

1. OBJETIVO

Describir las actividades para la elaboración de la cartografía geomorfológica aplicada a los levantamientos de suelos bajo los criterios técnicos y temáticos definidos por la Subdirección de Agrología del Instituto Geográfico Agustín Codazzi.

2. ALCANCE

Inicia con la definición de los lineamientos conceptuales con el fin de producir estudios de suelos bajo procesos estandarizados que permitan garantizar su calidad, continúa con la interpretación geomorfológica, el control de calidad, la verificación en campo de la interpretación geomorfológica, los ajustes finales de la interpretación, elaboración de la memoria técnica, fases por pendientes de las geoformas, unidades para la categoría ambiente geomorfológico y material geológico, tamaño de las partículas en sedimentos, otras unidades cartográficas y termina con las referencias bibliográficas

Aplica al proceso de Gestión de Información Geográfica, a los servidores públicos y contratistas del subproceso Gestión Agrológica del Instituto Geográfico Agustín Codazzi.

3. DEFINICIONES

- **Agrología:** Parte de las geociencias que se ocupa del estudio de los suelos en relación con su origen, evolución y patrón de distribución en la superficie terrestre. Además, estudia las relaciones suelo – planta, las cuales son fundamentales para la agronomía, en especial para su uso, manejo y conservación.
- **Alterita:** Es el resultado de la alteración de las rocas por procesos físicos, químicos y biológicos.
- **Base de datos geográfica (Geodatabase):** Arreglo ordenado de datos georeferenciados relacionados entre sí, clasificados y agrupados según sus características, bajo control de redundancias e integrados para el desarrollo de aplicaciones y análisis sobre la información.
- **Detrito:** Es el resultado de la descomposición de una masa sólida de rocas en partículas. Corresponde al llamado material suelto, que es producto de la erosión, transporte y la meteorización.
- **Ceniza volcánica:** Material sólido con aspecto de polvo de color gris claro, no soluble en agua, proyectado en el aire por los volcanes durante las erupciones. Está constituido por partículas de rocas, vidrio volcánico y minerales con diámetro menor a 2 milímetros.
- **Fotogrametría:** Es la técnica de obtener información confiable de la dimensión y la posición de los objetos en el espacio, a través de las medidas de intersección de dos o más imágenes de sensores ópticos o sensores remotos; o de una imagen y el modelo digital de elevación del terreno.
- **Geoforma:** Porción de la superficie terrestre (relieve o modelado), que posee atributos comunes en cuanto a su naturaleza, origen, forma, tamaño o tiempo de evolución, que la hace diferenciable de otras y permite agruparla en categorías.
- **Geomorfología:** Disciplina de las ciencias de la tierra que estudia la génesis, evolución y composición de las formas del relieve, así como las causas y los efectos de las fuerzas, los procesos y los agentes que las formaron.
- **Interpretación:** Técnica que permite reconocer, diferenciar, identificar y analizar elementos u objetos con el fin de comprender sus componentes y origen para determinado fin.
- **Levantamiento de suelos:** Corresponde a todas aquellas investigaciones necesarias para determinar las características más importantes de los suelos, permitiendo clasificarlos dentro de un sistema taxonómico, delimitarlos, presentarlos en un mapa y almacenarlos en formato digital en una base de datos, con el fin de interpretarlos desde el punto de vista de su capacidad o aptitud para usos agrícolas, pecuarios e ingenieriles, y predecir su comportamiento y productividad bajo diferentes sistemas de manejo (Soil Science Division Staff, 2017).
- **Modelo Digital de Elevación (DEM):** Superficie en formato digital compuesta por una matriz de píxeles regularmente espaciada, en la cual cada pixel corresponde a un valor de posición (X,Y) y de elevación del terreno (Z).

- **Roca félsica:** Roca ígnea compuesta principalmente por silicio, oxígeno, sodio y potasio, los cuales se expresan principalmente como minerales de cuarzo y feldespato.
- **Roca ígnea:** Roca formada por el enfriamiento y endurecimiento del magma o de rocas en estados de fusión.
- **Roca máfica:** Roca ígnea compuesta principalmente por magnesio y hierro, los cuales se expresan principalmente como minerales de anfíbol, olivino, mica y silicatos del grupo piroxeno.
- **Roca metamórfica:** Corresponde a las rocas ígneas o sedimentarias que han adquirido cambios mineralógicos y texturales por los efectos del calor y la presión de la corteza terrestre.
- **Roca meta-sedimentaria:** Corresponde a la roca metamórfica cuyo protolito fue una roca sedimentaria. Hace referencia a rocas sedimentarias que presentan leves procesos de metamorfismo, conservando parcialmente las características de la roca original.
- **Roca sedimentaria:** Corresponde a la roca formada por la deposición y litificación de sedimentos.
- **Roca volcano-sedimentaria** : Corresponde a la roca de composición mixta, constituida por la intercalación de rocas de origen sedimentario y volcánico.
- **Shapefile:** Formato informático vectorial de almacenamiento digital, que almacena la localización de los elementos geográficos y los atributos asociados a ellos.
- **Suelo:** Cuerpo natural que comprende a sólidos (minerales y materia orgánica), líquidos y gases que se encuentran en la superficie de la tierra y ocupan un espacio determinado, y está definido por una o ambas de las siguientes características: horizontes o capas que se diferencian del material inicial como resultado de adiciones, pérdidas, transferencias y transformaciones de energía o materia; o tiene la capacidad de soportar plantas en un ambiente natural (Soil Science Division Staff, 2017).

4. DESARROLLO

4.1. RECOMENDACIONES

El intérprete de geomorfología debe ser un profesional de las ciencias de la tierra o áreas afines, preferiblemente con amplios conocimientos en geología, geomorfología y sensoramiento remoto; adicionalmente debe tener conocimientos en suelos, coberturas de la tierra, hidrología y clima, entre otras disciplinas que estudian la dinámica ambiental, ya que estas son la base para el análisis geomorfológico previo al proceso de interpretación.

Así mismo, debe gestionar, conocer e interpretar cartografía básica y temática en todas las escalas, contar con un excelente manejo de herramientas SIG y tener nociones de fotogrametría digital, lo que le permitirá interpretar la superficie terrestre y realizar una óptima identificación de las unidades geomorfológicas.

Todos los profesionales que hagan parte de la Subdirección de Agrología deben conocer y analizar los documentos adoptados en el Sistema de Gestión Integrado (mettos, instructivos y formatos), con el propósito de llevar a cabo el procedimiento "Elaboración de cartografía geomorfológica aplicada a levantamientos de suelos" de una forma estandarizada, cumpliendo a cabalidad con los métodos establecidos por la Subdirección.

Se recomienda al profesional que realiza las actividades de interpretación geomorfológica aplicada a los levantamientos de suelos, antes de ejecutar cualquier actividad relacionada con el proceso, realizar un proceso de asimilación del sistema de clasificación geomorfológica y la leyenda de interpretación, donde se establecen las diferentes unidades geomorfológicas definidas para elaborar cartografía a las escalas 1:100.000 y 1:25.000. También es muy importante que el profesional intérprete identifique el marco geológico del área de estudio usando la información de geología más detallada disponible, y que también defina las condiciones climáticas, el uso y la cobertura de la tierra entre otros aspectos.

Es importante que el intérprete consulte en forma permanente el documento "Glosario de términos geomorfológicos aplicados a levantamientos de suelos", donde se consolidan las definiciones

aplicadas para las diferentes unidades geomorfológicas de paisaje, tipo de relieve y forma de terreno identificadas para el territorio colombiano, tanto en su génesis como en los aspectos morfológico, morfométrico y morfocronológico.

4.2. PASO A PASO

El presente documento tiene como objetivo orientar al usuario en el proceso de elaboración de la cartografía geomorfológica aplicada a los levantamientos de suelos a diferentes escalas, de forma estandarizada y controlada, bajo los criterios técnicos y temáticos definidos por la Subdirección de Agrología del Instituto Geográfico Agustín Codazzi. La experiencia lograda durante la realización de los inventarios de suelos y tierras en el territorio nacional permitieron la construcción de estos criterios, los cuales serán descritos a continuación.

4.2.1. LINEAMIENTOS CONCEPTUALES

La Subdirección de Agrología del Instituto Geográfico Agustín Codazzi, conforme con la experiencia adquirida durante varias décadas en el reconocimiento de suelos y la zonificación de tierras en el país, identificó la necesidad de unificar conceptos y procedimientos con el fin de producir estudios de suelos bajo procesos estandarizados que permitan garantizar su calidad. A continuación se presentan los conceptos teóricos que enmarcan el presente instructivo.

4.2.1.1. RELACIÓN GEOMORFOLOGÍA-SUELOS

La geomorfología es la disciplina de las ciencias de la tierra que estudia la génesis, evolución y composición de las formas del relieve, así como las causas y los efectos de las fuerzas, los procesos y los agentes que las formaron (adaptado de Carvajal, 2012). Estas formas del relieve, o geoformas en un sentido amplio, son las unidades geomorfológicas que configuran el relieve actual.

Las geoformas son cuerpos naturales constituidos por un material, un volumen y una forma espacial, que son descritos y delimitados por observación directa en el terreno y mediante la interpretación de aerofotografías, imágenes de satélite, cartas topográficas y modelos digitales de elevación. En este sentido, el término geoforma se utiliza como una denominación genérica para designar todas las unidades geomorfológicas, a cualquier escala cartográfica y cualquier jerarquía.

Zinck (2012) propone un sistema taxonómico para organizar de manera sistemática y jerarquizada las geoformas bajo el enfoque de la geopedología (Tabla 1), el cual consta de seis niveles categorizados que van de lo general a lo particular. En este enfoque se asume que la geomorfología ofrece el marco natural para estudiar la formación, evolución y distribución de los suelos, y coadyuva en el proceso de representación cartográfica.

Tabla 1. Relación entre las categorías de las geoformas y el sistema taxonómico de suelos (Adaptado de Zinck, 2012).

Nivel	Categorías del sistema taxonómico de suelos	Categorías del sistema taxonómico de las geoformas	Nivel de Abstracción
6	Orden	Geoestructura	
5	Suborden	Ambiente morfogenético	
4	Grupo	Paisaje geomorfológico	
3	Subgrupo	Relieve	
		Modelado	
2	Familia	Litología	

Nivel	Categorías del sistema taxonómico de suelos	Categorías del sistema taxonómico de las geoformas	Nivel de Abstracción
		Facies	
1	Subfamilia	Forma de terreno	

En el sistema taxonómico propuesto por el mencionado autor, se establecen equivalencias entre los conceptos genéricos que definen las categorías de las geoformas y las categorías definidas en el sistema taxonómico de suelos, lo que a la vez permite asignar escalas de trabajo y de representación cartográfica.

4.2.1.2. SISTEMA DE CLASIFICACIÓN GEOMORFOLÓGICA

La aplicación de la geomorfología en la elaboración de los levantamientos de suelos requiere que las geoformas estén organizadas en un sistema jerárquico para que puedan ser utilizadas a diversos niveles categóricos, los cuales están de acuerdo con el grado de detalle de la cartografía de suelos.

Para organizar las geoformas identificadas en el relieve colombiano con el fin de elaborar la cartografía geomorfológica que sirve de base para los levantamientos de suelos, fue definido un sistema de clasificación que permite jerarquizar las unidades geomorfológicas de acuerdo con criterios geométricos, genéticos y relacionales, entre los que se incluyen características intrínsecas de las geoformas (como configuración y composición), nivel de pertenencia y subordinación al paisaje geomorfológico y la génesis. En la tabla 2 se presentan las categorías definidas para el sistema de clasificación y una breve descripción de las mismas.

Tabla 2. Sistema de clasificación de las unidades geomorfológicas aplicado a los levantamientos de suelos del IGAC

Nivel	Categoría	Definición abreviada
5	Paisaje geomorfológico	Amplia porción de terreno caracterizada por la repetición de tipos de relieve
4	Ambiente morfogenético	Tipo general de medio biofísico originado y controlado por la geodinámica
3	Tipo de relieve	Forma que compone la superficie terrestre
2	Material geológico	Material que da origen a las formaciones superficiales que recubren la corteza terrestre
1	Forma de terreno	Unidad geomorfológica elemental determinada por los contrastes morfológicos y morfométricos dominantes

El sistema de clasificación de las unidades geomorfológicas Método IGAC que se muestra en la Tabla 2 considera 5 niveles jerarquizados que permiten caracterizar la corteza terrestre desde la visión general (el paisaje geomorfológico) a la detallada (la forma de terreno). El conjunto de geoformas que integran el territorio colombiano fue organizado y estructurado de acuerdo con el sistema de clasificación geomorfológico definido, identificando las unidades para cada una de las categorías del sistema.

4.2.1.3. CATEGORÍAS DEL SISTEMA DE CLASIFICACIÓN GEOMORFOLÓGICA

A continuación se explican las categorías que fueron consideradas en la clasificación geomorfológica jerarquizada para elaborar cartografía temática base para los levantamientos de suelos. Para las categorías de visión general, como son paisaje geomorfológico y ambiente morfogenético, en los siguientes numerales se listan y definen las unidades geomorfológicas que las integran. Para las categorías de alcance regional como son el tipo de relieve y la forma de terreno, las unidades geomorfológicas que las componen son listadas y explicadas en el documento "Glosario de términos geomorfológicos aplicados a levantamientos de suelos".

- ° Paisaje geomorfológico: El paisaje geomorfológico es definido como una amplia porción de terreno que corresponde a una repetición de uno o varios tipos de relieve genéticamente relacionados, o a una repetición de varios tipos de relieve de diferente génesis.

Los paisajes identificados para Colombia son valle, planicie, peneplanicie, altiplanicie, piedemonte, lomerío y montaña (Ver numeral 4.4.).

- Ambiente morfogenético: El ambiente morfogenético es definido como un tipo general de medio biofísico, originado y controlado por un estilo de geodinámica dada, tanto interna como externa de la tierra, o por una combinación de ellas (Zinck, 2012).

En el IGAC para la elaboración de cartografía geomorfológica aplicada a levantamientos de suelos, se identificaron los ambientes estructural, deposicional, denudacional, disolucional y residual (Ver numeral 4.5.). Se considera que un paisaje puede contener uno o varios ambientes morfogenéticos que actuaron en la formación de los relieves.

- Tipo de relieve: El tipo de relieve es definido como el conjunto de formas que componen la superficie terrestre y son el resultado de la acción de las fuerzas internas y externas de la tierra.

En esta categoría fueron consideradas las geoformas que resultan de una determinada combinación de la topografía y la estructura geológica, denominadas relieves, que son controladas mayormente por la geodinámica interna. Incluye también las geoformas que son determinadas por condiciones morfoclimáticas o procesos morfogenéticos específicos, denominados modelados, que son controlados principalmente por la geodinámica externa (IDEAM, 2010b).

En la clasificación jerarquizada nacional se identificaron las unidades de tipo de relieve que componen el territorio nacional, teniendo en cuenta las particularidades del medio biofísico colombiano. Los tipos de relieve son definidos y explicados en el documento "Glosario de términos geomorfológicos aplicados a levantamientos de suelos".

- Material geológico: El material geológico es definido como los materiales que dan origen a las formaciones superficiales que recubren la corteza terrestre, los cuales dependen de la naturaleza petrográfica de las rocas que sirven de sustrato a las geoformas y de los sedimentos que componen los depósitos no consolidados.

De acuerdo con la definición adoptada, los materiales geológicos que componen las geoformas son los productos minerales resultantes de la alteración de las rocas y los sedimentos acumulados por los diferentes agentes físicos que actúan en el medio ambiente. Posteriormente, el material geológico que constituye las formaciones superficiales da lugar, en su parte externa, a la formación y el desarrollo de los suelos.

El material geológico es una información indicativa de la composición petrográfica, mineralógica y granulométrica de las formaciones superficiales no consolidadas y los mantos de alteración de las rocas "in situ" que están presentes y/o constituyen las unidades geomorfológicas. Con base en esta información se puede inferir o realizar una aproximación de la naturaleza de los materiales parentales a partir de los cuales se formaron los suelos. Por lo tanto, la definición de los materiales parentales de los suelos requiere de información adicional que se obtiene durante la realización de los levantamientos de suelos, principalmente en la fase de campo.

Este instructivo define que la información de material geológico es complementaria de las unidades de la categoría "Tipo de relieve" y se convierte en atributo que la caracteriza. En el numeral 4.6. se presentan los grupos de materiales geológicos que fueron definidos para elaborar la cartografía geomorfológica aplicada a los levantamientos semidetallados de suelos para Colombia.

La información sobre tamaño de grano y texturas de las partículas que componen las rocas, las alteritas y los sedimentos utilizados en la tabla del numeral 4.6. está referida a la clasificación de tamaños de sedimentos y detritos propuesta por Udden-Wentworth (en Nichols, 2009), que se muestra en el numeral 4.7. La determinación de los tamaños de las partículas de una muestra específica requiere de la realización de pruebas de los laboratorios de sedimentología y petrografía, que son la base para el inicio del análisis de la génesis de los suelos.

Sin embargo, es importante resaltar que para la determinación de las propiedades granulométricas de las partículas que constituyen el suelo, se sugiere seguir las especificaciones técnicas y clasificaciones definidas por el procedimiento del IGAC para los levantamientos de suelos en el país, las cuales no aplican para el material geológico aquí definido.

- Forma de terreno: La forma de terreno es definida como la unidad geomorfológica elemental determinada principalmente por los contrastes morfológicos y morfométricos, que relacionan el tipo de material o la disposición estructural de estos con la correspondiente topografía del terreno (Carvajal, 2012).

De acuerdo con la definición, la forma de terreno es el nivel inferior de la estructura de clasificación geomorfológica y la unidad de tipo relieve se puede considerar que está representada por un conjunto de unidades geomorfológicas elementales, que son definidas principalmente por la posición dentro de la unidad o por la topografía dominante.

En la clasificación jerarquizada nacional se identificaron para cada unidad de la categoría de tipo de relieve las formas elementales que la componen, teniendo en cuenta las particularidades del medio biofísico colombiano. Las formas de terreno son definidas y explicadas en el documento "Glosario de términos geomorfológicos aplicados a levantamientos de suelos".

4.2.1.4. TAXONOMÍA DE LAS CATEGORÍAS GEOMORFOLÓGICAS

El sistema de clasificación geomorfológica del IGAC es una forma de agrupación de las geoformas de acuerdo con sus atributos morfográficos, morfométricos, morfogenéticos y morfocronológicos, en este caso, con el propósito de servir como base para la elaboración de la cartografía de suelos.

La clasificación geomorfológica nacional está jerarquizada de manera tal que cada categoría constituye un sistema con sus respectivos componentes, donde las categorías inferiores están contenidas en las superiores, manteniendo las relaciones de pertenencia.

De igual manera, constituye un sistema abierto y adaptable a las jerarquías de la información edafológica, que permitió establecer categorías que tienen el nivel de detalle requerido para los niveles exploratorio, general, semidetallado y detallado (Imagen 1), que definió la Subdirección de Agrología del IGAC para realizar el inventario de los suelos del país (IGAC, 2016).

El sistema geomorfológico del IGAC define para Colombia en la categoría de paisaje geomorfológico siete unidades de paisaje, las cuales integran la totalidad del relieve del territorio nacional. En el siguiente nivel o categoría, denominado ambiente morfogenético, para las diferentes unidades de paisaje se pueden identificar cinco unidades de ambiente que dependen del estilo de geodinámica dominante en el medio biofísico.

Para la siguiente categoría de la estructura geomorfológica, denominada tipo de relieve, los paisajes divididos por ambientes son subdivididos en las formas que componen la superficie terrestre. Estas formas a su vez son caracterizadas de acuerdo con el atributo de material geológico, tanto las constituidas por un sustrato rocoso como por sedimentos no consolidados. En este punto, la combinación de tipo de relieve y material geológico ofrece el nivel de detalle requerido para realizar

cartografía geomorfológica escala 1:100.000 que sirve de base para los levantamientos de suelos de escala general.

En la categoría inferior del sistema de clasificación, denominada forma de terreno, la unidad de tipo de relieve (a la cual se ha asignado un material litológico previamente) es dividida en las unidades geomorfológicas fundamentales, que están determinadas por los contrastes morfológicos y morfométricos y son definidos a partir de la posición dentro de la unidad de relieve o por la topografía dominante.

La subdivisión en las formas de terreno de la unidad de tipo de relieve (combinada con el atributo material geológico) ofrece el nivel de detalle requerido para realizar cartografía geomorfológica escala 1:25.000, la cual proporciona la base para los levantamientos de suelos de escala semidetallada.

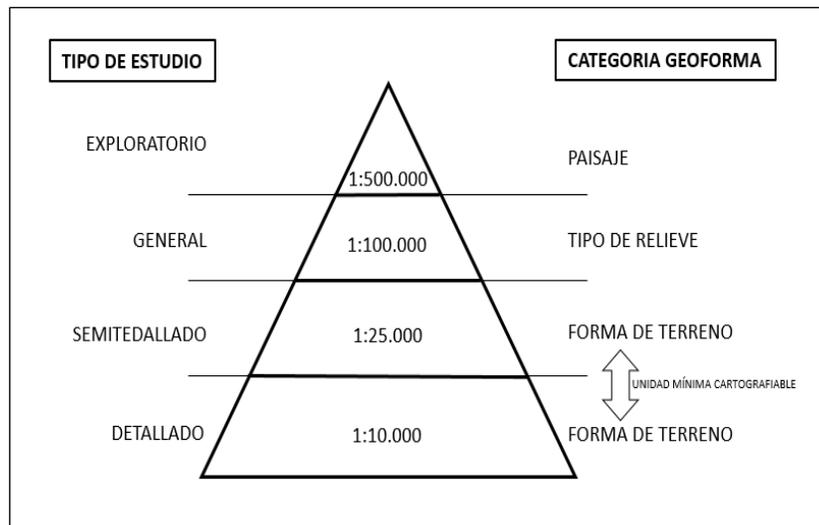


Imagen 1. Relación entre las categorías de las geoformas y los principales niveles de representación cartográfica de los suelos. Fuente: Adaptado de IGAC (1995).

4.2.1.5. ATRIBUTOS GEOMORFOLÓGICOS

Los atributos geomorfológicos son aquellas características y rasgos que diferencian una unidad geomorfológica de otra, o que permiten asociarlas en grupos según su naturaleza, origen, forma, tamaño o tiempo de evolución.

Los principales atributos geomorfológicos son la morfografía, la morfometría, la morfogénesis y la morfocronología; a partir de su conceptualización, el intérprete podrá identificar, diferenciar y agrupar con criterios sólidos las unidades geomorfológicas presentes en el área de estudio. A continuación se enuncian y explican los atributos geomorfológicos considerados para la caracterización de las unidades.

- **Morfografía:** Son aquellos rasgos relacionados con el contorno, la geometría, la topografía y la planimetría de las unidades geomorfológicas, describiendo esencialmente su forma. Según Zinck (2012), estas pueden ir desde plana, como las terrazas, hasta disimétrica o irregular, para algunos tipos de relieves alomados.
- **Morfometría:** Abarca las dimensiones de la geoforma y puede utilizarse en cualquier nivel jerárquico. De acuerdo con Zinck (2012), este atributo implica la longitud, la altura relativa, la densidad de drenaje, el gradiente de pendiente y el índice de inclinación, entre otras características morfométricas. Para cada elemento geomorfológico se determinan las características morfométricas principales que permiten cualificar la geoforma en las categorías de

paisaje, tipo de relieve y forma de terreno, llegando incluso a permitir describir las unidades de la categoría ambiente morfogenético.

- **Morfogénesis:** Es el atributo que describe el origen de cada unidad geomorfológica, a través del análisis del medio biofísico en el que interactúan dinámicas externas e internas, y sobre el cual se crean condiciones diferenciables que modelan los relieves constituyentes de determinado paisaje. De esta manera se pueden distinguir rasgos morfogenéticos asociados a procesos estructurales, deposicionales, disolucionales, denudacionales y residuales. Generalmente los procesos morfogenéticos actúan de manera conjunta.
- **Morfocronología:** Es el marco temporal utilizado en la definición de la historia de las geoformas, el cual, según Zinck (2012) comprende el período Cuaternario. Para definir la edad relativa de las geoformas se utilizan criterios como: grado de actividad de la geoforma, disección, meteorización del material litológico, posición y altura relativa, los cuales deben ser reforzados mediante la comprobación en campo.
En el numeral "Glosario de términos geomorfológicos aplicados a levantamientos de suelos", se enuncian en detalle las características propias de cada atributo y los rangos utilizados para la caracterización de las geoformas.

4.2.1.6. OTRAS UNIDADES CARTOGRÁFICAS

La denominación de otra unidad cartográfica hace referencia a aquellas coberturas de la tierra que están presentes en la superficie terrestre y que interrumpen o segmentan a las geoformas. Estas coberturas, generalmente de origen antrópico, presentan tamaño superior a la unidad mínima cartografiable y son identificables en los sensores remotos disponibles en los insumos, los cuales permiten su delimitación y clasificación en la cartografía temática.

Como complemento a la clasificación jerarquizada nacional, en el numeral 4.8. se presentan las unidades cartográficas de origen antrópico que han sido consideradas como unidades complementarias para la elaboración de cartografía geomorfológica a las escalas 1:100.000 y 1:25.000.

4.2.2. INTERPRETACIÓN GEOMORFOLÓGICA

El presente documento establece las pautas y orienta al intérprete en la elaboración de la cartografía geomorfológica aplicada a levantamientos de suelos, bajo un proceso que utiliza el sistema de clasificación de las unidades geomorfológicas del IGAC (Tabla 1) y las geoformas definidas en el documento "Glosario de términos geomorfológicos aplicados a levantamientos de suelos" a partir de los atributos previamente establecidos.

4.2.2.1. ESCALAS DE TRABAJO

Las escalas de trabajo se relacionan directamente con el tipo de levantamiento de suelos que se va desarrollar, los cuales han sido definidos por la Subdirección de Agrología (IGAC, 2016) en los siguientes niveles:

- Nivel de levantamiento de suelos Exploratorio.
- Nivel de levantamiento de suelos General.
- Nivel de levantamiento de suelos Semidetallado.
- Nivel de levantamiento de suelos Detallado.

Las escalas para los diferentes niveles de los levantamientos de suelos han sido definidas por la Subdirección de Agrología (IGAC, 2010) de la siguiente manera (Imagen 2):

- Escala 1:500.000 : corresponde al nivel exploratorio.
- Escala 1:100.000 : corresponde al nivel general.
- Escala 1:25.000 : corresponde al nivel semidetallado.

- Escala 1:10.000 : corresponde al nivel detallado.

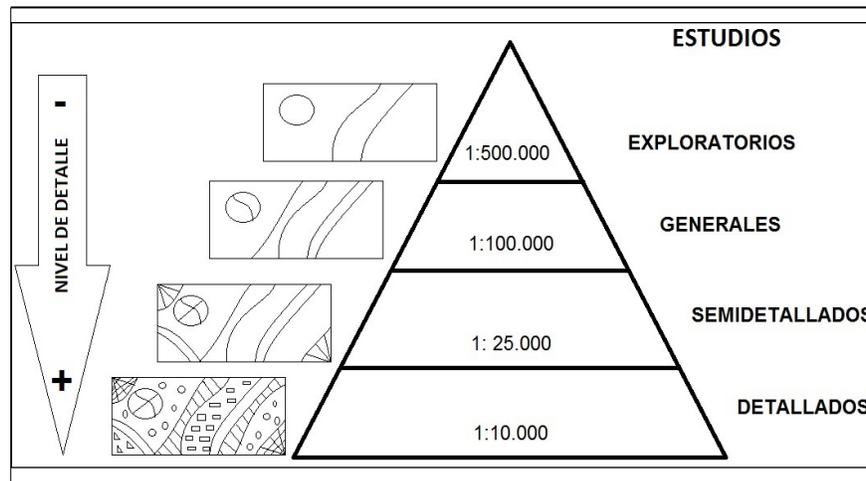


Imagen 2. Tipos de estudios y su nivel de detalle. Fuente: Adaptado de IGAC (2010).

4.2.2.2. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

Para elaborar la cartografía geomorfológica es necesario realizar el proceso de interpretación con los equipos e insumos adecuados, contando siempre con estándares de calidad que permitan obtener un producto acorde con las especificaciones y exigencias requeridas para la elaboración de los levantamientos de suelos. A continuación se presentan las especificaciones técnicas a seguir para generar la cartografía geomorfológica que sirve de base para los estudios de suelos:

- Insumos: Se considera insumo la información digital y análoga utilizada en el proceso de interpretación de las unidades geomorfológicas en cada uno de los métodos implementados y que corresponden a la cartografía básica y temática y a los productos de sensores remotos.

Los insumos principales u obligatorios (**P**), corresponden a información digital o análoga que se considera necesaria e indispensable para realizar la interpretación geomorfológica en los respectivos métodos definidos.

Existen insumos relevantes (**R**), que si bien no son esenciales para la delimitación de las unidades, son indispensables para contextualizar al intérprete y le aportan criterios adicionales para caracterizar y delimitar las unidades geomorfológicas.

Se consideran insumos de apoyo (**A**), o información secundaria, a aquellos que sustentan y confirman los criterios temáticos utilizados por el intérprete durante el proceso de interpretación de las unidades geomorfológicas.

La importancia de un insumo no aplica (**N.A.**), cuando por las características de los insumos (resolución espacial, formato disponible o por su presentación) no es práctico su uso en la escala requerida.

La importancia y aplicabilidad de un determinado insumo será considerada como principal, relevante o de apoyo, calificación que dependerá del método de interpretación utilizado y la escala de trabajo a la cual se realice la interpretación geomorfológica (Tabla 3).

La descripción de estos insumos se encuentra de manera detallada en los instructivos "Elaboración de cartografía geomorfológica digital en 3D aplicada a levantamientos de suelos", "Elaboración de cartografía geomorfológica digital en 2D aplicada a levantamientos de suelos" y "Elaboración de cartografía geomorfológica aplicada a levantamientos de suelos a partir de técnicas análogas".

Tabla 3. Importancia y aplicabilidad de los insumos principales y de apoyo para la interpretación.

INSUMO	MÉTODO	ESCALA			
		1:500.000	1:100.000	1:25.000	1:10.000
Fotografías aéreas en pares estereoscópicos en formato análogo	3D	N.A.	N.A.	A	A
	2D	A	A	A	A
	ANÁLOGO	P	P	P	P
Fotografías aéreas en bloques fotogramétricos digitales con esquemas en formatos .img o .tif	3D	N.A.	A	P	P
	2D	N.A.	A	R	R
	ANÁLOGO	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
Fotografías aéreas ortofotocorregidas y ortofotomosaicos	3D	A	A	A	A
	2D	R	R	P	P
	ANÁLOGO	R	R	A	A
Modelo digital de elevaciones (DEM) obtenido por fotogrametría digital	3D	N.A.	A	R	P
	2D	N.A.	A	P	P
	ANÁLOGO	N.A.	N.A.	A	A
DEM 30m SRTM	3D	P	P	R	A
	2D	P	P	R	A
	ANÁLOGO	A	A	A	A
DEM 12m ALOS-PALSAR	3D	A	A	R	R
	2D	R	P	P	A
	ANÁLOGO	A	A	R	R
DEM 5m GeoSAR	3D	A	R	R	R
	2D	R	R	P	P
	ANÁLOGO	A	A	R	R
Imágenes de radar	3D	A	A	A	A
	2D	R	R	P	P
	ANÁLOGO	A	R	R	A
Imágenes ópticas de alta resolución espacial (Ej. GeoEye, QuickBird, WorldView, Ikonos).	3D	A	R	R	R
	2D	A	P	P	P
	ANÁLOGO	A	A	A	A
Imágenes de satélite ópticas Spot 5	3D	R	R	R	A
	2D	R	P	P	A
	ANÁLOGO	A	R	R	A
Imágenes de satélite ópticas RapidEye y Sentinel 2	3D	R	R	R	A
	2D	R	P	R	A
	ANÁLOGO	A	R	R	A
Imágenes de satélite ópticas Landsat 8	3D	A	A	A	N.A.
	2D	P	P	A	N.A.
	ANÁLOGO	R	R	A	N.A.
Geología	3D	A	A	A	A
	2D	A	A	A	A
	ANÁLOGO	A	A	A	A

INSUMO	MÉTODO	ESCALA			
		1:500.000	1:100.000	1:25.000	1:10.000
Mapas de suelos	3D	A	A	A	A
	2D	A	A	A	A
	ANÁLOGO	A	A	A	A
Cartografía básica en formato digital	3D	R	R	R	R
	2D	R	R	R	R
	ANÁLOGO	R	R	R	R

- Equipos: Los requerimientos de software y hardware varían para cada una de las técnicas de interpretación definidas. En los instructivos vigentes "Elaboración de cartografía geomorfológica digital en 3D aplicada a levantamientos de suelos" y "Elaboración de cartografía geomorfológica digital en 2D aplicada a levantamientos de suelos", se encuentran las especificaciones de software y hardware consideradas para los métodos de interpretación digital en ambiente 2D y 3D.

Para el método de interpretación análoga, los requerimientos de equipos se especifican en el instructivo "Elaboración de cartografía geomorfológica aplicada a levantamientos de suelos a partir de técnicas análogas". En este documento se encuentran descritas tanto las técnicas de interpretación como las de manejo del estereoscopio de espejos. También se relaciona la actividad relacionada con la transferencia de información del formato análogo al digital, la cual es llevada a cabo por el equipo de apoyo cartográfico.

- Áreas mínimas cartografiables y cartografía temática: Según el instructivo "Etapa de poscampo para los levantamientos de suelos", el área mínima cartografiable se define como la unidad más pequeña de superficie que puede ser delimitada en un mapa y considera que varía en función de la escala de trabajo, el nivel de detalle y el objeto de estudio.

El ITC de Holanda, en su metodología para el levantamiento del recurso suelo (Rossiter, 2002), define como área mínima cartografiable a la unidad más pequeña en el mapa que puede ser delineada y que es óptimamente legible, según la escala de trabajo. La mencionada metodología define que esta área es similar a un cuadrado de 0,4 cm por 0,4 cm, mientras que para formas elongadas, como aquellas que siguen los cursos fluviales (albardones, vegas, meandros abandonados, etc.), deben tener al menos 2 mm de ancho (por ejemplo: 50 m para escala 1:25.000 y 20 m para la escala 1:10.000).

Para Colombia, la unidad mínima de representación para la elaboración de cartografía geomorfológica fue definida por IDEAM (2013) como similar al área de un cuadrado de medio centímetro (0,5 cm x 0,5 cm) en el mapa impreso a la escala de trabajo escogida y que corresponde a la unidad cartografiable o dibujo más pequeño que se puede apreciar a una determinada salida gráfica.

En este sentido, se define como unidad mínima de representación para las unidades geomorfológicas objeto de este documento el criterio de ¼ cm² según la escala de trabajo. Se exceptúan de esta consideración las unidades descritas en la Tabla 4 que no cumplen este criterio de área mínima, pero que se pueden mantener por la consideración técnica de conservar la continuidad cartográfica.

En este instructivo se incorporó una excepción a lo establecido por IDEAM (2013) para la definición de la unidad mínima de representación en lo que hace referencia a los estudios de tipo detallado; en este sentido, en este documento se estableció que para la escala de trabajo 1:10.000, la unidad mínima a cartografiar será de 1,0 h. Esta definición se hace a partir de la experiencia obtenida en

la aplicación de este documento en los proyectos de la Subdirección de Agrología y en las recomendaciones de metodologías internacionales para realizar cartografía de suelos (Rossiter, 2002; Wanbeke y Forbes, 1985).

Tabla 4. Áreas mínimas cartografiables para los levantamientos de suelos y las excepciones. Fuente: Adaptado de IGAC (2010).

ESCALA	TIPO DE ESTUDIO	ÁREA MÍNIMA (ha.)	EXCEPCIONES PARA ÁREAS MÍNIMAS
1:500.000	Exploratorio	625	- Cambio de paisaje - Cuerpos de agua - Unidades de origen antrópico - Zonas de empalme
1:100.000	General	25	- Cambio de paisaje - Tipo de relieve - Cuerpos de agua - Unidades de origen antrópico - Zonas de empalme
1:25.000	Semidetallado	1,6	- Cambio de paisaje - Vallecitos - Límite área de estudio - Zonas de empalme
1:10.000	Detallado	1,0	- Cambio de paisaje - Vallecitos - Límite área de estudio - Zonas de empalme

- ° Estructura de la geodatabase: En el proceso de captura y registro de la información cartográfica correspondiente a las unidades geomorfológicas aplicadas a los levantamientos de suelos y su respectivo almacenamiento en los repositorios de conservación, se debe estructurar una Geodatabase o base de datos geográfica, que cumpla con las características definidas en las Tablas 5 y 6.

Para asignar el nombre de la geodatabase se tendrán en cuenta las especificaciones definidas en la Tabla 5 y las recomendaciones para su creación que se dan a continuación. Se debe tener en cuenta que la estructura de la geodatabase definida para la información geomorfológica es independiente del método de interpretación utilizado y de la escala de trabajo definida.

Tabla 5. Información requerida para definir el nombre de la geodatabase para integración de la información geomorfológica.

NOMBRE DE LA GEODATABASE DE INTERPRETACIÓN GEOMORFOLÓGICA	
Temática	Geomorfología (GEO)
Proyecto	Nombre del proyecto al cual pertenece la interpretación a realizar; definido a partir de las indicaciones de la Subdirección de Agrología
Escala	Se indica la escala del proyecto, de acuerdo al nivel de levantamiento de suelos establecido para el proyecto (500K, 100K, 25K o 10K)

Para la creación de la geodatabase, debe seguirse el siguiente orden:

1. En la carpeta asociada al proyecto de interpretación se debe crear la geodatabase (.gdb); el nombre se asignará de la manera como lo refiere la Tabla 5, como se ilustra a continuación y en el ejemplo de la Imagen 3:

Temática_Proyecto_Escala.gdb

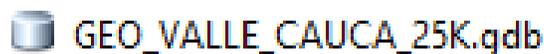


Imagen 3. Ejemplo de nombramiento de una Geodatabase de la temática Geomorfología.

Dentro de la geodatabase, se debe crear un Feature Dataset para almacenar la interpretación geomorfológica y otros elementos relacionados al proceso (como puntos de control de calidad, puntos de verificación en campo y topología). El nombre se asignará bajo la temática GEOMORFOLOGIA, como se ilustra en el ejemplo de la Imagen 4:

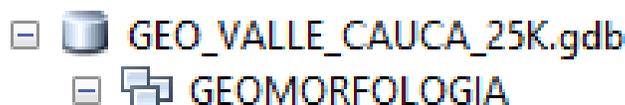


Imagen 4. Ejemplo de nombramiento de un Feature Dataset de la temática Geomorfología.

Es necesario resaltar que al momento de crear el Feature Dataset, se le debe asignar el sistema de referencia (Projected Coordinate Systems), el cual se encuentra en el directorio "National Grids" - "South America". Al momento de asignar el sistema de referencia se debe tener clara la ubicación del área de proyecto de acuerdo con los orígenes de la cartografía oficial de Colombia:

- MAGNA Colombia Bogotá.
- MAGNA Colombia Este.
- MAGNA Colombia Este Este.
- MAGNA Colombia Oeste.
- MAGNA Colombia Oeste Oeste.

En el caso de que el área a interpretar esté localizada en dos orígenes, se debe seleccionar el origen que tiene mayor cubrimiento de área del proyecto en cuestión; también se puede seleccionar el sistema de coordenadas geográficas GCS_MAGNA si el área del proyecto se encuentra en dos o más orígenes.

2. Al interior del Feature Dataset se crea un Feature Class de geometría tipo polígono, donde se estructurará la información correspondiente a la interpretación geomorfológica. El nombre se asignará como se ilustra a continuación y en el ejemplo de la Imagen 5:

"Temática_Proyecto_Escala_Versión_Fecha (AAAAMMDD)".



Imagen 5. Ejemplo de nombramiento del Feature Class de la temática Geomorfología

Nota: En la geodatabase de producción individual (o la que corresponde a un intérprete en particular) donde se realiza la captura inicial de la información geomorfológica, deben agregarse las iniciales del nombre y apellidos (máximo 3 caracteres) del intérprete a la denominación de la Geodatabase y del Feature Class. Por ejemplo, la Geodatabase individual tendría la denominación "Temática_Proyecto_InicialesIntérprete_Escala.gdb", y el feature class de captura "Temática_Proyecto_InicialesIntérprete_Escala_Versión_Fecha (AAAAMMDD)".

3. En la **Tabla de Atributos** (Attribute Table) del Feature Class, se deben crear los siguientes campos con las especificaciones que se describen y definen en la tabla 6.

Tabla 6. Descripción de campos para la tabla de atributos de Feature Class para caracterizar las unidades geomorfológicas interpretadas.

Nombre del campo o Dominio (Field Name)	Tipo de dato (Data type)	Valores (Field Properties)	Descripción
PAISAJE	Text	25 caracteres	Hace referencia al nombre de la unidad de paisaje geomorfológico, de acuerdo con el numeral 4.4.
AMBIENTE	Text	50 caracteres	Se refiere al nombre del ambiente morfogenético que caracteriza a la unidad de paisaje, de acuerdo con el numeral 4.5.
T_RELIEVE	Text	150 caracteres	Corresponde al nombre de la unidad de tipo de relieve que conforma el paisaje geomorfológico, de acuerdo con el documento vigente

Nombre del campo o Dominio (Field Name)	Tipo de dato (Data type)	Valores (Field Properties)	Descripción
			"Glosario de términos geomorfológicos aplicados a levantamientos de suelos".
MATERIAL	Text	254 caracteres	Se refiere al tipo de material geológico que constituye la unidad de tipo de relieve, de acuerdo con la lista del numeral 4.6.
F_TERRENO	Text	50 caracteres	Se refiere al nombre de la unidad de forma de terreno que constituye al tipo de relieve identificado, de acuerdo con el documento vigente "Glosario de términos geomorfológicos aplicados a levantamientos de suelos".
SIMBOLO	Text	12 caracteres	Es el código asignado a cada unidad de forma de terreno incluida en la leyenda de interpretación geomorfológica. Es un código único que representa la combinación de las unidades geomorfológicas de diferente categoría (paisaje + tipo de relieve + material geológico + forma de terreno).
PENDIENTE	Text	4 caracteres	Se refiere a la calificación de la pendiente de la geoforma (en porcentaje) de acuerdo con los rangos y códigos establecidos en la Tabla 10 y en el instructivo vigente "Descripción y Muestreo de Suelos".
SIM_FINAL	Text	12 caracteres	Corresponde al código resultante de la concatenación de los códigos de las columnas SIMBOLO y PENDIENTE, realizada con la herramienta "Field Calculator" de ArcGIS.
AREA_ha	Double		Hace referencia al valor del área en hectáreas (ha) de cada polígono.
AREA_KM2	Double		Es el valor del área en kilómetros cuadrados (Km ²) de cada polígono.
PROYECTO	Text	50 caracteres	Nombre del proyecto al que corresponda el área de interpretación. Ejemplo "INTERPRETACIÓN VALLE DEL CAUCA".
INTERPRETE	Text	50 caracteres	Hace referencia al nombre completo del intérprete que ha realizado la interpretación. Ejemplo "PAULA PÉREZ".
OBSERVACIONES	Text	254 caracteres	Corresponde a la observación y/o aclaración que tenga el intérprete o el profesional de control de calidad, durante el proceso de interpretación geomorfológica; sirve como referencia de trabajo mientras se aclaran dudas, incluyendo la comprobación de campo.

Nota: Los campos anteriormente reseñados pueden presentar variaciones según los requerimientos de la interpretación a realizar y por los lineamientos específicos emitidos por el Subdirector de Agrología. En circunstancias normales, estos campos serán obligatorios en la estructura de la base de datos geográfica.

4.2.2.3. Métodos de interpretación

Conforme se presenta el avance de las tecnologías geoespaciales y se actualizan las técnicas para realizar los levantamientos de suelos y sus aplicaciones en el país, se han estandarizado diferentes métodos para la elaboración de cartografía geomorfológica aplicada a los levantamientos de suelos, los cuales son utilizados de acuerdo con los requerimientos y las necesidades de la Subdirección de Agrología.

A continuación se describen y caracterizan en forma resumida los métodos de interpretación utilizados:

- ° Interpretación análoga con aerofotografías: Este método se utiliza cuando el insumo principal para realizar la interpretación es la fotografía aérea en formato análogo (papel impreso). La utilización de este insumo requiere de la participación de profesionales con la experticia requerida para el manejo de equipo especializado, así como de grandes volúmenes de aerofotografías durante el proceso de identificación de las unidades geomorfológicas. Para este método de interpretación se requiere usar el estereoscopio de espejos, y es necesario realizar un proceso adicional de transferencia de la información temática del formato análogo al formato digital, el cual es realizado por el equipo de apoyo cartográfico. El paso a paso a seguir para este método de interpretación se encuentra descrito en el instructivo vigente "Elaboración de cartografía geomorfológica aplicada a levantamientos de suelos a partir de técnicas análogas".
- ° Interpretación digital en ambiente 2D: Este método consiste en realizar la captura digital de la información cartográfica temática a partir de la utilización de insumos digitales 2D, siendo necesario

contar con profesionales intérpretes que posean un alto nivel de conocimiento temático para la identificación de las unidades geomorfológicas y un excelente manejo de software SIG. La delimitación de las unidades geomorfológicas se realiza mediante el uso combinado y múltiple de insumos que permiten al intérprete definir los límites de las unidades. Como ejemplo de estos insumos se tiene: la superficie de sombras generada a partir de los modelos digitales de elevación (DEM), las imágenes ópticas multispectrales de diferente resolución, la cartografía geológica con litología y estructuras, la cartografía básica con drenajes, entre otros. El uso de estos insumos se complementa con la elaboración de perfiles topográficos y demás técnicas digitales que facilitan la modelación de la superficie terrestre. Para llevar a cabo este método de interpretación se deben seguir las indicaciones señaladas en el instructivo "Elaboración de cartografía geomorfológica digital en 2D aplicada a levantamientos de suelos".

- Interpretación digital en ambiente 3D: Este método consiste en realizar la captura digital de la información cartográfica temática a partir de la utilización de insumos 3D (principalmente fotografías aéreas procesadas en bloques fotogramétricos digitales), por lo que es necesario contar con profesionales intérpretes que posean un alto nivel de conocimiento temático para la identificación de las unidades geomorfológicas, nociones de fotogrametría digital y un manejo adecuado de las herramientas específicas de captura de información digital en ambiente 3D, como las extensiones Erdas Stereo Analyst y DAT/EM Summit Evolution, ambas aplicaciones para uso en la plataforma ArcGIS de ESRI. El instructivo "Elaboración de cartografía geomorfológica digital en 3D aplicada a levantamientos de suelos", contiene las especificaciones para llevar a cabo este método de interpretación.

4.2.3. CONTROL DE CALIDAD

Este proceso comprende la revisión y el acompañamiento de la totalidad de las actividades acometidas durante la etapa de realización de la interpretación geomorfológica, que van desde la elaboración de la leyenda geomorfológica preliminar, la verificación de los insumos y la información de referencia, hasta la asesoría temática al intérprete y la entrega del aval de la interpretación realizada. El proceso de control de calidad se encuentra descrito en el instructivo vigente "Control de calidad de la interpretación geomorfológica digital aplicada a levantamientos de suelos", el cual es válido para la interpretación realizada con cualquier método y nivel de detalle.

La realización de la actividad de control de calidad de la cartografía temática se apoya en el registro del conjunto de observaciones y recomendaciones impartidas por el profesional de control de calidad al intérprete durante el proceso de identificación y delimitación de las unidades geomorfológicas. Este registro se lleva en formato digital Feature Class de geometría tipo punto, que debe ser estructurado en la geodatabase y en el Feature Dataset del proyecto de interpretación geomorfológica (Imagen 4) y cuya denominación se muestra a continuación y se ejemplifica en la Imagen 6:

"PCC_Proyecto_Escala_Versión_Fecha (AAAMMDD)"

 **PCC_VALLE_CAUCA_25K_VF_20181211**

Imagen 6. Ejemplo de nombramiento del Feature Class para el control de calidad

Nota: En la geodatabase de producción individual (o la que corresponde a un intérprete en particular) donde se realiza la captura inicial de la información geomorfológica, debe agregarse las iniciales del nombre y apellidos (máximo 3 caracteres) del intérprete a la denominación del Feature Class de control de calidad. Por ejemplo, el feature class de control de calidad debería ser denominado "PCC_Proyecto_InicialesIntérprete_Escala_Versión_Fecha (AAAAMMDD)".

La estructura de la tabla de atributos de los puntos de control de calidad y su descripción se define en la Tabla 7. Bajo esta estructura debe registrarse para cada punto de observación un comentario, una verificación de atención a dicha observación y una nota sobre la recomendación de realizar trabajo de campo para dar soporte adicional a la interpretación.

Tabla 7. Descripción de campos para la tabla de atributos del Feature Class para registrar las observaciones del profesional de control de calidad.

Nombre del campo	Tipo de campo	Propiedades	Descripción
Comentario	Texto	255 caracteres	Se registra la observación del profesional de control de calidad para ajuste de conformidad temática, calidad y precisión de línea, nivel de detalle, material geológico y delimitación de pendientes.
Control	Texto	50 caracteres	Hace referencia al nombre completo del profesional que ejerce las labores de control de calidad. Ejemplo "PEDRO RODRÍGUEZ".
Verificación	Texto	2 caracteres	Se registra con SI o NO ; hace referencia a la acción tomada para comprobar, corregir o atender la observación realizada por el profesional de control de calidad.
Campo	Texto	2 caracteres	Se registra SI o NO ; hace referencia a la necesidad de realizar la verificación de campo en el sitio de la observación.

A continuación, se mencionan los principales criterios de evaluación y los aspectos considerados para realizar la actividad de control de calidad de la cartografía temática:

- Calidad de trazo de la línea: Esta no debe presentar trazos irregulares o rectos.
- Precisión temática de la línea: Se refiere a que tan ajustada está con respecto al límite de la geoforma.
- Calidad temática del polígono: Se relaciona con el correcto nombramiento del polígono, si conserva coherencia con las unidades adyacentes y con la estructura jerárquica de la leyenda de interpretación geomorfológica aplicada a levantamientos de suelos (paisaje – ambiente morfogenético – tipo de relieve – forma de terreno).
- Nivel de detalle de la unidad: Se identifica si el polígono involucra dos o más unidades geomorfológicas que puedan ser diferenciadas de acuerdo con la escala del estudio.
- Material geológico: Evalúa si al polígono le fue asignado el código correcto de material geológico, según lo especificado en la leyenda de interpretación geomorfológica aplicada a levantamientos de suelos y los insumos utilizados.

En la versión final de la interpretación, el profesional de control de calidad avalará la consistencia digital del producto, en lo relacionado con el nombre, la estructura de la base de datos geográfica, el sistema de proyección, la conformidad de la tabla de atributos, la calidad topológica y el cumplimiento del área mínima cartografiable. Deben seguirse los instructivos para la elaboración de cartografía geomorfológica aplicada a levantamientos de suelos, en cada uno de los métodos de interpretación considerados.

Finalmente, el profesional de control de calidad verificará el proceso de trabajo de campo cuando sea necesario, desde la propuesta del recorrido de campo, la comprobación de las observaciones y la toma de registros, hasta los ajustes poscampo realizados en la capa final de la interpretación geomorfológica.

4.2.4. VERIFICACIÓN EN CAMPO DE LA INTERPRETACIÓN GEOMORFOLÓGICA

La verificación en campo de la interpretación geomorfológica es un aspecto fundamental para la validación de la cartografía temática, independiente de los métodos de interpretación anteriormente mencionados. Este conjunto de actividades permite resolver las dudas que surgieron durante el proceso de interpretación, fortalece los conceptos técnicos aplicados en la identificación de las unidades geomorfológicas y ayuda a mejorar y fortalecer las técnicas de análisis y observación de los intérpretes.

Para realizar el registro de las actividades relacionadas con la verificación en campo de la interpretación geomorfológica se debe aplicar lo reseñado en los instructivos vigentes "Trabajo de campo para la elaboración de cartografía geomorfológica aplicada a levantamientos de suelos" y "Control de calidad de la interpretación geomorfológica digital aplicada a levantamientos de suelos", en los cuales se presentan las siguientes actividades y criterios de evaluación:

- Se establece el recorrido y se preparan los insumos e instrumentos de campo tales como cartografía, libreta, GPS, cámara fotográfica, nivel tipo Abney, tableta con información cartográfica, martillo geológico, barreno, entre otros.
- La selección de los puntos de campo a revisar se realiza a partir de la información de los puntos de observación que fueron recomendados por los profesionales de control de calidad y que están consignados en la geodatabase del proyecto de interpretación relacionado. Se recomienda que se visiten y revisen todos y cada uno de los puntos seleccionados, registrando en la cartografía análoga o en los insumos digitales la información obtenida en cada una de las observaciones de campo, incluyendo consideraciones sobre el posible ajuste requerido o la corroboración realizada.
- En caso de no poder acceder a un sitio de observación, se buscará una posición óptima sobre la cual puedan tomarse los registros necesarios. Para apoyo del proceso se sugiere marcar en todo momento la ruta del recorrido diario (Track Log) en un dispositivo GPS o equivalente, ya que esto servirá posteriormente para asociar los sitios visitados con los registros realizados y guardar el orden de la verificación.
- La toma del registro escrito se hará una vez se realice la observación de campo y la respectiva verificación de la información; debe hacerse la respectiva anotación en la libreta de campo, el registro fotográfico y la captura de las coordenadas del punto de verificación en campo con un dispositivo GPS o equivalente. Para el almacenamiento de la información obtenida en el proceso de revisión de campo debe utilizarse un archivo shapefile de geometría tipo punto, con la estructura de la tabla de atributos definida en la Tabla 8.

Tabla 8. Descripción de campos para la tabla de atributos del shapefile de verificación en campo.

Nombre del campo	Tipo de campo	Propiedades	Descripción
Número de punto	Double		Identificador ordinal que llevará cada punto; será un número acorde con el orden de toma.
Fecha	Date		Fecha de toma del punto; es un campo de fecha creado en la tabla de atributos y será AAAAMMDD (2017/07/30).
Observaciones	Text	254 caracteres	Corresponde a la verificación y/o ajuste que se hará de la unidad geomorfológica / material geológico, observado durante el trabajo de campo.
Fotografía	Text	254 caracteres	Denominación de la(s) fotografía(s) tomada(s) para registrar cada punto de observación, de acuerdo con la codificación impuesta por la cámara fotográfica.

Nota: Si bien el proceso de verificación en campo se centra en los puntos de observación previamente definidos con el profesional de control de calidad, el intérprete deberá observar la totalidad de la interpretación de manera constante y minuciosa durante todo el recorrido, con el fin de identificar alguna posible inconsistencia que no fue detectada durante las etapas de interpretación y de control de calidad en la oficina. Esto garantizará mayor precisión y calidad del producto final.

- Los puntos de verificación en campo recolectados por los intérpretes y verificados por el profesional de control de calidad deben ser compilados y estructurados con todos sus atributos en la geodatabase y en el Feature Dataset del proyecto de interpretación geomorfológica (Imagen 4), con el fin de conservar las evidencias del proceso de control y revisión de la calidad del producto. La denominación del Feature Class que debe contener la información de los puntos de verificación en campo se aprecia a continuación y se ejemplifica en la Imagen 7:

"OBS_Proyecto_Escala_Versión_Fecha (AAAMMDD)"

 OBS_VALLE_CAUCA_25K_VF_20181211

Imagen 7. Ejemplo de nombramiento del Feature Class para los puntos de verificación en campo

4.2.5. AJUSTES FINALES DE LA INTERPRETACIÓN

Corresponde a la última etapa del proceso de interpretación geomorfológica y comprende un conjunto de actividades que son detalladas en el instructivo vigente "Control de calidad de la interpretación geomorfológica digital aplicada a levantamientos de suelos". En el mencionado documento se encuentran todos los pasos y las actividades requeridas para realizar la entrega de la versión final de la capa de geomorfología obtenida al culminar la interpretación.

La etapa de ajuste final de la interpretación contempla la inclusión de las diferentes observaciones realizadas durante el proceso de validación de campo y las observaciones derivadas de las revisiones de los profesionales de control de calidad y de levantamiento de suelos. Las siguientes son las principales consideraciones contempladas en esta etapa:

- **Observaciones hechas por el profesional de control de calidad:** Las observaciones realizadas por los profesionales de control de calidad deben ser atendidas en su totalidad por parte de los intérpretes y se deben consolidar en un sólo Feature Class, estructurado como se define en la Tabla 7 y nombrado como se define en la Imagen 6.
- **Verificaciones de campo:** Estas deben haber sido realizadas en su totalidad sobre el terreno y los ajustes derivados de estas observaciones deben reflejarse en la cartografía de las áreas visitadas. Se deben consolidar en un sólo Feature Class, estructurado como se define en la Tabla 8 y nombrado como se define en la Imagen 7.
- **Observaciones de los edafólogos:** El Subdirector de Agrología, designará a un profesional para reportar el conjunto de observaciones recogidas en la fase de campo realizada por los edafólogos. Estas serán recibidas, analizadas y resueltas por parte del equipo técnico designado, teniendo en cuenta que deben ser justificadas y contar con el debido soporte técnico-temático requerido; de igual manera, deben estar sustentadas en los procedimientos, instructivos y formatos generados por la Subdirección de Agrología. Las modificaciones acordadas por el equipo técnico derivadas de la actividad de revisión deben reflejarse en la capa final de geomorfología; cualquier cambio o ajuste deberá contar con la previa autorización por parte del profesional de control de calidad.

Las observaciones de campo reportadas por los edafólogos serán entregadas y consolidadas en un archivo shapefile de geometría tipo punto, al cual se le incluirán 2 columnas adicionales con las características que se definen en la Tabla 9.

Tabla 9. Descripción de campos adicionales para la tabla de atributos del shapefile de observaciones de edafólogos.

Nombre del campo	Tipo de campo	Propiedades	Descripción
REVISION	Text	10 caracteres	Campo donde se coloca SI/NO, atendiendo o no la recomendación realizada por los edafólogos
COMENTARIO	Text	254 caracteres	Campo donde se consignan las observaciones derivadas de la revisión del punto sugerido

Todos los ajustes, cualquiera que sea su origen (observaciones del control de calidad, verificación de campo o verificación de edafólogos), deben reflejarse en la versión final de la capa de interpretación geomorfológica que será avalada como producto final.

Se realizará la revisión y validación de la consistencia topológica de la versión final de la capa digital de la geomorfología aplicada a levantamientos de suelos. Una vez realizado este paso de control de calidad digital, la interpretación será entregada, acompañada de una socialización de la información por parte de los intérpretes responsables, junto con la leyenda de interpretación geomorfológica aplicada a los levantamientos de suelos.

Nota: El profesional de control de calidad, junto con el equipo de intérpretes, definirán si es pertinente realizar ajustes adicionales.

4.2.6. ELABORACIÓN DE LA MEMORIA TÉCNICA

La memoria técnica corresponde al documento explicativo que sirve de apoyo para la comprensión de la interpretación geomorfológica aplicada a levantamientos de suelos. Ella debe contener la síntesis de información geológica y geomorfológica de la zona de estudio, redactada y presentada de una manera clara, sencilla, relevante y concreta, para facilitar la comprensión integral de los estudios de suelos.

Las pautas para su elaboración se encuentran en el documento "Elaboración del informe descriptivo de las unidades geológicas y geomorfológicas aplicado en los estudios de suelos a diferentes escalas".

La revisión de este documento la realizará el profesional de control de calidad y será aprobada por el Subdirector de Agrología; en este proceso, el documento deberá atender las normas de redacción y presentación de documentos vigentes definidas por la Subdirección de Agrología para el momento de su presentación.

4.3. FASES POR PENDIENTE DE LAS GEOFORMAS.

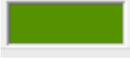
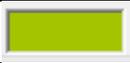
Posterior al proceso de interpretación geomorfológica digital aplicada a levantamientos de suelos, es posible generar el producto adicional de delimitación de la fase por pendiente dentro de cada geoforma, de acuerdo con los requerimientos.

La unidad mínima de representación para las unidades de la fase por pendiente de las geoformas se define para la escala 1:25.000 en 6,25 hectáreas y para la escala 1:10.000 en 4,0 hectáreas.

La delimitación y calificación de la fase por pendiente de las geoformas debe ser realizada en ambiente 2D, y para esta actividad se utiliza el Modelo de Pendientes (Slope), derivado del Modelo de Elevación Digital (DEM por sus siglas en inglés), el cual ha sido avalado por la Subdirección de Cartografía y Geodesia del Instituto Geográfico Agustín Codazzi.

El Modelo de Pendientes muestra el gradiente o tasa de cambio en el eje Z con respecto a la superficie (ejes X y Y). Se calcula en porcentaje de inclinación y se emplea la clasificación adoptada por la Subdirección de Agrología con la siguiente paleta de colores:

Tabla 10. Clasificación de la pendiente por rangos y la escala de colores asignada para su visualización

CÓDIGO	CLASE DE PENDIENTE	PENDIENTE (%)	VALOR RGB	COLOR
a	Ligeramente plano	0 - 3	R:0 - G:97 - B:0	
b	Ligeramente inclinado	3 - 7	R:85 - G:145 - B:0	
c	Moderadamente inclinado	7 - 12	R:164 - G:196 - B:0	

CÓDIGO	CLASE DE PENDIENTE	PENDIENTE (%)	VALOR RGB	COLOR
d	Fuertemente inclinado	12 - 25	R:0 - G:255 - B:197	
e	Moderadamente escarpado	25 - 50	R:255 - G:186 - B:0	
f	Escarpado	50 - 75	R:255 - G:0 - B:0	
g	Muy escarpado	> 75	R:0 - G:0 - B:0	

En el instructivo vigente "Descripción y muestreo de suelos", se encuentra la caracterización de los rangos de pendiente.

Así mismo, en el instructivo vigente "Elaboración de cartografía geomorfológica digital en 2D aplicada a levantamientos de suelos", puede profundizarse en el proceso de generación del modelo de pendientes y su utilidad en el proceso de interpretación geomorfológica.

Teniendo en cuenta la distribución espacial de cada uno de sus rangos, desde un valor de estimación aproximado del 50%, se realiza la agrupación por áreas homogéneas de rango o color. En la Imagen 8, se muestra el patrón para la estimación del porcentaje de cobertura de fragmentos gruesos y moteados según la guía para la descripción de suelos de la FAO (2009), el cual ha sido asociado y utilizado para la agrupación de los valores de pendiente en rangos o fases.

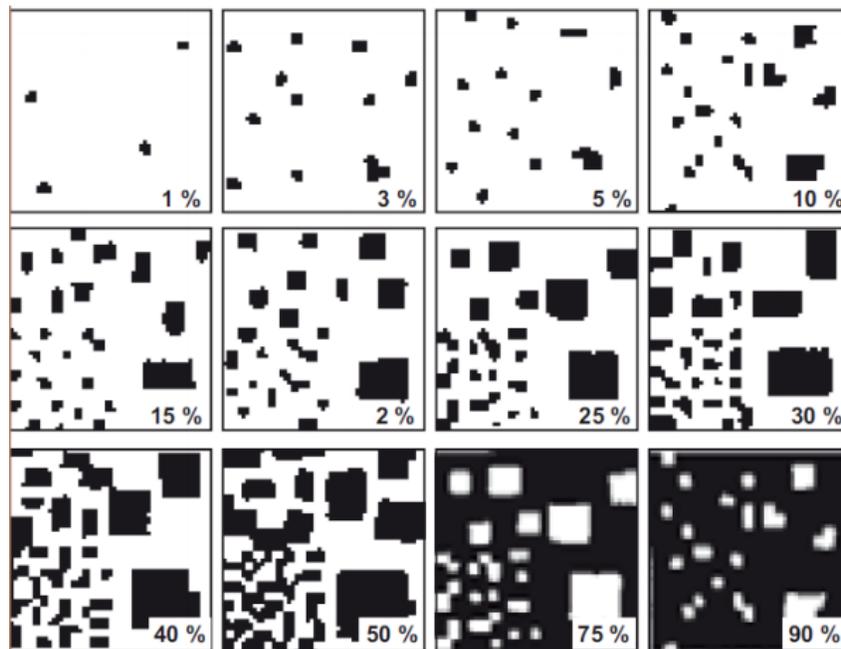


Imagen 8. Patrón de estimación de los porcentajes para calcular el valor del rango de la pendiente dominante. Fuente: Adaptado de FAO (2009).

Con la ayuda de los patrones para cuantificar los porcentajes de área, el intérprete realiza la segmentación de los diferentes rangos de valor de pendiente (fase) para cada geoforma que ha sido previamente identificada y delimitada, como se ilustra en el ejemplo de la Imagen 9.

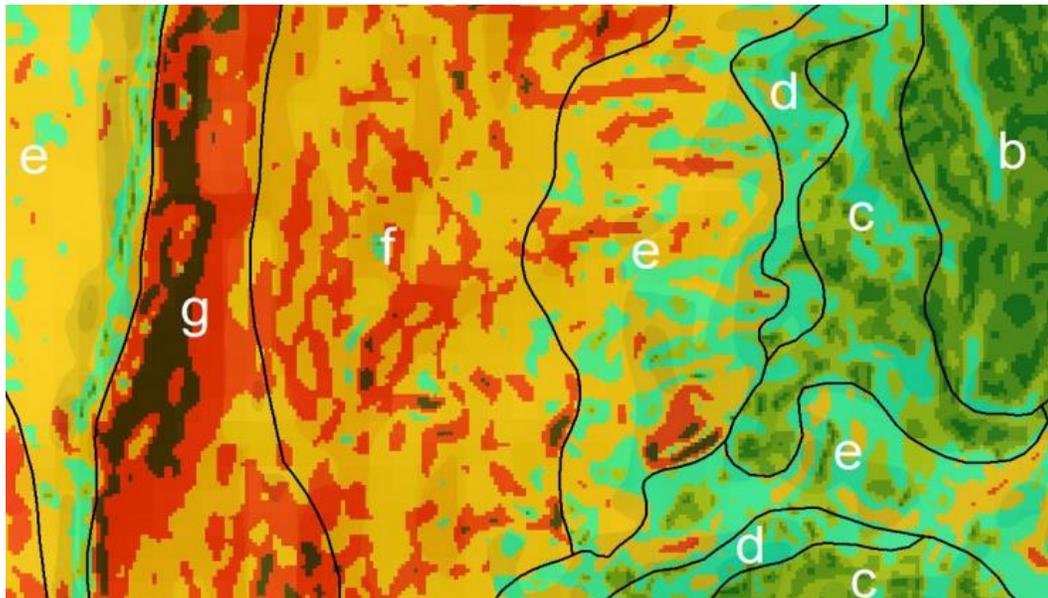


Imagen 9. Delimitación de las fases por pendiente de las geofomas previamente identificadas. Fuente: IGAC (2017).

4.4. UNIDADES PARA LA CATEGORÍA PAISAJE GEOMORFOLÓGICO.

Los paisajes geomorfológicos considerados para Colombia se definen de la siguiente manera:

- **Valle:** superficie alargada y plana, confinada entre zonas circundantes de relieve más alto, que tienen como eje un cauce principal y donde la confluencia de corrientes secundarias es frecuente. Su origen está relacionado con los aportes longitudinales de materiales transportados por el río principal y que son distribuidos en los planos de acumulación, en procesos sucesivos de selección granulométrica lateral y vertical.
- **Planicie:** superficie extensa, plana a ligeramente plana, de posición baja y no confinada. Su origen está relacionado con la acumulación sobre cuencas sedimentarias de detritos principalmente aluviales y en menor proporción de lacustres, marinos y eólicos. Generalmente forman sistemas aluviales complejos donde actúan varios ríos y es frecuente la divagación y la difluencia de corrientes. También está relacionada con extensos depósitos de sedimentos de origen eólico acumulados sobre plataformas levantadas.
- **Peneplanicie:** superficie extensa ligeramente ondulada, de altura media, no confinada; está caracterizada por la repetición sistemática de cerros bajos de formas acolinadas y alomadas, con cimas de similar altura, separados por una densa red hidrográfica de patrón reticular. Los relieves se formaron por erosión y aplanamiento de un relieve de topografía accidentada durante un largo período de tiempo.
- **Altiplanicie:** superficie terrestre de topografía plana a ondulada, conformada por un conjunto de plataformas estructurales de edad antigua, levemente inclinadas, levantadas por tectonismo y dispuestas en alturas que varían de unos pocos metros hasta 600 metros respecto al relieve circundante, constituido por rocas de edad reciente. Se caracteriza por la incisión de drenajes profundos encajonados, fuerte control estructural y litológico y presencia de escarpes en algunos de sus bordes. Las plataformas presentan tamaño variable y el conjunto de ellas se extiende hasta varios cientos de kilómetros.
- **Piedemonte:** superficie inclinada de gran extensión, de altura media y topografía plana a ondulada, situada al pie de unidades de paisaje más elevadas. Está constituida por un conjunto de depósitos coalescentes no consolidados, de sedimentos heterogéneos principalmente de origen aluvial, provenientes de áreas topográficamente más altas y acumulados durante el Cuaternario. Se caracteriza por presentar superficies que varían de planas a onduladas, poco o muy disectadas, frecuentemente con deformación tectónica reciente.

- **Lomerío:** superficie terrestre de topografía accidentada de altura media, no confinada; se caracteriza por la repetición de colinas, lomas y cerros estructurales, generalmente de formas alargadas y cimas a alturas variables, separadas por una red de drenaje moderadamente densa de patrón que varía de dendrítico a rectangular. Está conformado por rocas predominantemente del Neógeno, y constituye los relieves marginales a las cordilleras y los relieves emergidos por acción de la tectónica reciente en las cuencas sedimentarias.
- **Montaña:** superficie elevada de topografía accidentada, constituida por rocas de diverso origen y edad que fueron deformadas, fracturadas y levantadas hasta conformar cordilleras con altura de varios miles de metros respecto a los paisajes circundantes. Se caracteriza por presentar fuerte control estructural e incisiones profundas asociadas a valles intramontanos. Su origen está asociado al levantamiento de fragmentos de la corteza terrestre por procesos orogénicos.

4.5. UNIDADES PARA LA CATEGORÍA AMBIENTE MORFOGENÉTICO.

Los ambientes morfogenéticos identificados en los paisajes geomorfológicos que constituyen el medio biofísico colombiano se listan y definen a continuación:

- **Ambiente estructural:** medio biofísico controlado principalmente por la geodinámica interna de la tierra a través de los movimientos tectónicos (procesos de basculamiento, fallamiento, plegamiento y corrimiento de rocas, entre otros) o del vulcanismo.
- **Ambiente deposicional:** medio biofísico controlado principalmente por la deposición de materiales detríticos, solubles, y/o biogénicos, transportados por el agua, el viento, el hielo o la gravedad.
- **Ambiente denudacional:** medio biofísico controlado principalmente por procesos de meteorización, erosión y remoción de materiales por agentes como el agua, el viento, el hielo y la gravedad.
- **Ambiente disolucional:** medio biofísico controlado por procesos de meteorización química de rocas (carst en rocas químicas y pseudocarst en rocas no calcáreas).
- **Ambiente residual:** medio biofísico controlado por procesos de meteorización, erosión y sedimentación por la acción principalmente de agentes bioclimáticos tropicales (humedad, precipitación, temperatura, brillo solar, entre otros) durante largos períodos de tiempo, en condiciones de estabilidad tectónica.

De acuerdo con la estructura de la clasificación geomorfológica se consideró que un paisaje geomorfológico puede contener uno o varios ambientes morfogenéticos, los cuales actuaron en la formación de los diferentes relieves.

4.6. UNIDADES PARA LA CATEGORÍA MATERIAL GEOLÓGICO.

Tipos de material geológico definidos para el sistema de clasificación geomorfológica aplicado a los levantamientos semidetallados de suelos en Colombia.

Tabla 11. Tipo de material geológico

No.	TIPO DE MATERIAL GEOLÓGICO	DESCRIPCIÓN
1	Alteritas de rocas ígneas intrusivas félsicas e intermedias	Incluye los siguientes tipos de rocas: granito, monzonita, cuarzomonzonita, diorita, granodiorita, cuarzodiorita, tonalita, leucotonalita, sienita, pegmatita, pórfidos félsicos.
2	Alteritas de rocas ígneas intrusivas máficas y ultramáficas	Incluye los siguientes tipos de rocas: diabasa, gabro, gabronorita, peridotita, dunita, piroxenita, webseritas, pórfidos máficos y ultramáficos.
3	Alteritas de rocas ígneas extrusivas félsicas e intermedias	Incluye los siguientes tipos de rocas: andesita, riolita, riodacita, dacita, traquita, cuarzolita.
4	Alteritas de rocas ígneas extrusivas máficas	Incluye los siguientes tipos de rocas: basalto, toleita, espilita.
5	Alteritas de rocas volcanoclásticas	Incluye los siguientes tipos de rocas: toba, pumita, ignimbrita y otros piroclastos solidificados.
6	Alteritas de rocas volcanosedimentarias	Incluye rocas sedimentarias clásticas intercaladas con rocas ígneas extrusivas félsica y máficas o aglomerados volcánicos.

No.	TIPO DE MATERIAL GEOLÓGICO	DESCRIPCIÓN
7	Alteritas de rocas metamórficas de protolito sedimentario	Incluye los siguientes tipos de rocas: pizarra, filita, esquisto, paraneis.
8	Alteritas de rocas metamórficas de protolito ígneo-metamórfico	Incluye los siguientes tipos de rocas: cuarcita, neis, ortoneis, anfibolita, serpentina, granulita, granofelsa, ecogilita, migmatita.
9	Alteritas de rocas metamórficas carbonatadas	Incluye el Mármol
10	Alteritas de rocas metasedimentarias	Incluye los siguientes tipos de rocas; metaconglomerado, paraconglomerado, metaarenita, metalimolita, metalodolita, cataclasita.
11	Alteritas de rocas sedimentarias clásticas conglomeráticas	Incluye los siguientes tipos de rocas: conglomerado polimictico, conglomerado oligomictico, brecha.
12	Alteritas de rocas sedimentarias clásticas arenosas	Incluye los siguientes tipos de rocas: arenisca cuarzosa, arcosa, arenisca calcárea, arenisca arcillosa, grauvaca, arenisca tobácea, arenisca lítica, arenisca ferruginosa.
13	Alteritas de rocas sedimentarias clásticas arenosas – conglomeráticas	Incluye los siguientes tipos de rocas: arenisca cuarzosa conglomerática, arcosa conglomerática, arenisca calcárea conglomerática, arenisca tobácea conglomerática, arenisca lítica conglomerática, arenisca conglomerática ferruginosa.
14	Alteritas de rocas sedimentarias clásticas limo – arcillosas	Incluye los siguientes tipos de rocas: arcillolita, lodolita, limolita, lutita, lidita, shale, marga, chert.
15	Alteritas de rocas sedimentarias carbonatadas	Incluye los siguientes tipos de rocas: caliza litográfica, caliza bioclástica, caliza arcillosa, caliza arrecifal, lodolita calcárea, shale calcáreo, caliza ferruginosa, dolomita.
16	Sedimentos orgánicos	Constituido por partículas de composición orgánica.
17	Sedimentos clásticos litorales	Constituido por partículas formadas por procesos costeros
18	Sedimentos clásticos fluvio-deltáicos	Constituido por partículas formadas por procesos fluvio-deltáicos
19	Sedimentos clásticos fluvio – lacustres	Constituido por partículas formadas por procesos fluvio-lacustres
20	Sedimentos clásticos aluviales	Constituido por partículas formadas por procesos aluviales
21	Sedimentos clásticos aluvio – coluviales	Constituido por partículas formadas por procesos aluvio-coluviales
22	Sedimentos clásticos coluvio – aluviales	Constituido por partículas formadas por procesos coluvio-aluviales
23	Sedimentos clásticos coluviales	Constituido por partículas formadas por procesos coluviales
24	Sedimentos clásticos glaciares	Constituido por partículas formadas por procesos glaciares
25	Sedimentos clásticos eólicos	Constituido por partículas formadas por procesos eólicos
26	Sedimentos volcanoclásticos	Incluye partículas constituidas por detritos y piroclastos.
27	Sedimentos de origen diapírico	Incluye partículas constituidas por material emitido por un diapiro.

4.7. TAMAÑO DE LAS PARTÍCULAS EN SEDIMENTOS.

Tamaño de las partículas en sedimentos de acuerdo con la Clasificación de Udden-Wentworth (Tomado de Nichols, 2009):

Tabla 12. Tamaño de las partículas en sedimentos

TAMAÑO DE LAS PARTÍCULAS EN SEDIMENTOS		
Diámetro (mm)	Nombre	Tipo sedimento
Mayor a 256	Canto rodado	Bloque
16 – 256	Guijo	Grava
4 – 16	Gujarro	
2 – 4	Gránulo	
1 – 2	Arena muy gruesa	Arena
0.5 – 1	Arena gruesa	
0.25 – 0.5	Arena media	
0.125 – 0.25	Arena fina	
0.063 – 0.125	Arena muy fina	
0.031 – 0.063	Limo Grueso	Limo
0.0156 – 0.031	Limo medio	
0.0078 – 0.0156	Limo fino	
0.0039 – 0.0078	Limo muy fino	
Menor a 0.0039	Arcilla	Lodo

4.8. OTRAS UNIDADES CARTOGRÁFICAS

Las unidades cartográficas que representan coberturas de la tierra y han sido consideradas como información complementaria requerida en la elaboración de la cartografía geomorfológica aplicada a los estudios de suelos son las siguientes:

- **Represa – embalse:** cobertura de origen antrópico. Representa los cuerpos de agua de carácter artificial, que fueron construidos por el hombre para almacenar agua con diferentes propósitos.
- **Relleno sanitario:** cobertura de origen antrópico. Representa el espacio donde se depositan los residuos sólidos de una ciudad después de haber recibido determinados tratamientos.
- **Minería:** cobertura de origen antrópico. Representa las áreas dedicadas a la extracción de materiales minerales a cielo abierto (IDEAM, 2010a).
- **Canales y diques:** cobertura de origen antrópico. Los canales y los diques artificiales representan un cauce artificial abierto en el terreno que contiene agua en movimiento de forma permanente.
- **Cuerpo de agua:** cobertura de origen natural. Representa los cuerpos de aguas permanentes, intermitentes y estacionales que comprenden lagos, lagunas y ciénagas, así como cuerpos de agua en movimiento como los ríos.
- **Glaciar de montaña:** cobertura de origen natural, que representa las áreas de montaña cubiertas en forma permanente por hielo de origen glaciar. Está localizada en la cima y algunas laderas de los relieves situados por encima de la cota de nivel de 4.900 msnm (IDEAM, 2010).

4.9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- [1] Carvajal P., J. H. (2012). Propuesta de estandarización de la cartografía geomorfológica en Colombia. Bogotá: Servicio Geológico Colombiano. Colección Guías y Manuales.
- [2] IDEAM. (2010a). Leyenda Nacional de Coberturas de la Tierra Metodología CORINE Land Cover Adaptada para Colombia Escala 1:100.000. Bogotá: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales.
- [3] IDEAM. (2010b). Sistemas morfogénicos del Territorio Nacional. Bogotá: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales.
- [4] IDEAM. (2013). Guía metodológica para la elaboración de mapas geomorfológicos a escala 1:100.000. Bogotá: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales.
- [5] IGAC, (2019). Sistema de Clasificación Geomorfológica aplicado a los levantamientos de suelos. Bogotá: Instituto Geográfico Agustín Codazzi.
- [6] IGAC. (1995). Suelos de Colombia: origen, evolución, clasificación, distribución y uso. Bogotá: Instituto Geográfico Agustín Codazzi.
- [7] IGAC. (2010). El ABC de los suelos para no expertos. Bogotá: Instituto Geográfico Agustín Codazzi.
- [8] IGAC. (2016). Suelos y Tierras de Colombia. Bogotá: Instituto Geográfico Agustín Codazzi – Subdirección de Agrología. Tomo I.
- [9] Lugo H. J. (2011). Diccionario Geomorfológico. México D.F.: Universidad Nacional Autónoma de México. Serie Textos Universitarios.
- [10] Nichols, G. (2009). Sedimentology and Stratigraphy. Wiley-Blackwell, Chichester (UK).
- [11] FAO. (2009). Guía para la descripción de suelos. Roma, Italia: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.
- [12] Rossiter, D. (2002). Metodologías para el levantamiento del recurso suelo (Ronald Vargas, trad). Enschede, Netherlands: International Institute for Geo-Information, ITC (Obra original publicada en 2000).
- [13] Soil Science Division Staff, (2017). Soil survey manual. C. Ditzler, K. Scheffe, and H.C. Monger (eds.). USDA Handbook 18. Government Printing Office, Washington, D.C.
- [14] Wanbeke A.V. y Forbes T.R. Eds., (1985). Criterios para el uso de la taxonomía de suelos en la denominación de unidades cartográficas (Walter Luzio Leighton, trad). United States: Department of Agriculture, Office of International Cooperation and Development, Soil Conservation Service.

- [15] Zinck, J. A. (1987). Aplicación de la geomorfología al levantamiento de suelos en zonas aluviales y definición del ambiente geomorfológico con fines de descripción de suelos. Bogotá: Instituto Geográfico Agustín Codazzi.
- [16] Zinck, J. A., (2012). Geopedología. Enschede, Netherlands: ITC Special Lecture Notes Series.

5. CONTROL DE CAMBIOS

FECHA	CAMBIO	VERSIÓN
22/09/2022	<ul style="list-style-type: none"> ◦ Se adopta como versión 1 debido a la actualización del Mapa de Procesos en Comité Directivo del 29 de junio del 2021, nuevos lineamientos frente a la generación, actualización y derogación de documentos del SGI tales como: cambios de tipos documentales y nueva codificación por procesos. Emisión Inicial Oficial. ◦ Se ajusta el documento según la nueva Estructura Orgánica aprobada por Decreto 846 del 29 de julio del 2021. ◦ Hace Parte del proceso Gestión de Información Geográfica del subproceso Gestión Agrológica. ◦ Se encuentra asociado al procedimiento "Cartografía Geomorfológica Aplicada a Levantamiento de Suelos". ◦ Se actualiza el instructivo "Elaboración de Cartografía Geomorfológica Aplicada a Levantamientos de Suelos", código IN-GAG-PC04-01, versión 1 a instructivo del mismo nombre, código IN-AGR-PC02-05, versión 1. ◦ Se incluyó el capítulo de definiciones. 	1
19/04/2021	<ul style="list-style-type: none"> ◦ Se adopta como versión 1 debido a cambios en la Plataforma Estratégica (actualización del mapa de procesos), nuevos lineamientos frente a la generación, actualización y derogación de documentos del SGI tales como: cambios de tipos documentales y nueva codificación por procesos. Emisión Inicial Oficial. ◦ Se actualiza la Metodología "Elaboración de cartografía geomorfológica aplicada a levantamientos de suelos", código M40700-02/17.V1, versión 1 instructivo del mismo nombre, código INGAG-PC04-01. ◦ Se deroga totalmente la circular 188 del 24 de julio de 2017. Se asocia al procedimiento "Cartografía Geomorfológica aplicada a levantamientos de suelos", código PC-GAG-04, versión 1. ◦ Se actualizaron las referencias de los documentos de normas técnicas relacionadas. ◦ Se actualizaron los nombres de los grupos internos de trabajo de la Subdirección de Agrológica. ◦ Se actualizaron y complementaron los lineamientos conceptuales de instructivo. ◦ Se actualizó y complementó la información de escalas de trabajo, especificaciones técnicas y métodos de interpretación. La demás información del numeral fue revisada y actualizada. ◦ Se actualizó la mención del instructivo "Códigos Para los Levantamientos de Suelos" por el instructivo "Descripción y Muestreo de Suelos". ◦ En el numeral 3.3 "Fases por pendiente de la geoforma", antes anexo 1, se ajustó y actualizó la información. 	1



**ELABORACIÓN DE CARTOGRAFÍA GEOMORFOLÓGICA
APLICADA A LEVANTAMIENTO DE SUELOS**

Código: IN-AGR-PC02-05

Versión: 1

**Vigente desde:
22/09/2022**

FECHA	CAMBIO	VERSIÓN
	<ul style="list-style-type: none"> ◦ El numeral 3.4 "Unidades para la categoría paisaje geomorfológico", antes anexo 2, se adicionó con el listado y la definición de las unidades. ◦ Se adicionó el numeral 3.5 "Unidades para la categoría ambiente morfogenético", antes anexo 3, con el listado y la definición de las unidades. ◦ Se adicionó el numeral 3.6 "Unidades para la categoría material geológico" antes anexo 4, con el listado de los materiales geológicos. ◦ Se adicionó el numeral 3.7 "Tamaño de las partículas en sedimentos", antes anexo 5. ◦ Se adicionó el numeral 3.8 el "Otras unidades cartográficas". Anexo 6 ◦ Se incluyó el numeral 3.9 "Referencias bibliográficas", se revisó y actualizó el listado de las referencias. 	

Elaboró y/o Actualizó:	Revisó Técnicamente:	Revisó Metodológicamente:	Aprobó:
<p>Nombre: Néstor Javier Martínez Ardila</p> <p>Cargo: Profesional Especializado Subdirección de Agrología</p> <p>Nombre: Wveimar Samacá Torres</p> <p>Cargo: Contratista Subdirección de Agrología</p> <p>Nombre: María Paula Rojas Rueda</p> <p>Revisión metodológica</p> <p>Cargo: Contratista Subdirección de Agrología</p>	<p>Nombre: Napoleón Ordoñez Delgado</p> <p>Cargo: Profesional Especializado Subdirección de Agrología</p>	<p>Nombre: Juan Pablo López Meléndez</p> <p>Cargo: Profesional Especializado Oficina Asesora de Planeación</p>	<p>Nombre: Pamela del Pilar Mayorga</p> <p>Cargo: Subdirectora de Agrología (E)</p>