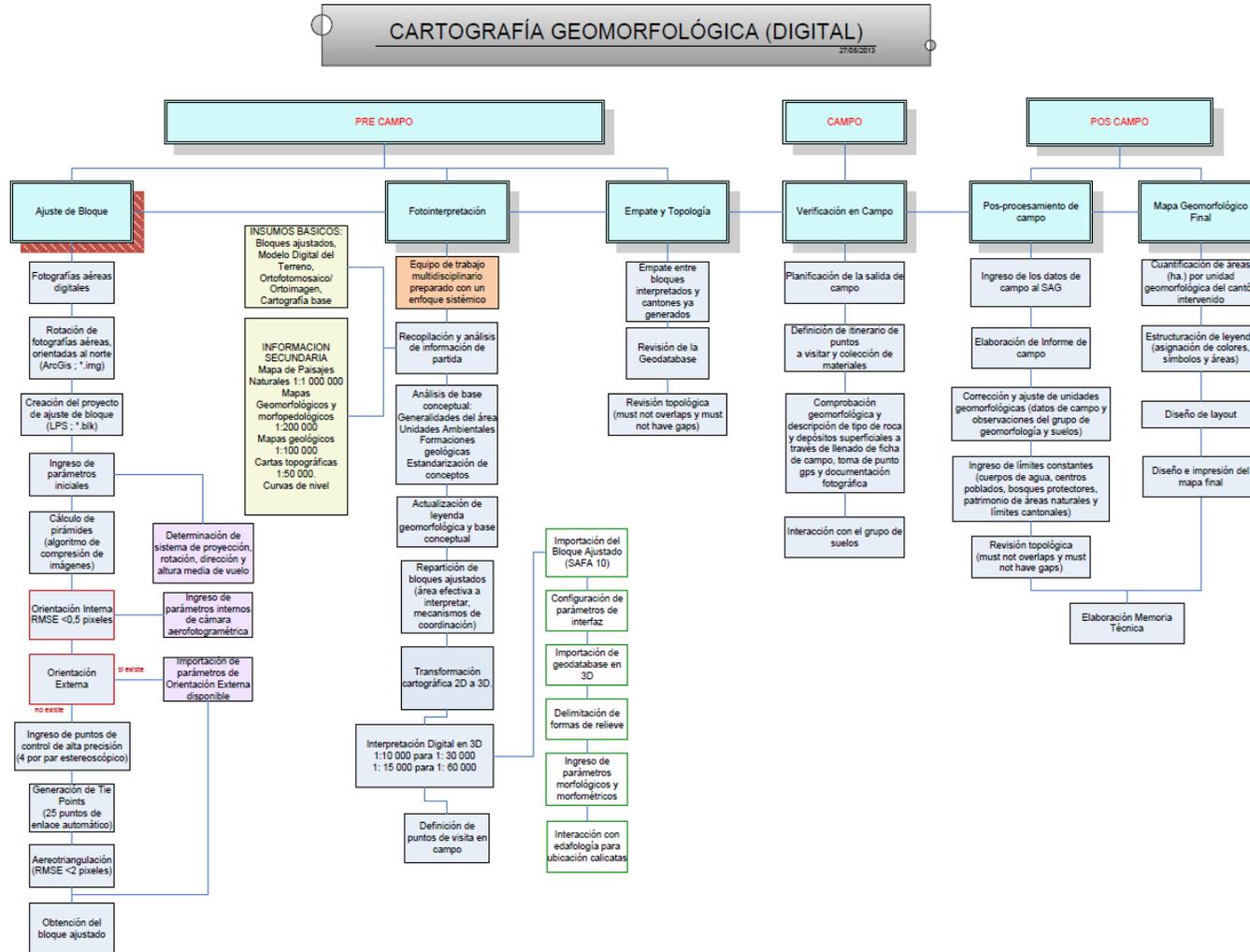
- Elaboración del reporte de campo por cantón, que describe las unidades geomorfológicas visitadas y sus características desde un punto de vista sistémico. Debe ceñirse al formato definido por el IEE que incluye una reseña general del cantón, descripciones específicas de cada unidad geomorfológica, definición de factores favorables para la ocurrencia de movimientos en masa y compendio de datos obtenidos en campo. El informe es luego incorporado a la memoria técnica final.

- Ingreso de los puntos visitados a la ficha automatizada de campo bajo el Sistema de Administración de Geoinformación (SAG), relacionada al punto GPS y a las fotografías correspondientes a cada uno.
- Corrección y ajuste de unidades.
- Ingreso de los límites constantes a la interpretación digital (cuerpos de agua, centros poblados, bosques protectores, patrimonio de áreas naturales y límites cantonales).

2.3.2 6 Obtención de la cartografía e información final

Como pasos finales se realiza la revisión topológica, se cuantifican las áreas (ha) y se suman para cada cantón por unidad geomorfológica. Con el dato de las áreas se elabora la leyenda geomorfológica a ser incluida en el mapa, y se diseña el formato de salida asignando colores a las unidades geomorfológicas en gamas de acuerdo a su unidad ambiental. Además se estructura la memoria técnica basada en el reporte de campo.

Figura 2.1. Modelo conceptual para elaborar la cartografía geomorfológica.



Fuente: Adaptado de CLIRSEN-MAGAP, 2010

2.4 Controles de Calidad

El primer control de calidad es escoger un equipo de trabajo multidisciplinario, compuesto por geomorfólogos, geógrafos y geólogos que aporten al entendimiento global del entorno mediante su especialidad.

2.4.1. Con respecto a la etapa de recolección de información

En este proceso se consideró la aplicación de cuatro criterios que permitieron calificar la información para su posterior selección. Estos criterios de calificación son (Mejía, 2009):

- Nivel de detalle: Criterio definido por la profundidad e intensidad de los estudios existentes y que deben estar acorde a los exigidos en los términos de referencia del proyecto.
- Actualidad: Criterio relacionado con la fecha de ejecución de los estudios, la vigencia y la necesidad de complementar los datos presentados.
- Cobertura geográfica: Este criterio tiene que ver con el cubrimiento espacial que tienen los estudios existentes en relación al área de interés.
- Escala: Criterio referido a la escala de los documentos cartográficos existentes en los estudios recopilados, y relacionados con la escala que exigen los términos de referencia del presente proyecto de acuerdo con el nivel del levantamiento semi-detallado, escala 1: 25 000.

Además toda la información secundaria calificada en base a los cuatro puntos anteriores, se debe estandarizar a un mismo sistema espacial de referencia (PROYECCIÓN UTM, ELIPSOIDE WGS84, DATUM WGS84, ZONA 17 SUR).

2.4.2. Para la elaboración del mapa geomorfológico

Con respecto a la elaboración del ajuste de bloques de fotografías aéreas digitales:

- La calidad de la transformación en lo que respecta a la orientación interna, se indica mediante el RMS. Si este valor es elevado pueden existir problemas de distorsión de la película o medición incorrecta de la fotografía. Lo óptimo para la escala de trabajo es obtener un RMS máximo de 17,5 μm o 0,5 píxeles.
- Aerotriangulación, con RMS menor a dos píxeles, si no se cumple con el mencionado valor se puede mejorar eliminando los puntos que posean una alta distorsión.
- Utilización de orto imágenes de diversos sensores, según el área en estudio de resolución mejor a 7,5 m, para la toma de puntos de control horizontal.

La interpretación digital posee como unidad mínima de mapeo 1 ha, y para alcanzar dicho requerimiento se interpretó digitalmente a escalas 1: 10 000 y 1: 15 000 en fotografías aéreas 1: 30 000 y 1: 60 000 respectivamente, obteniendo el detalle adecuado para la escala de trabajo.

Por último se realiza la revisión cartográfica de los datos gráficos y alfanuméricos obtenidos, en la cual se analiza que no se tenga error alguno y exista lógica en cada uno de los elementos cartográficos creados. Para ello se realiza:

- Revisión topológica: Las reglas escogidas al momento de hacer la topología son:
 - Must Not Overlap para encontrar polígonos sobrepuestos. Existen dos posibles soluciones: añadir ambos polígonos o substraerlos para que no se sobrepongan.
 - Must Not Have Gaps que determina huecos ya sea al interior del polígono o en sus uniones. Se soluciona creando un nuevo polígono.
- Revisión temática:
 - Se contrasta la interpretación con toda la información secundaria disponible, aprovechando las capacidades del SIG para sobreponer información digital. Se toma en cuenta que se debe incrementar el detalle de los mapas geomorfológicos o morfopedológicos.
 - Se realizan las correcciones necesarias.

Además, una vez obtenidos los mapas preliminares, se procede a realizar el trabajo de campo con el objetivo de verificar *in situ* las unidades geomorfológicas cartografiadas.

La información levantada debe ser procesada en gabinete, para ello se corrige las unidades geomorfológicas de acuerdo a las características definidas en campo.

Como pasos finales se vuelve a realizar la revisión topológica, se cuantifican las áreas (ha) y se suman para cada cantón por unidad geomorfológica. Se chequea la consistencia entre diferentes capas geomorfológicas de cada cantón.

III. RESULTADOS

3.1. Levantamiento de información

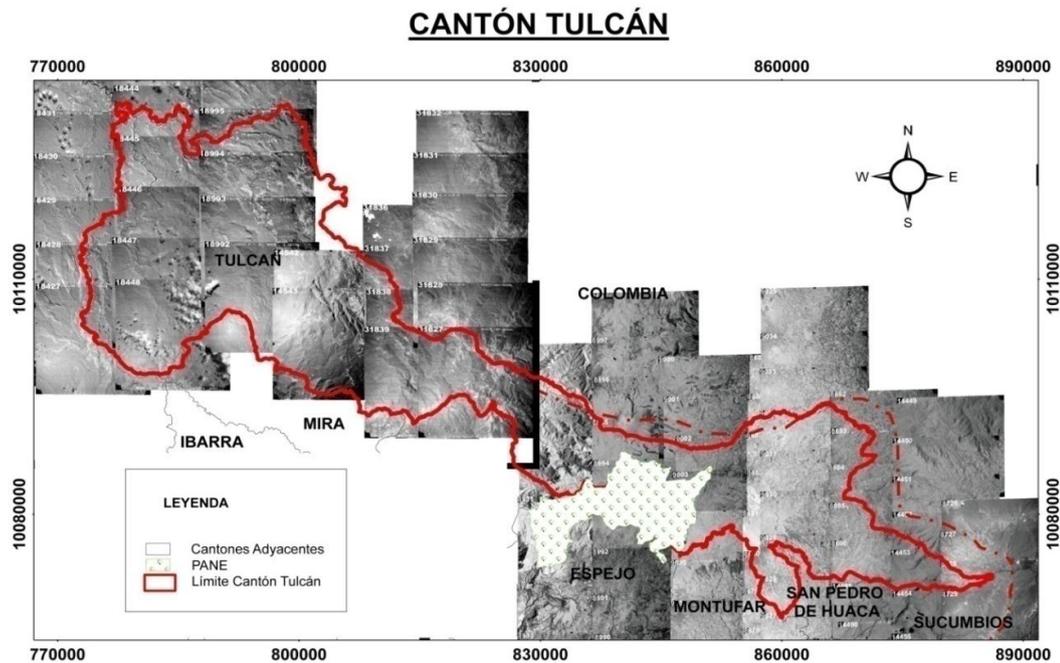
En el cantón Tulcán se interpretaron los pares estereoscópicos correspondientes a un total de 46 fotografías aéreas de 10 líneas de vuelo, a escala 1: 60 000, proporcionadas por el Instituto Geográfico Militar (IGM), del año 1977, cuya distribución se puede apreciar en el Cuadro 3.1.

Cuadro 3.1. Características de las líneas de vuelo del cantón Tulcán

ESCALA	LÍNEA	ROLLO	CÁMARA	AÑO	FOTOGRAFÍAS		TOTAL
					DESDE	HASTA	
1:60 000	35	61	RC30	2000	14534	14529	6
	36	161	RC30	1993	31829	31826	4
	37	37	RC30	1999	8927	8930	4
	38	37	RC30	1999	8996	8993	4
	39	37	RC30	1999	9000	9005	6
	40	42	JET (RC10)	1979	8681	8685	5
	41	42	JET (RC10)	1979	8692	8696	5
	42	77	JET (RC10)	1982	14451	14454	4
	43	42	JET (RC10)	1979	8726	8729	4
	39	37	RC30	1999	9003	9006	4
TOTAL DE FOTOS							46

Fuente: IEE, 2013

Figura 3.1. Distribución del bloque ajustado del cantón Tulcán.



Para el cantón Tulcán, se utilizó información de trabajos realizados con anterioridad como las hojas geológicas se tomó como base la información generada por la Dirección General de Geología y Minas a escala 1: 100 000.

Cuadro 3.2. Índice de hojas geológicas utilizadas para el cantón Tulcán

Código	Hojas Geológicas
Hoja 96	Tulcán
Hoja 97	San Gabriel
Hoja 81	Maldonado
Hoja 82	Ibarra

Fuente: Dirección General de Geología y Minas, 1980

Adicionalmente se utilizó como referencia el mapa de Paisajes Naturales del Ecuador a escala 1: 1 000 000, realizado por CEDIG y ORSTOM en el año 1989.

Además se emplearon las hojas topográficas a escala 1: 50 000 proporcionadas por el IGM, para ubicación general.

Cuadro 3.3. Índice de cartas topográficas utilizadas para el cantón Tulcán

Código	Cartas Topográficas
ÑI-E2	Tulumbi
ÑI-E4	Santa Rita
ÑI-F1	Tobar Donoso
ÑI-F3	Focamumbi
ÑI-F4	El Pailón
ÑII-A2_250	Alto Tambo
ÑII-B1	Lita
ÑII-B2	Maldonado
ÑII-B3_250	Jijón y Camaño
ÑII-B4	La Carolina
OII-A1	Hacienda Chiguarín
OII-A2	María Magdalena
OII-A3	Tufiño
OII-A4	Tulcán
OII-C1	San Gabriel
OII-C2	Huaca

Fuente: IGM, 1976-1980

La comprobación de campo del cantón Tulcán se realizó entre el 26 de Marzo al 04 de Abril del 2014, donde se visitaron un total de 71 puntos, obteniendo igual número de fichas ligadas a su correspondiente coordenada y a sus atributos que incluyen: geomorfología (unidad ambiental, morfología (forma de cima, vertiente), morfometría (pendiente, desnivel relativo, longitud de vertiente), cobertura vegetal, descripción de afloramientos, caracterización de rocas y depósitos superficiales, toma de datos estructurales, observaciones y un

esquema de los aspectos más relevantes acompañado del respectivo registro fotográfico, además se obtuvieron 360 puntos de observación en todo el cantón Tulcán que permitieron mejorar la demarcación de las unidades.

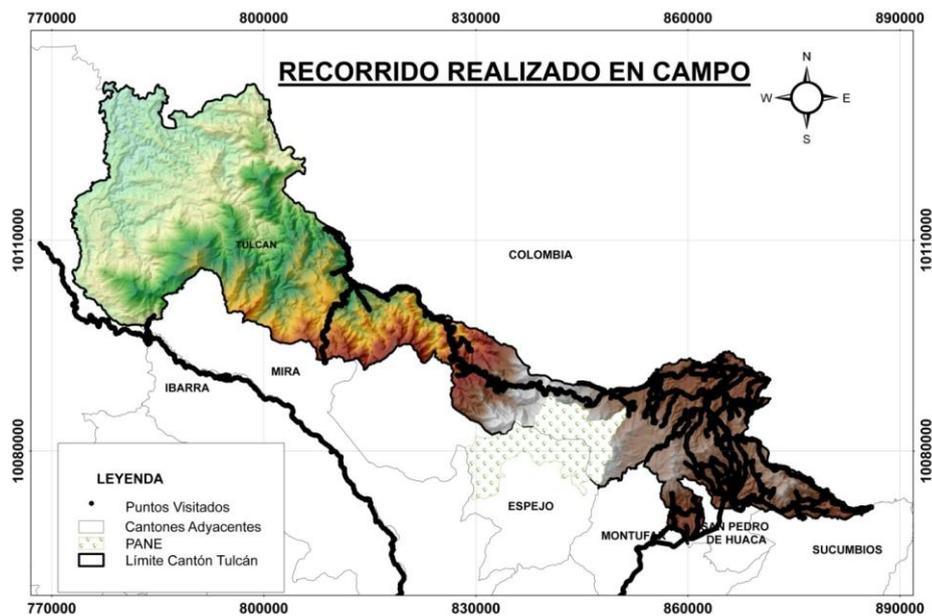
Toda esta información fue ingresada en el SAG, software diseñado en Visual Basic que permite almacenar todos los datos levantados en campo.

Figura 3.2. Localización de los puntos visitados en campo del cantón Tulcán.



Fuente: IEE, 2014

Figura 3.3. Recorrido realizado dentro del cantón Tulcán.



Fuente: IEE, 2014

3.2. Unidad genética (Origen)

El origen de las unidades geomorfológicas puede deberse a uno de los siguientes procesos genéticos:

3.2.1. Tectónico

Obedece a las fuerzas internas o endógenas de la Tierra, las cuales deforman la corteza terrestre dando origen a las estructuras geológicas como son; plegamientos y fallas.

3.2.2. Tectónico Erosivo

Corresponde a levantamientos tectónicos que generan unidades geomorfológicas colinadas y montañosas de diversas alturas y pendientes, y que aún conservan rasgos reconocibles de las estructuras originales a pesar de haber sido afectadas en grado variable por los procesos erosivos.

3.2.3. Volcánico

Son formas producidas por erupciones volcánicas que han sufrido los efectos de la denudación y que aún conservan rasgos definidos de sus formas iniciales. Las rocas ígneas extrusivas, lavas y piroclastos, constituyen los materiales parentales que conforman el soporte de este tipo de geoformas.

3.2.4. Glaciar

Proviene de los procesos erosivos ocurridos en relieves primarios por acción de las masas de hielo (circos, valles glaciares, rocas aborregadas, etc.) y de los procesos de transportación y sedimentación supraglaciar, endoglaciar y subglaciar de material detrítico pobremente clasificado (morrenas laterales, terminales, centrales, etc.).

3.2.5. Fluvio Lacustre

Se origina del transporte constante de material de río con alto grado de materia orgánica, para luego ser depositados en lagos y lagunas dando lugar a suelos muy blandos.

3.2.6. Denudativo

Incluye un grupo de procesos de desgaste de la superficie terrestre. En este contexto, las principales unidades geomorfológicas identificables son los coluviones y coluvio aluviales, formas originadas por la acción de la gravedad en combinación con el transporte de las aguas.

3.2.7. Erosivo

Se refiere a formas originadas por el depósito de material, y luego se produce el proceso de erosión del material parental o del depósito, y ha dejado unidades nuevas, con diferente grado o nivel de desgaste de la roca.

3.2.8. Depositional erosivo

Corresponde a las formas originadas en la superficie terrestre como producto de la acción erosiva de formas deposicionales preexistentes.

3.2.9. Depositional o Acumulativo

Se refiere a formas originadas por el depósito de material, transportado por agentes erosivos como el agua, el hielo o el viento, que constituyen medios de acarreo.

3.3. Unidades Ambientales.

Las unidades ambientales han sido definidas tomando en cuenta su génesis, los factores morfológicos, morfométricos y la litología, así como los factores externos modeladores como el clima y vegetación.

En el cantón Tulcán se encuentran nueve unidades ambientales:

- Cimas Frías de las Cordilleras Heredadas de Formas Paleoglaciares
- Los Conos Volcánicos bien conservados, sin actividad actual
- Relieves de los Márgenes de las Cimas Frías
- Vertientes Externas de la Cordillera Occidental
- Vertientes y Relieves Superiores de las Cuencas Interandinas Sobre Volcanismo de la Sierra Norte
- Vertientes Inferiores y Relieves de las Cuencas Interandinas de la Sierra Norte
- Relieves de Fondos de Cuencas con Rellenos Volcano-Sedimentarios
- Gran Cono El Placer
- Medio Aluvial

3.3.1. Cimas Frías de las Cordilleras Heredadas de Formas Paleoglaciares

Una vez desaparecidos los glaciares que formaron estos paisajes se pueden apreciar con claridad las huellas de los mismos, generalmente están sobre los 3 600 m s.n.m. Las Cimas Frías de las Cordilleras Heredadas de Formas Paleoglaciares, reagrupa los paisajes glaciares que se podrían calificar típicos en el Ecuador. Están cubiertos por una importante y uniforme capa de proyecciones de cenizas volcánicas recientes lo que suaviza los relieves, con excepción de las pendientes más acentuadas sobre las cuales no pudieron conservarse.

Estas superficies están relacionadas con cimas agudas a redondeadas, pendientes que oscilan entre muy suaves a suaves y escarpadas (5 a 150 %); representan los páramos del norte usualmente cubiertos de paja de páramo.

Los paisajes glaciares, son derivados de acciones morfogenéticas antiguas, cuyo modelado actual ha experimentado modificaciones menores posteriores a su formación. Cabe resaltar que la relativa homogeneidad de las elevaciones, a lo largo de los 650 km. de cordilleras, indican claramente que tienen origen climático.

Además de los paisajes glaciares se encuentran los paisajes periglaciares, los cuales están localizados sobre las cimas de la vertiente amazónica y en el interior de algunos grandes conjuntos glaciares de la Cordillera Oriental, desarrollándose independientemente de la naturaleza del sustrato rocoso. Son relieves muy accidentados, lejos de todo acceso, se compone esencialmente de afloramientos rocosos en formas de cuchillas, crestas y agujas, con cimas muy irregulares. Todos los modelados son de origen estructural, volcánico y tectónico-erosivo que sufrieron por la gelifracción un remodelamiento completo.

Esta unidad ambiental, tiene una cobertura de material suelto y heterogéneo de suelo y clastos de diferente tamaño, además está constituido por lavas andesíticas y porfiríticas, piroclastos, lapilli y tobas, andesitas basálticas, brechas volcánicas como también tillitas, arenas, gravas y bloques de composición variable. Estos están relacionados con los Volcánicos Yanacocha, volcánicos Tetillas del Morro, volcánicos Tres Quebradas, Volcánicos Peña Blanca, volcánicos La Cofradía, volcánicos indiferenciados, Volcánicos Horqueta, Volcánicos El Pelado, Volcánicos Chiles, Sedimentos San Jerónimo, Depósitos Glaciares, Depósitos Coluviales. Estos materiales constituyeron en la formación de paisajes como relieves volcánicos colinado medio, relieve volcánico montañoso, flujos de lava y valles en U entre otros paisajes.

Sus características son:

- Ecología: Páramo Subalpino herbáceo y Bosque muy húmedo Montano.
- Formas del relieve: Coluvio aluvial antiguo, coluvión antiguo, cono de derrubios, depresión pantanosa, escarpe de deslizamiento, flujos de lava, fondo de valle glaciar, garganta, morrena de fondo, morrena lateral, relieve volcánico colinado alto, relieve volcánico colinado bajo, relieve volcánico colinado medio, relieve volcánico colinado muy alto, relieve volcánico colinado muy bajo, relieve volcánico montañoso, relieve volcánico ondulado, rocas aborregadas, terraza colgada, valle colgado, valle en u, vertiente abrupta y vertiente de flujo de lava.
- Geología: Rocas ígneas en su mayoría del cuaternario, correspondientes a los Volcánicos Chiles, El Pelado, Horqueta, La Cofradía, Peña Blanca, Tetillas del Morro, Yanacocha, Volcánicos Indiferenciados, Depósitos Glaciares, Fluvio Lacustres, Coluviales y Coluvio Aluviales.
- Edafología: Suelos francos a franco arenosos con acumulación de materia orgánica en la superficie, bien drenados, moderadamente profundos a profundos, pH ligeramente ácido, fertilidad media.
- Cobertura natural: Zonas de protección, reforestación y mantenimiento de la cobertura vegetal, que en su mayoría es paja de páramo y frailejón.
- Infraestructura vial y poblacional
- Vías Principales: Tulcán - La Horqueta - Los Tanganes, San Jerónimo - La Rutina - Piedra Negra - San Patricio- El Placer.
- Poblados Principales: El Placer y Cajón.
- Peligros naturales: deslizamientos de suelos, flujos de lodo y caída de rocas.

Las Cimas Frías de las Cordilleras Heredadas de Formas Paleoglaciares se encuentran ubicadas en la parte central este del cantón, cuenta con una área de 13 088,72 ha, que corresponde al 7,20 % de la superficie total del cantón.

3.3.2. Los Conos Volcánicos bien Conservados, sin actividad volcánica

El grado de conservación de las formas originales es un excelente parámetro que permite apreciar la edad relativa de un volcán. Además, por su altitud elevada, un gran número de esos volcanes se recubrieron por glaciares cuaternarios. La importancia respectiva de las formas volcánicas originales, del modelaje glaciar y de la erosión puramente hídrica en la elaboración de las vertientes permiten una estimación del periodo de construcción.

Sus características son:

- Ecología: Bosque muy húmedo Montano Bajo.
- Formas del relieve: Circo glaciar, coluvio aluvial antiguo, coluvión antiguo, escarpe de deslizamiento, flancos de volcán, flujos de lava, fondo de valle glaciar, garganta, morrena de fondo, relieve volcánico colinado alto, relieve volcánico colinado bajo, relieve volcánico colinado medio, relieve volcánico colinado muy alto, relieve volcánico montañoso, superficie de cono de deyección antiguo, superficie de erosión, valle colgado, valle en u, vertiente abrupta y vertiente de flujo de lava.
- Geología: Volcánicos Cerro Negro, Volcánicos Chiles, Volcánicos Yanacocha, Volcánicos Peña Blanca, Depósitos Coluviales, Depósitos Coluvio Aluviales y los Depósitos Glaciares.
- Edafología: Inceptisoles y suelos originados a partir de material piroclástico en especial ceniza volcánica, pertenecientes al orden de los Andisoles, suelos livianos cuya densidad aparente no supera el 0.9 gr/cm³, ricos en materia orgánica de colores oscuros.
- Cobertura natural: Páramo herbáceo muy alterado y vegetación herbácea húmeda.
- Uso actual de las tierras: Agrícola (cultivos de papa) y ganadera.
- Infraestructura vial y poblacional:
Vías Principales: Existen senderos principalmente que conectan a los poblados.
Poblados Principales: Parroquia Maldonado y poblado de Chilma Bajo.
- Peligros naturales: Peligro volcánico y movimientos en masa.

Los conos volcánicos bien conservados sin, actividad actual se localizan al centro-sur del cantón, cuenta con una área de 7829,66 ha, que corresponde al 4,30 % de la superficie total del cantón.

3.3.3. Relieves de los Márgenes de las Cimas Frías

La terminación oriental de la Cuenca Tulcán-Ibarra es figura excepcional en toda la parte septentrional de la Sierra. Mientras el contacto se efectúa generalmente mediante una transición suave entre las tierras frías de las cordilleras y medio interandino, ahí un abrupto neto y rectilíneo constituye la separación entre los dos ámbitos. Inicia al norte de Mariano Acosta y se prolonga, según la dirección SSW-NNE, hasta la ciudad de San Gabriel, de ahí se hace oblicuo hacia el este. Las partes centrales más marcadas, tienen la apariencia de un abrupto, en sus extremidades, los modelados son atenuados: Al norte a causa de la elevación del piso de la cuenca y al sur por la existencia de contrafuertes muy disectados en los alrededores del alto valle del río Chota. Se transforma entonces en una

vertiente disectada compuesta por una sucesión de crestas agudas, paralelas a la pendiente y separadas por entalladuras estrechas y muy pronunciadas con el característico perfil en V. Es localmente interrumpido por algunos niveles intermedios poco extensos, en forma de rellanos de inclinación diversa. Esta unidad se encuentra identificada al sur del cantón, caracterizada por presentar relieves volcánicos montañosos a relieves volcánicos colinados altos, de cimas agudas con formas de vertiente irregular.

Sus características son:

- Ecología: Bosque húmedo Montano Bajo
- Formas del relieve: Relieve volcánico colinado medio.
- Geología: Volcánicos Mirador y Volcánicos Huaca.
- Edafología: Suelos originados a partir de material piroclástico en especial ceniza volcánica, pertenecientes al orden de los Andisoles.
- Cobertura natural: Páramo herbáceo muy alterado y vegetación herbácea húmeda.
- Uso actual de las tierras: Agrícola (cultivos de papa) y ganadera.
- Infraestructura vial y poblacional:
- Vías Principales: Existen senderos principalmente que conectan a los poblados.
- Poblados Principales: Parroquia Julio Andrade (Orejuela).
- Peligros naturales: Movimientos en masa, erosión hídrica por surcos y cárcavas.

Los Relieves de los Márgenes de las Cimas Frías, se localizan al sur del cantón, cuenta con una área de 12,54 ha, que corresponde al 0,006 % de la superficie total del cantón.

3.3.4. Vertientes Externas de la Cordillera Occidental

Constituye una gran parte de la Vertiente Andina Occidental, al noroeste del cantón Tulcán, considerada como la más extensa en superficie, caracterizado por un conjunto montañoso imponente, la vertiente se caracteriza sobre todo por la amplitud de los desniveles, la inclinación de las pendientes. Esta unidad se ubica en los flancos externos de la Cordillera Occidental de los Andes donde existe una cobertura piroclástica casi continua, compuesto de lavas básicas e intercalaciones Volcano-Sedimentarias.

Los modelados están menos marcados que en el sur ya que el recubrimiento de cenizas suavizo en forma generalizada los relieves.

Sus características son:

- Ecología: Bosque muy húmedo Tropical con intercalaciones de bosque pluvial Pre Montano
- Formas del relieve: Cerro testigo, coluvio aluvial antiguo, coluvión antiguo, coluvión reciente, escarpe de deslizamiento, garganta, macizo rocoso, relieve colinado alto, relieve colinado bajo, relieve colinado medio, relieve colinado muy alto, relieve colinado muy bajo, relieve montañoso, superficie

de cono de deyección antiguo, superficie ondulada, terraza colgada y vertiente abrupta

- Geología: Depósitos Coluviales, Depósitos Coluvio Aluviales, Formación Macuchi, Formación San Tadeo, Miembro Chontal, Rocas Intrusivas, Sedimentos San Jerónimo
- Edafología: Suelos derivados de materiales piroclásticos de texturas francas a franco arenosas, con gran capacidad de retención de agua, suelos negros con pH inferior a 6,5.
- Cobertura natural: Pastos asociados a cultivos de ciclo corto.
- Uso actual de las tierras: Agrícola y ganadero.
- Infraestructura vial y poblacional:
Vías Principales: Tulcán-Peñas Blancas-Mira-Alto Tambo
Poblados Principales: San Marcos, Peñas Blancas, Guadal, Piedra Lisa, Chilma, Machines, El Laurel y la Plata.
- Peligros naturales: Caídas, deslizamientos y reptaciones.

Las Vertientes Externas de la Cordillera Occidental se encuentran ubicadas en la parte noroeste del cantón, cuenta con una área de 71 239,64 ha, que corresponde al 39,19 % de la superficie total del cantón.

3.3.5. Vertientes y Relieves Superiores de las Cuenca Interandinas sobre Volcanismo de la Sierra Norte

Esta unidad ambiental forma parte del borde superior de los relieves interandinos, se diferencia claramente en los paisajes circundantes, localizados en la parte superior consecutivamente a los Márgenes de las Cimas Frías, la morfología se conforma de una discontinuidad física y una zona de contraste, además se pueden observar extensiones cimera onduladas, moldeadas por las coberturas glaciares y cubiertas por vegetación de páramo.

Rara vez afloran los basamentos ya que se encuentran recubiertos de proyecciones piroclásticas bordean comúnmente las cuencas desde Tulcán hasta el Volcán Cotopaxi caracterizándose al norte por una sinuosidad marcada las altitudes van desde los 2 800 a 3 000 m s.n.m, en el límite inferior mientras que en el límite superior en el contacto con las Cimas Frías alcanzan 3 400-3 600 m s.n m.

Sus características son:

- Ecología: Bosque húmedo Montano Bajo.
- Formas del relieve: Barranco, coluvio aluvial antiguo, coluvión antiguo, flancos de volcán, garganta, glacis de erosión, glacis de esparcimiento, relieve volcánico colinado alto, relieve volcánico colinado bajo, relieve volcánico colinado medio, relieve volcánico, colinado muy alto, relieve volcánico colinado muy bajo, relieve volcánico, montañoso, relieve volcánico ondulado, superficie de cono de deyección antiguo, terraza alta, valle intramontano y vertiente abrupta.
- Geología: Depósitos Coluviales, Depósitos Coluvio Aluviales, Volcánicos Boliche, El Pelado, Virgen Negra y Volcánicos Indiferenciados.
- Edafología: Andisoles con saturación de bases inferior a 50 % y pH ligeramente ácido de fertilidad mediana.

- Cobertura natural: Pastos naturales, artificiales, alternados con cultivos de ciclo corto
- Uso actual de las tierras: Agrícola y ganadero
- Infraestructura vial y poblacional:
Vías Principales: Tulcán-San Jerónimo-Fraylejon-El Carmelo
Poblados Principales: La Esperanza, San José y Guanag.
- Peligros naturales: Caídas y deslizamientos

Las Vertientes y Relieves Superiores de las Cuencas Interandinas sobre Volcanismo de la Sierra Norte se encuentran ubicadas al sur del cantón, cuenta con una área de 9570,38 ha, que corresponde al 5,26 % de la superficie total del cantón.

3.3.6. Vertientes Inferiores y Relieves de las Cuenca Interandinas de la Sierra Norte

La mayor parte de los volcanes interandinos están rodeados en su parte inferior de una amplia corola, la cual presenta vertientes muy suaves que aseguran una transición gradual con los modelados de los paisajes inferiores de las cuencas interandinas, en donde el perfil longitudinal es casi rectilíneo, con pendientes promedio de 16 % sobre la vertiente sur del Igualata al norte de Guano.

El perfil transversal es relativamente heterogéneo. Asocia interfluvios de cima plana a ligeramente ondulada, de algunos cientos de metros de ancho pero que alcanzan localmente el kilómetro, separadas por marcadas entalladuras. Sus características son variables: erosión por cárcavas.

En la incisión ubicada en El Chota se caracteriza por sus altitudes ligeramente más altas en Tulcán y San Gabriel siendo los modelados muy disectados por la erosión hídrica manteniéndose los niveles inferiores.

Sus características son:

- Ecología: Bosque muy húmedo Montano y Montano Bajo
- Formas del relieve: Barranco, coluvio aluvial antiguo, coluvio aluvial reciente, coluvión antiguo, coluvión reciente, depresión lagunar, escarpe de deslizamiento, escarpe de terraza, glacis de esparcimiento, relieve lacustre ondulado, relieve volcánico colinado alto, relieve volcánico colinado bajo, relieve volcánico colinado medio, relieve volcánico colinado muy alto, relieve volcánico colinado muy bajo, relieve volcánico montañoso, relieve volcánico ondulado, superficie de cono de esparcimiento, superficie volcánica ondulada, terraza alta, valle intramontano y vertiente abrupta.
- Geología: Depósitos Coluviales, Depósitos Coluvio Aluviales, Depósitos Fluvio Lacustres, Volcánicos Indiferenciados y Volcánicos Virgen Negra.
- Edafología: Andisoles desaturados con fertilidad mediana.
- Cobertura natural: Pastos intercalados con cultivos de ciclo corto
- Uso actual de las tierras: Agrícola y ganadera
- Infraestructura vial y poblacional:
Vías Principales: Tulcán-Julio Andrade-San Gabriel-El Carmelo
Poblados Principales: Bellavista, Agua Fuerte, La Playa Alta, y Chuquer y Julio Andrade.

- Peligros naturales: Deslizamientos, erosión por surcos y cárcavas.

Las Vertientes Inferiores y Relieves de las Cuencas Interandinas de la Sierra Norte se encuentran ubicadas al sur y este del cantón, cuenta con una área de 16 114,16 ha, que corresponde al 8,86 % de la superficie total del cantón.

3.3.7. Relieves de los Fondos de las Cuencas con Rellenos Volcano-Sedimentarios

Corresponden a llanuras de depósitos de material volcánico, las cuales poseen un modelado superficial monótono, de plano a ligeramente ondulado. La unidad en su mayoría está cubierta por cenizas volcánicas; su morfología se compone principalmente por relieves volcánicos.

En el cantón Tulcán la cuenca está influenciada por tres drenajes principalmente al sur el Río Chota, mientras que la parte norte de la cuenca está influenciada por los ríos Carchi y Gaitara, esta zona se relaciona con movimientos tectónicos recientes y una fuerte sedimentación provocada por la erosión.

Cerca a Tulcán la tectónica quebradiza aun está presente, pero la sedimentación es inferior al resto de la cuenca, la parte inferior es conglomerática con guijarros y muestra un predominio de aportes de origen fluvial. Todas las geoformas ubicadas en altitud y con un régimen húmedo, han conservado la cobertura piroclástica reciente.

Sus características son:

- Ecología: Bosque húmedo Montano Bajo fluvial.
- Formas del relieve: Barranco, coluvio aluvial antiguo, coluvión antiguo, garganta, relieve volcánico colinado alto, relieve volcánico colinado bajo, relieve volcánico colinado medio, relieve volcánico colinado muy bajo, relieve volcánico montañoso, relieve volcánico ondulado, superficie volcánica ondulada, terraza alta y vertiente abrupta.
- Geología: Depósitos Coluviales, Depósitos Coluvio Aluviales, Volcánicos El Pelado y Volcánicos Indiferenciados.
- Edafología: Molisolles, negros, profundos, con saturación de bases mayores al 50%, pH ligeramente ácidos.
- Cobertura natural: Cultivos de ciclo corto.
- Uso actual de las tierras: Agrícola
- Infraestructura vial y poblacional:
Vías Principales: Tulcán-Rumichaca-Cuatro Esquinas
Poblados Principales: Angasmayo, Tulcán, Urbina, Santa Martha de Cuba, Cuatro Esquinas, La Magdalena, El Consuelo, El Chocal y Julio Andrade.
- Peligros naturales: Caídas y deslizamientos.

Los Relieves de los Fondos de las Cuencas con Rellenos Volcano-Sedimentarios, se encuentran ubicados al este y sur del cantón, cuenta con una área de 11 410,52 ha, que corresponde al 6,27 % de la superficie total del cantón.

3.3.8. Gran Cono del Placer

Relieves tabulares ligeramente inclinados hacia el noreste, culmina a los 750 m s.n.m., mientras que la superficie cimera baja a los 550 a 600 m s.n.m., hacia El Placer. Los relieves tabulares con grado de disección están representados por antiguos conos de esparcimiento ubicados en la desembocadura de grandes ríos con gran caudal como los drenajes Mira, Lita y Gualpi.

Integra las superficies cimeras, que son relieves poco disectados, que no alcanzan pendientes bruscas, y los abruptos circundantes. Existen testigos encaramados de la superficie en diferentes niveles de la parte superior de los abruptos. Los actuales ríos se encuentran al fondo de gargantas con pendientes pronunciadas.

Sus características son:

- Ecología: Bosque muy húmedo Tropical intercalado con bosque pluvial Pre Montano
- Formas del relieve: Cerro testigo, coluvio aluvial antiguo, coluvión antiguo, superficie de cono de deyección antiguo, superficie de cono de esparcimiento, superficie de cono de esparcimiento disectado, superficie de cono de esparcimiento muy disectado, testigo de cono de deyección, vertiente de cono de deyección antiguo y vertiente de cono de esparcimiento.
- Geología: Depósitos Coluviales, Depósitos Coluvio Aluviales, Formación Macuchi y Formación San Tadeo.
- Edafología: Suelos con alta capacidad de retención de agua, desaturados, francos.
- Cobertura natural: Cultivos de ciclo corto y frutales.
- Uso actual de las tierras: Agrícola y ganadero.
- Infraestructura vial y poblacional:
Vías Principales: Tulcán-Alto Tambo.
- Peligros naturales: Caídas y deslizamientos.

El Gran Cono del Placerse encuentra ubicado en noroeste del cantón, cuenta con una área de 41 270,97, que corresponde al 22,70 % de la superficie total del cantón.

3.3.9. Medio Aluvial

Corresponde a todos los drenajes principales y secundarios que fluyen por todo el cantón Tulcán, representados por los distintos niveles de terrazas y por los valles fluviales.

Se presentan a lo largo de todo el cantón, sin embargo el área más representativa se encuentra al noroeste.

Las principales fuentes generadoras que modelan esta unidad ambiental son; los ríos Mira, Lita, Gualpi, Santiago, Chana, Chi Tulcán, Carchi y San Juan.

Sus características son:

- Ecología: Bosques Montanos Pluviales de los Andes del norte.
- Formas del relieve: Terraza alta, terraza media, escarpes de terraza, terraza baja y cauce actual y valles fluviales.
- Geología: Depósitos Aluviales.
- Edafología: Suelos jóvenes y arenosos.
- Cobertura natural: Predominan los cultivos de ciclo corto.
- Uso actual de las tierras: Agrícola.
- Peligros naturales: Erosión hídrica.

El Medio Aluvial se encuentra ubicado a lo largo del cantón, cuenta con una área de 4 582,69 ha, que corresponde al 2,52 % de la superficie total del cantón.

3.4. Descripción Geomorfológica - Geológica

El relieve de la zona, desde la Cordillera Occidental, los páramos de El Ángel, nudo de Mojanda Cajas, se encuentra a una altitud aproximada de 4 000 m s.n.m. y descienden en forma de laderas hasta el Cono del Placer.

El Cono del Placer forma un amplio abanico en la desembocadura del sistema hidrográfico que constituyen las cabeceras de los caudalosos ríos del Mira y Lita.

Se ubica en una zona interandina que está comprendida entre la Cordillera Real y Occidental, su configuración actual se debe a la acción de los diferentes períodos orogénicos. Los movimientos tectónicos de diferente ritmo e intensidad acaecidos en ésta época, permitieron que las masas rocosas sufran fallamientos y agrietamientos en dirección longitudinal y transversal que han servido para formarse en ellos canales de conducción del magma hacia la superficie dando origen a volcanes como el Chiles y Cerro Negro.

Los procesos de sedimentación del cuaternario fueron muy complicados como consecuencia del intenso volcanismo, las glaciaciones, los levantamientos y hundimientos que generalmente desarrollaron sus acciones simultáneamente, de manera que sus sedimentos se encuentran dispuestos en forma caótica. En el Plioceno el vulcanismo se presentó con máxima intensidad conformando potentes depósitos provenientes de los volcanes: Chiles, Cerro Negro y Boliche, que han generado el recubrimiento actual, con la presencia de cenizas, cangahua y lavas, sedimentos que han sido fuertemente heredados por la actividad glacial que formaron potentes flujos de lodo, estos recubren y modelan el paisaje. Todos estos estratos descansan sobre antiguas formaciones. Además los sedimentos acarreados por los ríos desde las partes altas hacia las partes más bajas fueron formando amplios valles y terrazas.

Las Formaciones geológicas y depósitos cuaternarios que aparecen en el cantón Tulcán son:

Rocas Intrusivas (G): Varios cuerpos intrusivos afloran en el área, siendo posiblemente parte del batolito de Apuela Nanegal, al sur, se pueden distinguir cuatro intrusivos: Buenos Aires, El Baboso, Maldonado y río Hualpi.

El intrusivo de El Baboso ubicado al norte de la población de Lita es un cuerpo de composición granodiorítico con vetas y vetillas de cuarzo mineralizado, contiene mineralización de pirita, calcopirita, galena, incluso oro.

Los intrusivos de Buenos Aires, Maldonado, parecen tener relación con la mineralización del área especialmente para polimetales (Pb, Cu, Zn), se encuentran intruyendo a la Formación Macuchi en el lado oeste y los sedimentos cretácicos al este.

Formación Macuchi (k_m): Principales afloramientos se encuentra en la parte oeste de la zona cerca del río Ibarra, sector del Caserío Lita, constituida de lavas andesíticas de color gris verdusco interestratificada en sectores con tobas, encontrándose también brechas volcánicas bien consolidadas. La Formación Macuchi Metamorfizada está constituida principalmente de pizarras las que se encuentran en forma masiva.

Sedimentos San Jerónimo (K_{sj}): Constituidos de sedimentos del Cretácico, constituidos por sedimentos de origen volcánico, compactos de color gris verdoso de granulometría de media a gruesa intercaladas con lavas altamente silisificadas, areniscas, lutitas chertosas, calizas y grauvaca. Es miembro de la Formación Macuchi.

Miembro Chontal (kM_{ch}): Esta constituidos por volcánicos terciarios, lutitas negras wackes de color gris oscuro y pizarras, cuarcita, esquistos, conglomerado brechoso y diques ultrabásicos.

Volcánicos Peña Blanca. (P_{PB}): Estos materiales del Plioceno están expuestos sobre las rocas mesozoicas de la Cordillera Occidental en la parte central del cantón, cubiertas por materiales recientes del volcán Chiles y Cerro Negro, en general están constituidos por andesitas piroxenicas de colores gris claro a gris oscuro, son hipocrystalinas ligeramente porfiríticas en una matriz afanítica.

Volcánicos Boliche (Pl_{BO}): Las rocas cenozoicas (Neógeno) conforman un edificio volcánico principal y varios secundarios, generadas durante el colapso de la caldera, forman el nudo de Boliche, alcanzando una altura de 3 500 m.s.n.m., separa los valles de El Ángel y San Gabriel. Se trata de un lineamiento de estratovolcanes afectados por fallas. Litológicamente compuestos de andesitas grises claras y oscuras, tobas, brechas, aglomerados, lapilli y cenizas bien estratificadas con intervalos de tobas soldadas y conglomerados fluviales.

Volcánicos Tres Quebradas (PL_{TQ}).- Originados en tres centros de emisión alineados, constituidos de lavas y brechas compactas.

Volcánicos El Pelado. (V_{EP}): Conformados por andesitas, basaltos olivínicos en una matriz pilotaxítica habiendo sido afectados por glaciaciones, brechas volcánicas, tobas; las lavas son porfiríticas con fenocristales de labradorita sódica.

Volcánicos Yanacocha (V_Y).- Se encuentran afectados por la alteración hidrotermal evidenciada por una fuerte oxidación, presencia de piritas y arcillas, constituido por andesitas basálticas, brechas y tobas.

Volcánicos Mirador Huaca y Cerro de Piedras (P_{Imh}).- Son materiales Plio-Pleistoceno, que se encuentra sobre rocas metamórficas, es un volcán que en la actualidad está erosionado, está constituido por andesitas gris oscura de textura hialopilitica con matriz de microlitos de plagioclasa y vidrio volcánico. El cerro de Piedras es un volcán parásito cuyos productos son lavas basálticas y productos piroclásticos.

Volcánicos Virgen Negra. (P_{Vn}).- Consiste de materiales volcánicos del Plio-Pleistoceno, constituido de flujos de latitas con una matriz microlítica con plagioclasa y vidrio volcánico, en las zonas aluviales recubiertas por material fino aluvial.

Volcánicos La Cofradia (V_{LC}): Constituidos por materiales volcánicos del Cuaternario, conformado por lavas porfiríticas, con fenocristales de piroxeno, anfíbol y feldespato de potasio.

Volcánicos Tetillas del Morro (V_{TM}): Constituidos por lavas cuaternarias porfiríticas, con fenocristales de piroxeno, anfíbol y feldespato de potasio
En el cantón Tulcán se los visualiza al Sureste relacionados con relieves volcánicos colinados altos y medios.

Volcánicos Horqueta (V_{HO}):Ocupan una superficie muy pequeña al Sureste del cantón, constituidos por lavas porfiríticas con fenocristales de andesina, augita y feldespato de potasio con una matriz percrystalina, con evidencias de una depositación en medio lacustre

Volcánicos Cerro Negro (V_{CN}): El volcán Cerro Negro (Holoceno) alcanza los 4470 m.s.n.m ubicado muy cerca al volcán Chiles, compuesto por flujos de lavas, brechas y material piroclástico, el edificio volcánico está sobre rocas volcánicas pliocénicas, los materiales del volcán evolucionan hacia productos más ácidos, las rocas recientes son Andesitas, dacitas y dacitas andesíticas, además de productos piroclásticos y laharíticos.

Volcánicos Chiles (V_{CH}): Constituido por rocas cuaternarias provenientes del denominado Chiles 2, del edificio construido sobre la base inicial del volcán Chiles, las rocas están constituidas por andesitas basálticas con fenocristales de olivino y ácidas, además de traquitas y riodacitas.

Formación San Tadeo. (P_{ST}):Los depósitos cuaternarios de esta formación son el producto de la depositación fluvial, con aportes de avalanchas de productos piroclásticos y acumulaciones eólicas. Las rocas de esta formación son brechas, tobas, productos piroclásticos, conglomerados volcánicos. Todos estos materiales se han depositado de manera discordante sobre las formaciones antiguas, teniendo una potencia de 500m debajo de ésta, se encuentran materiales intrusivos.

Volcánicos Indiferenciados (P_{VI}): Está constituido por extensas lavas y piroclásticos. En el norte, alrededor de Cotourco, las rocas se presentan divididas en dos unidades: la inferior formada principalmente de piroclastos y la superior constituida de lavas andesíticasporfiríticas. No se conoce exactamente la disposición de estas rocas, pero parece que tienen un buzamiento débil al oeste, tampoco el espesor es conocido. Son probablemente de edad pliocénica tardía hasta pleistocénica y quizás

son equivalentes a las volcánicas similares al sur, las cuales pertenecen a la Formación Pisayambo.

Los conglomerados presentan clastos que indican que los sedimentos son provenientes de la erosión y re-depositación de material de la Formación Macuchi, posiblemente en una cuenca marina superficial o en un ambiente litoral a lo largo de la margen del arco volcánico anterior.

Depósitos Glaciares (Q₈): Depósitos del Pleistoceno, comprenden Tillitas, arenas, gravas y bloques de composición variable, se distinguen varios depósitos glaciares sobre los 3800 m s.n.m, alrededor de los flancos del volcán Cotacachi, formando morrenas laterales y morrenas de fondo.

Depósitos Fluvio Lacustres(Q₁₁): Localizados al noreste del cantón, se identifican sedimentos de grano fino, predominando limos y arcillas.

Depósitos Fluvio Glaciares (Q₁₀): Ubicados al este del cantón, formadas por fracciones desde gravas gruesas a arcillas algo clasificadas.

Depósito Coluvial (Q₂): Los depósitos holocénicos están distribuidos por todo el cantón, constituido por depósitos de detritos angulosos de andesitas en matriz areno-arcillosa, arena y cangagua. Conos de deyección se encuentran sobre zonas bajas del volcán Imbabura, constituidas de rocas volcánicas de tamaño variable.

Depósitos Coluvio Aluviales (Q₃): Se presentan aisladamente y están relacionados con desprendimientos de material debido a la acción de fallas y fracturas en el caso de los coluviales, al arrastre y depositación de los ríos en el caso de los aluviales, en los primeros el material es heterogéneo en el tamaño y la depositación, en los segundos existe una clasificación pobre.

Depósito Aluvial (Q₁): Los depósitos aluviales del Holoceno se los localizan al sur del cantón, comprende depósitos de gravas, arenas en matriz areno-arcillosa depositados en las zonas bajas de los ríos Guayllabamba y Blanco, producto del acarreo de los ríos Apuela que unido con el río Toabunchi forman el río Intag que se desplaza en dirección noreste-suroeste y que al sur del cantón desemboca en el río Guayllabamba y al este por el río Ambi desplazándose en dirección sur-norte.

A continuación se clasifican las unidades geomorfológicas existentes en el cantón Tulcán en base a la unidad genética.

Cuadro 3.4. Unidades genéticas y geomorfológicas.

UNIDAD GENÉTICA	UNIDAD GEMORFOLÓGICA	GEOLÓGIA
TECTÓNICO	Terraza colgada	Volcánicos Peña Blanca
		Formación Macuchi
TECTÓNICO EROSIVO	Macizo rocoso	Formación San Tadeo
		Sedimentos San Jerónimo
	Relieve montañoso	Formación San Tadeo
		Miembro Chontal

UNIDAD GENÉTICA	UNIDAD GEMORFOLÓGICA	GEOLÓGIA	
		Sedimentos San Jerónimo	
		Formación Macuchi	
		Rocas Intrusivas	
	Relieve colinado muy alto		Formación San Tadeo
			Miembro Chontal
			Sedimentos San Jerónimo
			Formación Macuchi
			Rocas Intrusivas
	Relieve colinado alto		Formación San Tadeo
			Miembro Chontal
			Sedimentos San Jerónimo
			Formación Macuchi
	Relieve colinado medio		Rocas Intrusivas
			Formación San Tadeo
			Miembro Chontal
			Sedimentos San Jerónimo
			Formación Macuchi
	Relieve colinado bajo		Rocas Intrusivas
			Formación San Tadeo
			Formación Macuchi
	Relieve colinado muy bajo		Rocas Intrusivas
	Vertiente abrupta		Miembro Chontal
			Volcánicos Indiferenciados
			Formación Dan Tadeo
			Volcánicos Chiles
			Volcánicos Cerro Negro
			Volcánicos la Horqueta
Volcánicos Tetillas del Morro			
Volcánicos la Cofradía			
Volcánicos Virgen Negra			
Volcánicos Yanacocha			
Volcánicos el Pelado			
Volcánicos Peña Blanca			
Miembro Chontal			
Superficie de erosión			
	Volcánicos Yanacocha		
Superficie ondulada		Formación Macuchi	
		Rocas Intrusivas	
Cerro testigo		Formación Macuchi	
VOLCÁNICO	Flancos del volcán	Volcánicos Chiles	
		Volcánicos Cerro Negro	

UNIDAD GENÉTICA	UNIDAD GEMORFOLÓGICA	GEOLÓGIA
		Volcánicos Boliche
	Flujos de lava	Volcánicos Chiles
		Volcánicos Cerro Negro
	Vertiente de flujo de lava	Volcánicos Chiles
		Volcánicos Cerro Negro
	Relieve volcánico montañoso	Volcánicos Indiferenciados
		Volcánicos Cerro Negro
		Volcánicos Virgen Negra
		Volcánicos Yanacocha
		Volcánicos Tres Quebradas
		Volcánicos Peña Blanca
	Relieve volcánico colinado muy alto	Volcánicos Indiferenciados
		Volcánicos Chiles
		Volcánicos Cerro Negro
		Volcánicos la Horqueta
		Volcánicos Virgen Negra
		Volcánicos Yanacocha
		Volcánicos el Pelado
		Volcánicos Tres Quebradas
		Volcánicos Peña Blanca
	Relieve volcánico colinado alto	Volcánicos Indiferenciados
		Volcánicos Chiles
		Volcánicos Cerro Negro
		Volcánicos Tetillas del Morro
		Volcánicos la Cofradía
		Volcánicos Virgen Negra
		Volcánicos el Pelado
Volcánicos Peña Blanca		
Relieve volcánico colinado medio	Volcánicos Indiferenciados	
	Volcánicos Chiles	
	Volcánicos Cerro Negro	
	Volcánicos la Horqueta	
	Volcánicos Tetillas del	

UNIDAD GENÉTICA	UNIDAD GEMORFOLÓGICA	GEOLÓGIA
		Morro
		Volcánicos la Cofradía
		Volcánicos Virgen Negra
		Volcánicos Mirador Huaca y Cerro de Piedras
		Volcánico Yanacocha
		Volcánicos el Pelado
	Relieve volcánico colinado bajo	Volcánicos Indiferenciados
		Volcánicos Cerro Negro
		Volcánicos Virgen Negra
		Volcánicos el Pelado
	Relieve volcánico colinado muy bajo	Volcánicos Indiferenciados
		Volcánicos el Pelado
Relieve volcánico ondulado	Volcánicos Indiferenciados	
	Superficie volcánica ondulada	
GLACIAR	Circo glaciar	Volcánicos Chiles
	Fondo de valle glaciar	Depósitos Glaciares
	Valle en u	
	Valle colgado	
	Rocas aborregadas	Volcánicos Chiles
	Morrena de fondo	Volcánicos Yanacocha
	Morrena lateral	Depósitos Glaciares
FLUVIO LACUSTRE	Relieve lacustre ondulado	Depósitos Fluvio Lacustres
	Depresión lagunar	
	Depresión pantanosa	
DENUDATIVO	Escarpe de deslizamiento	Depósitos Glaciares
		Volcánicos Indiferenciados
		Formación San Tadeo
		Volcánicos Chiles
		Volcánicos Cerro Negro
		Volcánicos Yanacocha
		Sedimentos San Jerónimo
		Formación Macuchi
		Rocas Intrusivas
		Coluvio aluvial antiguo
	Coluvio aluvial reciente	
	Coluvión antiguo	Depósitos Coluviales
	Coluvión reciente	
	Garganta	Depósitos Glaciares
Volcánicos Indiferenciados		

UNIDAD GENÉTICA	UNIDAD GEMORFOLÓGICA	GEOLÓGIA
		Volcánicos Chiles
		Volcánicos Cerro Negro
		Volcánicos la Horqueta
		Volcánicos Tetillas del Morro
		Volcánicos la Cofradía
		Volcánicos Yanacocha
		Volcánicos el Pelado
		Volcánicos Peña Blanca
		Miembro Chontal
		Rocas Intrusivas
	Glacis de erosión	Depósitos Coluvio Aluviales
EROSIVO	Barranco	Volcánicos Indiferenciados Volcánicos Virgen Negra
	Escarpe de Terraza	Depósitos Coluvio Aluviales
DEPOSICIONAL EROSIVO	Terraza alta	Depósitos Coluvio Aluviales
DEPOSICIONAL O ACUMULATIVO	Cono de derrubios	Depósitos Coluviales
	Superficie de cono de deyección antiguo	Depósitos Coluvio Aluviales
		Formación San Tadeo
	Vertiente de cono de deyección antiguo	Formación San Tadeo
	Superficie de cono de esparcimiento	Depósitos Coluvio Aluviales
		Formación San Tadeo
	Superficie de cono de esparcimiento disectado	Formación San Tadeo
	Superficie de cono de esparcimiento muy disectado	
	Vertiente de cono de esparcimiento	
	Testigo de cono de deyección	
	Glacis de esparcimiento	Depósitos Coluvio Aluviales
	Terraza alta	Depósitos Aluviales
	Terraza media	
	Terraza baja y cauce actual	
Escarpe de terraza		
Valle Intramontano	Depósitos Coluvio Aluviales	
Valle fluvial	Depósitos Aluviales	

Fuente: IEE, 2014

3.4.1. Origen: Tectónico

3.4.1.1. Terraza Colgada (Tc)

Esta unidad morfológica se localiza en el sector Peñas Blancas dentro de la unidad ambiental Vertientes Externas de La Cordillera Occidental y Cimas Frías de las Cordilleras Heredadas de Formas Paleoglaciares.

Litológicamente presenta distintos tipos de composición que corresponde a lavas andesíticas verdosas, brechas y tobas, con recubrimiento de material aluvial, mientras que cerca al Cono El Placer está compuesta por andesitas piroxénicas, de color gris claro a gris oscuro, con recubrimiento de material aluvial.

Entre las características de estas terrazas tienen pendientes entre muy suaves (2 a 5 %) suaves (5 a 12 %), su desnivel relativo está entre 0 a 25 m, no tiene forma de cima ni vertiente. El área de esta unidad es de 74, 79 ha, lo cual equivale al 0,041 % de la superficie total de Tulcán.

3.4.2. Origen: Tectónico Erosivo

3.4.2.1. Macizo rocoso (Mr)

Se encuentra al sur del cantón; en el cerro Colorado, cerro Golondrinas, corresponde a la unidad ambiental Vertientes Externas de la Cordillera Occidental.

Litológicamente está compuesto de areniscas, lutitas chertosas, calizas, grauvacas de los Sedimentos San Jerónimo.

Presenta pendientes escarpadas de (100 a 150 %) con vertientes rectilíneas. a una altura de 2 038 a 3 119 m s.n.m., con una cobertura vegetal predominante de tipo herbáceo. El área aproximada de esta unidad es de 224,57 ha. Lo que equivale al 0,12 % de la superficie total del cantón.



Foto 1. Macizo rocoso (Mr).
Fuente: IEE, 2014

3.4.2.2. Relieve montañoso (R7)

Esta unidad se encuentra ubicada al centro y al oeste del cantón, en los sectores; El Chical, Peñas Blancas, El Laurel, La Plata y La Cortadera, dentro de la unidad ambiental Vertientes Externas de la Cordillera Occidental.

Litológicamente corresponden a las Rocas Intrusivas, Formación Macuchi, Miembro Chontal y la Formación San Tadeo.

Estas unidades presentan de cimas agudas y redondeadas, con pendientes de media a fuerte (25 a 40 %) a escarpada (100 a 150 %), poseen un desnivel relativo con valores mayores a 300 m. Esta unidad ocupa aproximadamente 1174,56 ha, lo que equivale al 0.64% de la superficie total del cantón.



Foto 2. Relieve montañoso (R7). Sector El Obando.
Fuente: IEE, 2014

3.4.2.3. Relieve colinado muy alto (R6)

Estas elevaciones, se encuentran situados en el centro y al oeste del cantón, en los sectores de: Guadal, Piedra Liza, El Laurel, La Plata, Peñas, San Marcos y Gualpi del Medio en la unidad ambiental Vertientes Externas de la Cordillera Occidental.

Litológicamente se los asocia a la Formación San Tadeo y al Miembro Chontal, mientras que en las inmediaciones de Las Peñas, San Marcos, Gualpi del Medio, pertenecen a la Formación Macuchi, Rocas Intrusivas y a los Sedimentos San Jerónimo.

Presentan sus cimas agudas a redondeadas, con pendientes que van desde media a fuerte (25 a 40 %) a muy fuertes (70 a 100 %), con desniveles relativos de 200 a 300 m. La cobertura vegetal predominante es arbórea y en menor proporción arbustiva. Esta unidad ocupa aproximadamente 669.49 ha, lo que equivale al 0.36 % de la superficie total del cantón.



Foto 3. Relieve colinado muy alto (R6). Sector La Plata.
Fuente: IEE, 2014

3.4.2.4. Relieve colinado alto (R5)

Estas formas de relieves, están distribuidos generalmente al noroeste del cantón, se ubican en los sectores de Gualpi Bajo, Gualpi Alto, Coop. Agrícola Vencedores, siguiendo el río Gualpi y el río Tronquería, dentro de la unidad ambiental Vertientes Externas de la Cordillera Occidental.

Litológicamente asociados a las formaciones Macuchi, San Tadeo, Miembro Chontal, Sedimentos San Jerónimo y Rocas Intrusivas.

Corresponden a relieves, con pendientes media a fuerte (25 a 40 %) a muy fuertes (70 a 100 %), cuyos desniveles relativos oscilan de 100 a 200 m. La cobertura vegetal predominante es arbórea y en menor grado arbustiva. Esta unidad ocupa aproximadamente 471,61 ha, equivalente al 0,25 % de la superficie total del cantón.



Foto 4. Relieve colinado alto (R5). Sector La Esperanza.
Fuente: IEE, 2014

3.4.2.5. Relieve colinado medio (R4)

Relieves de este tipo, generalmente están repartidos al noroeste y centro del cantón, a lo largo de los márgenes de los diferentes ríos que atraviesan el cantón Tulcán, tanto longitudinal como transversalmente. Al noroeste los relieves se ubican generalmente en los sectores de Bocana, Baboso, Gualpi Alto; a lo largo de los ríos La Guaña, Baboso, Sabaletita, Camumbi, Peñas Blancas y El Placer, en la unidad ambiental Vertientes Externas de la Cordillera Occidental.

Litológicamente asociados a la Formación Macuchi, Rocas Intrusivas, Formación San Tadeo, Miembro Chontal y Sedimentos San Jerónimo.

Esta geoforma antes mencionada corresponde a relieves, de cimas agudas y redondeadas, con pendientes que varían de media (12 a 25 %) a fuerte (40 a 70 %), desniveles relativos de 25 a 100 m, y; la cobertura vegetal predominante es arbórea y menos arbustiva. Esta unidad ocupa aproximadamente 91,61 ha, lo que representa al 0,05 % de la superficie total del cantón.



Foto 5. Relieve colinado medio (R4). Sector La Plata.

Fuente: IEE, 2014

3.4.2.6. Relieve colinado bajo (R3)

Se evidencian cerca de los poblados de Peñas Blancas, El Carmen y La Sabalera, en la unidad ambiental Vertientes Externas de la Cordillera Occidental.

Litológicamente el tipo de roca que forman estos relieves corresponde a las Formaciones Macuchi, San Tadeo, y Rocas Intrusivas.

Presentan características morfológicas como cimas redondeadas que se encuentran asociadas a vertientes de forma convexa en su mayoría, aunque también existen vertientes de tipo irregulares, de longitud variable (15 a 250 m).

En este tipo de geoforma predominan pendientes medias (12 a 25 %) a suaves (5 a 12%), son relieves con desniveles entre los 15 y 25 m. Presentan una extensión de 8,36 ha, lo cual equivale al 0,004 % de la superficie total del cantón.

3.4.2.7. Relieve colinado muy bajo (R2)

Este tipo de relieve se encuentra en el centro del cantón Tulcán, en el sector de La Cortada, en la unidad ambiental Vertientes Externas de la Cordillera Occidental.

Litológicamente está relacionado al Miembro Chontal.

Este relieve presenta cima redondeada, con pendiente media (12 a 25 %), con desnivel relativo de 5 a 15 m, la cobertura vegetal predominante es arbórea. Esta unidad ocupa aproximadamente 22,46 ha, lo que representa el 0,012 % de la superficie total del cantón.

3.4.2.8. Vertiente abrupta (Vab)

Esta unidad morfológica se encuentra ubicada cerca a los poblados de: Chilma, Machines, El Laurel, La Cortadera, El Placer, Cajón y La Magdalena, en las unidades ambientales más representativas como son; Los Conos Volcánicos bien Conservados, sin actividad actual, Cimas Frías de las Cordilleras Heredadas de Formas Paleoglaciares.

Litológicamente estas vertientes pertenecen a formación San Tadeo, Miembro Chontal, Volcánicos Cerro Negro, Volcánicos Indiferenciados, Chiles, El Pelado, La Cofradía, Peña Blanca, Tetillas del Morro, Virgen Negra, y Yanacocha.

Constituye una superficie topográfica inclinada situada entre el punto más alto, (cima), y el más bajo (pie). Se caracteriza por poseer pendientes que van desde fuerte (40 a 70 %) a abrupta (200 %), vertiente rectilínea, con una longitud de pendiente mayor a 500 m, un desnivel relativo de hasta 300 m. Este tipo de unidad morfológica tiene una extensión de 488,17 ha, representando el 0,26% aproximadamente de la superficie total del cantón.



Foto 6. Vertiente abrupta (Vab). Sector La Envidia.
Fuente: IEE, 2014

3.4.2.9. Superficie de erosión (Se)

La presente geoforma se localiza esporádicamente en la parte central norte del cantón, en el sector El Encanto, en la unidad ambiental de Los Conos Volcánicos bien Conservados, sin actividad actual.

Litológicamente correspondiente a los Volcánicos Yanacocha y Cerro Negro. Caracterizada por tener pendientes media a fuerte (25 a 40 %) y desniveles relativos que van desde los 25 a 200 m, tiene una extensión de 239,73 ha, representando el 0,13 % aproximadamente de la superficie total del cantón.

3.4.2.10. Superficie Ondulada (Sn)

La presente geoforma se localiza esporádicamente al noroeste del cantón, en los sectores de El Chical y Gualpi Bajo, en la unidad ambiental Vertientes Externas de la Cordillera Occidental.

Litológicamente correspondiente a la formación Macuchi y Rocas Intrusivas.

Caracterizada por exhibir cimas redondeadas, con pendientes suaves de (5 a 12 %) a medias (12 a 25 %) y desniveles relativos que van hasta los 100 m, tiene una extensión de 34,13 ha, representando el 0,018 % aproximadamente de la superficie total del cantón.

3.4.2.11. Cerro Testigo (Ct)

Se encuentran al oeste del cantón; cerca al poblado Alto Tambo, en las unidades ambientales; Vertientes Externas de la Cordillera Occidental y Gran Cono El Placer

Litológicamente está compuesto de lavas andesíticas verdosas, brechas y tobas, pertenecientes a la Formación Macuchi.

Presenta pendientes de media a fuerte (25 a 40 %), de vertientes convexas. El área aproximada de esta unidad es de 383,02 ha. Lo que equivale al 0,21 % de la superficie total del cantón.

3.4.3. Origen: Volcánico

3.4.3.1. Flancos del Volcán (Fv)

Se localizan en suroeste y sureste del cantón específicamente en los volcanes; Chiles, Cerro Negro, Chalamuez, Chalpatán, en los poblados de La Plata, La Buitrera, Piedra Negra y La Rutina, en las unidades ambientales; Vertientes y Relieves Superiores de las Cuencas Interandinas sobre Volcanismo de la Sierra Norte y Los Conos Volcánicos bien Conservados, sin actividad actual.

Litológicamente se asocian a los Volcánicos Cerro Negro, Volcánicos Chiles y Volcánicos Boliche.

Presentan pendientes que van del media a fuerte (25 a 40 %) a muy fuerte (70 a 100 %) sus desniveles relativos superan los 300 m, sus vertientes tienen longitudes mayores a 500 m. El área de esta unidad morfológica es de 1 794,90 ha, lo que representa el 0,98 % de la superficie total del cantón.

3.4.3.2. Flujos de lava (Flv)

Estas geoformas productos del magma que durante su ascenso a través de la corteza terrestre, alcanza la superficie, se encuentran localizados al norte de Tulcán en los sectores de La Buitrera, La Rutina, Cueva del Zorro, Las Grada, Monte Redondo, Cueva de Botas y Peñas Blancas, en la unidad ambiental Los Conos Volcánicos bien Conservados, sin actividad actual.

Litológicamente asociado a los Volcánicos Chiles y Volcánicos Cerro Negro.

Sus pendientes van de media (12 a 25 %) a muy fuerte (70 a 100 %), y sus desniveles relativos superiores a 300 m, presentan cimas agudas y redondeadas, vertientes variables, su longitud de vertiente sobrepasa los 500 m. El área de esta unidad morfológica es de 1 121,72 ha, lo que representa el 0,61 % de la superficie total del cantón.



Foto 7. Flujos de lava (Flv). Sector Peña Blanca.
Fuente: IEE, 2014

3.4.3.3. Vertiente de flujo de lava (Vfl)

Se encuentra en la parte central del cantón Tulcán, en las parroquias de Tufiño y Maldonado, dentro de las unidades ambientales; Cimas Frías de las Cordilleras Heredadas de Formas Paleoglaciares y Los Conos Volcánicos bien Conservados, sin actividad actual.

Litológicamente están asociadas a los Volcánicos Chiles y Volcánicos Cerro Negro.

Las pendientes varían de media a fuerte (25 a 40 %) a abrupta (200 %), con desniveles relativos de 15 a 300 m. La presente geoforma tiene una extensión de 470,15 ha que corresponde al 0,25 % de la superficie total del cantón.



Foto 8. Vertiente de flujo de lava (Vfl). Sector Peña Blanca.
Fuente: IEE, 2014

3.4.3.4. Relieve volcánico montañoso (Rv7)

Estos relieves son el producto de acumulaciones de depósitos volcánicos que se ubican al sureste y centro del cantón, en los poblados de Chilma, El Laurel, San José, Pioter, La Playa Alta y Agua Fuerte, en las unidades ambientales; Cimas Frías de las Cordilleras Heredadas de Formas Paleoglaciares, Los Conos Volcánicos bien Conservados, sin actividad actual, Vertientes y Relieves Superiores de las Cuencas Interandinas sobre Volcanismo de la Sierra Norte, Vertientes Inferiores y Relieves de las Cuencas Interandinas de la Sierra Norte y Relieves de Fondos de Cuencas con Rellenos Volcano-Sedimentarios.

Litológicamente pertenecen a los Volcánicos Cerro Negro, Indiferenciados, Peña Blanca, Virgen Negra y Yanacocha.

Las pendientes de estos relieves oscilan entre el media a fuerte (25 a 40 %) a escarpada (100 a 150 %), desniveles relativos superiores a 300 m, con formas de cima agudas y redondeadas, vertientes que van desde rectilíneas, irregulares hasta mixtas con longitudes que llegan a sobrepasar los 500 m. El área de esta unidad morfológica es de 4 085,36 ha, representando el 2,24 % aproximadamente de la superficie total del cantón.

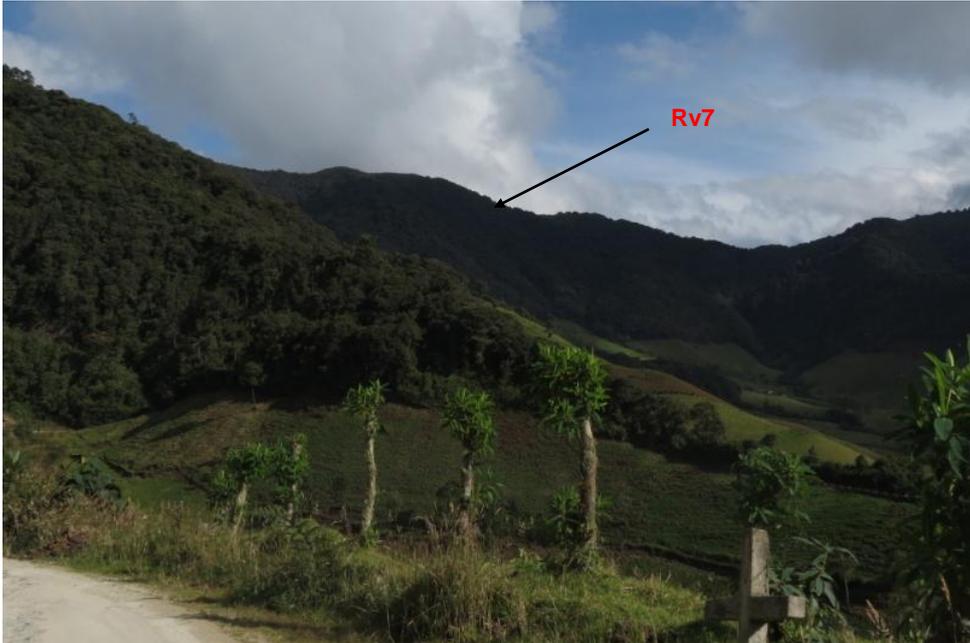


Foto 9. Relieve volcánico montañoso (Rv7). Sector Playa Alta.
Fuente: IEE, 2014

3.4.3.5. Relieve volcánico colinado muy alto (Rv6)

Este tipo de relieves se presentan en el Centro y Este del cantón, en los poblados de Chilma, El Placer, en la parte central y en los poblados de Cajón, San José, Guanag y Picteral Este, en las unidades ambientales; Cimas Frías de las Cordilleras Heredadas de Formas Paleoglaciares, Los Conos Volcánicos bien Conservados, sin actividad actual, Vertientes y Relieves Superiores Vertientes Inferiores y Relieves de las Cuencas Interandinas de la Sierra Norte.

Litológicamente pertenecen a los Volcánicos Cerro Negro, Volcánicos Chiles, Volcánicos El Pelado, Volcánicos Horqueta, Volcánicos Yanacocha, Volcánicos Virgen Negra, Volcánicos Peña Blanca y Volcánicos Indiferenciados.

Presentan cimas de forma aguda y redondeada, pendientes que fluctúan desde los media a fuerte (25 a 40 %) a escarpada (100 a 150 %), desnivel relativo de 200 a 300 m, longitudes de vertiente de superiores a los 500 m. El tipo de drenaje de esta geofoma es dendrítico, y subdendrítico con una densidad que varía de gruesa, media a fina. El área de esta unidad es de 3 000,88 ha aproximadamente lo que representa el 1,65 % del total de superficie del cantón.



Foto 10. Relieve volcánico colinado muy alto (Rv6). Sector El Carmelo.
Fuente: IEE, 2014

3.4.3.6. Relieve volcánico colinado alto (Rv5)

Este tipo de relieves se encuentran ubicados al sur y este del cantón en los poblados de Guanag, Calle Larga, La Magdalena, Chunque, Agua Fuerte, Bellavista y El Frailejón, en las unidades ambientales Cimas Frías de las Cordilleras Heredadas de Formas Paleoglaciares, Los Conos Volcánicos bien Conservados, sin actividad actual, Vertientes y Relieves Superiores de las Cuencas Interandinas Sobre Volcanismo de la Sierra Norte, Vertientes Inferiores y Relieves de Las Cuencas Interandinas de la Sierra Norte y Relieves de Fondos de Cuencas con Rellenos Volcano-Sedimentarios.

Litológicamente se encuentran asociadas a los Volcánicos Cerro Negro, Volcánicos Chiles, Volcánicos El Pelado, Volcánicos Peña Blanca, Volcánicos Tetillas del Morro, Volcánicos Virgen Negra y Volcánicos Indiferenciados.

Estos relieves forman elevaciones que llegan a los 200 m de desnivel relativo y presentan pendientes media a fuerte (25 a 40 %) hasta muy fuerte (70 a 100 %). Se caracterizan por poseer cimas agudas, y redondeadas, vertientes rectilíneas, irregulares, cóncavas y mixtas, con una longitud de vertiente de 50 a 500 m.

El área de esta unidad es de 12 573,38 ha, lo que representa el 6,91 % de la superficie total del cantón.



Foto 11. Relieve volcánico colinado alto (Rv5). Sector Bellavista.
Fuente: IEE, 2014

3.4.3.7. Relieve volcánico colinado medio (Rv4)

Estos relieves se encuentran a lo largo de toda la parte este del cantón, en los poblados Angasmayo, La Magdalena, Cuatro Esquinas, Calle Larga, El Frailejón, El Capulí y Chilma, en las unidades ambientales Cimas Frías de las Cordilleras Heredadas de Formas Paleoglaciares, Los Conos Volcánicos bien Conservados, sin actividad actual, Relieves de los Márgenes de las Cimas Frías, Vertientes y Relieves Superiores de las Cuencas Interandinas sobre Volcanismo de la Sierra Norte, Vertientes Inferiores y Relieves de las Cuencas Interandinas de la Sierra Norte.

Litológicamente asociados a los Volcánicos Cerro Negro, Volcánicos Horqueta, Volcánicos Tetillas del Morro, Volcánicos la Cofradía, Volcánicos Yanacocha y Volcánicos Indiferenciados.

La pendiente de estos relieves varía de media (12 a 25 %) a muy fuerte (70 a 100 %), desnivel relativo de 100 m, presentan relieves con cimas agudas y redondeadas, de vertientes rectilíneas, cóncavas, convexas, irregulares y mixtas las mismas que alcanzan los 200 m de longitud. El área de esta unidad es de 11 707,04 ha que representa el 6,44 % de la superficie total del cantón.



Foto 12. Relieve volcánico colinado medio (Rv4). Sector Playa Baja.
Fuente: IEE, 2014

3.4.3.8. Relieve volcánico colinado bajo (Rv3)

Se encuentran dispersados en la parte este del cantón en los sectores de Angasmayo, Cuatro Esquinas, La Magdalena, Calle Larga, San José, El Capulí, Bellavista, en las unidades ambientales Cimas Frías de las Cordilleras Heredadas de Formas Paleoglaciares, los Conos Volcánicos bien Conservados, sin actividad actual, Vertientes y Relieves Superiores de las Cuencas Interandinas sobre Volcanismo de la Sierra Norte, Vertientes Inferiores y Relieves de las Cuencas Interandinas de la Sierra Norte y Relieves de Fondos de Cuencas con Rellenos Volcano-Sedimentarios.

Litológicamente se presentan sobre los Volcánicos Virgen Negra, Volcánicos Cerro Negro, Volcánicos El Pelado y Volcánicos Indiferenciados.

Estos relieves presentan cimas redondeadas y agudas, con pendientes que oscilan de suave (5 a 12 %) a media fuerte (25 a 40 %), desniveles de 15 a 25 m, sus vertientes son de tipo convexa, irregular y mixtas, de longitudes del 15 a 250 m. El área de esta unidad morfológica es de 1 294,41 ha, lo que representa el 0,71 % de la superficie total del cantón.



Foto 13. Relieve volcánico colinado bajo (Rv3). Sector Cajón.
Fuente: IEE, 2014

3.4.3.9. Relieve volcánico colinado muy bajo (Rv2)

Son relieves que se encuentran presentes al este del cantón, en la parroquia de Tufiño y Tulcán mayoritariamente; en los sectores de Cajón, Guanag y San José, en las unidades ambientales, Cimas Frías de las Cordilleras Heredadas de Formas Paleoglaciares, Vertientes y Relieves Superiores de las Cuencas Interandinas sobre Volcanismo de la Sierra Norte, Vertientes Inferiores y Relieves de las Cuencas Interandinas de la Sierra Norte y Relieves de Fondos de Cuencas con Rellenos Volcano-Sedimentarios.

Litológicamente se evidencian sobre los Volcánicos Indiferenciados y Volcánicos El Pelado.

Las pendientes van de suave (5 a 12 %) a media (12 a 25 %), desnivel relativo de 5 a 15 m, las formas de sus cimas son redondeadas, de vertientes convexas, mixtas e irregulares que no sobrepasan los 50 m de longitud. El área de esta unidad morfológica es de 1 352,02 ha, lo que representa el 0,74 % de la superficie total del cantón.

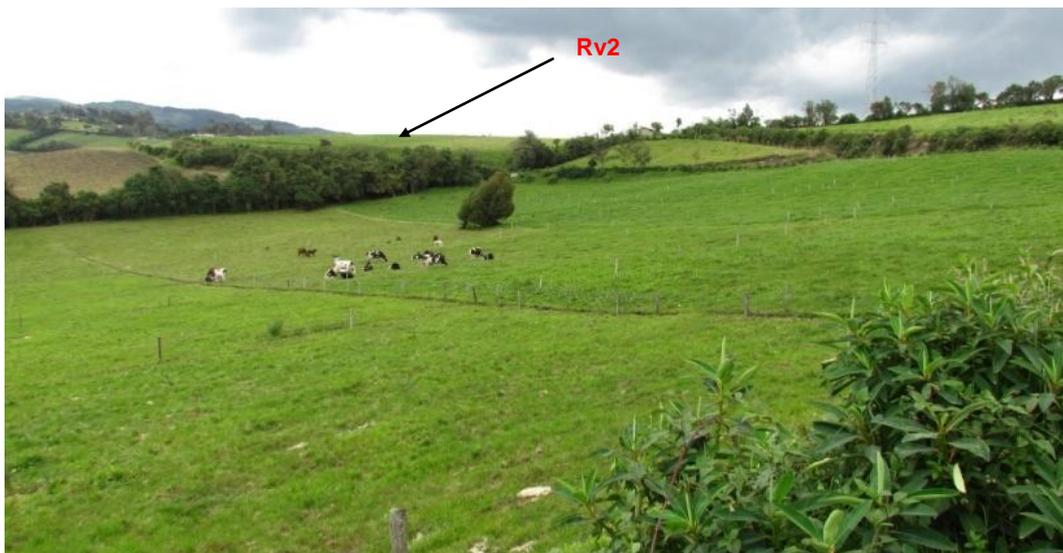


Foto 14. Relieve volcánico colinado muy bajo (Rv2). Sector Tufiño.
.Fuente: IEE, 2014

3.4.3.10. Relieve volcánico ondulado (Rv1)

Estos relieves se ubican al noreste y sur del cantón, en los sectores de Cajón, San José y Bellavista, en las unidades ambientales Cimas Frías de las Cordilleras Heredadas de Formas Paleoglaciares, Vertientes y Relieves Superiores de las Cuencas Interandinas sobre Volcanismo de la Sierra Norte, Vertientes Inferiores y Relieves de las Cuencas Interandinas de la Sierra Norte, Relieves de Fondos de Cuencas con Rellenos Volcano-Sedimentarios.

Litológicamente corresponden a los Volcánicos Indiferenciados.

Las pendientes van de suaves (5 a 12 %) a medias (12 a 25 %), desnivel relativo de 0 a 5 m, las cimas son de forma redondeada, con vertientes de tipo convexa e irregulares las cuales no superan los 15 m de longitud. El área de esta unidad morfológica es de 551,13 ha, lo que representa el 0,30 % de la superficie total del cantón.



Foto 15. Relieve volcánico ondulado (Rv1). Sector Romerillo.
Fuente: IEE, 2014

3.4.3.11. Superficie volcánica ondulada (Svn)

Se encuentran distribuidos indistintamente al este y sur del cantón Tulcán, en los poblados Calle Larga, Chunquer y Veracruz.

Litológicamente están asociados a los Volcánicos Indiferenciados.

Se caracteriza por presentar cimas redondeadas, pendientes de muy suaves (2 a 5 %) a suaves (5 a 12 %), desnivel relativo de 0 a 15 m. La presente geoforma, tiene una extensión aproximada de 170,15 ha, lo que representa el 0,093 % de la superficie total del cantón.



Foto 16. Superficie volcánica ondulada (Svn). Sector Santa Barbará.
Fuente: IEE, 2014

3.4.4. Origen: Glaciar

3.4.4.1. Circo glaciar (Cg)

Esta unidad morfológica formada como resultado de distintos avances y retrocesos de casquetes de hielo está constituida en la parte central norte del cantón, se localizan en el sector de Las Gradadas, Potrerillos y La Rutina, en la unidad ambiental, Los Conos Volcánicos bien Conservados, sin actividad actual.

Litológicamente está constituido por material blocoso y gravas, principalmente de los Volcánicos Chiles.

Las pendientes van de media a fuerte (25 a 40 %) a escarpada (100 a 150 %), pero el tamaño del circo depende de las características estructurales, litológicas y de su período de glaciación.

Estos circos glaciares presentan formas con desnivel relativo entre 15 a 200 m, sin ningún tipo de drenaje y cuya cobertura vegetal es dominada por herbáceas. El área de esta unidad es de 122,82 ha, aproximadamente, lo cual equivale al 0,067 % de la superficie total de Tulcán.

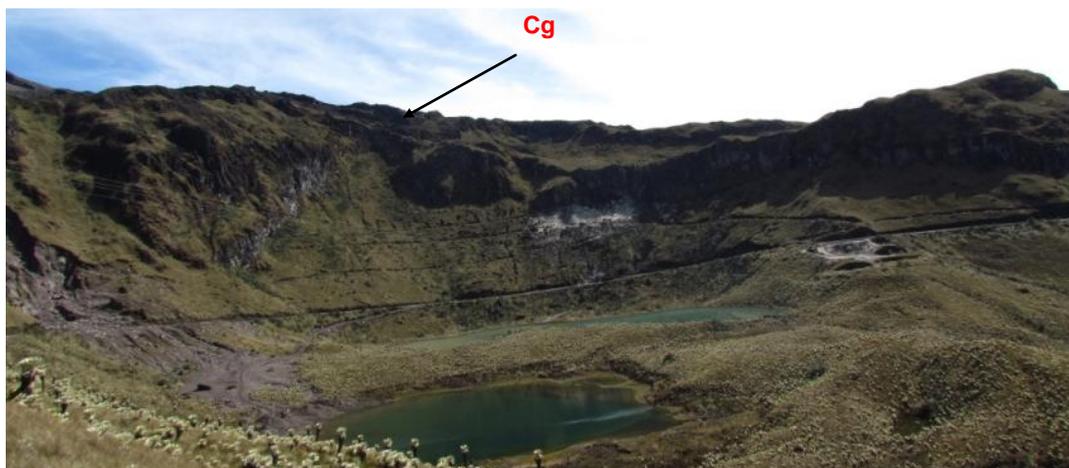


Foto 17. Circo glaciar (Cg). Sector Los Colorados.
Fuente: IEE, 2014

3.4.4.2. Fondo de valle glaciar (Fvg)

Constituyen superficies relativamente planas a onduladas, limitadas por vertientes propias del valle glaciar, es de forma estrecha y puede alcanzar cientos de kilómetros de longitud generalmente siguiendo quebradas. Se localiza al centro sur del cantón Tulcán, en las unidades ambientales Cimas Frías de las Cordilleras Heredadas de Formas Paleoglaciares y Los Conos Volcánicos bien Conservados, sin actividad actual.

El fondo del valle glaciar litológicamente está compuesto por bloques y gravas, principalmente depósitos glaciares.

Presenta pendientes medias (12 a 25 %) con desnivel relativo entre 5 a 15 m, sin forma de cima ni vertiente. El área de esta unidad es de 19,78 ha, lo cual equivale al 0,010 % de la superficie total de Tulcán.



Foto 18. Fondo de valle glaciar (Fvg). Sector Los Colorados.

Fuente: IEE, 2014

3.4.4.3. Valle en U (Vu)

Esta unidad morfológica comprende un valle por el que ha circulado un glaciar de dimensiones importantes que ha dejado una geomorfología clara con fondo cóncavo, el valle en U se localiza al sur del cantón, en las parroquias de Tufiño y Tulcán, en las unidades ambientales Cimas Frías de las Cordilleras Heredadas de Formas Paleoglaciares, los Conos Volcánicos bien Conservados, sin actividad actual.

Litológicamente corresponde a Depósitos Glaciares.

Presenta pendientes media a fuerte (25 a 40 %) y desnivel relativo entre 0 a 5 m, sin forma de cima, ni tipo de drenaje, y donde su cobertura vegetal es de tipo herbácea. El área de esta unidad es de 181,29 ha, lo cual equivale al 0,099 % de la superficie total de Tulcán.

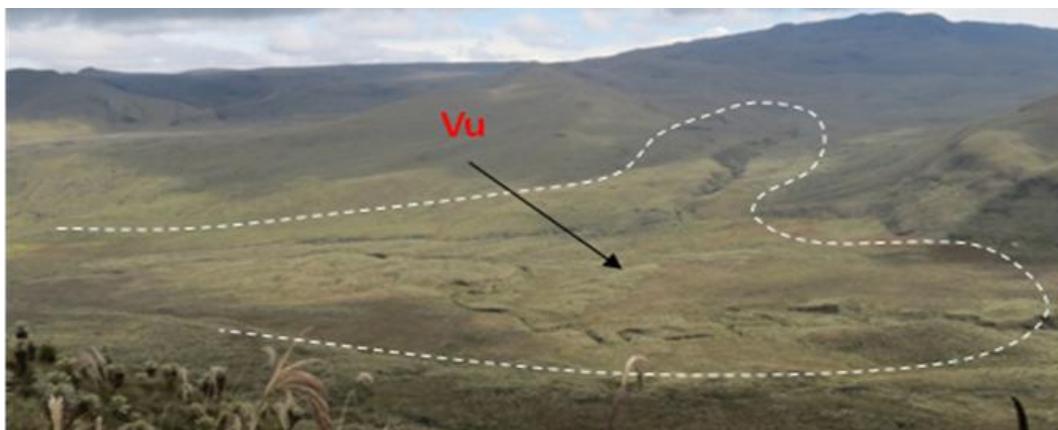


Foto 19. Valle en u (Vu). Sector Los Colorados.

Fuente: IEE, 2014

3.4.4.4. Valle colgado (Vc)

Este valle colgado estuvo ocupado anteriormente por un glaciar de valle tributario, que debido a su pequeño tamaño no consiguió socavar el valle originalmente tributario a la misma velocidad que el glaciar principal, se encuentra en los sectores; El Colorado y Piedra Negra, en las unidades ambientales Cimas Frías de las Cordilleras Heredadas de Formas Paleoglaciares y Los Conos Volcánicos bien Conservados, sin actividad actual.

Litológicamente pertenecen a Depósitos Glaciares constituidos de bloques y gravas, principalmente volcánicos y de formas angulares a subangulares.

Las pendientes de esta geoforma varían de suave (5 a 12 %) a media a fuerte (25 a 40 %) y el desnivel relativo está entre 0 a 25 m, no posee cima ni vertiente. El área de esta unidad es de 195,38 ha, que equivale a un 0,10 % de la superficie total del cantón.

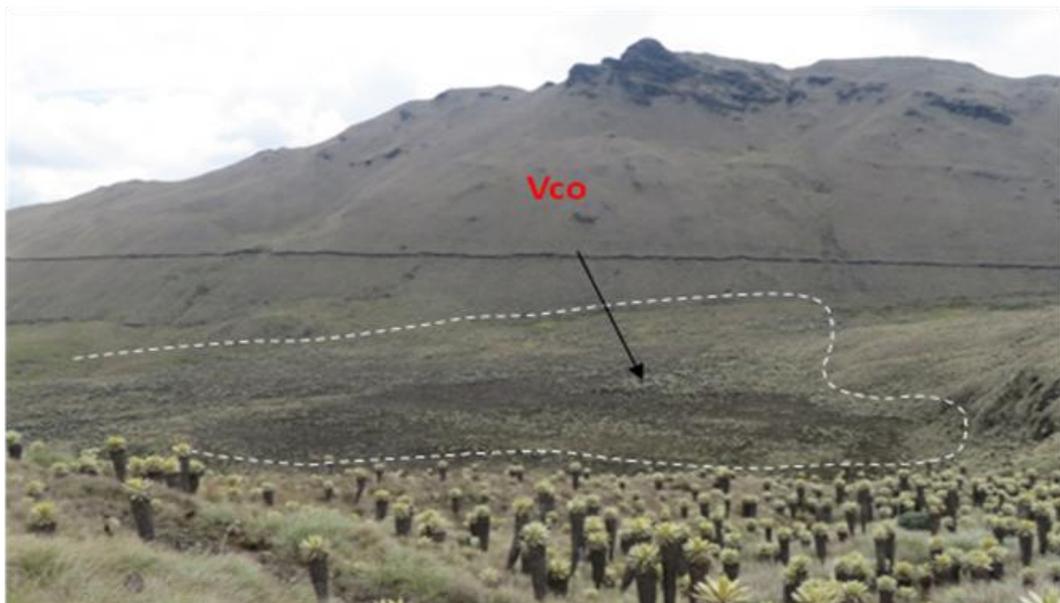


Foto 20. Valle colgado (Vco). Sector Laguna del Miedo.
Fuente: IEE, 2014

3.4.4.5. Rocas aborregadas (Rab)

Las rocas aborregadas se las encuentra en las parroquias de Maldonado y Tufiño, estas geoformas se desarrollan mejor en rocas cristalinas, donde constituyen afloramientos que han sido fracturados, estriados y redondeados por el hielo de los nevados cercanos a Tulcán, en la unidad ambiental Cimas Frías de las Cordilleras Heredadas de Formas Paleoglaciares.

Litológicamente están constituidas por bloques y gravas, principalmente volcánicos y de formas angulares a subangulares.

Presentan pendientes media a fuerte (25 a 40 %) a muy fuerte (70 a 100 %), donde su desnivel relativo está entre 50 a 200 m, con forma de cima redondeada

y aguda, vertientes tipo mixtas, irregulares y convexas. El área de esta unidad es de 76,59 ha aproximadamente que corresponde al 0,04 % de la superficie total del cantón.



Foto 21. Rocas aborregadas (Rab). Sector Naranjal.
Fuente: IEE, 2014

3.4.4.6. Morrena de fondo (Mfo)

Este tipo de geformas se puede reconocer cerca a la laguna Verde, y cerca a la quebrada Los Puendo, son el resultado de distintos avances y retrocesos de los casquetes de hielo conformado de material rocoso que se encuentra bajo un glaciar y que es arrastrado por éste, se localizan a una altitud de 4 000 a 4 213 m s.n.m., dentro de las unidades ambientales Cimas Frías de las Cordilleras Heredadas de Formas Paleoglaciares y Los Conos Volcánicos bien Conservados, sin actividad actual.

Litológicamente pertenecen a los Depósitos Glaciares.

Poseen cimas redondeadas y sus pendientes varían de suave (5 a 12 %) a fuerte (40 a 70 %) y los desniveles relativos de estas acumulaciones llegan a los 100 m. Esta unidad tiene una área aproximada de 169,31 ha, correspondiente al 0,093 % del porcentaje total del cantón.

3.4.4.7. Morrena lateral (Mla)

Se localizan al centro sur del cantón en las parroquias de Maldonado y Tufiño, en la unidad ambiental Cimas Frías de las Cordilleras Heredadas de Formas Paleoglaciares.

Litológicamente pertenecen a Depósitos Glaciares constituidos de bloques y gravas, principalmente volcánicos y de formas angulares a subangulares. Poseen cimas redondeadas, planas y agudas; sus pendientes varían de (12 a 25 %) a

fuerte (40 a 70 %), los desniveles relativos de estas acumulaciones llegan a los 200 m. El área de esta unidad es de 427,76 ha, correspondiente al 0,23 % del porcentaje total del cantón.



Foto 22. Morrena lateral (Mla). Sector Bellavista.
Fuente: IEE, 2014

- 3.4.5. Origen: Fluvio lacustre
- 3.4.5.1. Relieve lacustre ondulado (RI1)

Se las encuentra en la parte sureste del cantón Tulcán en la parroquia de Julio Andrade (Orejuela), en la unidad ambiental Vertientes Inferiores y Relieves de las Cuencas Interandinas de la Sierra Norte.

Litológicamente está conformada por arenas de grano medio a grueso y gravas, con intercalación de limos y arcillas.

Exhiben formas de cimas redondeadas, con pendiente suave (5 a 12 %), su desnivel relativo esta de 0 a 5 m; cabe destacar que la longitud de vertiente convexa principalmente, no sobrepasa los 15m. La unidad ocupa una extensión de 2,83 ha, lo cual equivale al 0,0015 % de la superficie total de Tulcán.

- 3.4.5.2. Depresión lagunar (DIg)

Esta geoforma se encuentra ubicada cerca a los poblados Chunquer y San José, en la unidad ambiental Vertientes Inferiores y Relieves de las Cuencas Interandinas de la Sierra Norte

Litológicamente está asociado a depósitos fluvio lacustres.

Las pendientes son suaves (2 a 5 %), un desnivel relativo de 0 a 5 m. El área de esta unidad es de 20,97 ha, que equivale a un 0,011 % de la superficie total del cantón.



Foto 23. Depresión lagunar (Dlg). Sector Naranjal.
Fuente: IEE, 2014

3.4.5.3. Depresión pantanosa (Dpa)

Se encuentra en la parte sur de la parroquia Tulcán en San José, La Parada y Pisquer, en la unidad ambiental Cimas Frías de las Cordilleras Heredadas de Formas Paleoglaciares.

Litológicamente está constituida por arenas de grano medio a grueso y gravas, con intercalación de limos y arcillas típicas de depósitos glaciolacustres.

Esta unidad morfológica posee pendientes suaves (2 a 5 %), con desnivel relativo entre 0 a 5 m, sin forma de vertiente ni longitud. El área de esta unidad es de 193,03 ha, que equivale a un 0,10 % de la superficie total del cantón.

3.4.6. Origen: Denudativo

3.4.6.1. Escarpe de deslizamiento (Edz)

Se localizan al norte del cantón en las parroquias de El Chical, Maldonado y Tufiño, en las unidades ambientales; Cimas Frías de las Cordilleras Heredadas de Formas Paleoglaciares, Los Conos Volcánicos bien Conservados, sin actividad actual, Vertientes Externas de la Cordillera Occidental y Vertientes Inferiores y Relieves de las Cuencas Interandinas de la Sierra Norte.

Litológicamente se presentan sobre las Formaciones Macuchi, San Tadeo, Rocas Intrusivas, Sedimentos San Jerónimo, Volcánicos Cerro Negro, Volcánicos Chiles, Volcánicos Indiferenciados y Volcánicos Yanacochoa.

Las pendientes varían de los fuerte (40 a 70 %) a escarpada (100 a 150 %), el desnivel relativo varía de 25 a 300 m y la longitud de vertiente es de 50 a 500 m. El área que esta unidad geomorfológica ocupa es 58,73 ha, correspondiente al 0,03 % de la superficie total del cantón Tulcán.



Foto 24. Escarpe de deslizamiento (Edz). Sector Potrerillos
Fuente: IEE, 2014

3.4.6.2. Coluvio aluvial antiguo (Co)

Se localizan en las parroquias de Tobar Donoso (La Bocana de Camunbi), Maldonado y Tulcán, en las unidades ambientales, Cimas Frías de las Cordilleras Heredadas de Formas Paleoglaciares, Los Conos Volcanicos bien Conservados, sin actividad actual, Vertientes Externas de la Cordillera Occidental, Vertientes y Relieves Superiores de las Cuencas Interandinas sobre Volcanismo de la Sierra Norte, Vertientes y Relieves Superiores de las Cuencas Interandinas sobre Volcanismo de la Sierra Norte, Vertientes Inferiores y Relieves de las Cuencas Interandinas de la Sierra Norte, Relieves de Fondos de Cuencas con Rellenos Volcano-Sedimentarios.

Litológicamente están constituidos por arenas, gravas, limos y donde existe la acción directa de agua. Se presentan dispersas en todo el cantón, siguiendo líneas de drenaje como ríos y quebradas.

Presentan pendientes que varían desde muy suaves (2 a 5 %) a media (12 a 25 %), un desnivel relativo que oscila entre 0 a 15 m. Esta unidad ocupa aproximadamente 3 400,39 ha, que corresponde al 1,87 % de la superficie total del cantón.

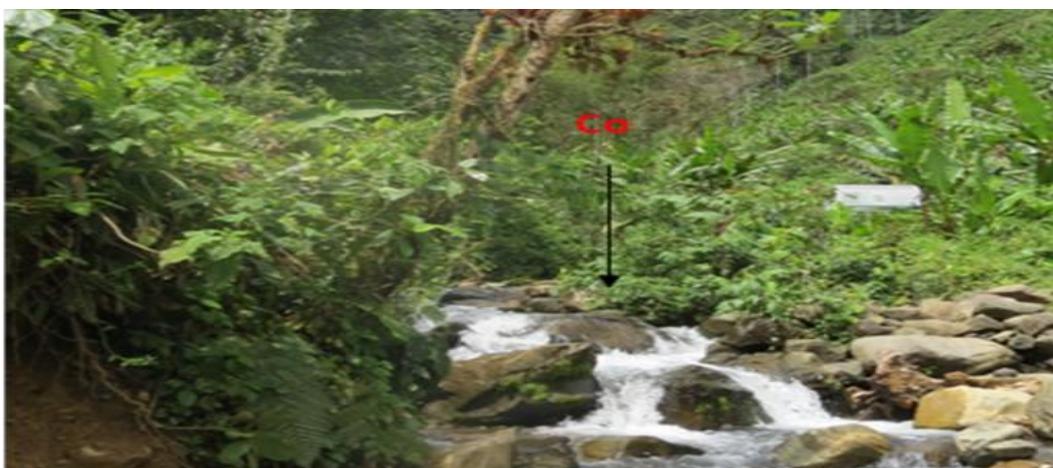


Foto 25. Coluvión antiguo (Can). Sector El Huatal.
Fuente: IEE, 2014

3.4.6.3. Coluvio aluvial reciente (Cv)

Se localizan al sureste del cantón; a lo largo de la quebrada de Moras, en la unidad ambiental Vertientes Inferiores y Relieves de las Cuencas Interandinas de la Sierra Norte.

Litológicamente están compuestas por una mezcla de materiales subangulares a subredondeados asociados a limos, arenas y gravas con clastos volcánicos.

Presentan pendientes suaves (5 a 12 %), un desnivel relativo de 5 a 15 m. Tiene una extensión de 6,08 ha, que representa al 0,003 % de la superficie total del cantón.

3.4.6.4. Coluvión antiguo (Can)

Se ubican principalmente en las parroquias El Carmelo, Julio Andrade; en la parte central en las parroquias Tufiño y Maldonado; al Oeste en las parroquias Chical y Tobar Donoso, en las unidades ambientales; Cimas Frías de las Cordilleras Heredadas de Formas Paleoglaciares, Los Conos Volcánicos bien Conservados, Sin Actividad Actual, Vertientes Externas De La Cordillera Occidental, Vertientes y Relieves Superiores de las Cuencas Interandinas sobre Volcanismo de la Sierra Norte, Vertientes y Relieves Superiores de las Cuencas Interandinas Sobre Volcanismo de la Sierra Norte, Vertientes Inferiores y Relieves de las Cuencas Interandinas de la Sierra Norte y Gran Cono El Placer.

Litológicamente son materiales detríticos depositados al pie de las laderas, los cuales forman coluviones antiguos, encontrándose dispersos en todo el cantón.

Sus pendientes oscilan desde suaves (5 a 12 %) a fuerte (40 a 70 %), con desniveles relativos que oscilan desde 15 a 50 m, con una longitudes de la vertiente que alcanzan los 250 m. El área de esta unidad morfológica es de 1 161,17 ha aproximadamente, lo que representa el 0,63 % de la superficie total del cantón.



Foto 26. Coluvión antiguo (Can). Sector El Rosal.
Fuente: IEE, 2014

3.4.6.5. Coluvión reciente (Cr)

Se localiza al norte del cantón en las parroquias de Julio Andrade (Orejuela) y El Carmelo (El Pun), en la unidad ambiental Vertientes Inferiores y Relieves de las Cuencas Interandinas de la Sierra Norte.

Litológicamente están constituidas por depósitos coluviales, ocupan pequeñas extensiones principalmente al este del cantón.

Esta unidad morfológica, se caracteriza por presentar pendientes media de (12 a 25 %) a muy fuertes (70 a 100 %), desniveles relativos de 5 a 300 m, longitud de vertiente de 15 a 500 m. Esta unidad, ocupa aproximadamente 86,31 ha equivalente al 0,047 % de la superficie total del cantón.

3.4.6.6. Garganta (Gr)

Geoformas de este tipo, se han desarrollado principalmente al centro-este del cantón Tulcán, en las parroquias Maldonado y Tufiño. Se encuentran en los márgenes de los drenajes: río ChiTulcán, río Granda, río de La Plata, río Patiña, Río Morán, Quebrada Chorrera Negra, Quebrada Agua Blanca, Quebrada de Potrerillos, en las unidades ambientales, Cimas Frías de las Cordilleras Heredadas de Formas Paleoglaciares, Los Conos Volcánicos bien Conservados, sin actividad actual, Vertientes Externas de la Cordillera Occidental, Vertientes y Relieves Superiores de las Cuencas Interandinas sobre Volcanismo de la Sierra Norte y Relieves de Fondos de Cuencas con Rellenos Volcano-Sedimentarios.

Estas gargantas están asociadas al Miembro Chontal, Rocas Intrusivas, Volcánicos Cerro Negro, Volcánicos Chiles, Volcánicos El Pelado, Volcánicos Horqueta, Volcánicos La Cofradía, Volcánicos Peña Blanca, Volcánicos Tetillas del Morro, Volcánicos Yanacocha y Volcánicos Indiferenciados.

Corresponden a geoformas con pendientes que oscilan de media a fuerte (25 a 40 %) a muy fuertes (70 a 100 %) con desniveles relativos que van 5 a 100 m. Tiene una área aproximada de 131,58 ha, correspondiente al 0,07 % de la superficie total del cantón.



Foto 27. Garganta (Gr). Sector Piedra Negra.
Fuente: IEE, 2014

3.4.6.7. Glacis de erosión (Ger)

En Tulcán, este tipo de geformas se las puede encontrar al este, cerca de los poblados Agua Fuerte y Bellavista, en la unidad ambiental; Vertientes y Relieves Superiores de las Cuencas Interandinas sobre Volcanismo de la Sierra Norte. Litológicamente corresponde a los Depósitos Coluvio Aluviales.

Este tipo de geformas se encuentran al pie de relieves medios y altos que actúan como área de captación de caudales hídricos. Constan vertientes mixtas, poseen una pendiente media (12 a 25 %). Posee una superficie de 31,44 ha, lo cual equivale al 0,017 % de la superficie total del cantón.



Foto 28. Glacis de erosión (Ger). Sector San Francisco de Caldera, 2014
Fuente: IEE, 2014

3.4.7. Origen: Erosivo

3.4.7.1. Barranco (Br)

Esta geforma se le considera como un cauce abierto por el escurrimiento concentrado de las aguas durante lluvias intensas, que son capaces de excavar el suelo debido a la fuerza con la que corre el agua. Se encuentran ubicadas al Este del cantón junto a los poblados; Angasmayo, Cuatro Esquinas, Calle Larga, Chunquer, La Playa Alta, Agua Fuerte, Bellavista y El Capulí, en las unidades ambientales; Vertientes y Relieves Superiores de las Cuencas Interandinas sobre Volcanismo de la Sierra Norte, Vertientes Inferiores y Relieves de las Cuencas Interandinas de la Sierra Norte y Relieves de Fondos de Cuencas con Rellenos Volcano-Sedimentarios.

Litológicamente se encuentran asociados a flujos de latitas de los Volcánicos de la Virgen Negra, y ceniza y lapilli de volcánicos indiferenciados.

Posee pendientes de medias a fuertes (25 a 40 %) a fuertes (40 a 70 %), el desnivel relativo llega máximo hasta los 50 m. En el cantón tiene una extensión de 579,53 ha, representando el 0,31 % del área total del cantón.



Foto 29. Barranco (Br). Sector Quebradas Frontales
Fuente: IEE, 2014

3.4.7.2. Escarpe de terraza (Etr)

Esta geoforma se encuentra ubicada al Este del cantón Tulcán, se encuentra localizado cerca a los sectores de Playa Alta y Agua Fuerte, en la unidad ambiental Vertientes Inferiores y Relieves de las Cuencas Interandinas de la Sierra Norte.

Litológicamente están constituidos de arenas de grano de medio a grueso, gravas y cantos subangulares a angulares de los depósitos Coluvio Aluviales. Esta unidad presenta pendientes media a fuerte (24 a 40 %), con desniveles relativos de 15 a 25 m, la forma de la vertiente es rectilínea. Está representado en una superficie de 11,87 ha, lo cual equivale al 0,0065 % de la superficie total del cantón.

3.4.8. Origen: Depositional Erosivo

3.4.8.1. Terraza alta (Tde)

Se han desarrollado en forma muy puntual, al Este del cantón Tulcán; específicamente en dos parroquias; Julio Andrade en el sector El Frailejón y en la parroquia El Carmelo, en las unidades ambientales; Vertientes y Relieves Superiores de las Cuencas Interandinas sobre Volcanismo de la Sierra Norte, Vertientes Inferiores y Relieves de las Cuencas Interandinas de la Sierra Norte y Relieves de Fondos de Cuencas con Rellenos Volcano-Sedimentarios.

Litológicamente están asociadas a arenas de grano medio a grueso, gravas y cantos subangulares a angulares.

Presentan pendientes muy suaves (2 a 5 %) a suaves (5 a 12 %) con un nivel relativo de hasta 5 m. Tiene una extensión aproximada de 103,21 ha. Equivalente al 0,056 % de la superficie total del cantón.

3.4.9. Origen: Depositional o acumulativo

3.4.9.1. Cono de derrubios (Cdr)

El cono de derrubios se encuentra ubicado al centro este del cantón, localizado cerca al sector La Plata, en la unidad ambiental, Cimas Frías de las Cordilleras Heredadas de Formas Paleoglaciares.

Litológicamente están conformados por arenas de grano medio a grueso, gravas y bloques correspondientes a los Depósitos coluviales.

La unidad presenta pendiente muy fuerte (70 a 100 %) con desniveles relativos de 25 a 50 m, con formas de vertiente irregulares. Está representado en una superficie de 6,55 ha, lo cual equivale al 0,0036 % de la superficie total del cantón.

3.4.9.2. Superficie de cono de deyección antiguo (Cds)

Se ubica en el cantón Tulcán, cerca a los poblados San Marcos y Alto Tambo, en las unidades ambientales; Los Conos Volcánicos bien Conservados, sin actividad actual, Vertientes Externas de la Cordillera Occidental, Vertientes y Relieves Superiores de las Cuencas Interandinas sobre Volcanismo de la Sierra Norte y Gran Cono El Placer.

Litológicamente corresponde a la Formación San Tadeo y Depósitos Coluvio Aluviales.

Se caracteriza por estar formado por vertientes irregulares, cóncavas, convexas y mixtas, y el desnivel que no supera los 50 m, formando pendientes media a fuerte (24 a 40 %) a fuerte (40 a 70 %). Presentan una extensión de 10 540,76 ha, lo cual equivale al 5,79 % de la superficie total del cantón.



Foto 30. Superficie de cono de deyección antiguo (Cds). Sector. El Obando
Fuente: IEE, 2014

3.4.9.3. Vertiente de cono de deyección antiguo (Vcy)

Esta unidad se ubicada al noroeste del cantón Tulcán, se encuentran localizados al pie de los conos de deyección antiguos en los sectores de San Marcos y Alto Tambo, en la unidad ambiental, Gran Cono El Placer.

El tipo de roca presente son: brechas, tobas, productos piroclásticos, conglomerados volcánicos, pertenecientes a la Formación San Tadeo.

Se caracteriza por presentar pendientes media a fuerte (25 % a 40 %) a fuerte (40 a 70 %), presenta desniveles relativos de 25 a 50 m, la forma de la cima no aplicable. Está representado en una superficie de 12 232,52 ha, lo cual equivale al 6,72 % de la superficie total del cantón.

3.4.9.4. Superficie de cono de esparcimiento (Ces)

Superficies localizadas al noroeste cerca al poblado Alto Tambo, en las unidades ambientales Los Conos Volcánicos bien Conservados, sin actividad actual, Vertientes Externas de la Cordillera Occidental, Vertientes y Relieves Superiores de las Cuencas Interandinas sobre Volcanismo de la Sierra Norte y Gran Cono El Placer

Litológicamente a corresponde a la Formación San Tadeo y Depósitos Coluvio Aluviales.

Se trata de superficies con cierta disección, con ondulaciones amplias y algo elevadas, cuyos desniveles relativos no exceden los 50 m. La unidad presenta pendientes muy suaves (2 a 5 %), sus vertientes son de tipo irregular, convexa, cóncava y mixta que llegan a los 250 m de longitud. Está representado en una superficie de 3 875,14 ha, lo cual equivale al 2,13 % de la superficie total del cantón.



Foto 31. Superficie de esparcimiento (Ces). Sector. Cocha Seca
Fuente: IEE, 2014

3.4.9.5. Superficie de cono de esparcimiento disectado (Cesd)

Estas superficies de cono de esparcimiento disectado se encuentran depositadas totalmente al oeste del cantón Tulcán cercanos al poblado de Alto Tambo.

Litológicamente corresponden a la Formación San Tadeo.

Son superficies que presentan un grado de disección más marcado, sus ondulaciones son poco amplias y por lo tanto, sus desniveles relativos se incrementan, llegando a obtener alturas de hasta 200 m, con pendientes media (12 a 25 %). El disectamiento de estas superficies está dado por la presencia de un patrón de drenaje tipo subdendrítico, ocupa una superficie de 4 856,45 ha, valor equivalente al 2,67 % de la superficie total del cantón.

3.4.9.6. Superficie de cono de esparcimiento muy disectado (Cesm)

Superficies localizadas al noroeste cerca al poblado Alto Tambo, en la unidad ambiental El Gran Cono del Placer

Litológicamente corresponde a la Formación San Tadeo.

Son superficies que presentan un grado de disección marcado, sus ondulaciones son muy angostas y por lo tanto, sus desniveles relativos se incrementan, llegando a obtener alturas de hasta 200 m, con pendientes que oscilan entre media (12 a 25 %) a media a fuerte (25 a 40 %). Está representado en una superficie de 5 224,27 ha, lo cual equivale al 2,87 % de la superficie total del cantón.



Foto 32. Superficie de esparcimiento muy disectado (Cesm). Sector. Río Mira
Fuente: IEE, 2014

3.4.9.7. Vertiente de cono de esparcimiento (Vces)

Esta unidad se localiza en la parte noroeste del cantón Tulcán, sobre el río El Bohío, sector en el cual fue posible la distinción de la vertiente del cono de esparcimiento, en la unidad ambiental El Gran Cono del Placer.

Litológicamente, se encuentran asociados a brechas, tobas, productos piroclásticos, conglomerados volcánicos, de la Formación San Tadeo.

Es un elemento lateral inclinado correspondiente a las laderas de las superficies de cono de esparcimiento; y se caracterizan por presentar vertientes mixtas, irregulares y cóncavas; pendientes que varían entre media a fuerte (25 a 40 %) a fuerte (40 a 70 %) y desnivel relativo que varía de 25 a 200 m. Está representado en una superficie de 3 217,12 ha, lo cual equivale al 1,76 % de la superficie total del cantón.

3.4.9.8. Testigo de cono de deyección (Tcy)

Esta unidad morfológica se encuentra ubicada hacia el oeste del cantón Tulcán, en los sectores de Pítalo Dos Aray, San Mate y La Sabalera, en la unidad ambiental El Gran Cono del Placer.

Litológicamente están constituidos por brechas, tobas, productos piroclásticos, conglomerados volcánicos, pertenecientes a la formación San Tadeo.

La presente unidad contiene pendientes medias a fuertes (25 a 40 %) a fuertes (40 a 70 %), presenta desniveles relativos de 50 a 100 m, su forma de la cima es plana y redondeada con vertientes convexas. Está representado en una superficie de 1 384,70 ha, lo cual equivale al 0,76 % de la superficie total del cantón.

3.4.9.9. Glacis de esparcimiento (Ges)

La presente geoforma se encuentra ubicada hacia el este del cantón Tulcán, en los sectores de El Fraylejón, Chunquer, Veracruz, en las unidades ambientales, Vertientes y Relieves Superiores de Las Cuencas Interandinas Sobre Volcanismo de la Sierra Norte y Vertientes Inferiores y Relieves de Las Cuencas Interandinas de la Sierra Norte

Litológicamente están conformados por limos, arenas y gravas con clastos volcánicos pertenecientes a los Depósitos Coluvio Aluviales.

Esta unidad está representada por pendientes muy suaves (2 a 5 %) a suave (5 a 12 %), los desniveles relativos van desde los 5 a 15 m, con formas de la vertiente mixta. Está representado en una superficie de 269,90 ha, lo cual equivale al 0,14 % de la superficie total del cantón.

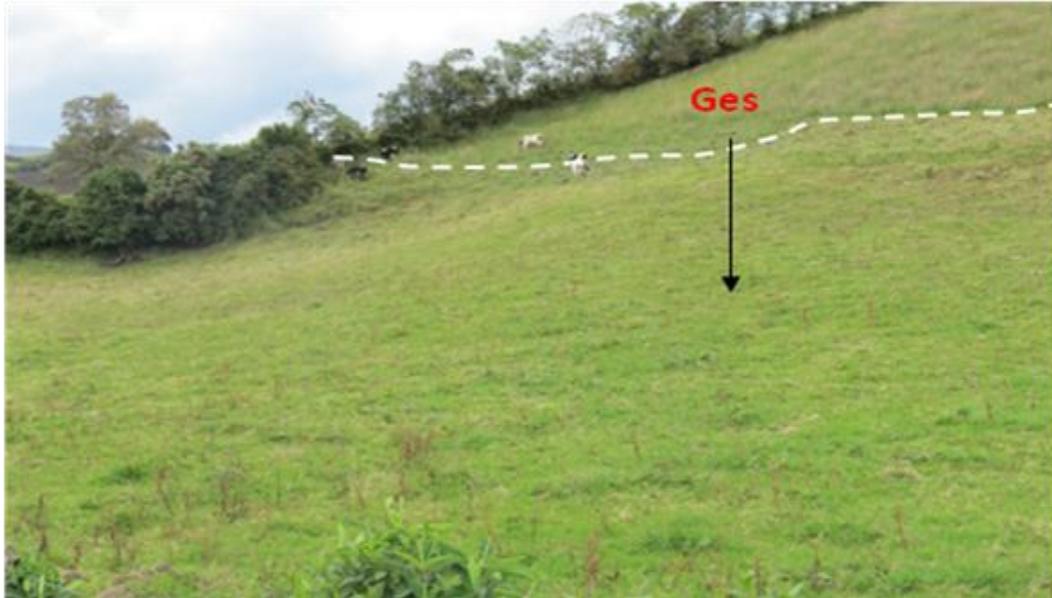


Foto 33. Glacis de esparcimiento (Ges). Sector Chuncher.
Fuente: IEE, 2014

3.4.9.10. Terraza alta (Ta)

En Tulcán, se localiza esporádicamente al oeste, este y centro del cantón, cerca de los pueblos Alto Tambo, Guadal, Piedra Liza, Agua Fuerte, en la unidad ambiental; Medio Aluvial.

La terraza alta se encuentra asociada a arenas de grano medio a grueso, con intercalación de limos y gravas correspondientes a los Depósitos Aluviales.

Posee las siguientes características; pendientes muy suaves (2 a 5 %) a suaves (5 a 12 %), y desniveles relativos, que no superan los 5 m. Presentan una extensión de 149,11 ha, lo cual equivale al 0,08 % de la superficie total del cantón.



Foto 34. Terraza alta (Ta). Sector La Esperanza.
Fuente: IEE, 2014

3.4.9.11. Terraza media (Tm)

Esta unidad geomorfológica, está distribuida principalmente al noroeste y sureste del cantón, asociado a los ríos Blanco, Bohio, El Venado, Pailón, Chical, Pablo, La Plata, Chunquer, en la unidad ambiental Medio Aluvial.

Litológicamente pertenece a los Depósitos Aluviales.

Las pendientes en este tipo de geformas varían entre planas (0 a 2 %), a suaves (5 a 12 %) siendo el desnivel relativo menor a los 5 m. Presentan una extensión de 1 224,42 ha, lo cual equivale al 0,67 % de la superficie total del cantón.

3.4.9.12. Terraza baja y cauce actual (Tb)

Se presentan principalmente hacia el noroeste del cantón, cerca al sector de Peñas Blancas, Piedra Liza, San Marcos, Alto Tambo, están ligadas a depósitos de los ríos Pablo, Blanco y El Bohio, en la unidad ambiental Medio Aluvial.

Litológicamente corresponden a Depósitos Aluviales.

Morfométricamente la pendiente de estas unidades varia de plana (0 a 2 %) a suave (2 a 5 %), por lo que los desniveles relativos no superan los 5 m. Presentan una extensión de 2 108,90 ha, lo cual equivale al 1.16 % de la superficie total del cantón.

3.4.9.13. Escarpe de terraza (Et)

Se encuentra localizada en los flancos de los Ríos Chical, Pun y San Juan, en la unidad ambiental Medio Aluvial.

Litológicamente están constituidos de arenas de grano medio a grueso, con intercalación de limos y gravas, correspondientes a los Depósitos Aluviales.

Se caracteriza por presentar una forma de la vertiente rectilínea, con desniveles relativos menores a los 50 m y pendientes de media a fuerte (25 a 40 %). Esta unidad tiene una superficie de 9,68 ha, lo cual equivale al 0,0053 % de la superficie total del cantón.

3.4.9.14. Valle intramontano (Vn)

Se encuentra al sur del cantón Tulcán, en los sectores de Piedra Hoyada, El Frailejón, Sachacuy y San José, en la unidad ambiental Medio Aluvial.

Litológicamente están constituidos de arenas de grano medio a grueso, con intercalación de limos y gravas, que corresponden a Depósitos Aluviales.

La unidad presenta pendientes muy suaves (2 a 5 %), con desniveles relativos de 0 a 5 m. Está representado en una superficie de 48,25 ha, lo cual equivale al 0,026 % de la superficie total del cantón.



Foto 35. Valle intramontano (Vn). Sector El Frailejón.
Fuente: IEE, 2014

3.4.9.15. Valle fluvial (Va)

Esta unidad se encuentra distribuida principalmente al este del cantón Tulcán, a lo largo de los Ríos Bobo, Chana, Obispo y de las quebradas Palizada, Nispud, Talledo y Quebrada de Piedras, en la unidad ambiental Medio Aluvial.

Litológicamente están constituidos de arenas de grano medio a grueso, con intercalación de limos y gravas, que corresponden a Depósitos Aluviales.

Los valles fluviales en Tulcán se caracterizan por tener pendientes que varían de planas (0 a 2 %) a suaves (5 a 12 %), lo que conlleva a tener desniveles máximos de 0 a 5 m. Presentan una extensión de 1 090,56 ha, lo cual equivale al 0,59 % de la superficie total del cantón.



Foto 36. Valle fluvial (Va). Sector Tufiño
Fuente: IEE, 2014

3.5. Discusión de Resultados

- Durante la salida de campo efectuada del 10 al 19 de abril del 2014, se realizó la verificación y registro de unidades geomorfológicas, analizadas en gabinete.
- La delimitación de las geoformas comprobadas en campo se acercaron mucho a las interpretadas en gabinete sin embargo es necesario indicar que existió discrepancia con la información secundaria, principalmente en el campo litológico por lo que fue necesario la verificación *in situ* de las unidades geomorfológicas.
- El porcentaje del cantón Tulcán fue calculado en base a la superficie del mismo que es de 181 768,50 ha.

IV. CONCLUSIONES

- La interpretación geomorfológica fue realizada mediante fotointerpretación estereoscópica digital de fotografías aéreas a escala 1: 30 000; con lo cual se logró determinar la presencia de más unidades morfológicas.
- Dentro del cantón Tulcán existen tres unidades ambientales bien definidas: Las Vertientes Externas de la Cordillera Occidental, ocupando una superficie de 71 239,64 ha equivalente al 39, 19 %, El Gran Cono del Placer, con 41 270,97 ha equivalente al 22,70 % y las Cimas Frías de las Cordilleras Heredadas de Formas Paleoglaciares con 13 088,72 ha, equivalente al 7,20 % de la superficie total del cantón.
- Las unidades geomorfológicas que predominan en el cantón Tulcán son los relieves colinados muy altos con una superficie de 15 762,74 ha equivalente al 8,6 %, los relieves volcánicos colinados altos con 15 181,24 ha equivalente al 8,35 %, los relieves volcánicos colinados medios con 13 151,04 ha, equivalente al 7,23 % y finalmente la superficie de cono de deyección antiguo con 10 540, 76 ha equivalente al 5,79 %.
- Dentro del cantón Tulcán existe una superficie de 6648,81 ha, equivalentes al 3,65 % de la superficie total del cantón, las cuales representan a las áreas protegidas nacionales (Bosque Protector Carrizal-Tulcán) las mismas que no son intervenidas dentro del Proyecto de Geoinformación a Nivel Nacional, ejecutado por el IEE, sumado a este valor el área no aplicable la cual corresponde al
- Las zonas urbanas y cuerpos de agua dentro de la cartografía temática ocupan 0.36 ha, correspondiente al 0,00% de la superficie total del cantón.

V. RECOMENDACIONES

- Facilitar el acceso a la información generada a los gobiernos seccionales y comunidad científica interesada, como por ejemplo haciéndola accesible por Internet de forma libre.
- Emplear la información geomorfológica generada para producir información referente a planes de desarrollo, procesos de valoración de tierra, análisis de amenazas geológicas, planes de ordenamiento territorial, planes de manejo ambiental, zonificaciones agroecológicas, etc.
- Difundir ampliamente la información generada a instituciones y centros de educación superior, para su conocimiento y utilización en líneas de investigación aplicadas a esta temática.

VI. BIBLIOGRAFÍA

1. costa, J; Andrade, S. 2008. *Evaluación de las inundaciones de la cuenca baja del río Guayas datos y manejo*. En: XI Congreso Ecuatoriano de la Ciencia del Suelo. Quito, EC. 4 p.
2. Ayala, F. y Olcina, J. 2002. *Riesgos naturales*. Barcelona, ES. Ediciones Ariel. 870 p.
3. CODIGEM (Corporación de Desarrollo e Investigación Geológico-Minera-Metalúrgica). 1979. *Hoja Geológica: Tulcán (Hoja 96), San Gabriel (Hoja 97), Maldonado (Hoja 81) e Ibarra (Hoja 82)*. Quito, EC. Esc. 1: 100 000. Color.
4. Cuello, M. 2003. *Estimación de la producción y transporte de sedimentos en la cuenca alta del río Yaque del Norte y del río Guanajuma República Dominicana*. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR. CATIE. 8 p.
5. De La Rosa, D. 2008. *Evaluación agro-ecológica de suelos*. Madrid, ES, Ediciones Mundi-Prensa. 404 p.
6. Derruau, M. 1970. *Geomorfología*. Barcelona, ES, Ariel S.A. 442 p.
7. Duque, P. 2000. *Léxico Estratigráfico del Ecuador*. Quito, EC. CODIGEM. 102 p.
8. ERDAS, Inc. 2011. *Stereo Analyst for ArcGIS*. Georgia, USA. ERDAS Customer Education, 95 p.
9. ERDAS, Inc. 2010. *LPS 2010*. Georgia, USA, ERDAS Customer Education. 203 p.
10. Farr, T. 2008. *The shuttle radar topography mission*. California, USA. Institute of Technology. s.p.
11. Felicísimo, A. 2004. *Modelos digitales del terreno introducción y aplicaciones en las ciencias ambientales*. Internet. www.etsimo.uniovi.es. Acceso: junio 2009.
12. Foucalt, A. y Raoult, J-F. 1985. *Diccionario de Geología*. Barcelona, ES. Editora Masson S.A. 316 p.
13. Gutiérrez, M. 2008. *Geomorfología*. Madrid, ES. Pearson Educación S.A. 920 p.
14. INE (Instituto Nacional de Ecología, MX). 2005. *El establecimiento de geoparques en México: un método de análisis geográfico para la conservación de la naturaleza en el contexto del manejo de cuencas hídricas*. Dirección General de Investigación de Ordenamiento Ecológico y Conservación de Ecosistemas - Dirección de manejo integral de cuencas hídricas. s.p.
15. IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura); CLIRSEN (Centro de Levantamientos Integrados de Recursos Naturales por Sensores Remotos, EC). 2002. *Proyecto de generación de información georeferenciada para el desarrollo sustentable del sector agropecuario*. Quito, EC. (Informe Final). s.p.
16. Jarvis, A. 2004. *Practical use of STRM data in the tropics-comparisons with digital elevation models generated from cartographic data*, CIAT. (Working document N° 198). sp
17. MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería, EC); ORSTOM (Office de la Recherche Scientifique Et Technique Outre Mer). 1980.

- Leyenda de los mapas morfopedológicos del Ecuador.* Quito, EC. PRONAREG. Esc. 1: 50 000. 12 p.
18. Marocco, R.; Winter, T.; Huttel, C.; Pourrut, P.; Zebrowski, C.; Sourdat, M. 1997. *Las condiciones del medio natural.* Quito, EC, CEDIG, IPGH, ORSTOM, IGM. v. 1 (Geografía Básica del Ecuador), tomo 4 (Geografía Física), 159 p.
 19. Mejía. L. 1997. *Mapa general de la clasificación por capacidad - fertilidad: suelos del Ecuador.* Bobota, CO. Fundación Peña Durini, INPOFOS, IGM, IPGH. 50 p.
 20. Moreno, A., 2003. *Sistemas y análisis de la información geográfica: manual de autoaprendizaje con ArcGis.* 2 ed. Mexico D.F. MX, Alfaomega Grupo editor, S.A. de C.V. 940 p.
 21. PMA: GCA (Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas). 2007. *Movimientos en masa en la región andina: una guía para la evaluación de amenazas.* Servicio Nacional de Geología y Minería, Publicación Geológica Multinacional, No.4. 432 p. (1 CD-ROM).
 22. PRAT (Programa de Regulación y Administración de Tierras Rurales, EC). 2008. *Metodología de valoración de tierras.* Quito, EC. 88, 129 p.
 23. Richters, E., 1995. *Manejo del uso de la tierra en América Central para el aprovechamiento del recurso tierra.* San José, CR, p. 198
 24. Rioduero. 1972. *Geología y mineralogía.* Madrid, ES, Ediciones Rioduero. 238 p.
 25. Romer H. 1969. *Fotogeología aplicada.* Buenos Aires, Argentina, Editorial Universitaria. 136 p.
 26. Sánchez, J. s.f. *Proceso de rectificación de una imagen aérea para obtener una ortoimagen digital.* s.p.
 27. Tarbuck E. y Lutgens F. 2008. *Ciencias de la tierra (una introducción a la geología física).* 8 ed. España, Editorial Prentice Hall. 556 p.
 28. Van Zuidam, R.A. 1985. *Aerial photo-interpretation in terrain analysis and geomorphologic mapping.* Netherlands, Printed Smith Publishers. 442 p.
 29. Villota, H. 1991. *Geomorfología aplicada a levantamientos edafológicos y zonificación física de las tierras.* Bogota D.C., CO, IGAC. 211 p.
 30. Whitten D.; Brooks, J. 1980. *Diccionario de geología.* Madrid, ES, Editorial Alianza. 343 p.
 31. Winckell, A.; Zebrowski, C. y Sourdat, M. 1997. *Los paisajes naturales del Ecuador.* Quito, EC, CEDIG, IPGH, ORSTOM, IGM. v. 2 (Geografía Básica del Ecuador), tomo 4 (Geografía Física), 417 p.

