

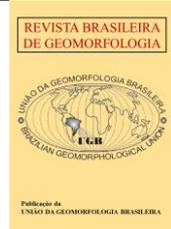


<https://rbgeomorfologia.org.br/>
ISSN 2236-5664

Revista Brasileira de Geomorfologia

v. 25, n° 3 (2024)

<http://dx.doi.org/10.20502/rbg.v24i3.2525>



Artículo de Investigación

La delimitación de Geomorfología y Suelos a escala 1: 5 000, como insumo para el Ordenamiento Territorial de la ciudad de Otavalo-Ecuador

The Delimitation of Geomorphology and Soils at a 1: 5,000 scale, as Input for the Territorial Planning of the city of Otavalo, Ecuador

Zulay Cueva ¹, David Reyes ² y Paola Calvache ³

¹ Instituto Geográfico Miliar, Gestión Geográfica, Quito, Ecuador. Correo electrónico: zcueva@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1967-0886>

² Instituto Geográfico Miliar, Gestión Geográfica, Quito, Ecuador. Correo electrónico: mauriciodavidreyespozo@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3255-5815>

³ Instituto Geográfico Miliar, Gestión Geográfica, Quito, Ecuador. Correo electrónico: paola1307c@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-5375-3913>

Recibido: 22/12/2023; Aceptado: 06/06/2024; Fecha de Publicación: 17/07/2024

Resumen: En este estudio se contempla a la cartografía temática a detalle (escala 1: 5 000), de geomorfología y suelos, como insumos de primera mano para el desarrollo y ordenamiento del territorio de la ciudad de Otavalo, Ecuador. La geomorfología del área en estudio fue fotointerpretada en tres dimensiones mediante el uso de las herramientas de un sistema de información geográfica, además, se calificó variables físicas de suelos en cada unidad geomorfológica o geoforma. Los resultados indican que en las 8 116,92 ha de la ciudad existen geoformas de siete tipos de orígenes: volcánico, gravedad y movimientos en masa, fluvio-lacustre, deposicional, erosión fluvial, poligénicas y tecnogénesis. En los suelos, la textura franco arenosa fue la dominante, con suelos bien drenados y sin presencia de nivel freático. En conclusión, la fotointerpretación o delimitación geomorfológica a escala 1: 5 000, además de ofrecer información morfológica y morfométrica de las formas de la tierra, permitió zonificar variables de suelos, que, en conjunto, es información indispensable para la gestión y aprovechamiento del territorio por parte de los tomadores de decisiones y se convierte en información básica para el desarrollo de otros tipos de estudios como amenazas a deslizamientos, inundaciones o capacidad de uso de las tierras.

Palabras clave: desarrollo territorial; genética; geomorfología; suelo

Abstract: This study includes detailed thematic mapping (scale 1:5,000) of geomorphology and soils as first-hand inputs for the development and planning of the territory of the city of Otavalo, Ecuador. The geomorphology of the study area was photointerpreted in three dimensions through the use of geographic information system tools. Additionally, physical soil variables were qualified in each geomorphological unit or landform. The results indicate that in the 8,116.92 hectares of the city, there are landforms of seven types of origins: volcanic, gravity and mass movements, fluvio-lacustrine, depositional, fluvial erosion, polygenic, and technogenesis. About soils, the dominant texture was loamy sand, with well-drained soils and no presence of the water table. In conclusion, the photointerpretation or geomorphological delimitation at a 1:5,000 scale, in addition to providing morphological and morphometric information about landforms, allowed the zoning of soil variables. This combined information is essential for the management and use of the territory by decision-makers and serves as basic data for the development of other studies such as landslide threats, floods, or land use capacity.

Keywords: planning; development; genetics; geomorphology; soil

1. Introducción

Los fenómenos naturales son un problema creciente en América Latina y el Caribe, en los últimos años son diversos, tanto en origen como en intensidad. Los más frecuentes son los meteorológicos, mientras que los geológicos son los que causan más daños a la infraestructura (CEPAL, 2021).

Ecuador ha sido azotado por una serie de desastres naturales en los últimos años, incluidos terremotos, fallas geológicas, tsunamis, actividad volcánica, deslaves e inundaciones. Su ubicación en el Cinturón de Fuego del Pacífico hace que estos eventos sean frecuentes e impredecibles, lo que dificulta la prevención de daños. Los desastres naturales han causado grandes pérdidas materiales y económicas, así como la pérdida de vidas humanas (CORONEL; BUÑAY, 2018).

Los asentamientos humanos en las periferias y zonas de expansión de las ciudades se han vuelto cada vez más dinámicos, sin tener en cuenta los planes de urbanismo (SÁENZ, 2002). Esto ha llevado a que se instalen en zonas de riesgo, como las que están expuestas a inundaciones, deslizamientos o actividad volcánica (SILVEIRA; CUNHA, 2012). Estas multiamenazas representan un peligro que puede causar pérdidas humanas, económicas, sociales, políticas y ambientales (SGR, 2014).

En Ecuador, la mala planificación urbana se debe principalmente a dos causas, la primera, la expansión territorial con un enfoque netamente capitalista, que deja de lado criterios sociales y ambientales, y la segunda, a la falta de geoinformación a detalle 1: 5 000 (FURRIER, 2018). Esta última, es un insumo básico que sirve de apoyo a la hora de la toma de decisiones en las municipalidades y Gobiernos Autónomos Descentralizados (GAD), conociendo que la planificación urbana es un proceso fundamental para el desarrollo sostenible de las ciudades.

Debido a la importancia de la cartografía para el desarrollo del país, y más aún, de la cartografía con un alto nivel de detalle y conociendo de su escasez en el país, el Instituto Geográfico Militar (IGM), para coadyuvar al ordenamiento territorial está ejecutando el proyecto "Determinación de la capacidad de acogida del territorio con fines de desarrollo urbano", que beneficiará a 200 cabeceras cantonales en Ecuador. El proyecto genera geoinformación multitemática del territorio a escala 1: 5 000, utilizando herramientas de Sistemas de Información Geográfica (SIG) y geotecnologías como la teledetección. Los principales productos del proyecto son la determinación de la aptitud física constructiva, la capacidad de acogida y los conflictos de uso. Estos productos se basan en la integración e interacción de variables de las temáticas de geomorfología, suelos, cobertura y uso del suelo. Los productos contribuyen al ordenamiento territorial, ya que son insumos para la generación de Planes de Desarrollo y Ordenamiento Territorial (PDyOT) y Planes de Uso y Gestión del Suelo (PUGS). Estos planes ayudan a las autoridades del GAD a diagnosticar problemas, tomar decisiones adecuadas e implementar legislación para la expansión correcta de las ciudades. De tal manera que, los productos del proyecto se utilizan para identificar zonas adecuadas para el desarrollo urbano, así como para evaluar los impactos ambientales y sociales de la expansión urbana.

Pellitero (2015) y Zinck (2012) indican que la geomorfología y los suelos, son componentes fundamentales del ordenamiento territorial, ya que proporciona información esencial para la identificación, caracterización y gestión de los recursos naturales y los riesgos ambientales. Al entender la forma del relieve, los planificadores territoriales pueden tomar decisiones informadas sobre el uso y la conservación del suelo. Por ejemplo, la geomorfología puede utilizarse para evaluar los riesgos de desastres naturales y desarrollar estrategias de mitigación. De esta forma, la geomorfología es un elemento clave para la protección del medio natural, la preparación ante riesgos naturales y la planificación territorial.

Asimismo, Priego et al., (2011) señalan que el mapeo geomorfológico es importante para la planificación territorial en países en desarrollo. Zonneveld (1989) y Kwa (2018) proponen un análisis sistémico y holístico del territorio basado en la ecología del paisaje. Este análisis utiliza un modelo empírico cualitativo para caracterizar las geoformas, que son las unidades básicas de estudio. Los resultados de este análisis se utilizan para generar mapas de suelo, aptitud física constructiva, capacidad de acogida y conflictos de uso. La geomorfología también nos ayuda a comprender cómo las actividades humanas, como la agricultura, la urbanización y la explotación de recursos naturales, han transformado tanto el suelo como el paisaje.

El objetivo del artículo es generar la delimitación geomorfológica y las características de suelos en la ciudad de Otavalo y entender cómo las características geológicas y los procesos geomorfológicos han modelado el paisaje y cómo estos, a su vez, han influido en el desarrollo del territorio, además, obtener un insumo de apoyo para la planificación territorial con un enfoque de gestión de riesgo.

2. Área de estudio

Otavaló es una ciudad de la Sierra ecuatoriana ubicada en la provincia de Imbabura, al norte del país, el área de estudio corresponde a 8 116,92 ha. Es una de las ciudades más importantes de la región. La ciudad se encuentra a 95 km al noreste de Quito y a 20 km al sur de Ibarra. El clima de Otavaló es mediterráneo-templado seco, con temperaturas que oscilan entre 12 y 25 °C. Otavaló está asentada en un amplio valle, a una altitud de 2 565 metros sobre el nivel del mar. La ciudad está rodeada por el volcán Imbabura, la montaña Fuya Fuya y las lomas de Cotama y Rey Loma (Figura 1).

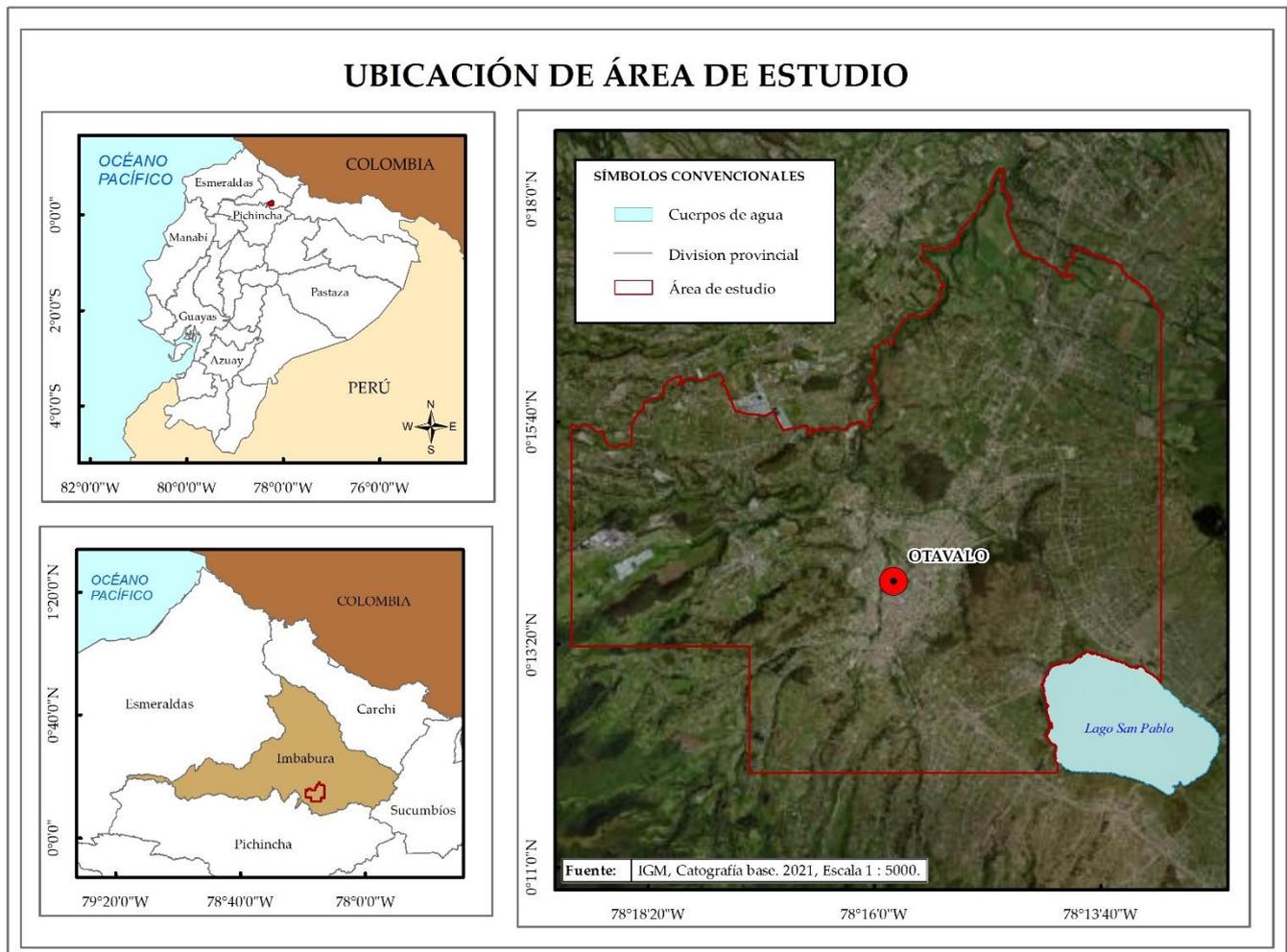


Figura 1. Ubicación del área de estudio. Fuente: Elaboración propia, 2023.

3. Materiales y Métodos

Para analizar las formas del relieve de la ciudad de Otavaló, se utilizó la fotointerpretación digital en 3 Dimensiones (3D). Este método genera información geoespacial detallada a partir de varios insumos, como, por ejemplo, fotografías aéreas (QUIROGA et al., 2015). En este caso, se utilizaron 95 fotografías aéreas en siete líneas de vuelo proporcionadas por el IGM (<https://bit.ly/3ts8urk>), con una resolución espacial de 0,30 m y tomadas en 2020, así como sus centros de exposición de (X, Y, Z, Omega, Phi, Kappa), también los datos de calibración de la cámara métrica.

En la etapa de fotointerpretación, se utilizó el *software* ArcGIS con la extensión *Stereo Analyst* para obtener una visión estereoscópica del bloque fotogramétrico. Para ello, se utilizó un Modelo Digital de Elevación (MDE) con resolución de 3 m elaborado en 2020. Con este MDE, se generaron subproductos para la fotointerpretación, como el mapa de sombras y el mapa de pendientes, utilizando las herramientas *Hillshade* y *Slope* del *3D Analyst*.

(FELICÍSIMO, 1994). Con el bloque fotogramétrico, se realizó la fotointerpretación y digitalización de las geoformas en 3D, mediante la digitalización de los límites de las geoformas en el modelo digital del terreno con un *softmouse*. Esta técnica permite identificar y clasificar las formas del relieve, considerando a la geoforma como la unidad básica de análisis, constituida por una misma roca o material superficial y con características similares en cuanto a su génesis, morfología y morfometría (VAN ZUIDAM, 1985).

Para digitalizar y caracterizar las geoformas, se consideraron cinco parámetros: 1) morfogenéticos o unidad genética, 2) morfológicos -forma de la cima, forma de la vertiente-; 3) morfométricos -pendiente, desnivel relativo, longitud de la vertiente-; 4) morfodinámicos -tipos de erosión-; y, 5) geológicos -unidad geológica o clase de depósito superficial-. Estos parámetros describen las características de la forma del relieve o geoforma. (PAVLOPOULOS et al., 2009).

3.1. Parámetros morfogenéticos

Se refieren al origen o procedencia de las formas del relieve y su evolución con el tiempo, en respuesta a los diferentes procesos naturales que se encargan de esculpir o modelar la superficie terrestre (VILLOTA, 2005). Se categorizan 15 unidades genéticas (Tectónico, Tectónico erosivo, Volcánico, Fluvio-Glaciario, Estructural, Gravedad y Movimientos en masa, Denudativo, Erosivo, Depositional erosivo, Fluvio-lacustre, Depositional, Erosión fluvial, Marino y fluvio-marino, Poligénicas y tecnogénesis).

3.2. Parámetros morfológicos

Hacen referencia a aspectos cualitativos de las características de las formas del relieve (PAVLOPOULOS et al., 2009). En estos parámetros se encuentran: forma de la cima (plana, redondeada, aguda o mixta) y forma de la vertiente (cóncava, convexa, rectilínea, irregular o mixta).

3.3. Parámetros morfométricos

Son los aspectos medibles, principalmente en el MDT, representan el análisis cuantitativo del relieve y son la descripción de la morfología (HARVEY, 2022; TRICART, 1965). En el estudio se representan la pendiente, el desnivel relativo y la longitud de vertiente (Tabla 1).

Tabla 1. Parámetros morfométricos

Pendiente	Desnivel Relativo (DR)	Longitud de Vertiente (LV)
Grado de inclinación de las vertientes en relación a la horizontal	Diferencia entre la cota más alta y más baja del relieve	Distancia inclinada entre la parte más alta y baja de una forma de relieve
Rangos		
%	m	m
Plana (0 a 2)	0 a 2	< 5
Muy suave (> 2 a 5)	> 2 a 5	> 5 a 15
Suave (> 5 a 12)	> 5 a 10	> 15 a 50
Media (> 12 a 25)	> 10 a 15	> 50 a 100
Media a fuerte (> 25 a 40)	> 15 a 25	> 100 a 300
Fuerte (> 40 a 70)	> 25 a 50	> 300 a 500
Muy fuerte (> 70 a 100)	> 50 a 100	> 500
Escarpada (> 100 a 150)	> 100 a 150	
Muy escarpada (> 150 a 200)	> 150 a 200	
Abrupta (> 200)	> 200 a 300	
	> 300 a 400	
	> 400	

Fuente: IGM, 2023.

3.4. Parámetros morfodinámicos

Se hace referencia a procesos dinámicos (activos o que pueden activarse) de la Tierra (PAVLOPOULOS et al., 2009), se analiza el tipo de erosión (laminar, en surcos, cárcavas, erosión marina, del cauce y antrópica).

3.5. Geología

Es la composición de las formas del relieve en cuanto a su tipo de roca o depósito superficial, se describe el nombre de la unidad geológica, depósito volcánico cuaternario o tipo de depósito superficial (IGM, 2023).

Además, se realizó la delimitación de la cobertura vegetal de la tierra, utilizando imágenes satelitales Pléiades con resolución de 30 cm, del año 2020 (insumos de compra para el público, proporcionadas por el IGM: <https://bit.ly/3ts8urk>), con base en criterios visuales básicos para la delimitación de cobertura vegetal (color, textura, formas y tonos) y combinaciones de bandas RGB, para diferenciar mejor las zonas naturales de las zonas antrópicas (CHUVIECO, 2010; ENG et al., 2018).

Para la determinación de la información de la temática suelos, se toma como punto de partida la espacialización (delimitación) geomorfológica, ya que sobre las unidades geomorfológicas se calificaron las variables de suelos. Esta calificación se realiza con base en la fórmula de los factores formadores del suelo, propuesta por Jenny (1941) que incluye a cinco factores formadores: clima, material parental, relieve, organismos y tiempo.

La información climática se refiere al régimen de temperatura y humedad del suelo, los cuales se obtienen a partir del modelamiento de datos de temperatura, precipitación y meses secos de las estaciones meteorológicas del INAMHI (2023); el material parental y el relieve se obtienen de la fotointerpretación geomorfológica mediante la información de génesis, litología, depósitos superficiales, geoforma y pendiente; y, finalmente los organismos corresponden a la cobertura vegetal.

El proyecto contemplo una fase de campo en la cual, además de validar los datos de la interpretación geomorfológica, se obtuvieron datos de variables físicas del suelo (Tabla 2): textura, que representa el contenido relativo de las partículas de arena, el limo y la arcilla (IGAC, 2010; SOIL SURVEY STAFF, 2014); nivel freático, definida como una lámina de agua libre que satura transitoria o permanentemente el suelo (IGAC 2010; UNT, 2017); drenaje, el cual representa la rapidez con que se elimina el agua sobrante en el suelo en relación con el aporte (SENPLADES, 2013). La clase de drenaje es un atributo del suelo que viene determinado por siete propiedades: estructura, textura, porosidad, existencia de una capa impermeable, permeabilidad, posición del suelo en el paisaje y color (PORTA et al., 2003; UNT, 2017); además, se capturó datos referentes a color del suelo y espesor de horizontes.

Tabla 2. Variables de suelos.

Variable	Categoría	Descripción
Drenaje	Excesivo	Eliminación rápida del agua. Suelos generalmente de texturas gruesas
	Bueno	Eliminación fácil del agua, aunque no rápidamente. Texturas medias a finas
	Moderado	Eliminación lenta del agua. Suelos con un amplio intervalo de texturas
	Mal drenado	Eliminación muy lenta del agua. Suelos con un amplio intervalo de texturas. Los horizontes permanecen saturados por agua durante varios meses
Nivel freático	Muy superficial	Presencia de agua en el suelo desde 0 hasta los 10 cm
	Superficial	Presencia de agua en el suelo desde 11 a 20 cm
	Poco profundo	Presencia de agua en el suelo desde 21 a 50 cm
freático	Medianamente profundo	Presencia de agua en el suelo desde 51 a 100 cm
	Profundo	Presencia de agua en el suelo en profundidades mayores a 100 cm
	Sin evidencia	No se encuentra el nivel freático a profundidades mayores a 2 m
Textura	Arena, areno francoso, franco, franco arenoso, franco limoso, franco arcilloso, franco arcillo-arenoso, franco arcillo-limoso, limoso, arcilloso, arcillo-arenoso, arcillo-limoso, arcilla pesada	

Fuente: Elaboración propia, 2023.

4. Resultados

La ciudad de Otavalo se encuentra ubicada en dos paisajes morfológicos: a) Volcanes, construcciones volcánicas formadas por capas de lava y material piroclástico; y, b) Relieve de las cuencas, formado por materiales volcánicos y sedimentarios (WINCKELL et al., 1997).

El origen de las unidades geomorfológicas se puede clasificar en siete procesos: 1) Volcánico: formado por la actividad volcánica; 2) Gravedad y movimientos en masa: formado por el movimiento de materiales debido a la gravedad; 3) Fluvio-lacustre: formado por la acción del agua; 4) Depositional, formado por la acumulación de materiales; 5) Erosión fluvial, formado por la erosión del agua; 6) Poligénicas, formadas por la combinación de dos o más procesos; y, 7) Tecnogénesis, formadas por la intervención humana.

4.1. Geoformas de origen volcánico

Los flujos de piroclastos. Son mezclas de gases y materiales sólidos calientes que se mueven a nivel del suelo como resultado de erupciones volcánicas (UCR, 2019). En el área de estudio, los flujos de piroclastos provienen de los volcanes Imbabura, Mojanda, Cushniruni y Cuicocha. Se clasifican en tres tipos: a) Flujos de piroclastos, son los flujos más antiguos, con pendientes entre 12 a 100 %, Desnivel Relativo -DR- desde 2 hasta 100 m y Longitud de Vertiente -LV- que van desde los 15 a 300 m, se encuentran en una superficie de 38,75 ha, b) Superficies de flujos de piroclastos, son flujos más recientes y poseen pendientes entre 2 a 25 %, DR de hasta 5 m (2 018,83 ha); y c) Vertientes de flujos de piroclastos, son flujos que se encuentran en las laderas de los volcanes y con pendientes entre 25 a 200 %, DR de entre 2 a 200 m, en la zona de estudio se encuentran en una extensión de 1 597,67 ha (Figura 2).

Los flujos de lava. Son corrientes de roca fundida que se mueven a nivel del suelo. Son relativamente fluidas y pueden alcanzar temperaturas superiores a los 1 000°C (BEATE et al., 1991). Los flujos de lava de los volcanes Mojanda, Imbabura y Chushirumi se clasifican en tres tipos: a) Superficie de flujo de lava muy antiguo, con pendientes que varían entre 5 y 25 %, DR de hasta 5 m, cubre un área de 563,23 ha; b) Flujo de lava muy antiguo, presentan pendientes desde 12 a 100 %, DR de 10 a 100 m y LV de 50 a 100 m (6,74 hectáreas); c) Vertiente de flujo de lava, con pendientes desde 12 hasta 150 %, DR de 5 a 300 m y LV de 15 a 300 m (cubren un área de 519,59 ha).

Las avalanchas de escombros. Se forman por erupciones volcánicas que provocan el colapso de parte del edificio volcánico. Estas avalanchas se caracterizan por su baja fragmentación, potentes acumulaciones y moderada dispersión (GUTIÉRREZ, 2008). Las avalanchas de escombros del volcán Imbabura se clasifican en dos tipos, según su forma y topografía: a) Superficies de avalancha de escombros, son las partes más extensas de la avalancha y tienen pendientes entre 2 y 25 %, presentan DR de 5 hasta 15 m y LV de 15 a 50 m (1 074,51 ha); b) Vertientes de avalancha de escombros, son las partes más inclinadas de la avalancha y tienen pendientes de 12 hasta 200 %, DR de 5 a 100 m, LV de 5 a 100 m (100,19 ha).

Los hummocks. Son montículos que sobresalen de los depósitos de avalanchas de escombros. Son rasgos topográficos característicos de estos depósitos y se caracterizan por su forma variable e irregular (ROVERATO et al., 2021). Los hummocks del volcán Imbabura se clasifican en dos tipos, según su forma y topografía: a) Superficie de hummock, son las partes más extensas de los hummocks, tienen pendientes entre 2 y 12 %, DR de 0 a 2 m (14,69 ha); b) Vertiente de hummock, son las partes más inclinadas de los hummocks, tienen pendientes entre 12 a 40 %, DR de 5 a 25 m y LV de 15 a 100 m, cubren un área de 28,61 ha.

La llanura de depósitos volcánicos. Son planicies ubicadas al pie de un volcán, donde se acumulan diferentes materiales piroclásticos arrastrados por la erosión. A menudo se comunican con el medio aluvial, a través de límites difusos. Las llanuras de depósitos volcánicos del volcán Imbabura cubren un área de 947,89 ha, con pendientes entre 2 a 12 % y DR de 2 a 5 m

Las vertientes de llanuras de depósitos volcánicos. Son laderas con pendientes fuertes que limitan las llanuras de depósitos volcánicos (MAGAP, 2015). Pueden alcanzar cientos de metros de altura. Las vertientes de llanuras de depósitos volcánicos del volcán Imbabura cubren un área de 42,57 ha, con pendientes entre 12 a 100 %, DR de 2 a 50 m y LV de 15 a 300 m.

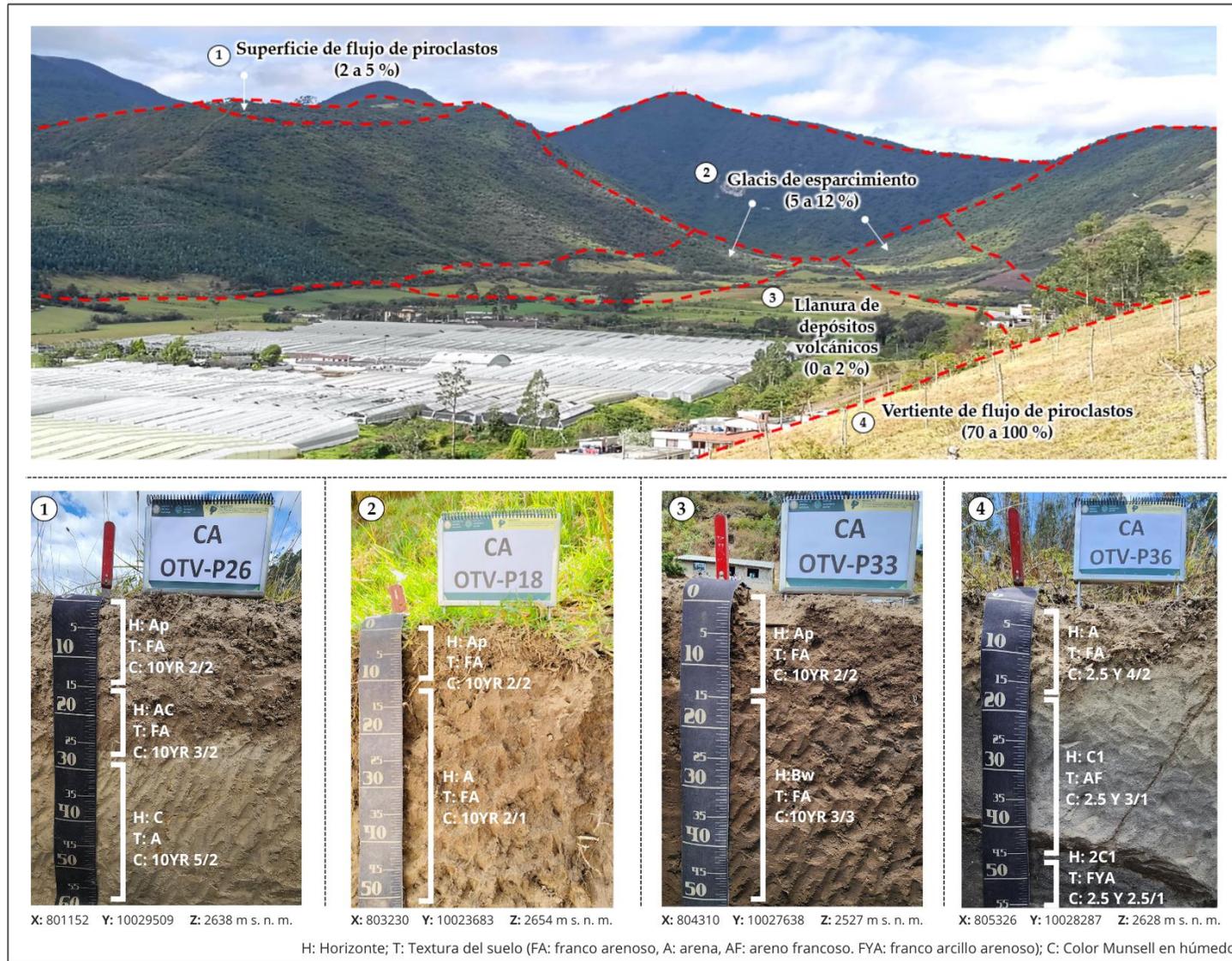


Figura 2. Formas del relieve de orígenes volcánico y deposicional. Fuente: Elaboración propia, 2023.

4.2. Geformas de origen gravedad y movimientos en masa

Se generan por la acción de la fuerza de gravedad sobre las masas de rocas o suelos que se desplazan por pendientes o superficies irregulares, son movimientos rápidos o lentos, se asocian a factores como la erosión, el clima, la vegetación, los sismos, la actividad volcánica o la intervención humana (OSPINO; DELGADO, 2019).

Escarpe de deslizamiento. Superficie muy inclinada a lo largo de la periferia del área en movimiento causado por el desplazamiento del material fuera del terreno original. La pendiente fluctúa entre 100 a 150 %, DR de 15 a 25 m y la LV de 5 a 15 m (0,13 ha).

Coluviones. Proceden de deslizamientos, derrumbes, flujos terrosos o desprendimientos, depositándose a corta distancia de la fuente, con lo cual los fragmentos no alcanzan a modificar sus formas angulares. Su distribución es caótica, sin sorteamiento ni estratificación (VILLOTA, 2005). Se clasificaron en: a) coluvión reciente, con pendientes entre 70 a 100 %, DR 10 a 15 m y LV de 15 a 50 m (0,09 ha); b) coluvión antiguo, presentando pendientes entre 25 a 100 %, DR de 5 hasta 25 m y LV de 5 hasta 300 m (5,33 ha), un indicador característico es la presencia de cobertura vegetal más desarrollada que en el coluvión reciente; c) superficie de coluvión muy antiguo, presentan pendientes desde 12 a 25 % y DR de 0 a 5 m, abarcando un área de 0,30 ha; y, d) vertiente de coluvión muy antiguo, sus pendientes fluctúan entre el 40 a 150 % y DR de 5 a 25 m, se extienden en 0,52 ha del área de estudio.

Talud de derrubios. Corresponden a la sucesión de conos de derrubios formados hacia la base de un escarpe (VILLOTA, 2005). Se conoce al talud de derrubios antiguo, ya que tiende a desarrollar suelo y cobertura vegetal estabilizadora, asociado a pendientes entre 25 a 70 %, DR de 5 hasta 50 m y LV de 15 a 100 m (11,78 ha).

4.3. Geformas de origen fluvio-lacustre

Resultan de la interacción entre los procesos erosivos, sedimentarios y tectónicos que ocurren en los sistemas fluviales y lacustres, y que reflejan la dinámica hidrológica, climática y biológica de dichos ambientes (ANDERSON; ANDERSON, 2010). Se encontró la **Superficie ondulada lacustre**, la cual presenta forma de cima redondeada y plana, pendientes desde 2 a 5 % de inclinación, DR de 2 a máximo 5 m, con un área de 202,96 ha (Figura 3).

4.4. Geformas de origen deposicional

Originadas por el depósito de material transportado por agentes erosivos como el agua, viento y cambios bruscos de temperatura (GUTIÉRREZ; GUTIÉRREZ, 2016).

Cono de deyección antiguo. Su superficie forma segmento de cono, con pendientes rectas, en los cuales la masa de materiales aluviales es espesa, de granulometría gruesa (cantos gravas y arena) y muy poco sorteada (VILLOTA, 2005). Presentan: la superficie de cono de deyección antiguo, de pendiente del 2 a 12 %, DR de 2 a 25 m y la vertiente de cono de deyección antiguo, que presenta pendientes mayores, 12 a 25% (553,08 ha y 3,49 ha, respectivamente).

Glacis de esparcimiento. Superficie plana y suavemente inclinada (pendientes entre 5 a 12 %, DR 2 a 10 m, LV de 15 a 50 m), con o sin recubrimiento, que desde las vertientes montañosas se enlaza con el fondo de un valle o depresión (ACASO et al., 2007), además, se identificaron glacis de esparcimiento disectado, en la cual la escorrentía superficial se muestra concentrada y se aprecia un cierto grado de incisión en dichas formas de drenaje (MAGAP, 2015), pendientes entre 12 a 25 %, DR 2 a 15 m y LV de 15 a 100 m. Se encuentran ocupando una superficie de 8,61 ha (Figura 2).

Terrazas. Corresponden a superficies relativamente planas, horizontales o con inclinación suave (pendiente menor al 5 %, DR menor a 5 m), ubicadas por encima de los márgenes y a lo largo del curso de un río que corresponden a remanentes de antiguas llanuras aluviales y marcan niveles anteriores de los pisos de un valle (VARGAS, 1992), se identificaron 2 tipos: terrazas bajas y medias (13,73 ha y 3,51 ha, respectivamente) (Figura 3).

Valle fluvial. Porción de terreno alargada y plana, intercalada entre dos zonas circundantes de relieve más alto y que tiene como eje un curso de agua; está generalmente drenado por un solo río. Son frecuentes las confluencias de corrientes de agua (ZINCK, 2012). Presenta pendientes entre 2 a 5 %, DR 0 a 2 m (71,98 ha).



Figura 3. Formas del relieve de orígenes deposicional y poligénica. Fuente: Elaboración propia, 2023.

4.5. Geoformas de origen erosión fluvial

Son originadas por la relación entre procesos físicos del flujo en canales de lecho móvil, la mecánica del transporte de sedimentos forzado por el flujo y las formas de los canales aluviales creados por el transporte de sedimentos (GUTIÉRREZ, 2008). Se determinaron dos unidades geomorfológicas de este tipo, constituidas por gargantas y barrancos que abarcan una extensión total de 21,59 ha.

Garganta. En un perfil transversal de un valle la profundización es el efecto más notable de la actividad de un río durante el estado juvenil. Solamente donde hay condiciones geológicas especiales que sean resistentes a la meteorización y a la remoción en masa, tales como las capas o rocas casi verticales, es posible que se desarrolle el perfil de garganta, en el cual la profundidad excede al ancho (MORENO, 1992). En Otavalo se caracterizaron por sus pendientes entre 70 a 100 %, DR de 15 a 25 m y LV de 15 a 50 m (7,08 ha).

Barranco. Es un canal pequeño y profundamente disectado, tallado por episodios de flujos terrestres, generalmente relacionados con eventos de lluvias severas. Típicamente tiene lados pronunciados (GUTIÉRREZ; GUTIÉRREZ, 2016), con pendientes comprendidas entre 40 a 150 %, DR de 5 a 50 m y LV de 15 a 50 m (14,51 ha).

4.6. Geoformas de origen poligénicas

Superficie horizontal disectada. Concierno a una superficie horizontal en que la escorrentía superficial se muestra concentrada y se aprecia un grado de incisión de moderado a fuerte en dichas formas de drenaje (MAGAP, 2015). Presentan pendientes de 12 a 25 %, DR menor a 2 m (se encuentran en una superficie de 3,86 ha).

Cerro testigo. Colina que es el testimonio de un antiguo relieve, formado por rocas muy resistentes y que se encuentra aislado (PAVLOPOULOS et al., 2009), de pendientes de 25 a 100 %, DR 5 a 100 m y LV de 5 a 300 m (32,21 ha) (Figura 3).

Coluvio aluvial. Depósito formado por una corriente fluvial que al transcurrir por un valle intercolinado deposita materiales aluviales junto con aportes gravitacionales laterales (VILLOTA, 2005). Se clasificaron en: a) coluvio aluvial antiguo, b) superficies de coluvio aluviales muy antiguos y, c) vertientes de coluvio aluviales muy antiguos (Tabla 3).

Tabla 3. Geoformas de origen poligénicas.

Geoforma	Características morfométricas			Superficie (ha)
	Rango de pendiente (%)	Rango de DR (m)	Rango de LV (m)	
Coluvio aluvial antiguo	25 a 100	0 a 5	5 a 300	39,58
Superficie de coluvio aluvial muy antiguo	12 a 25	2 a 5	No aplica	32,14
Vertiente de coluvio aluvial muy antiguo	25 a 70 %	5 a 15	15 a 50	4,35

Fuente: Elaboración propia, 2023.

4.7. Geoformas de origen Tectogénesis

Superficies intervenidas. Son espacios que han sido modificados por la actividad humana, como áreas aplanadas, aperturas de vías, canteras, infraestructuras. Presentan pendientes muy variables del 2 al 100 % (93,05 ha) (Figura 4).

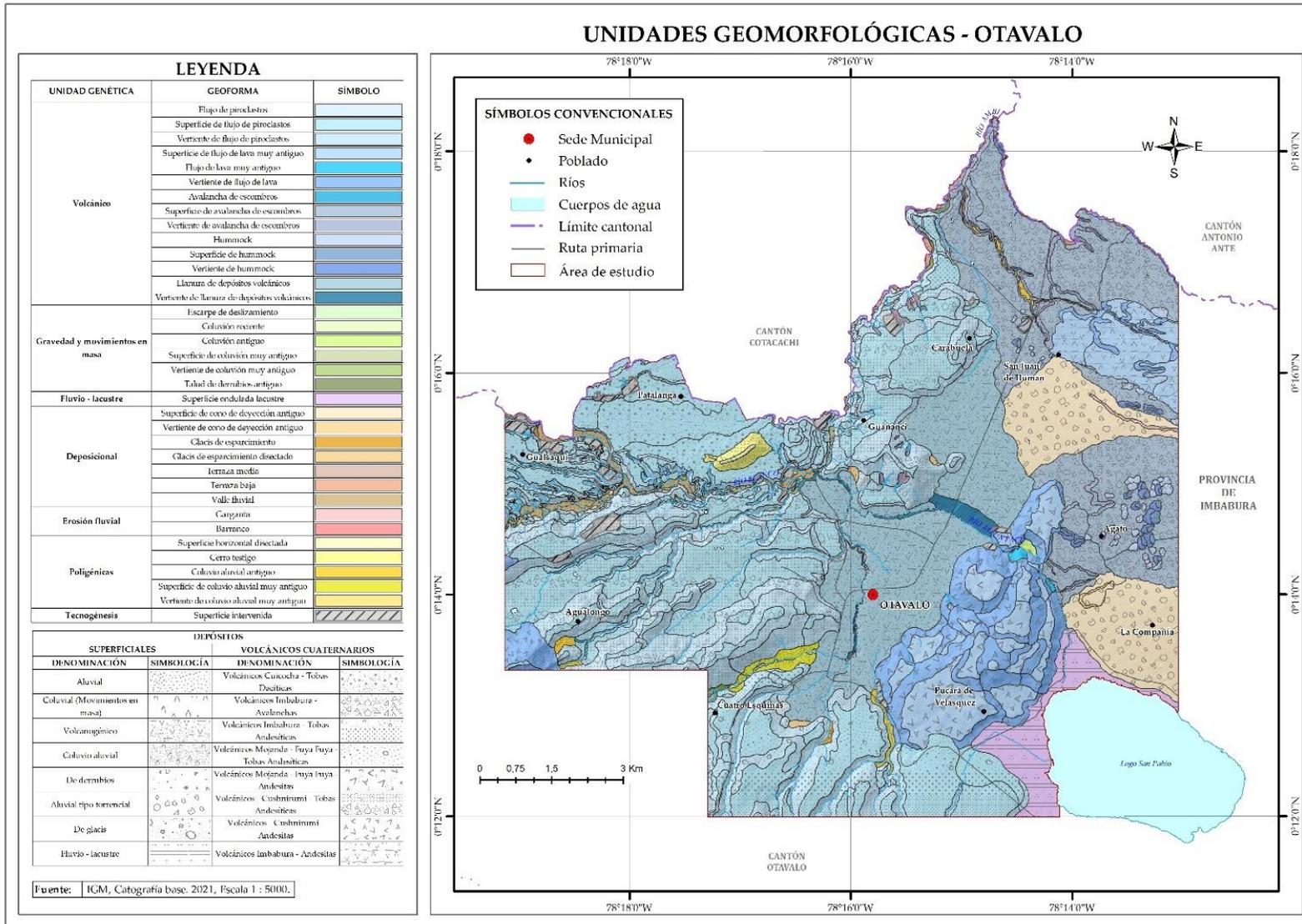


Figura 4. Geomorfología Otavalo. Fuente: Elaboración propia, 2023.

4.8. Unidades geológicas

Volcánicos Cuicocha – Tobas Dacíticas. Están formados principalmente por flujos piroclásticos dacíticos, con menor proporción de depósitos de caída y oleadas piroclásticas. Los depósitos consisten en cenizas, pómez, líticos de composición ácida y vidrio. Las tefras suelen tener buen sorteo con estratificación horizontal y cruzada. En general, los depósitos orientales de la caldera Cuicocha son más finos que los occidentales. Ocupan un área de 751,87 ha, geomorfológicamente, se asocian a superficies de flujos de piroclastos del volcán Cuicocha.

Volcánicos Cushnirumi Tobas Andesíticas. Están formados por capas de ceniza fina a gruesa, flujos piroclásticos y aglomerados cubiertos por cangahua consolidada. Se interpretan como una secuencia piroclástica discordante sobre la unidad Pallatanga. Ocupan un área de 197,43 ha, se asocian a superficies de flujos de piroclastos del volcán Cushnirumi.

4.9. Depósitos superficiales

Aluvial. Son estratificados, con una consolidación media a baja. Están formados por fragmentos de roca de tamaño granulo a bloques, con forma subredondeada a redondeada, englobados en una matriz de arcilla, limo y/o arena. Ocupan un área de 89,22 ha, se presentan principalmente a las geoformas: terraza media y baja.

Coluvial (Movimientos en masa). Depósitos de origen gravitacional, medianamente consolidados, formados por fragmentos de roca de tamaño granulo a bloque, con poca presencia de matriz de limo a arena. Ocupan un área de 6,25 ha, se asocian principalmente a la geoforma coluvión antiguo.

4.10. Uso de la tierra

Dentro del área de estudio se encontraron nueve categorías (Tabla 4). El uso predominante fue el antrópico, dentro del cual la zona edificada es la cobertura el mayor un porcentaje de ocupación del 28,72 %.

Tabla 4. Uso y cobertura de la tierra.

Uso	Cobertura	Superficie (ha)
Agrícola	Cultivos (anual, permanente, semipermanente), invernadero, Tierras en transición	955,99
Agropecuario mixto	Mosaico agropecuario (anual, permanente, semipermanente)	2.078,88
Antrópico	Cementerio, corral, establo, instalación, planta de tratamiento de agua, tanque de almacenamiento, zona edificada	2.411,1
Conservación y protección	Vegetación arbustiva y herbácea	413,65
Extracción de recursos naturales no renovables	Cantera	71,35
Pecuario	Granja industrial, pastizal anual y permanente	835,86
Protección o producción	Plantación forestal permanente	1.126,44
Tierras improductivas	Erial	10,02
No aplica	Estanque/reservorio, ríos	13,44

Fuente: Elaboración propia, 2023.

En la zona de estudio, se calificaron, en cada una de las formas de la tierra delimitadas, las variables edafológicas correspondientes a textura, nivel freático y drenaje; se identificaron 7 clases texturales clases texturales: arena, areno francoso, franco arenoso, arcillo-arenoso, franco arcillo-arenoso, franco y franco arcilloso; tres tipos de drenaje (excesivo, bueno y mal drenado), siendo generalmente, suelos de buen drenaje; se encontraron 5 categorías en cuanto a la presencia del nivel freático (Figura 5), variables que fueron espacializadas en cada geoforma (Figura 6).

Génesis	Geoforma	Textura*	Categoría de nivel freático**	Drenaje	Superficie (ha)
Deposicional	Glacis de esparcimiento	FYA	Profundo		0,18
	Glacis de esparcimiento disectado	FA			5,07
	Superficie de cono de deyección antiguo	F	Sin evidencia	Bueno	259,47
		FA			293,61
	Terraza baja	A	Profundo		13,73
	Terraza media	FA	Medianamente profundo		3,51
	Valle fluvial	A	Muy superficial	Mal drenado	71,98
Erosión fluvial	Vertiente de cono de deyección antiguo	AF			3,49
Erosión fluvial	Barranco		Sin evidencia	Bueno	14,51
	Garganta	F			7,08
Fluvio-Lacustre	Superficie ondulada lacustre	FA	Poco profundo	Mal drenado	202,96
Gravedad y movimientos en masa	Coluvión antiguo	F			5,33
	Coluvión reciente	FA			0,09
	Escarpe de deslizamiento	FA			0,13
	Superficie de coluvión muy antiguo	F			0,30
	Talud de derrubios antiguo	FA	Sin evidencia		7,38
	Vertiente de coluvión muy antiguo	FA			4,40
		F			0,52
Poligénicas	Cerro testigo	AF			0,98
		F			1,55
		FA			29,68
	Coluvio aluvial antiguo	AF			8,85
		FA	Profundo		2,00
		FA			28,74
		AF			32,14
Superficie horizontal disectada				3,86	
Vertiente de coluvio aluvial muy antiguo	FA			4,35	
Tecnogénesis	Superficie intervenida				93,05
Volcánico	Avalancha de escombros	F			1,34
	Flujo de lava muy antiguo	FY	Sin evidencia		1,75
		FA		Bueno	4,99
	Flujo de piroclastos	AF			8,35
		FYA			1,59
		FA			28,80
	Hummock	FYA			26,63
		FA			18,54
	Llanura de depositos volcánicos	F	Profundo		197,04
		FA			750,85
AF				117,84	
Volcánico	Superficie de avalancha de escombros	F			148,48
		FYA			83,99
	Superficie de flujo de lava muy antiguo	FA			723,99
		F			332,12
	Superficie de flujo de piroclastos	FA			231,12
		F			310,72
		FY			415,81
	Superficie de hummock	FA			1.288,44
		FYA			14,69
		YA	Sin evidencia		4,50
AF				17,82	
Vertiente de avalancha de escombros	FA		Excesivo	22,64	
	F			0,71	
	FYA		Bueno	54,73	
Vertiente de flujo de lava	F			519,59	
	A		Excesivo	3,24	
Vertiente de flujo de piroclastos	AF			518,41	
	FYA			221,34	
Vertiente de hummock	FA		Bueno	854,67	
	F			28,61	
No aplica (estanque/reservorio, ríos)	Vertiente de llanura de depósitos volcánicos	F			42,57
					13,44

*FYA: Franco arcillo-arenoso; FA: Franco arenoso; F: Franco; A: Arena; AF: Areno francoso; FY: Franco arcilloso; YA: Arcillo arenoso

**Medidas desde la superficie del suelo hasta la evidencia de la tabla de agua: Muy superficial (0 a 10 cm); Superficial (11 a 20 cm); Poco profundo (21 a 50 cm); Medianamente profundo (51 a 100 cm); Profundo (> a100 cm); Sin evidencia (no hay presencia de tabla de agua)

Figura 5. Variables de suelos. Fuente: Elaboración propia, 2023.

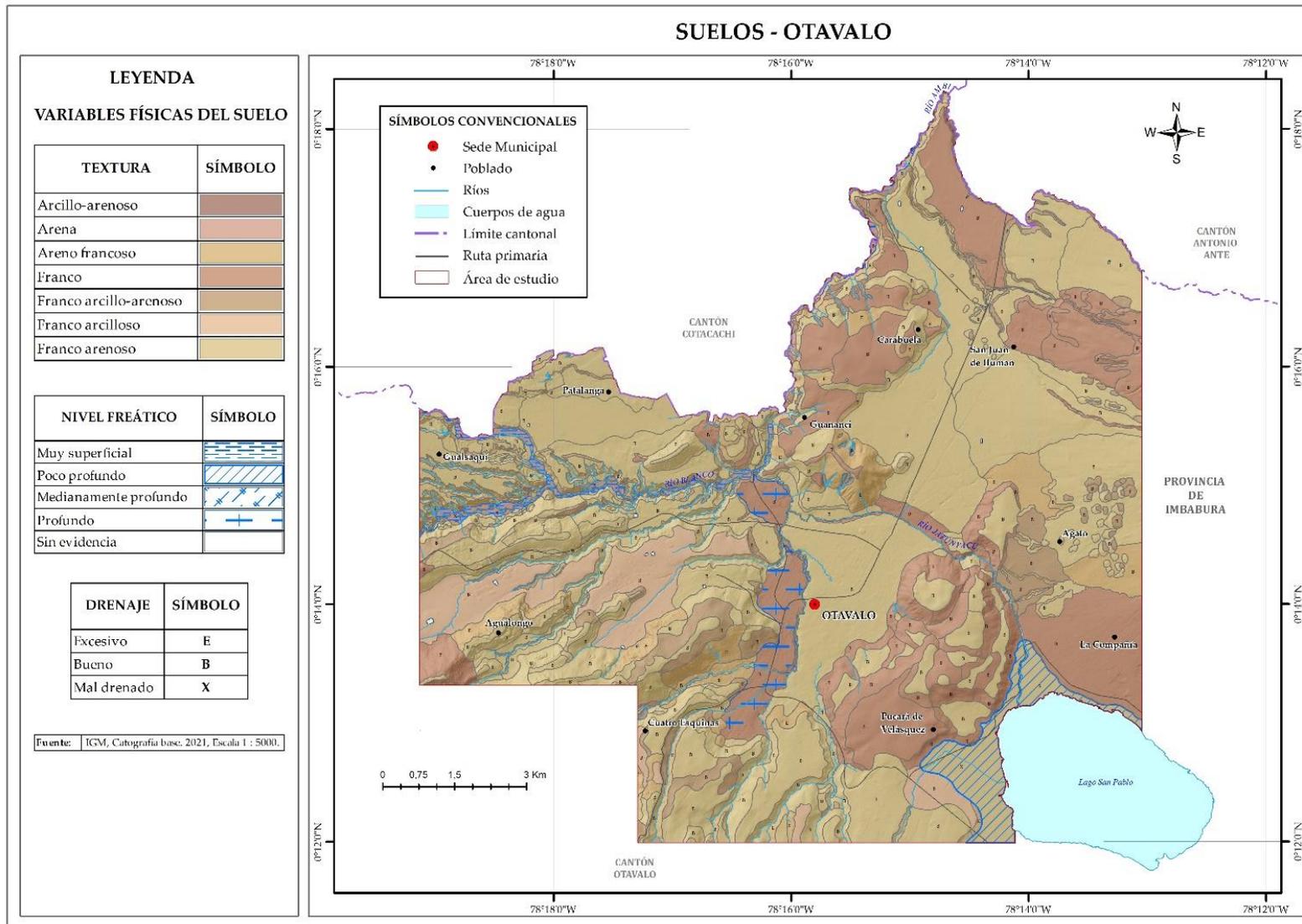


Figura 6. Mapa de suelos Otavalo. Fuente: Elaboración propia, 2023.

5. Discusión

La delimitación de la geomorfología también se basó en los accidentes geográficos que demarcan las formas del terreno, como menciona Vargas (1992), incluyendo el patrón de drenaje, la cobertura vegetal y la dureza de las rocas. En el caso de Otavalo, los accidentes geográficos más característicos son los volcanes, como el Cotacachi y el Imbabura (WINCKELL et al., 1997). Se identificaron los siguientes paisajes: i) los volcanes están conformados por capas de lava y material piroclástico; y, ii) los relieves de las cuencas están conformados por materiales volcánicos y sedimentarios.

De acuerdo a esto, la demarcación de la geomorfología es importante para el estudio del territorio. Permite identificar las unidades geomorfológicas, lo que puede ayudar a comprender mejor su evolución histórica y su impacto en los procesos naturales. En el caso de Otavalo, se puede observar que está constituido por distintas formas de acuerdo a su origen, como: i) formas volcánicas; ii) formas generadas por gravedad y movimientos en masa; iii) formas fluvio-lacustres; iv) formas deposicionales; v) formas generadas por erosión fluvial; vi) formas poligénicas; y, vii) formas generadas por tectogénesis. Estas geoformas influyen en la configuración del territorio y pueden tener implicaciones importantes para la planificación territorial en la identificación de áreas con mayor o menor riesgo de desastres naturales como las geoformas de origen en gravedad y movimientos en masa, tales como: escarpe de deslizamiento, coluviones, talud de derrubios, se originan por la acción de la gravedad, como deslizamientos, avalanchas y los derrumbes como alude Aristizábal y Yokota (2006).

Asimismo, las geoformas volcánicas son las que causan más destrozos en el territorio (LLINARES et al., 2004). Pueden causar daños materiales a edificios, infraestructuras y cultivos; pérdidas humanas por inhalación de gases tóxicos, impacto de proyectiles volcánicos o el desprendimiento de lahares (PIERS et al., 1996). Estos depósitos de material generan nuevas formas en la superficie terrestre, como: los flujos de piroclastos, los flujos de lava, las avalanchas de escombros, los hummocks y las llanuras de depósitos volcánicos. Todas ellas se originan por la actividad volcánica, como la lava, las cenizas y los materiales piroclásticos.

Del análisis de los resultados geomorfológicos y su relación con los suelos, se identifica los diferentes tipos de terreno, su composición y estructura, y los procesos naturales que los han formado. Esta información puede utilizarse para determinar las áreas que son más propensas a sufrir inundaciones, erosión o deslizamientos de tierra, por ejemplo, las áreas con pendientes pronunciadas y desprovistas de cobertura vegetal y texturas medias, son más propensas a sufrir deslizamientos de tierra, mientras que las áreas con suelos de texturas arcillosas y pendientes bajas son más propensas a sufrir inundaciones, más aún, si son unidades de tierra con presencia de nivel freático.

La aplicación de la geomorfología y su relación con el suelo proporciona información clave para la identificación de áreas aptas para diferentes usos, la gestión de riesgos naturales y la protección de los recursos naturales. El uso adecuado de los conocimientos geomorfológicos en la planificación y gestión del territorio contribuye a un desarrollo sostenible y resiliente, asegurando la conservación del medio ambiente y el bienestar de las comunidades locales.

6. Conclusiones

La fotointerpretación geomorfológica es una herramienta esencial para la planificación y gestión del territorio. Permitted identificar, valorar y clasificar lugares con interés para estos fines, como los riesgos naturales (especialmente los volcánicos), los recursos naturales y la cobertura y uso de la tierra, y a tomar decisiones informadas sobre el uso del suelo.

La ciudad de Otavalo se encuentra en un área de gran diversidad geomorfológica, con siete orígenes de unidades geomorfológicas. Las formas de relieve volcánico son las más dominantes, incluyendo superficies de flujo de piroclastos, avalanchas de escombros y llanuras de depósitos volcánicos. Estas geoformas tienen pendientes suaves y suelos de textura franco arenosa, lo que favorece el drenaje.

El suelo es un recurso fundamental para el desarrollo sostenible del territorio. Al potencializarse con el análisis de las unidades geomorfológicas, nos permitió identificar los suelos más adecuados para diferentes usos, como la agricultura, la construcción o la protección ambiental.

La delimitación de las unidades geomorfológicas es el punto de partida para el desarrollo de estudios temáticos sobre la capacidad de uso de las tierras, la aptitud física constructiva y los conflictos de uso. Esto se debe

a que la geomorfología proporciona información sobre la pendiente, la textura del suelo y la presencia de agua (nivel freático).

Contribuciones de los autores: Concepción, Z.M.C.J.; metodología y desarrollo del artículo Z.M.C.J, P.S.C.D, M.D.R.P; investigación y obtención de datos Z.M.C.J; preparación de datos P.S.C.D, M.D.R.P; revisión, validación y supervisión Z.M.C.J. Todos los autores leyeron y estuvieron de acuerdo con la versión publicada del manuscrito.

Financiamiento: Esta investigación no ha recibido financiación externa.

Agradecimientos: Se agradece al Instituto Geográfico Militar (IGM) por el interés en desarrollar proyectos de generación de geoinformación temática y permitir conocer integralmente al territorio ecuatoriano. Se extiende un agradecimiento al personal técnico que participó en el levantamiento de datos en territorio.

Conflicto de Interés: Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses. Ninguna institución tuvo ninguna interferencia en el desarrollo del estudio; en la recopilación, análisis o interpretación de datos; en la redacción del manuscrito, o en la decisión de publicar los resultados.

Referencias

1. ACASO, E.; LOECHES, M.; MOYA, M.; RUIZ, B.; CALONGE A. **Geología y geomorfología de campus**. Alcalá, España: Universidad de Alcalá, 2007. 28p. ISSN: 1885-625X. Disponible en: < <https://lc.cx/aDEzgl>>. Acceso en: 22 feb 2023.
2. ANDERSON, R.; ANDERSON, S. **Geomorphology: The mechanics and chemistry of landscapes**. Cambridge University Press. 2010. 651p. ISBN: 9780521519786. Disponible en: < <https://lc.cx/QcmEbk>>. Acceso en: 10 sep 2023.
3. ARISTIZÁBAL, E.; YOKOTA, S. Geomorfología aplicada a la ocurrencia de deslizamientos en el Valle de Aburra. **Dyna**: Medellín, Colombia. v. 73, n. 149, p. 5-16, 2006. ISSN: 0012-7353
4. COMISIÓN ECONÓMICA PARA AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE (CEPAL). **Desastres y desigualdad en una crisis prolongada: hacia sistemas de protección social universales, integrales, resilientes y sostenibles en América Latina y el Caribe**. (LC/CDS.4/3). NU.CEPAL, 2021. 154p. Disponible en: <<https://hdl.handle.net/11362/47375>>. Acceso en:15 dic 2023.
5. CORONEL, V.; BUÑAY, J. Gestión de los seguros ante desastres naturales en el Ecuador. **Universidad y Sociedad**, v. 10, n. 4, p. 199-206. 2018. ISSN 2218-3620.
6. CHUVIECO, E. **Teledetección Ambiental. La observación de la Tierra desde el espacio**. Barcelona: Editorial Ariel, 2010. 590p. Disponible en: < <https://goo.su/CnR1i>>. Acceso en: 20 may 2023.
7. FELICÍSIMO, A. **Modelos digitales de terreno. Introducción y aplicaciones en las ciencias ambientales**. Oviedo: Pentalfa, 1994. 122p. ISBN: 8478484752. Disponible en: < <https://www6.uniovi.es/usr/feli/pdf/libromdt.pdf>>. Acceso en: 15 jul 2023.
8. FURRIER, M. Caracterización Geomorfológica como Propuesta para la Planificación Ambiental y Territorial. Un Ejemplo de Aplicación en Brasil con Perspectiva de Aplicación en Costa Rica. **Revista Geográfica de América Central** 61, p. 221-246, 2018. DOI: 10.15359/rgac.61-2.8
9. GUTIÉRREZ, M. **Geomorfología**. Pearson Prentice Hall. Madrid, España, 2008. 920p. ISBN-13: 978-8483223895. Disponible en: < <https://lc.cx/6e1PI3>>. Acceso en: 15 may 2023.
10. GUTIÉRREZ, F.; GUTIÉRREZ, M. **Landforms of the Earth. An Illustrated**. Zaragoza, España. Springer, 2016. 270p. DOI: 10.1007/978-3-319-26947-4
11. INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI (IGAC). **El ABC de los suelos para no expertos**. Bogotá: IGAC, 2010. Disponible en: < <https://lc.cx/9yubUx>>. Acceso en: 22 jun 2023.
12. INSTITUTO GEOGRÁFICO MILITAR (IGM). **Memoria técnica de la ciudad de Otavalo**. Generada durante el proyecto "Determinación de la capacidad de acogida del territorio con fines de desarrollo urbano mediante la generación de geoinformación temática a escala 1: 5 000". Quito, 2023. Disponible en: < <https://goo.su/B0pf>>. Acceso 15 dic 2023.
13. HARVEY, A. **Introducing Geomorphology: A Guide to Landforms and Processes (Introducing Earth and Environmental Sciences)**. Dunedin. Liverpool University Press; Second edition, 2022. ISBN-10: 1780461038. Disponible en: <<https://goo.su/BWQj>>. Acceso en: 13 sep 2023.
14. INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA (INAMH). **Visor de estaciones Meteorológicas e hidrológicas**. Quito, 2023. Disponible en: < inamhi.gob.ec>. Acceso en: 29 may 2023
15. JENNY, H. **Factors of soil formation. A system of quantitative Pedology**. Berkeley: McGrawHill Publications in the Agricultural Sciences, 1941. 281p. ISBN: 0486681289, 9780486681283. Disponible en: < <https://goo.su/2667RvF>>. Acceso en: 14 may 2023.

16. KWA, C. The visual grasp of the fragmented landscape: plant geographers vs. plant sociologist. **Historical Studies in the Natural Sciences**, v. 48, n. 2, p. 180-222, 2018. DOI: 10.1525/hsns.2018.48.2.180
17. LLINARES, A.; ORTIZ, R.; MARREO, J. **Riesgo Volcánico**. Madrid: Dirección General de protección Civil y emergencias. Ministerio del Interior. España, 2004. 103p. Disponible en: < <https://volcanesdecanarias.org/guia-de-riesgo-volcanico/>>. Acceso en 12 may 2023.
18. MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERÍA (MAGAP). **Memoria técnica cantón Ambato - Levantamiento de cartografía temática, escala 1:25.000**. Quito, Ecuador, 2015. Disponible en: < <https://lc.cx/uIdPRv>>. Acceso en: 13 abr 2023.
19. MORENO, C. **Fundamentos de Geomorfología**. México D.F: SIIDCA, 1992. 104p. ISBN: 978-968-24-4472-2. Disponible en: < https://etrillas.mx/libro/fundamentos-de-geomorfologia_4976>. Acceso en: 10 oct 2023.
20. BEATE, B.; BLACK, J.; HALL, L.; LANCHOWICZ, H.; MOTHES, P.; SOLIS, C.; VON, C. **El paisaje volcánico de la Sierra Ecuatoriana**. Quito, Ecuador. Corporación Editora Nacional, 1991. 96p. ISBN: 978-9978-84-145-7. Disponible en: <<https://lc.cx/5f7RRZ>>. Acceso en: 20 jun 2023.
21. PAVLOPOULOS, K.; EVELPIDOU, N.; VASSALOPOULOS, A. **Mapping Geomorphological Environments**. Berlín: Springer, 2009. 236p. DOI: 10.1007/978-3-642-01950-0
22. OSPINO, O.; DELGADO, W. Caracterización e identificación de la geomorfología (ambientes y unidades geomorfológicas) en la plancha 121 - Cerrito, Colombia, aplicado a movimientos en masa, escala 1:100.000. **Boletín de Geología**, v. 41, n. 2, p.35-52, 2019. DOI: 10.18273/revbol.v41n2-2019002
23. PELLITERO, R. Geomorfología en Geografía y Ordenación del Territorio, una perspectiva multiescalar y diacrónica. **Polígono Revista de Geografía**, n. 26, p. 59-86, 2015. DOI: 10.18002/pol.v0i26.1699
24. PIERS, B.; CANNON, T.; IAN, D.; WISNER, B. **Vulnerabilidad: el Entorno Social, Político y Económico de los Desastres**. La red, 1996. 292p. ISBN 958-601-664-1. Disponible en: < <https://www.desenredando.org/public/libros/1996/vesped/>>. Acceso en: 10 nov 2023.
25. PRIEGO, S.; BOCCO, G.; MENDOZA, M.; GARRIDO, A. **Propuesta para la generación semiautomatizada de unidades de paisaje**. México D.F: UNAM, 2011. DOI: 10.22201/ciga.9789688179239p.2011
26. PORTA, J.; LÓPEZ-ACEVEDO, M.; ROQUERO, C. **Edafología para la agricultura y el medio ambiente**. 3ª Ed. Madrid, España: Mundi-Prensa, 2003. 960 p. ISBN: 1-4492-8686-0. Disponible en: < <https://lc.cx/nAlhxR>>. Acceso en: 14 jul 2023.
27. QUIROGA, E.; MORALES, L.; USSA, A. La estereoscopia, métodos y aplicaciones en diferentes áreas del conocimiento. **Revista Científica General José María Córdova**, v. 13, n. 16, p. 201-209, 2015. DOI: 10.21830/19006586.37
28. ROVERATO, M.; DUFRESNE, A.; PROCTER, J. **Volcanic Debris Avalanches**. Springer. 2021. 358p. DOI: 10.1007/978-3-030-57411-6
29. SÁENZ, A. La consolidación de asentamientos ilegales urbanos como expansión de la ciudad. Proceso de legalización de la tierra de un barrio periférico de la ciudad de Mendoza (Argentina). **Territorios**, n. 8, p. 113-126, 2002. Disponible en: < <https://revistas.urosario.edu.co/index.php/territorios/article/view/5686>>. Acceso en: 16 dic 2023.
30. SECRETARÍA NACIONAL DE PLANIFICACIÓN (SENPLADES). **Catálogo de objetos geográfico versión 2**. SENPLADES. Quito, 2013. Disponible en: <<https://bit.ly/2UhVnFI>>. Acceso en 10 jun 2023.
31. SECRETARIA DE GESTIÓN DE RIESGOS (SGR). **Referencias básicas para la gestión de riesgos 2013-2014**. Quito. SGR, 2014. Disponible en: < <https://biblioteca.gestionderiesgos.gob.ec:8443/items/show/75>> . Acceso en:16 dic 2023.
32. SILVEIRA, A.; CUNHA, C. Caracterización geomorfológica en zona de expansión urbana: Una contribución al planeamiento territorial. **Revista Brasileña de Geomorfología**, p. 235-244, 2012. DOI: 10.20502/rbg.v13i3.167
33. SOIL SURVEY STAFF. **Claves para la Taxonomía de suelos**. 12ª ed. USDA, NRCS, México, 2014. Disponible en: < <https://lc.cx/OdGrOT>>. Acceso en: 16 may 2023.
34. ENG, L.; ISMAIL, R.; HASHIM, W., MOHAMED, R.; BAHARUM, A. Vegetation Monitoring Using UAV: a Preliminary Study. **International Journal of Engineering & Technology**, v. 7, n. 435, p.223-227. 2018. DOI: 10.14419/ijet.v7i4.35.22736
35. TRICART, J. **Principes et méthodes de la Géomorphologie**. Paris, Masson et Cie, 1965. 496 p. Disponible en: < <https://goo.su/5R9X8tm>>. Acceso en: 20 may 2023.
36. UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUCUMÁN (UNT). **Guía de estudio: Metodología para el estudio de suelos en campo**. Tucumán: Facultad de Agronomía y Zootecnia, 2017. Disponible en: < <https://lc.cx/Qn0146>>. Acceso en: 20 abr 2023.
37. UNIVERSIDAD DE COSTA RICA (UCR). **¿Qué son los flujos piroclásticos?**, Red Sismológica Nacional. UCR, 2019. Disponible en: < <https://lc.cx/fUoX4J>>. Acceso en: 10 sp 2023.
38. VAN ZUIDAM, R. **Aerial photo-interpretation in terrain analysis and geomorphic mapping**. The Hague: Smits Publishers, 1985. ISBN: 9070043246. Disponible en: < <https://catalogue.nla.gov.au/catalog/634961>>. Acceso en: 10 oct 2023.
39. VARGAS, E. **La fotografía aérea y su aplicación a estudios geológicos y geomorfológicos**. La Paz: Comité Ejecutivo de la Universidad Boliviana, 1992. 874p. Disponible en:< <https://lc.cx/Cbi4P2>>. Acceso en: 8 jun 2023.

40. VILLOTA, H. **Geomorfología aplicada a levantamientos edafológicos y zonificación física de tierras**. Bogotá: Instituto Geográfico Agustín Codazzi, 2005. Disponible en: < <https://biblioteca.igac.gov.co/janium/Documentos/1-00778.pdf>>. Acceso en: 26 de sep 2023.
41. WINCKELL, A.; ZEBROWSKI, C.; SOURDAT, M. **Los paisajes naturales del Ecuador**. Quito: IGM del Ecuador, 1997. 441p. Disponible en: < <https://lc.cx/VfFnYx>>. Acceso en: 21 sep 2023.
42. ZINCK, A. **Geopedología. Elementos de geomorfología para estudios de suelos y de riesgos naturales**. The Netherlands: Enschede, 2012. 131p. ISBN: 90-6164-339-2. Disponible en: < <https://www.madrimasd.org/blogs/universo/2012/12/17/143393>>. Acceso 10 dic 2023.
43. ZONNEVELD, I. The land unit - A fundamental concept in landscape ecology, and its applications. **Landscape Ecology**, v. 3, n. 2, p. 67-86, 1989. DOI: 10.1007/BF00131171



Esta obra está licenciada bajo una Licencia Creative Commons Atribución 4.0 Internacional (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>) – CC BY. Esta licencia permite que otros distribuyan, remezclen, adapten y creen a partir de su trabajo, incluso con fines comerciales, siempre que le atribuyan el debido crédito por la creación original.