

1. OBJETIVO

Definir algunos criterios básicos que los intérpretes de geomorfología aplicada a levantamiento de suelos puedan seguir para la correcta delimitación de los materiales geológicos a partir del uso de sensores remotos con base en el documento “Elaboración de cartografía geomorfológica aplicada a levantamientos de suelos”.

2. ALCANCE

Este instructivo hace parte del procedimiento “Cartografía geomorfológica aplicada a levantamiento de suelos”, como parte de la estandarización del proceso de interpretación geomorfológica aplicada a levantamientos de suelos, este documento representa un marco general para los intérpretes de geomorfología, ofreciendo una serie de claves que permiten la separación y delimitación de los materiales geológicos a partir del uso de sensores remotos. El instructivo está estructurado bajo tres apartados principales. Primero se describen los criterios de interpretación, que son los elementos diagnósticos usados para el reconocimiento de los materiales geológicos; segundo los materiales geológicos con fines pedológicos, donde se presenta la clasificación propuesta de materiales; y tercero, la forma cómo se aplican los criterios de interpretación para la delimitación de los materiales geológicos a partir del uso de sensores remotos.

El presente instructivo aplica al proceso de Gestión de Información Geográfica, a los servidores públicos y contratistas del subproceso Gestión Agrológica.

3. DESARROLLO

Parte importante del proceso de levantamiento de suelos, adelantado por la Subdirección de Agrológica del Instituto Geográfico Agustín Codazzi – IGAC, consiste en la elaboración de la interpretación geomorfológica aplicada a levantamientos de suelos, la cual es realizada bajo la metodología IGAC (2017), descrita en el documento “Elaboración de cartografía geomorfológica aplicada a levantamientos de suelos”.

Dentro del proceso de interpretación, una de las fases consiste en la separación de materiales geológicos, la cual se realiza a partir de sensores remotos en conjunto con la cartografía geológica oficial de Colombia, suministrada por el Servicio Geológico Colombiano – SGC – (Antiguo INGEOMINAS).

En el presente documento, se establece una explicación detallada de los criterios de interpretación, de los materiales geológicos definidos para la interpretación geomorfológica aplicada a levantamientos de suelos y de la forma como los intérpretes deben usar los criterios para definir los materiales en su proceso de interpretación geomorfológica.

Cada elemento diagnóstico de los criterios viene acompañado de su respectivo sistema de clasificación y fortalecido por gráficos e imágenes que facilitan su entendimiento. De igual forma se explica cada uno de los materiales geológicos, definiendo sus características particulares y exponiendo las rocas representativas de cada grupo. Posteriormente se presentan ejemplos detallados, resultado de la experiencia adquirida por la Subdirección de Agrológica en sus diferentes proyectos, donde a partir de los criterios de interpretación se delimitan cada uno de los tipos de materiales. Esta parte se ve alimentada por el uso de tablas resumen, donde cada material es clasificado de acuerdo con cada uno de los criterios de interpretación.

Finalmente es importante resaltar que el documento no abarca la totalidad de los materiales geológicos previamente definidos para el proceso de interpretación geomorfológica aplicada a levantamientos de suelos, concentrándose sólo en los especificados en la Tabla 3.

3.1. CRITERIOS DE INTERPRETACIÓN

3.1.1. FACTORES PICTÓRICOS

Corresponden a los elementos diagnósticos usados para el reconocimiento de materiales geológicos a partir de fotografías aéreas. Se caracterizan por mostrar a partir del tono o la textura de la foto, variaciones o cambios que en conjunto con el conocimiento previo de la zona o con información contenida en fuentes externas permiten deducir los materiales geológicos presentes en el área objeto de estudio.

3.1.1.1. TONO.

También conocido como color o matiz, es el factor pictórico de mayor importancia durante el proceso de fotointerpretación dado que su variación se constituye en la base de otros factores como la forma, el tamaño y la textura; se define *“como cada variación distinguible desde el negro al blanco. El tono se refiere a la brillantez del color de los elementos sobre una fotografía. Es quizás, el más básico de los elementos interpretativos, porque sin diferencia de tonos, los objetos no se pueden identificar. El color puede definirse como cada variación distinguible sobre una imagen producida por una multitud de combinaciones de saturación, intensidad y color”* (Naranjo, 2015).

Si bien es necesario reconocer la importancia del tono durante el proceso de interpretación geológica, se debe tener en cuenta que este puede verse afectado por las condiciones ambientales existentes durante la toma de la fotografía, o por elementos propios del proceso y las herramientas usadas durante la captura de la información y su posterior publicación.

“En las fotografías aéreas pancromáticas, cada tipo de roca se caracteriza por una intensidad de gris más o menos definida, pero el tono fotográfico no sólo depende de factores litológicos y climáticos, sino también de la escala de las fotos, de las técnicas de procesamiento, el tipo de cámara y de película, etc.; lo cual limita la precisión de este rasgo en la interpretación del material parental. Por esto, los tonos fotográficos son parcialmente útiles en la fotointerpretación y siempre deben usarse combinados con otros elementos” (Villota, 1977).

Con el fin de poder clasificar los tonos presentes en una fotografía se dividió el rango de tonos del negro hasta el blanco en 5 categorías, la número 1 corresponde al color negro, la 2, 3 y 4 corresponden a variaciones de gris desde el más oscuro al más claro, y finalmente la categoría 5 corresponde al color blanco.

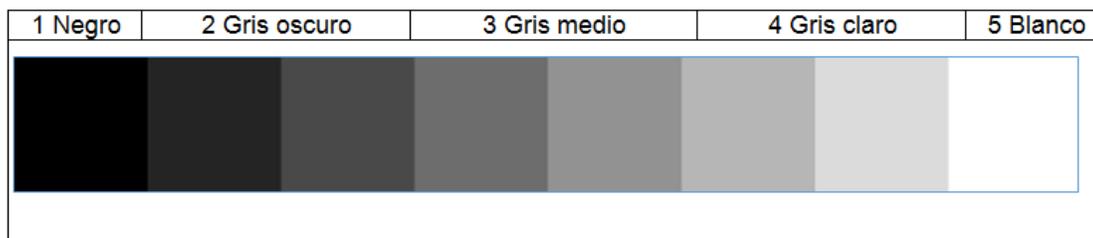


Imagen 1. Rango de tonos. Fuente: Elaboración propia.

3.1.1.2. TEXTURA

Este factor pictórico permite identificar o deducir el ambiente en que se formaron los materiales geológicos, así como su respuesta ante las condiciones climáticas actuales y pasadas. Se define como *“la impresión de “suavidad” o “aspereza” de los rasgos de una imagen la cual es ocasionada por la frecuencia de cambio de tono en la fotografía. Y el tono es producido por un concepto de aspectos demasiado pequeños para identificarse individualmente. El pasto, cemento, y el agua generalmente aparecen “lisos”, mientras un terreno boscoso, generalmente aparece “áspero””*. (Naranjo, 2015).

Con el fin de facilitar el proceso de identificación de los diferentes materiales geológicos se presentan a continuación las categorías que permiten al intérprete describir los tipos de texturas observados en las fotografías aéreas.

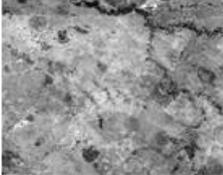
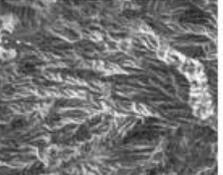
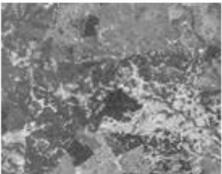
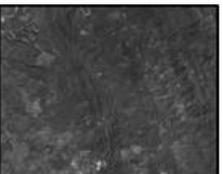
<p>1 Suave/lisa/fina</p>  <p>Formación Zambrano (Astrea - Cesar)</p>	<p>2 Intermedia</p>  <p>Esquistos de Gaira (Ciénaga - Magdalena)</p>	<p>3 Aspera/rugosa/guesa</p>  <p>Batolito de Aracataca (Aracataca- Magdalena)</p>
<p>4 Moteada</p>  <p>Formación Astrea – Cuesta (Santa Ana- Magdalena)</p>	<p>5 Bandeada</p>  <p>Formación Corpa (Antioquia)</p>	

Imagen 2. Texturas 1 a la 4. Sectores extraídos del ortofotomosaico generado a partir de fotografías aéreas digitalizadas y georreferenciadas de los Departamentos de Magdalena, Cesar y Antioquia.

Fuente: IGAC 2016. Textura 5 imagen pancromática tomada de Google Earth, 2017

3.1.2. PATRÓN DE DRENAJE

El patrón de drenaje hace referencia a una red de canales hídricos que, al presentar una distribución espacial y geometría similar de manera secuencial y repetitiva, puede agruparse de forma diferencial dentro de una determinada área.

El patrón de drenaje constituye uno de los criterios más útiles en la fotointerpretación, ya que en gran medida son el reflejo de la relación existente entre el agua de escorrentía y el tipo de material rocoso sobre el cual circulan las corrientes hídricas, permitiendo identificar el grado de uniformidad de materiales, límites entre unidades y la existencia de fracturas o fallas geológicas.

La integración, la densidad, la textura, la homogeneidad, el grado de uniformidad, la orientación y la angulosidad, son características de los cauces presentes dentro de un determinado patrón de drenaje, así mismo, dichas particularidades, funcionan como criterios de análisis para la identificación y separación de materiales y fallas geológicas presentes dentro de un área de estudio.

3.1.2.1. TIPO

El tipo hace referencia al nombre que se le da a una determinada agrupación de drenajes con características similares en cuanto a geometría y distribución espacial en planta.

A continuación, se presentan las definiciones de los principales tipos de patrones de drenaje con sus respectivos ejemplos.

- Dendrítico: "Es el más común de los patrones de drenaje y está formado por una corriente principal con sus afluentes uniéndose en todas las direcciones; está caracterizado por los ramales irregulares de las corrientes tributarias" (Naranjo, 2015:62).

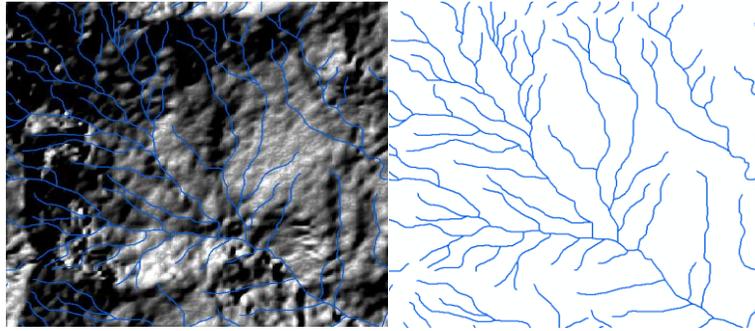


Imagen 3. Patrón de Drenaje Dendrítico. Izquierda líneas de drenaje escala 1:25.000 sobre modelo de Sombras - DEM de 12 mts ALOS PALSAR - , derecha líneas de drenaje en color azul.

- Subdendrítico: “Patrón modificado del patrón dendrítico, y es transicional entre este y el patrón paralelo. Se caracteriza por la formación de valles de fondo plano y canales cortos” (Naranjo, 2015:64).



Imagen 4. Patrón de drenaje subdendrítico. Imagen tomada de Google Earth, 2017.

- Pinado: Es un patrón derivado del patrón dendrítico, “que se caracteriza por la formación de canales principales largos con cualquier orientación y tributarios cortos, estrechamente espaciados y generalmente de bajo orden. Su nombre se atribuye por el parecido que presenta con las formas de las ramas de los pinos” (Naranjo, 2015:63).

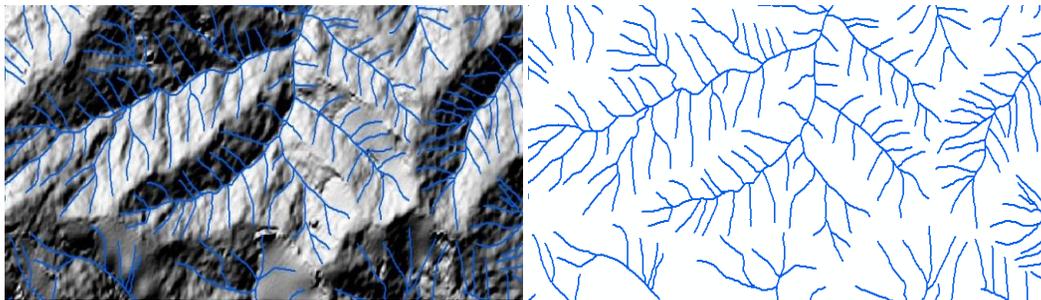


Imagen 5. Patrón de drenaje pinado. Izquierda líneas de drenaje escala 1:25.000 sobre modelo de Sombras - DEM de 12 mts ALOS PALSAR - , derecha líneas de drenaje en color azul

- Paralelo: Patrón caracterizado por presentar corrientes y tributarios paralelos o casi paralelos. “ocurre generalmente donde hay pendientes pronunciadas, ya sea producidas por erosión o por controles estructurales que conducen a corrientes paralelas, regularmente espaciadas” (Naranjo, 2015:64).

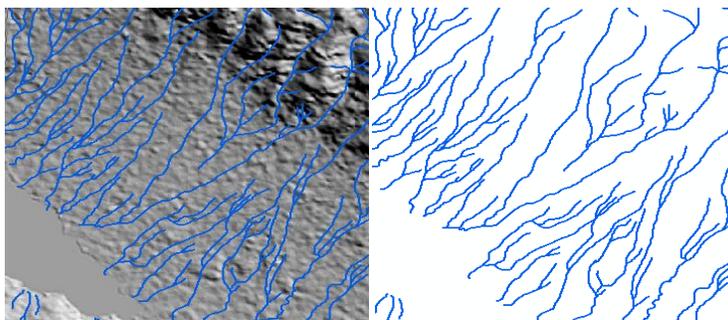


Imagen 6. Patrón de drenaje paralelo. Izquierda líneas de drenaje escala 1:25.000 sobre modelo de Sombras - DEM de 12 mts ALOS PALSAR -, derecha líneas de drenaje en color azul.

- ° Trellis: Patrón caracterizado por la formación de un sistema de corrientes paralelas, “generalmente alineadas a lo largo del rumbo de las formaciones rocosas y que en algunas ocasiones sus corrientes forman curvas en ángulo casi recto al cruzar zonas de rocas duras” (Naranjo, 2015:67).

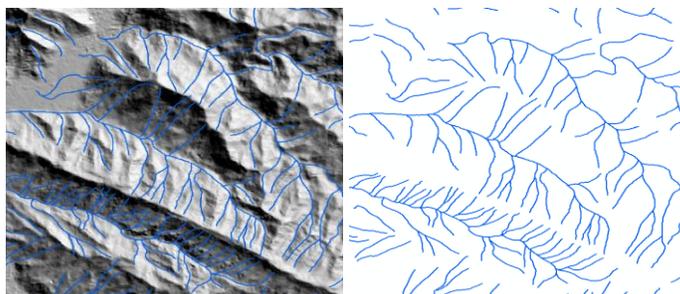


Imagen 7. Patrón de drenaje Trellis. Izquierda líneas de drenaje escala 1:25.000 sobre modelo de Sombras - DEM de 12 mts ALOS PALSAR -, derecha líneas de drenaje en color azul

- ° Anular: Es un patrón característico de zonas con fuerte control estructural “apareciendo sobre estructuras topográficas altas, donde a través del control estructural, rocas de diferente resistencia erosional, dispuestas en forma concéntrica generan un patrón anular” (Naranjo, 2015:67).

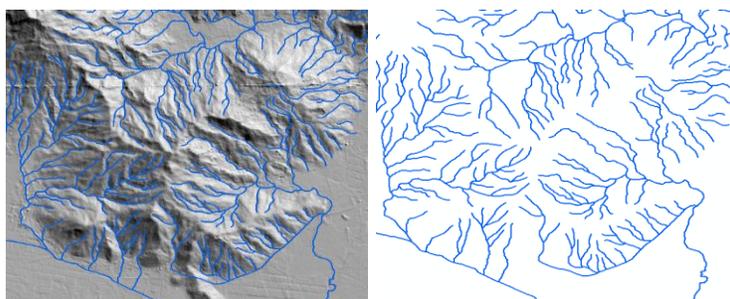


Imagen 8. Patrón de drenaje Anular. Izquierda líneas de drenaje escala 1:25.000 sobre modelo de Sombras - DEM de 12 mts ALOS PALSAR -, derecha líneas de drenaje en color azul.

- ° Multibasinal: Patrón característico de los ambientes kársticos. “consiste en una serie de huecos en forma de ollas que se forman sobre la superficie, no están integrados y presentan centros de infiltración” (Naranjo, 2015:71-72).



Imagen 9. Patrón de drenaje multibasinal de corrientes no integradas. En rojo se pueden observar los huecos sobre la superficie. Imagen tomada de Google Earth, 2017.

3.1.2.2. INTEGRACIÓN

La integración es una característica que permite identificar la conexión existente o inexistente que se presenta dentro de un patrón de drenaje. Esta característica permite establecer una primera impresión del grado de permeabilidad o impermeabilidad que presentan los materiales sobre los cuales se encuentran los drenajes.

- SI: Se valora "SI" cuando existe una clara integración entre las corrientes de los patrones de drenaje.

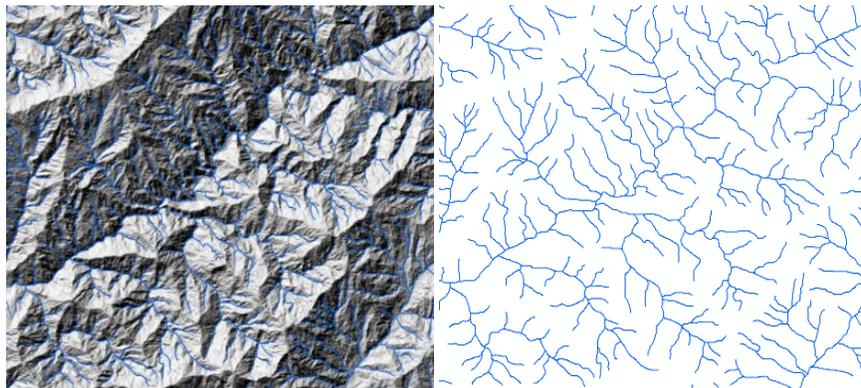


Imagen 10. Patrón de drenaje Integrado en el municipio de El Águila - Valle del Cauca. Izquierda líneas de drenaje escala 1:25.000 sobre modelo de Sombras - DEM de 12 mts ALOS PALSAR -, derecha líneas de drenaje en color azul.

- NO: Se califica "NO" en casos donde los cauces de una red hídrica pierden la conexión entre si y no se evidencia integración.



Imagen 11. Patrón de drenaje NO Integrado en el municipio Sucre - Santander. En rojo se identifican las depresiones las cuales no están interconectados superficialmente. Imagen tomada de Google Earth, 2017.

3.1.2.3. DENSIDAD / TEXTURA

La densidad y la textura son características relacionadas con el grado de espaciamiento existente entre drenajes permitiendo identificar el nivel de resistencia que presenta una determinada unidad geológica ante procesos de alteración, erosión y permeabilidad, puesto que, a mayor dureza de la roca, mayor resistencia a dichos procesos y por ende mayor espaciamiento entre cauces.

Aunque en esta característica la densidad y la textura, vistas de manera individual tienen valoraciones diferentes, se encuentran altamente ligadas, puesto que en una zona que presenta una densidad alta, la textura que se identificará será fina, mientras que en áreas donde se identifica una densidad baja, automáticamente la valoración de textura será gruesa.

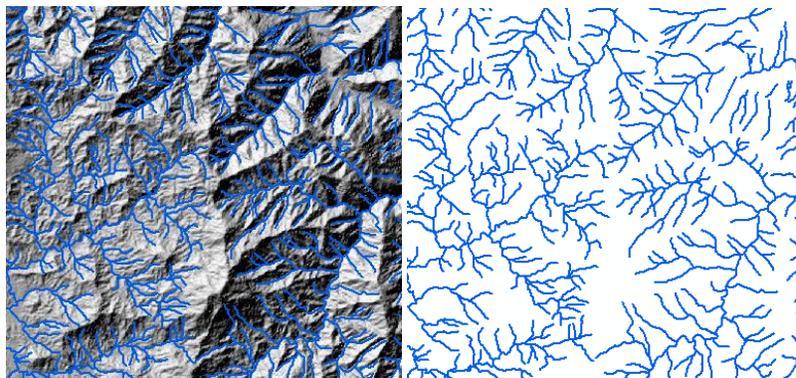


Imagen 12. Textura de drenaje Alta/Fina, municipio de Abrego – Norte de Santander. Izquierda líneas de drenaje escala 1:25.000 sobre modelo de Sombras - DEM de 12 mts ALOS PALSAR -, derecha líneas de drenaje en color azul.

- ° Baja / gruesa: Cuando los cauces presentan espacios amplios entre sí, se considera una valoración de densidad baja y textura gruesa. De manera cuantitativa se puede decir que en un mapa a escala 1:25.000 el espaciamiento entre cauces debe ser igual o mayor a 4cm lo que traducido al terreno da un valor de 1.000m.

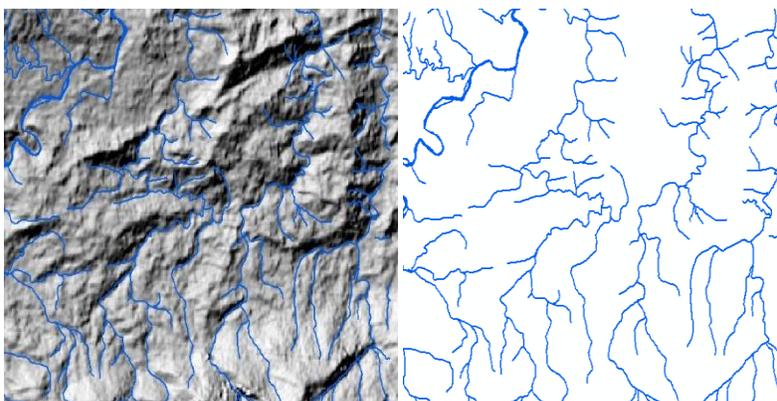


Imagen 13. Textura de drenaje Baja/Gruesa, municipio de Santa Marta – Magdalena. En la izquierda líneas de drenaje escala 1:25.000 sobre modelo de Sombras - DEM de 12 mts ALOS PALSAR -, derecha líneas de drenaje en color azul.

- Alta / fina: En los casos en que los canales presentan un espaciamiento bajo entre sí, se determina un patrón de drenaje con una densidad alta y textura fina, para el caso de la cartografía a escala 1:25.000 este espaciamiento no debe superar un valor de 0.24cm, esto quiere decir que en campo la distancia entre cauces no debe superar los 60m.
- Moderada / media: Se considera una densidad media y textura moderada, en los casos, donde el espaciamiento entre cauces se mantiene entre 60 y 1000 metros de distancia en el terreno o 0.24 y 4 cm de distancia, en un mapa a escala 1:25.000.

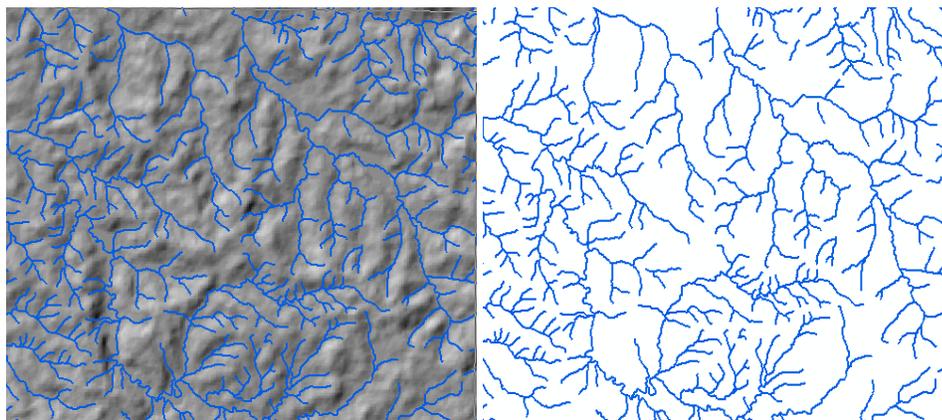


Imagen 14. Textura de drenaje Moderada/Media, municipio de Sabanas de San Ángel – Magdalena. En la izquierda líneas de drenaje escala 1:25.000 sobre modelo de Sombras - DEM de 12 mts ALOS PALSAR -, en la derecha líneas de drenaje en color azul.

3.1.2.4. HOMOGENEIDAD / GRADO DE UNIFORMIDAD

La homogeneidad y el grado de uniformidad de los drenajes dependen del tipo de roca sobre los cuales se encuentran los drenajes, en áreas donde se presentan cambios abruptos de materiales, es probable que se encuentren diferentes tipos de patrones de drenajes evidenciando que se debe realizar una delimitación de unidades geológicas

Para este caso la homogeneidad es valorada en dos formas: homogéneo y heterogéneo, mientras que el grado de uniformidad se evalúa en Alto o Bajo; sin embargo, la relación entre estas características permite unificar los criterios. Al mencionar que, si un material presenta homogeneidad en el patrón de drenaje, el grado de uniformidad será alto; mientras que, al presentar heterogeneidad en los patrones de drenaje, la uniformidad se puede calificar como baja.

- Homogéneo / alto: Cuando dentro de una misma zona, solo se logra identificar un tipo de patrón de drenaje, se considera una red homogénea, que, al estar ligada con el grado de uniformidad, recibe una valoración alta, esto se debe a que la homogeneidad de los materiales permite homogeneidad de patrones de drenaje y por consiguiente uniformidad de la red hídrica.

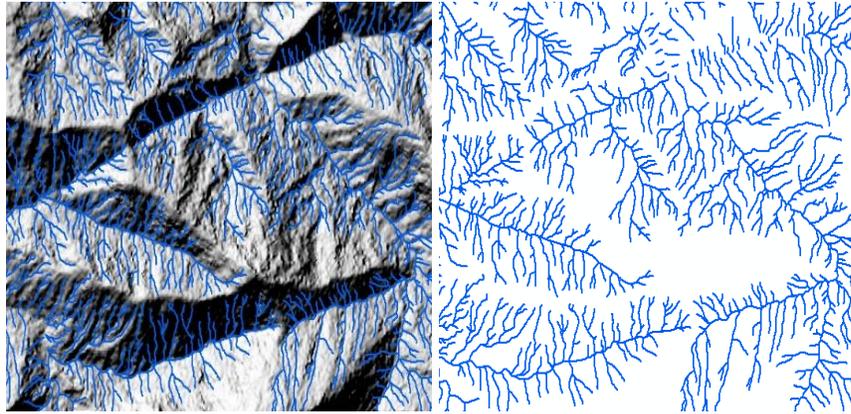


Imagen 15. Valoración Homogéneo/Alto, municipio de Versalles - Valle del Cauca. Izquierda líneas de drenaje escala 1:25.000 sobre modelo de Sombras - DEM de 5 mts GEOSAR -, derecha líneas de drenaje en color azul.

- Heterogéneo / bajo: Se da un valor heterogéneo / bajo en casos donde dentro de una misma unidad de área se logran identificar dos o más patrones de drenaje, evidenciando heterogeneidad de materiales que a su vez genera una disminución en el grado de uniformidad de la red hídrica.

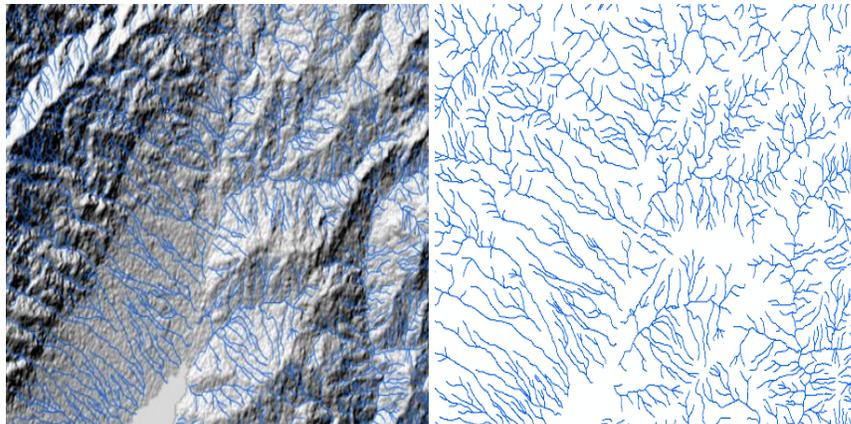


Imagen 16. Valoración Heterogéneo/Bajo, municipio de Calima - Valle del Cauca. Izquierda líneas de drenaje escala 1:25.000 sobre modelo de Sombras - DEM de 5 mts GEOSAR -, derecha líneas de drenaje en color azul.

3.1.2.5. ORIENTACIÓN

La orientación refleja si los drenajes en un determinado tipo de roca presentan una dirección en común influenciados por factores geológicos como controles estructurales o levantamientos tectónicos.

- SI. Se da una valoración de "SI" en caso de que se evidencie orientación en los cauces de la red hídrica.

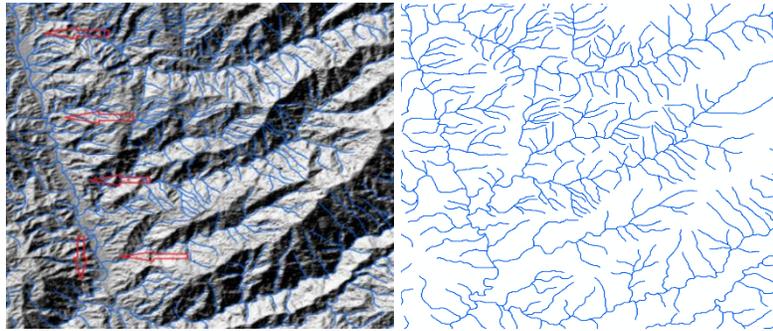


Imagen 17. Calificativo SI para la orientación, El Playón – Santander. Las flechas rojas indican la orientación por control estructural de los drenajes. Izquierda líneas de drenaje escala 1:25.000 sobre modelo de Sombras - DEM de 12 mts ALOS PALSAR -, derecha líneas de drenaje en color azul.

- NO. Se usa "NO" cuando los cauces de la red hídrica no evidencian alguna orientación en común.

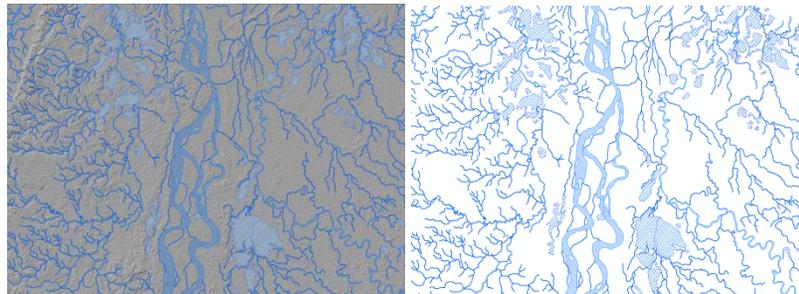


Imagen 18. Calificativo NO para la orientación, Sabana de Torres y Rionegro – Santander. Izquierda líneas de drenaje escala 1:25.000 sobre modelo de Sombras - DEM de 12 mts ALOS PALSAR -, derecha líneas de drenaje en color azul.

3.1.2.6. ANGULOSIDAD

La angulosidad es una característica de tipo cuantitativa la cual indica el ángulo en la unión de las corrientes tributarias y las principales en el sentido de la dirección del curso hídrico. (Ver Imagen19)

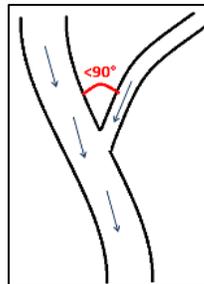


Imagen 19. Figura ilustrativa donde se muestra el criterio de interpretación de angulosidad. Fuente: Elaboración propia.

- Agudo. Se califica como aguda la unión entre la corriente principal con sus tributarios cuando forma un ángulo menor a 90° .

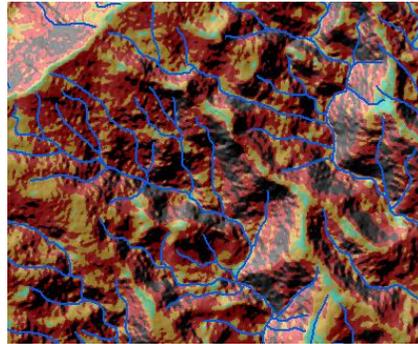


Imagen 20. Unión aguda de los drenajes, municipio de Abrego – Norte de Santander. Líneas de drenaje escala 1:25.000 sobre modelo de Pendientes - DEM de 12 mts ALOS PALSAR -.

- ° Recto. La valoración de ángulo recto se hace cuando la unión entre cauces tributarios con corrientes principales es igual a 90° .

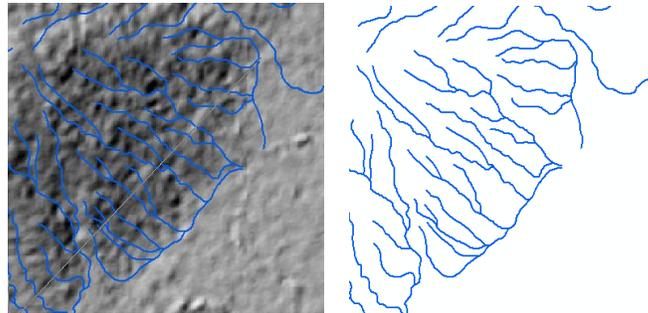


Imagen 21. Unión recta de los drenajes, municipio de Sabana de Trujillo – Valle del Cauca. En la izquierda líneas de drenaje escala 1:25.000 sobre modelo de Sombras - DEM de 12 mts ALOS PALSAR -, derecha líneas de drenaje en color azul.

- ° Obtuso. En los casos en los cuales las uniones entre cauces superan los 90° , se determina una valoración de angulosidad obtusa.

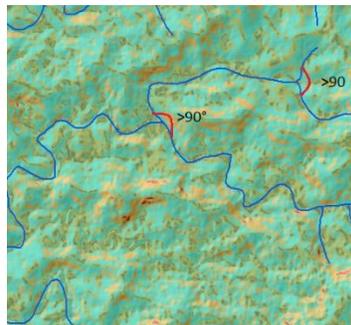


Imagen 22. Unión obtusa de los drenajes, municipio de Abrego – Norte de Santander. Líneas de drenaje escala 1:25.000 sobre modelo de Pendientes - DEM de 12 mts ALOS PALSAR -.

3.1.3. FACTORES MORFOLÓGICOS

Son las características que permiten la diferenciación de los materiales geológicos a partir del análisis de las formas de la superficie terrestre. Este análisis implica entender los procesos morfogenéticos que dan origen a los diversos paisajes geomorfológicos, los cuales son producto de la interacción constante entre fuerzas endógenas (procesos de orogénesis y levantamiento de la superficie) y exógenas (denudación, transporte y sedimentación), que han configurado a lo largo del tiempo el relieve que observamos en la actualidad (Gutiérrez, 2008).

El objetivo de la fotogeología es la extracción de información geológica a partir del estudio de la superficie terrestre por medio de la interpretación de fotografías aéreas y/o imágenes satelitales

(Naranjo, 2015). Parte fundamental de este proceso, corresponde a la diferenciación y clasificación de las diversas formas de la superficie terrestre, las cuales se configuran como elementos que permiten distinguir y separar los materiales geológicos que no son observables de forma directa en la fotografía aérea y/o la imagen satelital. Las diferentes disposiciones del relieve en los variados paisajes terrestres ofrecen pistas de lo que hay en el subsuelo, y el poder diferenciar con precisión esos cambios en la morfología de la superficie, facilitará la obtención de la información geológica de cualquier terreno que se pretenda interpretar. Es importante precisar que este es un método indirecto de obtención de información, por lo que la separación y clasificación de unidades geológicas es necesario corroborarla con el respectivo trabajo de campo sobre el terreno estudiado.

Dentro de la variedad de factores morfológicos que pueden interpretarse, se identificaron tres principales que facilitan al intérprete la obtención de la información geológica de una determinada zona de estudio. Estos son la geomorfología, el control estructural y la topografía de las cimas.

3.1.3.1. GEOMORFOLOGÍA

La geomorfología es el estudio de las formas de la superficie terrestre. El análisis geomorfológico es una de las piedras angulares del proceso fotogeológico (Vergara, 1971), dado que la diferenciación y clasificación de las formas de la superficie, y el entendimiento de los procesos morfogenéticos (endógenos y exógenos) que las generaron, son la base para la abstracción de la información geológica del terreno interpretado. Teniendo como base la Leyenda Nacional de Unidades Geomorfológicas Escala 1:25.000 Aplicada a Levantamientos de Suelos del IGAC, se clasifican los diversos materiales geológicos en función de los tipos de relieve expresados en la superficie terrestre.

Tabla 1. Asociación de tipos de relieve con los diferentes materiales geológicos en los cuales se pueden formar. Unidades tomadas de la Leyenda Nacional de Unidades Geomorfológicas escala 1:25.000 del IGAC

Materiales geológicos	Tipos de relieve	
Rocas Ígneas	Alteritas de rocas ígneas intrusivas félsicas e intermedias	Cumbres, filas y vigas, colinas y lomas.
	Alteritas de rocas ígneas intrusivas máficas y ultramáficas	Cumbres, filas y vigas, colinas, lomas y pedimentos.
	Alteritas de rocas ígneas extrusivas félsicas e intermedias	Cumbres, filas y vigas, colinas, lomas, conos volcánicos, domos volcánicos y coladas de lava.
	Alteritas de rocas ígneas extrusivas máficas	Cumbres, filas y vigas, colinas, lomas, pedimentos, conos volcánicos, domos volcánicos y coladas de lava.
	Alteritas de rocas volcanoclásticas	Campo de ignimbritas.
Rocas Metamórficas	Alteritas de rocas metamórficas	Dorsos, filas y vigas, colinas y lomas.
	Alteritas de rocas metamórficas carbonatadas	Filas y vigas, colinas, lomas, depresiones kársticas, lomas y valles kársticos.
Rocas Metasedimentarias	Alteritas de rocas metasedimentarias	Filas y vigas, colinas, lomas y crestas paralelas.
Rocas Volcanosedimentarias	Alteritas de rocas volcanosedimentarias	Filas y vigas, colinas, lomas y crestas paralelas.
Rocas Sedimentarias	Alteritas de rocas sedimentarias clásticas conglomeráticas	Mesas, cuestras, crestones, espinazos, barras, pedimentos, pediplanos, lomas y colinas.
	Alteritas de rocas sedimentarias clásticas arenosas	Mesas, cuestras, crestones, espinazos, barras, pedimentos, pediplanos, lomas y colinas.
	Alteritas de rocas sedimentarias clásticas limo – arcillosas	Mesas, cuestras, crestones, espinazos, barras, pedimentos, pediplanos, lomas y colinas.

Materiales geológicos	Tipos de relieve	
	Alteritas de rocas sedimentarias carbonatadas	Mesas, cuestras, crestones, espinazos, barras, depresiones kársticas, lomas kársticas, valle kárstico, lomas y colinas.

3.1.3.2. CONTROL ESTRUCTURAL

El estudio de los relieves que deben su forma a la litología y a las estructuras de las rocas se conoce como análisis estructural (Gutiérrez, 2008). Específicamente el control estructural hace referencia a las formas superficiales que son producto de los procesos endógenos y/o internos (tectónico-orogénicos) de levantamiento de la corteza terrestre. Estas formas se ven posteriormente sometidas a la interacción con los procesos externos y/o exógenos (denudación, transporte y sedimentación), los cuales remodelan los paisajes estructurales, dando origen a diversas formas superficiales.

El control estructural se puede dar por plegamiento, diaclasamiento (fracturamiento) y/o fallamiento. Estos controles permiten identificar contactos entre diferentes materiales, así como la disposición regional de las estructuras geológicas. El análisis estructural en fotogeología es fundamental, dado que no sólo permite identificar la macroestructura geológica del terreno interpretado, sino que también permite inferir la dirección y buzamiento de los estratos de las rocas (Vergara, 1971).

Las redes hidrográficas también permiten identificar los controles estructurales. La dirección que toma el agua y las diferentes disposiciones de los patrones de drenaje, son evidencia de los controles ejercidos principalmente por el plegamiento y fallamiento de las rocas (Vergara, 1971).

- Plegamiento

Arqueamiento o deformación de las rocas provocado fundamentalmente por esfuerzos de compresión – Procesos Endógenos – (Lugo, 2011). Cuando los materiales están plegados, la red hidrográfica suele adaptarse a las estructuras principales (Vergara, 1971), permitiendo a través del estudio de los rasgos estructurales, establecer los procesos morfogenéticos que dieron origen a los paisajes geomorfológicos característicos de estos ambientes.

La diferencia en las formas superficiales generadas a partir del plegamiento de las rocas y su exposición a los procesos exógenos, son elementos fundamentales para el intérprete que le permiten establecer posibles diferencias en los materiales geológicos en función de las características disimiles del relieve.

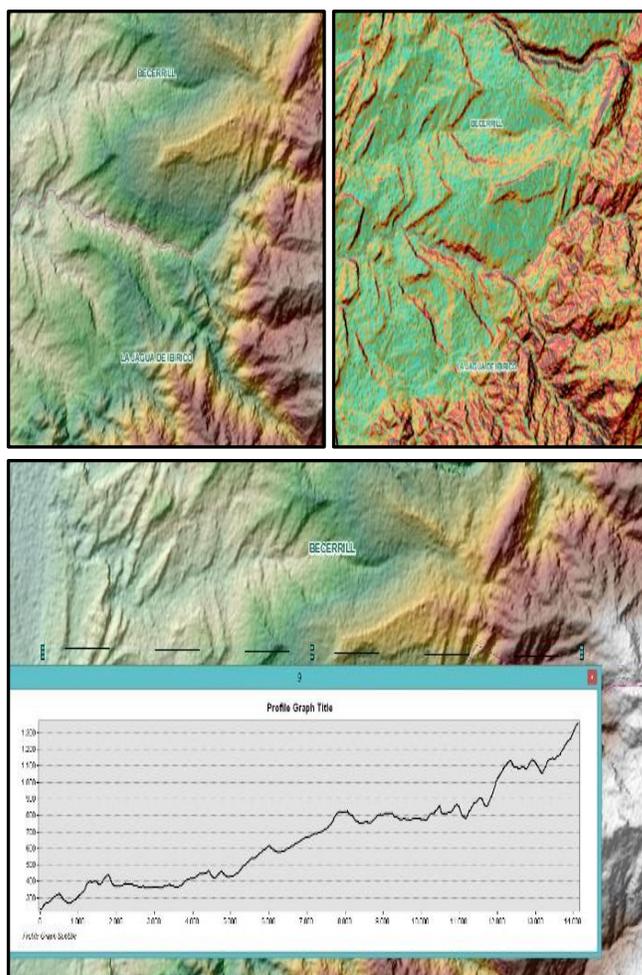


Imagen 23. Plegamiento de rocas sedimentarias que forma un relieve estructural en los sectores montañosos de los municipios de Becerril y la Jagua de Ibirico, departamento de Cesar. En las imágenes se observa el Modelo Digital de Elevación de 12 metros ALOS PALSAR, sobre el Modelo de Sombras (Imagen Izquierda arriba) y el modelo de pendientes sobre el modelo de sombras (imagen derecha arriba). En la parte de abajo se muestra el perfil topográfico que evidencia la presencia de estructuras (Espinazos) producto del plegamiento de la roca.

° Fracturamiento (Diaclasamiento)

Ruptura de las rocas sin desplazamiento de los bloques que la separan (Lugo, 2011). Desde la interpretación fotogeológica, el grado, la densidad, la visibilidad y la claridad de las fracturas, son un indicativo fundamental para la separación de materiales geológicos (Vergara, 1971), puesto que se establece como un indicador que permite analizar las diferentes características de las rocas, como la rigidez, la cohesión y la elasticidad.

La verdadera dificultad desde el punto de vista de la interpretación es que se hace muy difícil diferenciar las fracturas de las fallas, por lo que, en ocasiones, es fundamental el reconocimiento en campo para dilucidar cualquier tipo de duda. Algunos criterios para el reconocimiento de fracturas son: alineación de los drenajes, angularidad de la red hidrográfica y alineación de la vegetación, entre otras (Vergara, 1971).



Imagen 24. Fracturamiento de rocas municipio de Sucre, Santander. Como se observa en la imagen, las rocas presentan diaclasamiento sin una dirección definida, contrario al fallamiento. Las fracturas más representativas se resaltan en color rojo. Imagen de Google Earth, 2017.

° Fallamiento

Plano o zona de ruptura en el sustrato rocoso a lo largo de la cual se produce un desplazamiento (Lugo, 2011). Los principales tipos de fallas son las de gravedad (normal e inversa) y las fallas de rumbo (de desplazamiento horizontal y de desplazamiento lateral) (Tarbuck y Lutgens, 2005). Aunque existe una evidente dificultad para diferenciar las fallas de las fracturas en la interpretación fotogeológica, hay dos tipos de fallas que sí pueden ser observadas en las fotografías aéreas (Vergara, 1971): las fallas de gravedad, donde un bloque se desplaza verticalmente frente a otro, generando un cambio topográfico y estructural fácilmente identificable por medio de la interpretación en 3 dimensiones; y las fallas de desplazamiento de rumbo, donde el movimiento de los bloques es horizontal, generando una discontinuidad de las estructuras que en la mayoría de los casos puede ser apreciada desde la interpretación de las fotografías y/o imágenes satelitales.

Sumado a la alineación de los drenajes y la cobertura, las fallas pueden ser identificadas por la discontinuidad en las estructuras y en las formas superficiales del relieve (Vergara, 1971). Estos controles, identificados fácilmente en la interpretación de las fotografías y/o imágenes satelitales, son elementos indicativos de contactos entre materiales, por lo que su identificación es crucial para la correcta abstracción de la información geológica de cualquier área de estudio.

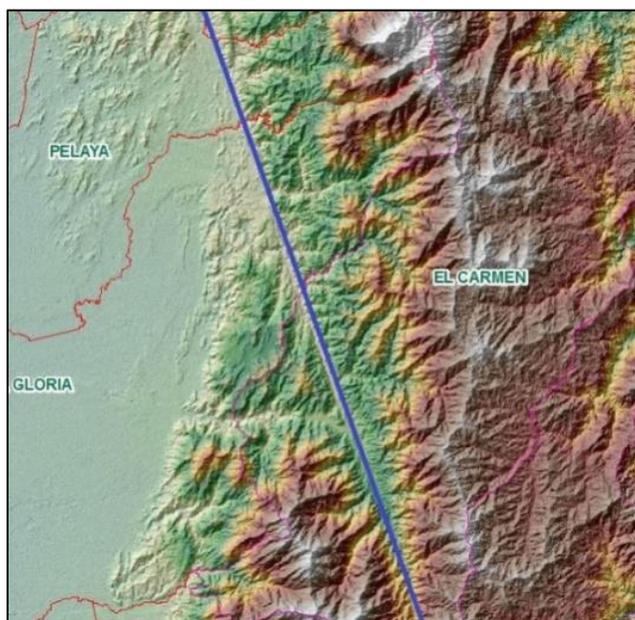


Imagen 25. Falla de Bucaramanga, municipios del Carmen (Norte de Santander), Pelaya y La Gloria (Cesar). La interpretación a partir del DEM de 12 metros ALOS PALSAR permite la visualización del trazo de la falla en color azul.

3.1.3.3. TOPOGRAFÍA DE LAS CIMAS

La resistencia de los diferentes materiales geológicos a los procesos exógenos (denudación, transporte y sedimentación) se identifica en la interpretación fotogeológica por la forma que adquieren las cimas de los relieves. Esta topografía de las cimas es un indicativo de la resistencia de los materiales a la actividad denudativa, y se convierte en un criterio que permite la abstracción de los materiales geológicos a partir de la interpretación de las fotografías áreas y/o imágenes satelitales.

Las divisorias de aguas, que son los puntos más altos del relieve entre dos corrientes fluviales o cuencas hidrográficas (Lugo, 2011), es donde se expresan las variantes topográficas que permiten la identificación de los materiales geológicos que componen las formas superficiales. La topografía de las cimas puede ser aguda y subaguda, redondeada y subredondeada, y plana.

- Aguda y subaguda

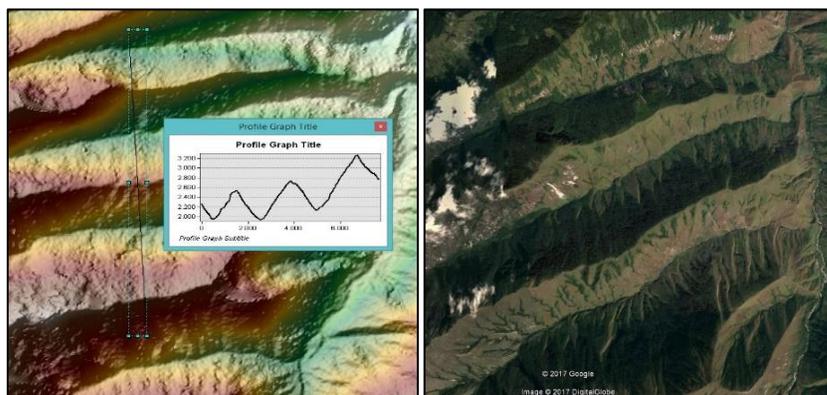


Imagen 26. Cimas Agudas y Subagudas, municipio de Dibulla, la Guajira. Corresponde al flanco norte de la Sierra Nevada de Santa Marta. Las dos imágenes y el perfil topográfico permiten identificar la forma particular de las cimas. Imagen de la derecha tomada de Google Earth, 2017.

- Redondeada y subredondeada

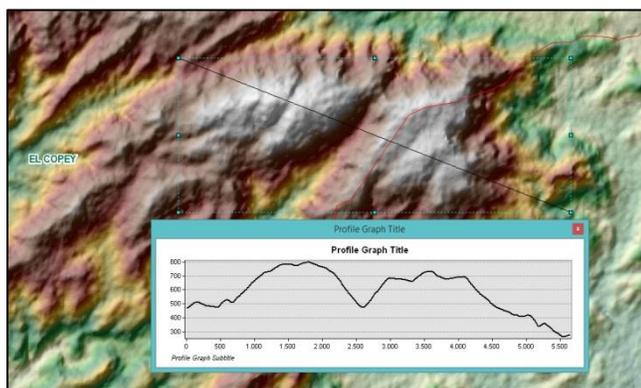


Imagen 27. Cimas Redondeadas y Subredondeadas, municipio de El Copey, Cesar. La imagen y el perfil topográfico permiten identificar la forma particular de las cimas. El perfil es tomado a partir del DEM de 12 metros ALOS PALSAR.

◦ Plana

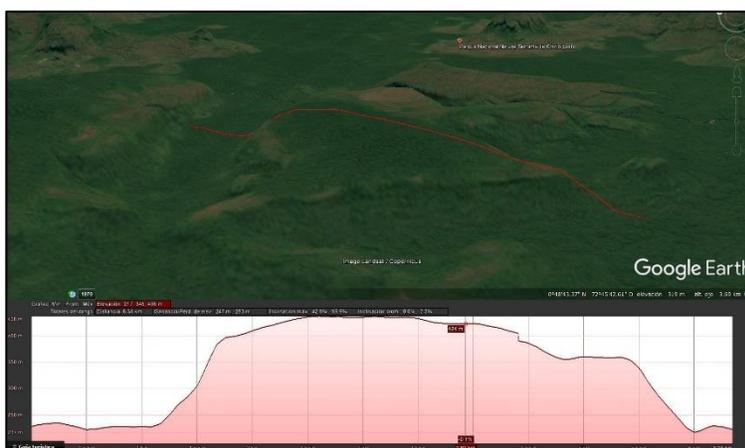


Imagen 28. Cima Plana, Parque Nacional Natural Serranía de Chiribiquete, Caquetá. Imagen y perfil tomados de Google Earth, 2017.

3.1.4. OTROS CRITERIOS DE INTERPRETACIÓN

Existen otros criterios que pueden usarse para identificar límites de materiales, pero que no pueden asociarse estrictamente a un tipo de material específico. Como parte de los elementos complementarios o de apoyo se encuentran la cobertura vegetal, la erosión y la pendiente. Estos elementos permiten al intérprete geomorfológico inferir a partir de cambios significativos, posibles variaciones en los tipos de roca.

3.1.4.1. COBERTURA VEGETAL

La cobertura vegetal es reconocida como la capa de vegetación ya sea en su estado natural o aquella modificada parcial o totalmente por la actividad humana; es así, como el reconocimiento por parte del intérprete de cambios en el tipo de vegetación y/o en su densidad, le permiten establecer posibles zonas de contacto de los materiales geológicos.

El tipo de vegetación corresponde a aquellas unidades descritas en la leyenda de Corine Land Cover como pastos, bosques, arbustos, matorrales y áreas abiertas sin o con poca vegetación entre otros, mientras la densidad es definida como *“un parámetro que permite conocer la abundancia de una especie o una clase de plantas. La densidad es el número de individuos en un área determinada”* (Mostacedo, 2000).

3.1.4.2. EROSIÓN

La erosión hace parte de los procesos denudativos que actúan sobre la superficie terrestre, ya sea de manera natural o intensificada por la acción humana, permiten al intérprete bajo condiciones climáticas similares inferir la naturaleza de los materiales geológicos afectados por esta, se define como:

“destrucción de los materiales de la corteza terrestre por acción de los procesos geológicos. La erosión implica los siguientes procesos: fracturamiento, fisuramiento, alteración física y/o química hasta el momento de arranque de los materiales, sin considerar el transporte. Los agentes erosivos son: el agua, el viento, el hielo, la acción del sol dilatando las rocas durante el día y contrayéndolas durante la noche, la humedad, etc. La erosión es un proceso geológico destructivo, tiende a nivelar la superficie de la corteza terrestre, las salientes y las montañas se desgastan, disminuyendo sus dimensiones. La erosión es una fase del proceso de gradación, que tiene tres fases: erosión, transporte y sedimentación, o degradación, transporte y agradación.” (Burga, 2011).

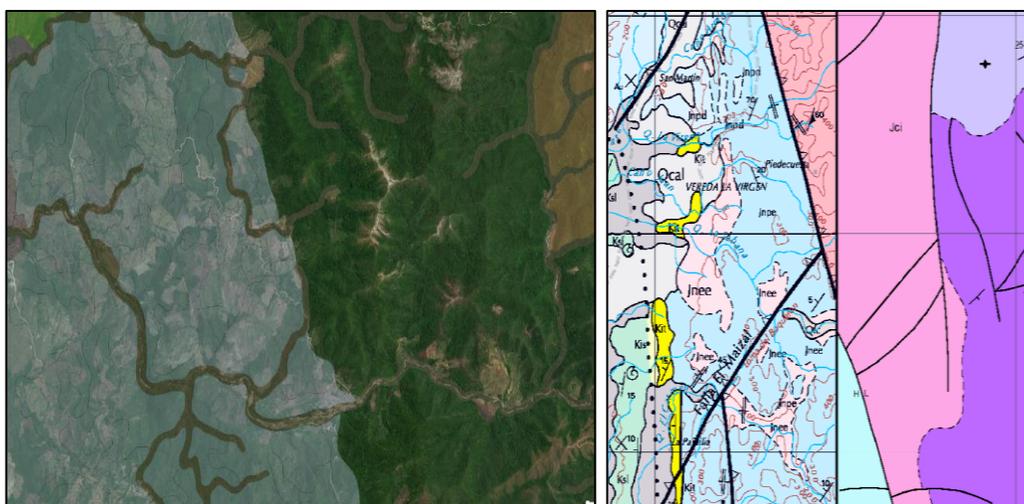


Imagen 29. Cobertura y Erosión como indicador de cambio de material. Contacto entre el Complejo metasedimentario de La Virgen (azul) y la unidad volcánoclastica de Norean (morado). Municipio de La Gloria, Departamento de Cesar. Imagen de la derecha corresponde a un sector de las planchas geológicas 65 Tamalameque y 66 Miraflores del Servicio Geológico Colombiano – SGC, donde se observan las dos unidades en contacto. Imagen de la izquierda corresponde a la interpretación geomorfológica en transparencia sobre el mismo sector observado en la plancha geológica. Imagen tomada de Google Earth, 2017.

3.1.4.3. PENDIENTE

Es un criterio que permite representar la inclinación de una superficie, se expresa en porcentaje y puede ser indicativo de un cambio de material.

Teniendo en cuenta la categorización por clases de pendiente adoptada por la Subdirección de Agrología en el documento vigente “Descripción y muestreo de suelos” (ver Tabla 2).

Tabla 2. Categorización por clases de pendiente

Código	Clase de Pendiente	Pendiente (%)
n	Plano	0 – 1 %
a	Ligeramente Plano	1 – 3 %
b	Ligeramente Inclinado	3 – 7 %
c	Moderadamente Inclinado	7 – 12 %
d	Fuertemente Inclinado	12 – 25 %
e	Moderadamente Escarpado	25 – 50 %
f	Escarpado	50 – 75 %

Código	Clase de Pendiente	Pendiente (%)
g	Muy Escarpado	> 75 %

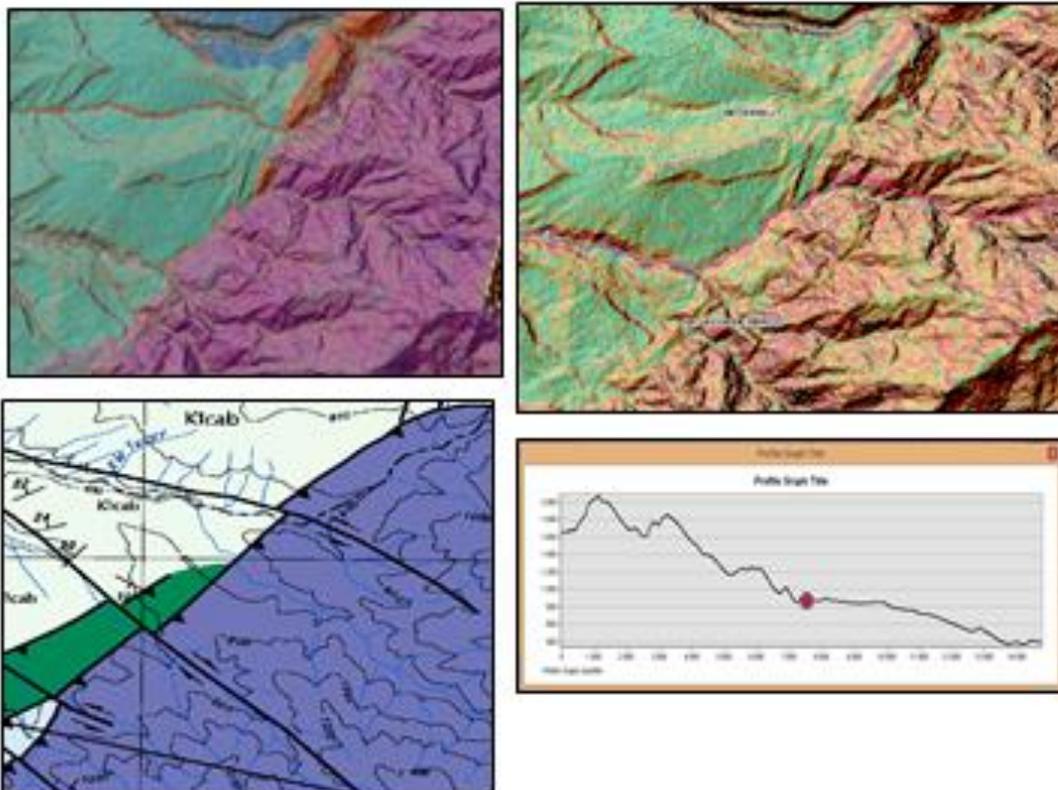


Imagen 30. Pendiente como indicador de cambio de material. Beceril y Jagua de Iberico, Departamento de Cesar. Pendientes fuertes asociadas al complejo Metasedimentario de la virgen (Morado) y pendientes suaves a las calizas del Grupo Cogollo (Blanco). Imágenes de Arriba corresponden a la interpretación en transparencia sobre el modelo de pendientes - DEM de 12 mts ALOS PALSAR -. Abajo izquierda sector de la plancha geológica 47 Chiriguaná del Servicio Geológico Colombiano – SGC, donde se observan las dos unidades en contacto. Abajo derecha perfil donde el punto rojo identifica el contacto entre materiales ejemplificado por el cambio abrupto de pendiente.

3.2. MATERIALES GEOLÓGICOS

En la Tabla 3 se muestran los materiales geológicos que se han desarrollado en el presente documento y que forman parte del grupo de materiales definidos para la interpretación geomorfológica con fines de levantamientos de suelos.

Tabla 3. Tipos de material geológico definidos para la leyenda geomorfológica aplicada a los levantamientos de suelos del IGAC

No.	GRUPO MATERIAL GEOLÓGICO
1	Alteritas de rocas ígneas intrusivas félsicas e intermedias
2	Alteritas de rocas ígneas intrusivas máficas y ultramáficas
3	Alteritas de rocas ígneas extrusivas félsicas e intermedias
4	Alteritas de rocas ígneas extrusivas máficas
5	Alteritas de rocas volcanoclásticas
6	Alteritas de rocas volcanosedimentarias
7	Alteritas de rocas metamórficas de bajo y medio grado

No.	GRUPO MATERIAL GEOLÓGICO
8	Alteritas de rocas metamórficas de alto grado
9	Alteritas de rocas metamórficas carbonatadas
10	Alteritas de rocas metasedimentarias
11	Alteritas de rocas sedimentarias clásticas conglomeráticas
12	Alteritas de rocas sedimentarias clásticas arenosas
13	Alteritas de rocas sedimentarias clásticas limo - arcillosas
14	Alteritas de rocas sedimentarias carbonatadas

3.2.1. ROCAS ÍGNEAS

Las rocas ígneas se clasifican de acuerdo con factores como, el lugar de cristalización el cual puede ser bajo la superficie terrestre (rocas intrusivas o plutónicas), cerca de la superficie (rocas subvolcánicas) o sobre esta (rocas extrusivas o volcánicas), y la composición mineralógica de las rocas, a partir del cual se pueden agrupar en félsicas, intermedias, máficas y ultramáficas.

“En las rocas ígneas los minerales petrogenéticos son silicatos y su abundancia permite clasificar las rocas. En función de su color estos minerales se dividen en: Minerales claros, félsicos o leucocratos (cuarzo, plagioclasa, feldespato potásico, moscovita) y Minerales oscuros, máficos, melanocratos o ferromagnesianos (biotita, anfíbol, piroxeno y olivino).” (Pozo, 2003).

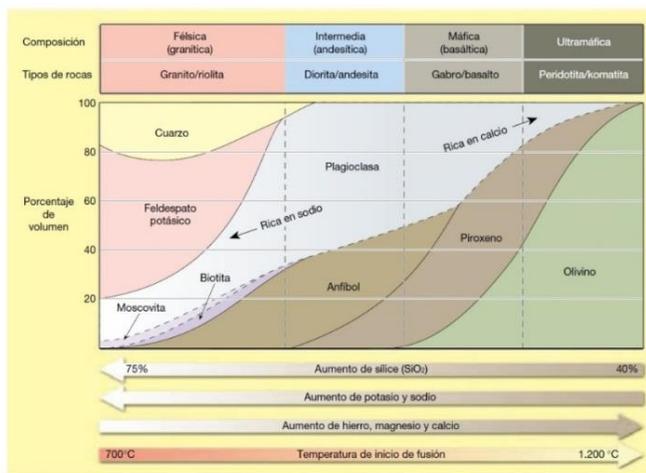


Imagen 31. Clasificación de las rocas ígneas de acuerdo con su composición mineralógica. Tomado de Tarbuck y Lutgens, 2005:114.

3.2.1.1. ALTERITAS DE ROCAS ÍGNEAS INTRUSIVAS FÉLSICAS E INTERMEDIAS

Corresponde a rocas ígneas plutónicas formadas por el magma a profundidades mayores a un kilómetro, se caracterizan por presentar una textura fanerítica o porfídica y por estar compuestas principalmente por minerales como el cuarzo y el feldespato, de otro lado los minerales máficos representan del 0 al 15 % para las rocas félsicas y del 16 al 45 % en las rocas intermedias, este hecho favorece la predominancia de colores claros característicos de estas rocas.

3.2.1.2. ALTERITAS DE ROCAS ÍGNEAS INTRUSIVAS MÁFICAS Y ULTRAMÁFICAS

Corresponde a rocas ígneas plutónicas formadas por el magma a profundidades mayores a un kilómetro, se caracterizan por presentar una textura fanerítica o porfídica y por estar compuestas principalmente por anfíboles, piroxenos y plagioclasas, de otro lado los silicatos representan del 45 al

55% en las rocas máficas y < al 45% para las rocas ultramáficas, favoreciendo la predominancia de colores oscuros.

3.2.1.3. ALTERITAS DE ROCAS ÍGNEAS EXTRUSIVAS FÉLSICAS E INTERMEDIAS

Corresponde a rocas ígneas volcánicas formadas por lava que emerge a la superficie terrestre tanto en condiciones aéreas como submarinas. Se caracterizan por presentar una textura afanítica y por estar compuestas principalmente por minerales como el cuarzo y el feldespato, de otro lado los minerales máficos representan del 0 al 15 % para las rocas félsicas y del 16 al 45 % en las rocas intermedias, este hecho favorece la predominancia de colores claros característicos de estas rocas.

3.2.1.4. ALTERITAS DE ROCAS ÍGNEAS EXTRUSIVAS MÁFICAS

Corresponde a rocas ígneas volcánicas formadas por lava que emerge a la superficie terrestre tanto en condiciones aéreas como submarinas, se caracterizan por presentar una textura afanítica y por estar compuestas principalmente por anfíboles, piroxenos y plagioclasas, de otro lado los silicatos representan entre el 45 y el 55% de las rocas máficas, favoreciendo la predominancia de colores oscuros.

3.2.1.5. ALTERITAS DE ROCAS VOLCANOCLÁSTICAS

Corresponde a rocas ígneas extrusivas formadas a partir de materiales proyectados de forma violenta durante eventos volcánicos de tipo explosivo, sufriendo procesos de solidificación posteriores al evento originario. Se caracterizan por presentar una textura vesicular, determinada por el contenido de gases, la viscosidad y la velocidad de enfriamiento del flujo, o por una textura piroclástica configurada por piroclastos de variado tamaño como la ceniza, lapilli, las bombas y los bloques.

A continuación, se relacionan los cinco grupos de rocas ígneas mencionados anteriormente con sus correspondientes rocas representativas (Tabla 4).

Tabla 4. Grupo de Rocas Ígneas

Material geológico	Tipos y/o tamaños específicos
Alteritas de rocas ígneas intrusivas félsicas e intermedias.	Granito, monzonita, cuarzomonzonita, diorita, granodiorita, cuarzodiorita, tonalita, leucotonalita, sienita, pegmatita, pórfidos félsicos.
Alteritas de rocas ígneas intrusivas máficas y ultramáficas.	Diabasa, gabro, gabronorita, peridotita, dunita, piroxenita, webseritas, pórfidos máficos y ultramáficos.
Alteritas de rocas ígneas extrusivas félsicas e intermedias.	Andesita, riolita, riodacita, dacita, traquita, cuarzolatita.
Alteritas de rocas ígneas extrusivas máficas.	Basalto, toleita, espilita.
Alteritas de rocas volcanoclásticas.	Toba, pumita, ignimbrita y otros piroclastos solidificados.

3.2.2. ROCAS VOLCANOSEDIMENTARIAS

Corresponden a unidades que contienen rocas ígneas extrusivas y/o intrusivas, félsicas y/o máficas intercaladas con rocas sedimentarias. Su origen se asocia a ambientes complejos de sedimentación en conjunto con procesos de vulcanismo. Esta característica dificulta la separación y diferenciación entre las rocas sedimentarias clásticas y las rocas volcánicas, por lo que se manejan como una sola unidad.

A continuación, se mencionan los tipos de rocas más representativos de este grupo (Tabla 5).

Tabla 5. Grupo de rocas volcanosedimentarias

Material geológico	Tipos y/o tamaños específicos
Alteritas de rocas volcanosedimentarias.	Rocas sedimentarias clásticas, intercaladas con rocas ígneas extrusivas félsicas y máficas o aglomerados volcánicos.

3.2.3. ROCAS METAMÓRFICAS

Las rocas metamórficas son el producto del metamorfismo de rocas ígneas, sedimentarias o incluso otras metamórficas que han sufrido cambios en su mineralogía, textura y en ocasiones en su composición química. Estos cambios son el resultado del sometimiento a una elevada temperatura y presión de las rocas preexistentes ubicadas dentro de la corteza terrestre.

El grado de metamorfismo varía de acuerdo con el nivel de calor o presión que se ejerce sobre los materiales, generando que se produzca el cambio o la aparición de nuevos minerales dentro de las rocas, por tal motivo las rocas metamórficas pueden ser separadas en tres grupos. Los dos primeros hacen referencia al grado de metamorfismo (bajo, medio y alto) y el tercero simplemente resalta la presencia de minerales carbonatados dentro de la roca.

Nombre de la roca	Textura	Tamaño de grano	Observaciones	Protolito
Pizarra	Foliada	Muy fino	Pizarrosidad excelente, superficies lisas sin brillo	Lutitas, pelitas
Filita		Fino	Se rompe a lo largo de superficies onduladas, brillo satinado	Pizarra
Esquisto		Medio a grueso	Predominan los minerales micáceos, foliación escamosa	Filita
Gneis		Medio a grueso	Bandeado composicional debido a la segregación de los minerales	Esquisto, granito o rocas volcánicas
Migmatita		Medio a grueso	Roca bandeada con zonas de minerales cristalinos claros	Gneis, esquisto
Milonita	Poco foliada	Fino	Cuando el grano es muy fino, parece sílex, suele romperse en láminas	Cualquier tipo de roca
Metaconglomerato		De grano grueso	Cantos alargados con orientación preferente	Conglomerado rico en cuarzo
Mármol	No foliada	Medio a grueso	Granos de calcita o dolomita entrelazados	Caliza, dolomía
Cuarcita		Medio a grueso	Granos de cuarzo fundidos, masiva, muy dura	Cuarzoarenita
Comeana		Fino	Normalmente, roca masiva oscura con brillo mate	Cualquier tipo de roca
Antracita		Fino	Roca negra brillante que puede mostrar fractura concoide	Carbón bituminoso
Brecha de falla		Medio a muy grueso	Fragmentos rotos con una disposición aleatoria	Cualquier tipo de roca

Imagen 32. Clasificación de las rocas Metamórficas. Tomado de Tarbuck y Lutgens, 2005:238.

3.2.3.1. ROCAS METAMÓRFICAS DE BAJO Y MEDIO GRADO.

Las rocas metamórficas de bajo y medio grado son aquellas que se forman a presiones relativamente bajas y en temperaturas que van desde los 200°C hasta 650°C aproximadamente, lo que permite que estas rocas tengan mayor presencia de minerales hidratados. En metamorfismo de grado bajo se presentan minerales como la clorita, la moscovita y la biotita, mientras que el grado medio contiene granate y estauroilita.

En este grupo de rocas, se hace más compleja la diferenciación con su protolito o roca madre, esto se debe a que los rasgos que indican el proceso de metamorfismo son muy sutiles, tal y como sucede con la pizarra, la cual es el producto de la transformación de la lutita.

3.2.3.2. Rocas metamórficas de alto grado.

Las rocas metamórficas de alto grado son el resultado de las grandes fuerzas de presión combinadas con valores de temperatura que varían entre 650°C y 1000°C. Permiten la formación de minerales como

la sillimanita y la cristobalita que funcionan como indicadores entre grados de metamorfismo. También disminuye la presencia de minerales hidratados debido a la pérdida de agua.

En ambientes muy extremos, donde las rocas están a punto de fundirse, el metamorfismo produce una transformación tan completa que se dificulta la identificación de la roca madre. Esto se debe a que en el metamorfismo de alto grado desaparecen características como los planos de estratificación, los fósiles y las vesículas.

3.2.3.3. Rocas metamórficas carbonatadas

Las rocas metamórficas carbonatadas son aquellas que además de ser sometidas a elevadas presiones y temperaturas, están compuestas en un 50% por minerales carbonatados como aragonito, calcita y dolomita, entre otros. En esta agrupación la roca característica es el mármol, la cual está compuesta esencialmente por carbonato cálcico cuyo contenido supera el 90%. Esta roca es el producto del metamorfismo de la caliza, por tal motivo, también es susceptible a ser atacada por la lluvia ácida.

A continuación, se relacionan los tres grupos de rocas metamórficas mencionados anteriormente con sus correspondientes rocas representativas (Tabla 6).

Tabla 6. Grupo de rocas metamórficas

Material geológico	Tipos y/o tamaños específicos
Alteritas de rocas metamórficas de bajo y medio grado.	Pizarra, filita, esquisto, esquisto clorítico, esquistos sericitico, esquisto grafitico, esquisto anfíbolítico.
Alteritas de rocas metamórficas de alto grado.	Cuarcita, neis, ortogneis, paragneis, anfíbolita, serpentinita, granulita, granofelsa, ecogilita, migmatita.
Alteritas de rocas metamórficas carbonatadas.	Mármol.

3.2.4. ROCAS METASEDIMENTARIAS

Corresponden a rocas de origen sedimentario, expuestas a un metamorfismo de bajo grado, donde aún se pueden identificar las características de la roca madre o protolito.

A continuación, se mencionan los tipos de rocas más representativos de este grupo (Tabla 7).

Tabla 7. Grupo de rocas metasedimentarias

Material geológico	Tipos y/o tamaños específicos
Alteritas de rocas metasedimentarias.	Metaconglomerado, paraconglomerado, metaarenita, metalimolita, metalodolita, cataclasita.

3.2.5. ROCAS SEDIMENTARIAS

Las rocas sedimentarias se originan a partir de los productos de la meteorización mecánica y química, que posteriormente son transportados y depositados en los lagos, valles, mares y un sinnúmero de otros lugares a lo largo de la corteza continental (Pozo y González, 2003). Conforme se acumulan estos sedimentos, los materiales que se encuentran en el fondo comienzan a compactarse, mediante un proceso lento (diagénesis y litificación) que termina con la formación de roca sólida (Tarbuck y Lutgens, 2005). Se diferencian de las rocas ígneas y metamórficas por su disposición en capas o estratos, los cuales permiten identificar los diferentes procesos de sedimentación previos a la formación de la roca (Pellant, 1993).

Con el fin de facilitar el análisis e identificación de materiales geológicos, se realizó una clasificación de las rocas sedimentarias teniendo en cuenta los dos grandes grupos en los cuales se subdividen:

- **Rocas sedimentarias clásticas o detríticas:** derivadas de la meteorización mecánica y química que genera sedimentos que se originan y son transportados en forma de clastos sólidos denominados detritos. Los constituyentes fundamentales de la mayoría de las rocas sedimentarias de esta categoría son los minerales de arcilla y el cuarzo (Tarbuck y Lutgens, 2005).

Este tipo de rocas sedimentarias se clasifican en función del tamaño del clasto, como se muestra en la Tabla 8.

Tabla 8. Clasificación de las rocas detríticas según el tamaño del clasto. Tomado de Tarbuck y Lutgens, 2005

Intervalos de Tamaño (Milímetros mm)	Nombre del Clasto	Nombre del Sedimento	Roca Detrítica
>256 64 – 256	Bloque	Grava	Conglomerado o Brecha
4 – 64 2 – 4	Canto		
1/16 – 2	Grano	Arena	Arenisca
1/256 – 1/16	Granulo	Limo	Limolita
<1/256	Partícula	Arcilla	Lutita

- **Rocas sedimentarias químicas o carbonatadas:** "derivadas de las sustancias disueltas que son precipitadas mediante procesos orgánicos e inorgánicos, generando un material que se conoce como sedimento químico [...]. el material transportado en solución a los lagos y mares no permanece disuelto indefinidamente, una parte precipita para formar los sedimentos que se convierten en rocas como la caliza, el sílex y la sal de roca" (Tarbuck y Lutgens, 2005).

Rocas sedimentarias detríticas				Rocas sedimentarias químicas					
Textura clástica Tamaño del clasto		Nombre del sedimento	Nombre de la roca	Composición	Textura	Nombre de la roca			
Grueso (más de 2 mm)		Grava (clastos redondeados)	Conglomerado	Calcita, CaCO ₃	No clástica: cristalino de fino a grueso	Caliza cristalina			
		Grava (clastos angulosos)	Brecha			Travertino			
Medio (de 1/16 a 2 mm)		Arena (Si el feldespato es abundante la roca se denomina arcosa)	Arenisca		Clástica: caparazones y fragmentos de caparazón visibles, cementados débilmente	Clástica: caparazones y fragmentos de caparazón de diversos tamaños cementados con cemento de calcita	Coquina		
							Caliza fosilífera		
Fino (de 1/16 a 1/256 mm)		Limo	Limolita				Clástica: caparazones y arcilla microscópicos	Creta	
								Creta	
Muy fino (menos de 1/256 mm)		Arcilla	Lutita		Cuarzo, SiO ₂	No clástica: cristalino muy fino	Rocas silíceas (sílex) (color claro) Pedernal (color oscuro)		
							Yeso		
Yeso, CaSO ₄ •2H ₂ O		Yeso							
Halita, NaCl		Salgema							
Fragmentos vegetales alterados		Hulla							

biocalizmica

Imagen 33. Clasificación de las rocas Sedimentarias según sus dos grupos principales. Las detríticas (izquierda) se clasifican según el tamaño del clasto y las químicas (derecha) se clasifican de acuerdo con su composición mineral. Tomado de Tarbuck y Lutgens, 2005:214.

3.2.5.1. ALTERITAS DE ROCAS SEDIMENTARIAS CLÁSTICAS CONGLOMERÁTICAS.

Son rocas compuestas fundamentalmente por cantos o bloques de grava. Su tamaño oscila entre grandes cantos rodados hasta clastos tan pequeños como un guisante (> 2 mm) (Tarbuck y Lutgens, 2005). Se asume que los conglomerados se dieron por procesos de sedimentación caóticos, puesto que el material se encuentra pobremente seleccionado, presentando cantos y bloques de diversos tamaños en matrices arenosas o limo-arcillosas (Pozo y González, 2003).

3.2.5.2. ALTERITAS DE ROCAS SEDIMENTARIAS CLÁSTICAS ARENOSAS.

Son rocas compuestas fundamentalmente por granos de arena. Se analizan en función de su selección, de la forma del grano y de su composición (Tarbuck y Lutgens, 2005). La selección se refiere a la semejanza del tamaño del grano, la forma y el grado de redondez que presenta la roca y la composición de los minerales que lo constituyen (Pozo y González, 2003).

“Una roca bien seleccionada es aquella en la que los granos de una muestra tienen aproximadamente el mismo tamaño, mientras que una mal seleccionada es la que presenta granos con tamaños diferentes entre sí. En el caso de la forma, la redondez indica transporte por agua y aire, mientras que la angulosidad, indica transporte por hielo o un transporte muy corto antes de su depositación. Sumado a esto, el grado de redondez indica distancia y tiempo transcurrido, entre más redondeado el grano, más prolongado fue el transporte. En cuanto a la composición, la meteorización y el transporte prolongado de los granos por agua y viento, conlleva a la destrucción gradual de los minerales más débiles y menos estables (feldespatos y ferromagnesianos), siendo el cuarzo el mineral más resistente”

(Tarbuck y Lutgens, 2005). En función de qué tipo de minerales están presentes en el grano, se determina la composición de la roca y por ende su tipo.

3.2.5.3. ALTERITAS DE ROCAS SEDIMENTARIAS CLÁSTICAS LIMO – ARCILLOSAS.

Son rocas compuestas fundamentalmente por partículas del tamaño de arcilla y limo (Tarbuck y Lutgens, 2005). El pequeño tamaño de sus constituyentes hace imposible su identificación mineralógica a simple vista, siendo necesario el empleo de técnicas instrumentales de laboratorio (Pozo y González, 2004). El diminuto tamaño de sus clastos indica una sedimentación gradual, de corrientes relativamente tranquilas – lagos, llanuras de inundación, cuencas oceánicas etc. - (Tarbuck y Lutgens, 2005).

Las partículas de limo y arcilla que constituyen estas rocas tienden a depositarse en forma de capas delgadas o láminas, que, tras compactarse, reducen considerablemente el tamaño de los poros de la roca, impidiendo que el agua y las soluciones cementantes penetren (Pozo y González, 2004). *“Por consiguiente, las rocas pertenecientes a este grupo suelen describirse como débiles, porque están poco cementadas y no bien litificadas”* (Tarbuck y Lutgens, 2005).

3.2.5.4. ALTERITAS DE ROCAS SEDIMENTARIAS CARBONATADAS.

Son rocas formadas a partir de sedimentos químicos derivados del material que es transportado en solución a los lagos y mares (Tarbuck y Lutgens, 2005). El material soluble no permanece en este estado indefinidamente, precipitándose por medio de procesos orgánicos e inorgánicos, hasta formar los sedimentos químicos que posteriormente se convierten en rocas (Pozo y González, 2003).

La precipitación se da por procesos inorgánicos como la evaporación y la disolución química, y por procesos orgánicos, de los organismos acuáticos que mueren, y que posteriormente sus esqueletos son depositados en el fondo de lagos y mares, dando origen a sedimentos de carácter bioquímico (Tarbuck y Lutgens, 2005).

A continuación, se relacionan los cuatro grupos de rocas sedimentarias mencionados anteriormente con sus correspondientes rocas representativas (Tabla 9).

Tabla 9. Grupo de Rocas Sedimentarias

Material geológico	Tipos y/o tamaños específicos
Alteritas de rocas sedimentarias clásticas conglomeráticas.	Conglomerado polimíctico, conglomerado oligomíctico, brecha.
Alteritas de rocas sedimentarias clásticas arenosas.	Arenisca cuarzosa, arcosa, arenisca calcárea, arenisca arcillosa, grauvaca, arenisca tobácea, arenisca lífica, arenisca ferruginosa.
Alteritas de rocas sedimentarias clásticas limo – arcillosas.	Arcillolita, lodolita, limolita, lutita, lidita, shale, marga, chert.
Alteritas de rocas sedimentarias carbonatadas.	Caliza litográfica, caliza bioclástica, caliza arcillosa, caliza arrecifal, lodolita calcárea, shale calcáreo, caliza ferruginosa, dolomita.

3.3. CRITERIOS DE INTERPRETACIÓN PARA DIFERENTES GRUPOS DE MATERIALES GEOLÓGICOS

A continuación, se describen los criterios que apoyan la identificación y delimitación de los diferentes grupos de materiales geológicos.

3.3.1. FACTORES PICTÓRICOS

Los criterios de interpretación presentados a continuación describen las características generales de tono y textura para diferentes tipos de rocas, estas características se encuentran influenciadas por condiciones como la composición y dureza de las rocas, las condiciones ambientales, la cobertura vegetal y el clima, las cuales generan una respuesta de los diferentes materiales expresada en su erosión y grado de disección.

3.3.1.1. ROCAS ÍGNEAS

En la siguiente tabla se enumeran varios tipos de rocas ígneas y los factores pictóricos que permiten su reconocimiento, en términos generales presentan un comportamiento definido principalmente por su composición, a nivel general las rocas félsicas e intermedias presentan tonos blancos a gris medio, las rocas máficas y ultramáficas gris medio a negro y las rocas volcanoclásticas gris claro a gris oscuro. En relación con la textura esta puede ser rugosa para las rocas de composición félsica e intermedia, lisa para las rocas de composición máfica y ultramáfica e intermedia o moteada para las rocas volcanoclásticas. Para observar los ejemplos ver Imágenes 34, 35, 36 y 37.

Tabla 10. Factores pictóricos en rocas ígneas

Factores pictóricos		Tono/color/matiz	Textura (suavidad o aspereza)
Ígneas	Rocas ígneas intrusivas félsicas e intermedias.	Blanco, gris claro	Áspera/Rugosa/Gruesa
	Rocas ígneas intrusivas máficas y ultramáficas.	Gris oscuro, negro	Suave/Lisa/Fina
	Rocas ígneas extrusivas félsicas e intermedias.	Blanco, gris claro	Áspera/Rugosa/Gruesa
	Alteritas de rocas ígneas extrusivas máficas.	Gris oscuro, negro	Suave/Lisa/Fina
	Alteritas de rocas volcanoclásticas.	Gris claro, gris medio, gris oscuro	Intermedia, moteada

3.3.2. PATRÓN DE DRENAJE

El patrón de drenaje es uno de los criterios utilizados para la separación de unidades geológicas, debido a la relación directa que tienen los cursos hídricos con el tipo de roca sobre el cual discurren, estos materiales determinan características como textura, tipo, integración entre cauces, homogeneidad, uniformidad, orientación, angulosidad y densidad de las redes hídricas.

Los drenajes son un apoyo fundamental en la delimitación de grupos de materiales ya que en ocasiones el curso de estos puede marcar cambios litológicos importantes que junto con la disección que produce el agua en ciertas zonas ayuda en la delineación del material

3.3.2.1. ROCAS ÍGNEAS

En la siguiente tabla se presentan los criterios correspondientes al patrón de drenaje para la diferenciación de grupos de rocas ígneas, a nivel general se puede notar una fuerte similitud en las características que muestran las redes hídricas, las cuales presentan orientación e integración en los 5 grupos ígneos. Además, se indica que los tipos de patrón de drenaje son bastante similares debido a las características de dureza, que, a su vez, determinan valores de densidad y textura moderados/medio y bajos/gruesos como es el caso del grupo volcanoclástico. Para observar los ejemplos ver imágenes 34, 35, 36 y 37.

Tabla 11. Patrón de drenaje en rocas ígneas

Patrón de Drenaje	Tipo	Integración	Densidad / Textura	Homogeneidad / grado de uniformidad	Orientación	Angulosidad	
Ígneas	Rocas ígneas intrusivas félsicas e intermedias.	Dendrítico – pinado - rectangular	Si	Moderada / Media	Homogéneo/ Alto	Si	Agudo - recto
	Rocas ígneas intrusivas máficas y ultramáficas.	Dendrítico - pinado	Si	Moderada / Media	Homogéneo/ Alto	Si	Agudo

Patrón de Drenaje	Tipo	Integración	Densidad / Textura	Homogeneidad / grado de uniformidad	Orientación	Angulosidad
Rocas ígneas extrusivas félsicas e intermedias.	Dendrítico - pinado	Si	Moderada / Media	Homogéneo / Alto	Si	Agudo
Alteritas de rocas ígneas extrusivas máficas.	Dendrítico - pinado	Si	Moderada / Media	Homogéneo / Alto	Si	Agudo
Alteritas de rocas volcanoclásticas.	Dendrítico	Si	Baja / Gruesa	Heterogéneo / Bajo	Si	Agudo - obtuso

3.3.2.2. ROCAS SEDIMENTARIAS

En las rocas sedimentarias, los patrones de drenaje a nivel general presentan control estructural, tal como se observa en el cuadro que se presenta a continuación, sin embargo, para el caso de rocas carbonatadas que están afectadas por procesos de disolución se pueden apreciar hundimientos que caracterizan al patrón de drenaje multibasinal que corta la integración de la red hídrica y no reflejan algún tipo de orientación de los cauces.

Por otra parte, cabe resaltar que en rocas con poca dureza e impermeables como es el caso de las rocas limo- arcillosas, se facilita la formación de una mayor cantidad de cauces, lo cual permite que la red hídrica presente una mayor densidad respecto a las rocas adyacentes y por lo tanto, es probable que en estos casos se pueda apreciar una textura fina. Para observar los ejemplos ver Imágenes 38, 39, 40 y 41.

Tabla 12. Patrón de drenaje en rocas sedimentarias

Patrón de Drenaje	Tipo	Integración	Densidad / Textura	Homogeneidad / grado de uniformidad	Orientación	Angulosidad	
Sedimentarias	Alteritas de rocas sedimentarias clásticas conglomeráticas.	Trellis - rectangular - paralelo	Si	Moderada / Media - Baja / Gruesa	Heterogéneo / Bajo	Si	Recto
	Alteritas de rocas sedimentarias clásticas arenosas.	Trellis - rectangular - paralelo	Si	Moderada / Media - Baja / Gruesa	Heterogéneo / Bajo	Si	Recto
	Alteritas de rocas sedimentarias clásticas limo - arcillosas.	Paralelo - dendrítico	Si	Alto / Fina	Heterogéneo / Bajo	Si	Agudo - recto - obtuso
	Alteritas de rocas sedimentarias carbonatadas.	Multibasinal - trellis - rectangular - paralelo	No - Mixto	Moderada / Media	Heterogéneo / Bajo	No - Si	Agudo - recto

3.3.2.3. ROCAS METAMÓRFICAS

En términos generales, se puede decir que las rocas metamórficas presentan patrones de drenajes homogéneos, de tipo dendrítico, angular y rectangular, pero de igual manera que en las rocas sedimentarias, dentro del grupo de las rocas metamórficas carbonatadas, la red hídrica puede variar al presentar procesos de disolución que generan hundimientos o depresiones características del patrón multibasinal, que a su vez hace que la unidad que presenta este tipo de rocas pueda verse de manera

heterogénea, poco uniforme y con canales desintegrados. Para observar los ejemplos ver Imágenes 42, 43 y 44.

Tabla 13. Patrón de drenaje en rocas metamórficas

	Patrón de Drenaje	Tipo	Integración	Densidad / Textura	Homogeneidad /grado de uniformidad	Orientación	Angulosidad
Metamórficas	Alteritas de rocas metamórficas de bajo y medio grado.	Dendrítico - rectangular - pinado	Si	Moderada/ Media	Homogéneo/Alto	Si	Agudo - recto
	Alteritas de rocas metamórficas de alto grado.	Dendrítico - rectangular - pinado	Si	Alto/Fina - Moderada/ Media	Homogéneo/Alto	Si	Agudo - recto
	Alteritas de rocas metamórficas carbonatadas.	Multibasinal - dendrítico pinado	Mixto	Moderada/ Media	Heterogéneo /Bajo	Si	Agudo

3.3.2.4. ROCAS VOLCANOSSEDIMENTARIAS

Dentro de ese grupo de materiales es común encontrar patrones de drenaje de tipo dendrítico y paralelo de manera heterogénea, esto se debe a que las rocas volcanosedimentarias son una intercalación entre materiales de origen volcánico y sedimentario, lo cual permite dicha variación en la distribución de la red hídrica. Además, cabe resaltar que este grupo de materiales suele presentar densidad moderada y textura media que pudieran estar condicionadas al grado de dureza y permeabilidad de este tipo de rocas. Para observar el ejemplo ver Imagen 45.

Tabla 14. Patrón de drenaje en rocas volcanosedimentarias

	Patrón de Drenaje	Tipo	Integración	Densidad / Textura	Homogeneidad /grado de uniformidad	Orientación	Angulosidad
Volcanosediment	Rocas volcanosedimentarias tipo areniscas, limolitas, cherts, tobas y milonitas; intercaladas con andesitas, basaltos y diabasas.	Dendrítico - trellis	Si	Moderada /Media	Heterogéneo /Bajo	Si	Agudo

3.3.2.5. ROCAS METASEDIMENTARIAS

Las rocas metasedimentarias presentan características similares a las rocas sedimentarias, esto se debe a que el grado de metamorfismo es bajo y suelen conservar muchas de las propiedades de la roca original, es por ese motivo que el patrón de drenaje es de tipo dendrítico y rectangular con texturas medias y densidad moderada, características típicas de las rocas sedimentarias. Para observar el ejemplo ver Imagen 46.

Tabla 15. Patrón de drenaje en rocas metasedimentarias

Patrón de Drenaje	Tipo	Integración	Densidad / Textura	Homogeneidad /grado de uniformidad	Orientación	Angulosidad
Metasedimentarias Rocas metasedimentarias tipo metaarenitas, metalimolitas, metaconglomerados, grauvacas y metalodolitas.	Dendrítico – trellis	Si	Moderada/Media	Homogéneo /Alto	Si	Agudo - recto

3.3.3. MORFOLOGÍA

La clasificación de las diversas formas de la superficie terrestre es un elemento básico de análisis en la disciplina de la fotogeología, puesto que un cambio considerable en la forma del relieve es en general un indicativo de un cambio de material geológico. Entendiendo esta premisa fundamental, se proponen criterios como geomorfología, control estructural y topografía para la separación de materiales.

A continuación, se presentarán cada uno de los grandes grupos de rocas que se abordan en el documento, destacando sus características morfológicas, las cuales presentan similitudes y diferencias que valen la pena ser analizadas en busca de facilitar el trabajo de los intérpretes de fotografías aéreas y/o imágenes satelitales, ofreciendo esas pistas que permiten plantear hipótesis en cuanto a la diferenciación de los materiales geológicos en una determinada área de trabajo.

3.3.3.1. ROCAS ÍGNEAS

Las filas y vigas son el tipo de relieve más común tanto en rocas ígneas intrusivas y extrusivas de composición máfica y félsica. En el caso de las zonas donde predomine el ambiente denudativo, los tipos de relieve que generalmente se expresan son las lomas y colinas. En áreas con presencia de volcanismo reciente (Cenozoico), se pueden expresar algunos tipos de relieve como las coladas de lava, los conos y los domos volcánicos, generalmente de origen extrusivo y de composición félsica e intermedia. Asociados a estos sectores es común la presencia de rocas de origen volcanoclástico, dando lugar a tipos de relieve como el campo de ignimbritas¹, originado a partir de corrientes de densidad piroclástica (CDP).

En áreas de rocas ígneas intrusivas y extrusivas de composición máfica, donde prima el control estructural (fallamiento y levantamiento) es posible la presencia del tipo de relieve de dorsos, que se caracteriza por presentar una morfología disímil con respecto a las unidades de relieve que los rodean.

En cuanto al control estructural, las rocas ígneas no poseen la característica del plegamiento (particular de las sedimentarias), por tal motivo se relaciona directamente con el fallamiento y el fracturamiento. Es importante distinguir las zonas de falla, puesto que es común que representen el límite o los contactos entre materiales geológicos diferentes.

La topografía de las cimas en filas y vigas generalmente es de configuración aguda y subaguda, mientras que en las lomas, colinas y dorsos suele ser redondeada y subredondeada. Para observar los ejemplos ver Imágenes 34, 35, 36 y 37.

¹ Para el caso de ignimbritas producto de volcanismo antiguo (antes del Cenozoico) el origen es de carácter extrusivo, de composición félsica y la morfología más común son las filas y vigas. Solo se puede asociar las ignimbritas a rocas volcanoclásticas en zonas con volcanismo reciente.

Tabla 16. Morfología en rocas ígneas

Morfología		Geomorfología	Topografía de las cimas	Control estructural
Ígneas	Rocas ígneas intrusivas félsicas e intermedias	Filas y vigas, cumbres.	Aguda y subaguda	Fallamiento, fracturamiento (diaclasamiento)
		Lomas, colinas.	Redondeada y subredondeada	
	Rocas ígneas intrusivas máficas y ultramáficas	Filas y vigas, cumbres.	Aguda y subaguda	
		Lomas, colinas, dorsos.	Redondeada y subredondeada	
		Pedimentos.	Plana	
	Rocas ígneas extrusivas félsicas e intermedias	Filas y vigas, cumbres.	Aguda y subaguda	
		Lomas, colinas, coladas de lava, domos y conos.	Redondeada y subredondeada	
	Alteritas de rocas ígneas extrusivas máficas	Filas y vigas, cumbres.	Aguda y subaguda	
		Lomas, colinas, dorsos, coladas de lava, domos y conos.	Redondeada y subredondeada	
		Pedimentos.	Plana	
	Alteritas de rocas volcanoclásticas	Campo de ignimbritas.	Redondeada y subredondeada.	

3.3.3.2. ROCAS SEDIMENTARIAS

La geomorfología de las rocas sedimentarias permite ser identificada dado que las formas de relieve presentan estratificación y pendientes estructurales bien desarrolladas. Sin embargo, las unidades geomorfológicas no varían mucho entre cada grupo de rocas sedimentarias, con excepción de las rocas carbonatadas las cuales al presentar procesos de disolución permiten la aparición de tipos de relieve propios del ambiente kárstico (Depresiones, Lomas, Valles Kársticos).

Los tipos de relieve más comunes asociados al plegamiento de la roca y que se presentan en todos los grupos de las rocas sedimentarias son mesas, cuestras, crestones, espinazos y barras. En zonas donde predomina el ambiente denudativo es común la presencia de lomas, colinas, pedimentos y pediplanos.

Desde el punto de vista del control estructural, en estas rocas prima el plegamiento, el cual permite observar multiplicidad de pendientes estructurales bien desarrolladas. Es también muy común el fallamiento, siendo clave su análisis dado que puede ofrecer pistas con respecto al límite de los materiales geológicos.

En las pendientes estructurales bien definidas, la topografía de las cimas se caracteriza por una configuración aguda y subaguda, mientras que en las lomas y colinas son redondeadas y subredondeadas. Aunque también es común que en estratos de menor dureza (limos y arcillas) se pueda facilitar la formación de lomas y colinas con cimas redondeadas por la poca resistencia a la denudación. Las mesas, como su nombre lo indica, se asocian directamente a una topografía de cimas planas. Para observar los ejemplos ver Imágenes 38, 39, 40 y 41.

Tabla 17. Morfología en rocas sedimentarias

	Morfología	Geomorfología	Topografía de las cimas	Control estructural
Sedimentarias	Alteritas de rocas sedimentarias clásticas conglomeráticas	Cuestas, crestones, espinazos, barras.	Aguda y subaguda	Plegamiento, fallamiento, fracturamiento (diaclasamiento)
		Lomas, colinas, pediplanos.	Redondeada y subredondeada	
		Mesas, pedimentos,	Plana	
	Alteritas de rocas sedimentarias clásticas arenosas	Cuestas, crestones, espinazos, barras.	Aguda y subaguda	
		Lomas, colinas, pediplanos.	Redondeada y subredondeada	
		Mesas, pedimentos,	Plana	
	Alteritas de rocas sedimentarias clásticas limo - arcillosas	Cuestas, crestones, espinazos, barras, lomas, colinas.	Redondeada y subredondeada	
	Alteritas de rocas sedimentarias carbonatadas	Cuestas, crestones, espinazos, barras.	Aguda y subaguda	
		Colinas, lomas, depresiones kársticas, lomas kársticas, valle kárstico.	Redondeada y subredondeada	
		Mesas.	Plana	

3.3.3.3. ROCAS METAMÓRFICAS

El tipo de relieve de filas y vigas es la unidad más representativa de las rocas metamórficas. En zonas donde prima el ambiente denudativo es común la formación de lomas y colinas. En áreas que se caracterizan por un control estructural marcado (fallamiento y levantamiento), es posible la presencia del tipo de relieve de dorsos, que se caracteriza por presentar una morfología disimil con respecto a las unidades de relieve que los rodean.

Un grupo que si presenta una particularidad es el de las rocas metamórficas carbonatadas, las cuales pueden someterse a procesos de disolución permitiendo la aparición de tipos de relieve característicos del ambiente kárstico (Depresiones, Lomas, Valles Kársticos).

La topografía de las cimas permite diferenciar en términos generales las rocas metamórficas de bajo y medio grado, presentando cimas más redondeadas en contraposición a las agudas y subagudas características de las rocas de alto grado de metamorfismo. Para observar los ejemplos ver Imágenes 42, 43 y 44.

Tabla 18. Morfología en rocas metamórficas

	Morfología	Geomorfología	Topografía de las cimas	Control estructural
Metamórficas	Alteritas de rocas metamórficas de bajo y medio grado	Cumbres, dorsos, filas y vigas, colinas, lomas.	Redondeada y subredondeada	Fallamiento, fracturamiento (diaclasamiento)
	Alteritas de rocas metamórficas de alto grado	Cumbres, dorsos, filas y vigas, colinas, lomas.	Aguda y subaguda	
	Alteritas de rocas metamórficas carbonatadas	Filas y vigas, lomas, depresiones kársticas, lomas y valles kársticos.	Redondeada y subredondeada	

3.3.3.4. ROCAS VOLCANOSEDIMENTARIAS

El tipo de relieve que más se presenta es el de filas y vigas y en zonas donde predomina el ambiente denudativo es común la formación de lomas y colinas. Un tipo de relieve particular de este grupo

litológico es el de crestas paralelas, las cuales son estructuras escalonadas, desarrolladas por la deformación de la roca producto de esfuerzos tectónicos y continuos procesos denudativos, y que se asemejan al patrón estructural de las rocas sedimentarias.

Desde el control estructural presentan fallamiento y fracturamiento, y una topografía de cimas, que se acerca más a la configuración redondeada y subredondeada. Para observar el ejemplo ver Imagen 45.

Tabla 19. Morfología en rocas volcanosedimentarias

Morfología		Geomorfología	Control Estructural	Topografía de las Cimas
Volcanosedimentarias	Rocas volcanosedimentarias tipo areniscas, limolitas, cherts, tobas y milonitas; intercaladas con andesitas, basaltos y diabasas.	Filas y vigas, colinas, lomas	Fallamiento, fracturamiento (diaclasamiento)	Redondeada y subredondeada

3.3.3.5. ROCAS METASEDIMENTARIAS

El tipo de relieve que más se presenta es el de filas y vigas y en zonas donde predomina el ambiente denudativo es común la formación de lomas y colinas. Un tipo de relieve particular de este grupo litológico es el de crestas paralelas, las cuales son estructuras escalonadas, desarrolladas por la deformación de la roca producto de esfuerzos tectónicos y continuos procesos denudativos, y que se asemejan al patrón estructural de las rocas sedimentarias.

Desde el control estructural presentan fallamiento y fracturamiento, y una topografía de cimas, que se acerca más a la configuración redondeada y subredondeada características que se han observado en la mayoría de las rocas han sido afectadas por un metaforismo de bajo grado. Para observar el ejemplo ver Imagen 46.

Tabla 20. Morfología en rocas metasedimentarias

Morfología		Geomorfología	Control Estructural	Topografía de las Cimas
Metasedimentarias	Rocas metasedimentarias tipo metaarenitas, metalimolitas, metaconglomerados, grauvacas y metalodolitas.	Cumbres, crestas paralelas, filas y vigas, lomas	Plegamiento, fallamiento, fracturamiento (diaclasamiento)	Redondeada y subredondeada

3.3.4. EJEMPLOS COMPLEMENTARIOS

El proceso de interpretación de materiales geológicos realizado para la interpretación geomorfológica aplicada a levantamientos de suelos se constituye como una fase compleja dentro de este, dado que implica un ejercicio de abstracción de la geología a partir de la utilización de los elementos diagnósticos anteriormente expuestos. En este sentido, a continuación, se presentan algunos ejemplos que complementan el análisis expuesto durante el desarrollo del documento, ilustrando todos los criterios definidos para la interpretación de cada material geológico.

3.3.4.1. ROCAS ÍGNEAS INTRUSIVAS FÉLSICAS E INTERMEDIAS

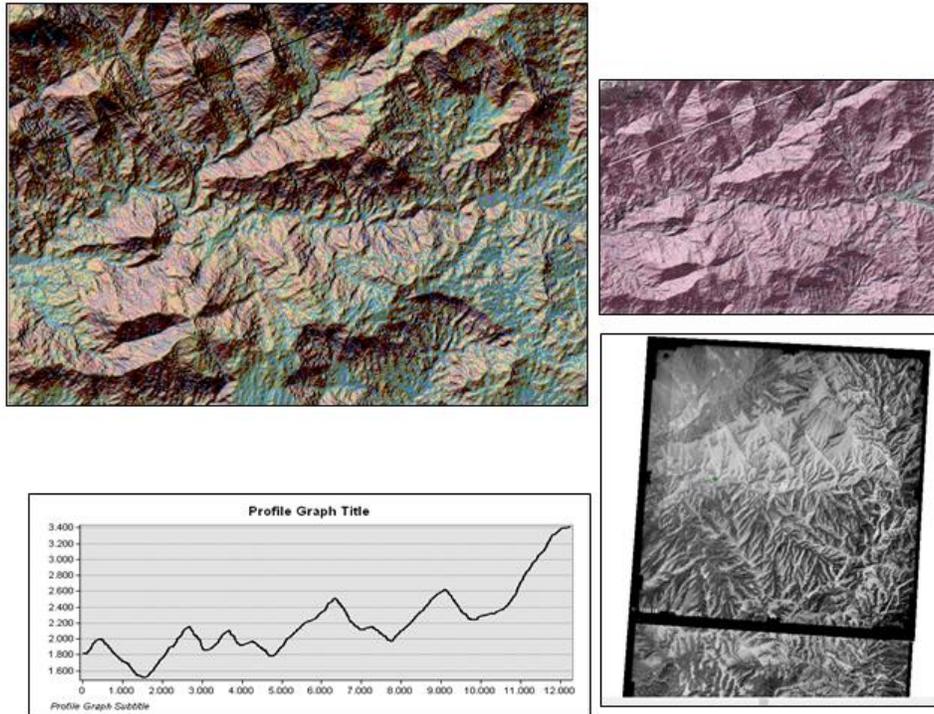


Imagen 34. Batolitos de Pueblo Bello y Patillal (Jpbb-g, Jpbb-cm). Municipio de Fundación, Magdalena. Factores Pictóricos: Tonos gris claros a blancos y textura áspera/rugosa/gruesa. Patrón de drenaje: tipo dendrítico y pinado, integrado, de densidad moderada, homogéneo/alto, orientado y de conexión aguda de los drenajes. Morfología: geomorfología de filas y vigas, cimas agudas y subagudas, y control estructural por fallamiento y fracturamiento. Las imágenes de arriba corresponden al modelo de pendientes sobre modelo se sombras (izquierda) – DEM de 12 mts –, y las de abajo al perfil de elevación donde se identifica la forma de las cimas (izquierda) y fotografía área de la zona de trabajo (derecha) fuente IGAC.

3.3.4.2. ROCAS ÍGNEAS EXTRUSIVAS FÉLSICAS E INTERMEDIAS

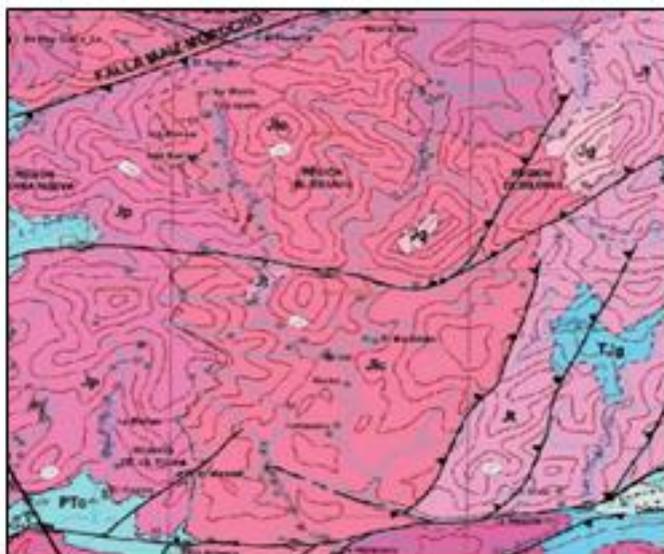
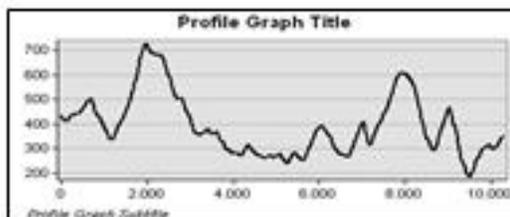


Imagen 35. Ignimbrita de la Piña (Jp), ignimbrita de los clavos (Jlc) y riolacita de los tábanos – Municipio de Valledupar, Cesar. Factores Pictóricos: Tonos gris claros a blancos y textura áspera/rugosa/gruesa. Patrón de drenaje: tipo dendrítico, integrado, de densidad moderada, homogéneo/alto, orientado y de conexión aguda de los drenajes. Morfología: geomorfología de filas y vigas y lomas, cimas redondeadas (lomas) y agudas y subagudas (filas y vigas), y control estructural por fallamiento. La imagen de arriba corresponde al modelo de pendientes sobre modelo de sombras – DEM de 12 mts – con su respectivo perfil de elevación ilustrando las cimas agudas en las filas y vigas (zonas de mayor relieve) y redondeadas en las lomas (zonas de menor relieve). Las imágenes de abajo corresponden a un sector de la plancha geológica 33 El Copey – SGC - (izquierda) y las líneas de drenaje escala 1:25.000 en fondo blanco que permiten observar todas las características del patrón anteriormente descritas (derecha).

3.3.4.3. ROCAS ÍGNEAS EXTRUSIVAS MÁFICAS

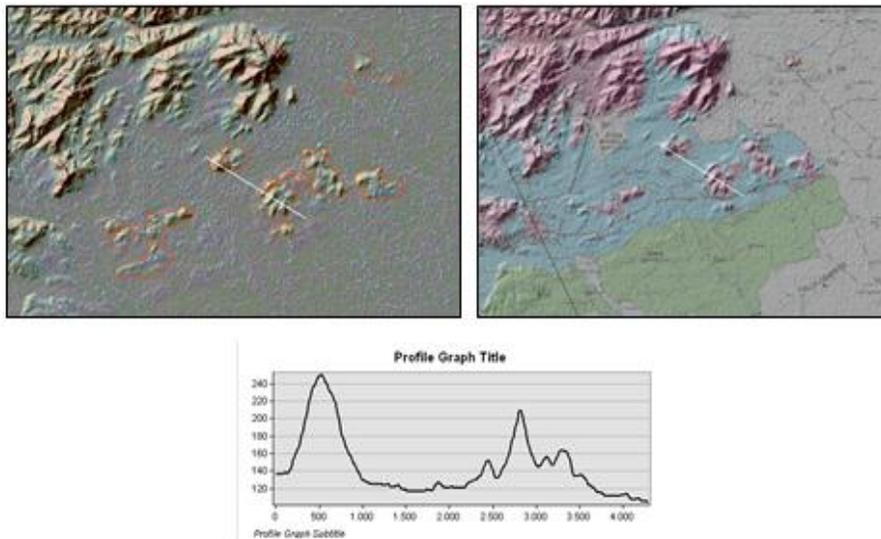


Imagen 36. Espilitas Triásicas (TJs) – Municipio de Valledupar, Cesar. Factores Pictóricos: Tonos grises oscuros a negros y textura suave/lisa/fina. Patrón de drenaje: tipo dendrítico, integrado, de densidad moderada, homogéneo/alto, orientado y de conexiones agudas y rectas de los drenajes. Morfología: geomorfología de colinas, cimas redondeadas y control estructural por fallamiento. La imagen de arriba corresponde al modelo de pendientes sobre modelo de sombras – DEM de 12 mts – con su respectivo perfil de elevación ilustrando las cimas redondeadas en las colinas. Borneado en naranja esta la formación de rocas máficas. La imagen de abajo corresponde a un sector de la plancha geológica 33 El Copey – SGC - donde en color rosado se observa la formación analizada.

3.3.4.4. ROCAS VOLCANOCLÁSTICAS

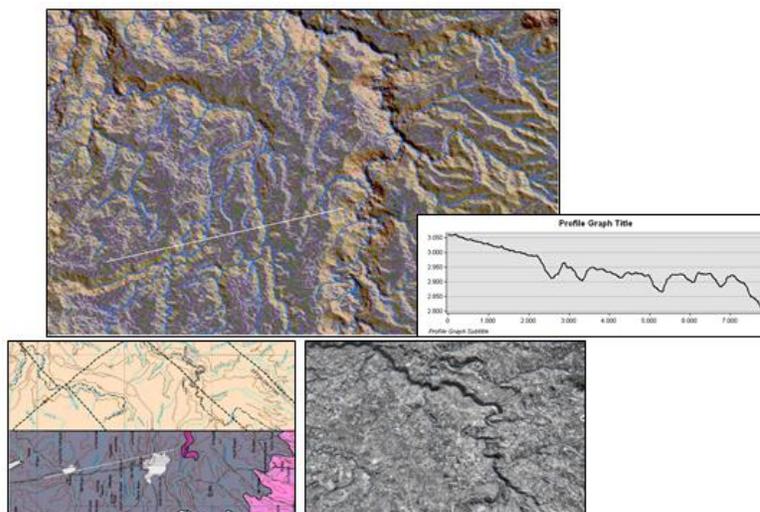


Imagen 37. Cenizas de Rumichaca - Ignimbritas – Municipio de Ipiales, Nariño. Factores Pictóricos: Tonos grises medios a claros y textura intermedia. Patrón de drenaje: tipo dendrítico, integrado, de densidad baja/gruesa, heterogéneo/bajo, orientado y de conexiones agudas de los drenajes. Morfología: geomorfología de campo de ignimbritas, cimas redondeadas y control estructural por fallamiento. La imagen de arriba corresponde al modelo de pendientes sobre modelo de sombras – DEM de 12 mts – con su respectivo perfil de elevación ilustrando las cimas redondeadas en los campos de ignimbritas. Se observa la considerable distancia entre los drenajes con respecto a ejemplos anteriores. Las imágenes de abajo corresponden a un sector de la Plancha 447 Ipiales – SGC – (Izquierda) donde en gris y amarillo se ve la formación analizada, y la fotografía aérea (derecha) que permite observar los tonos grises medios y la textura intermedia. Fotografía fuente IGAC.

3.3.4.5. ROCAS SEDIMENTARIAS CLÁSTICAS CONGLOMERÁTICAS

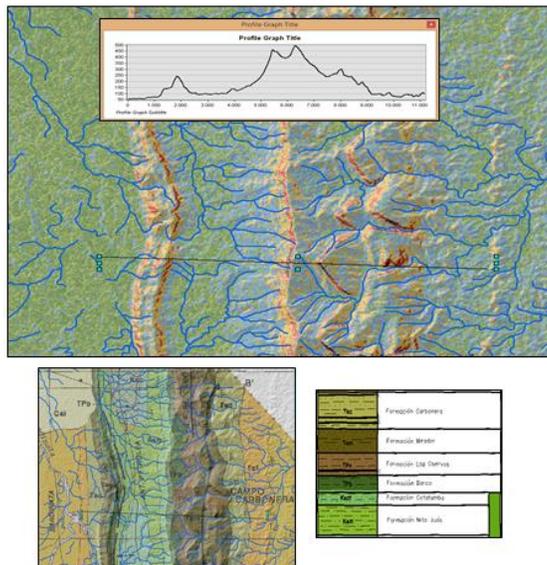


Imagen 38. Sucesión de formaciones sedimentarias – Municipio de Tibú, Norte de Santander. Factores Pictóricos: Tonos grises claros a blancos y textura Áspera/Rugosa/Gruesa. Patrón de drenaje: tipo trellis, integrado, de densidad Moderada/Media, heterogéneo/bajo, orientado y de conexiones rectas de los drenajes. Morfología: geomorfología de espinazos y lomas, cimas agudas y subagudas (espinazos) y redondeadas y subredondeadas (lomas), y control estructural por plegamiento y fallamiento. La imagen de arriba corresponde al modelo de pendientes sobre modelo de sombras – DEM de 12 mts – con su respectivo perfil de elevación ilustrando las cimas agudas (zonas de mayor relieve) donde se presentan los espinazos y las cimas redondeadas (zonas de menor relieve) donde están las lomas. Se observa el control estructural por plegamiento que condiciona la forma de los drenajes. Las imágenes de abajo corresponden un sector del Cuadrángulo F-13 Tibú – SGC – con su respectiva leyenda (Izquierda) y las formaciones observadas en la imagen discriminadas de acuerdo con sus respectivos colores.

3.3.4.6. ROCAS SEDIMENTARIAS CLÁSTICAS ARENOSAS

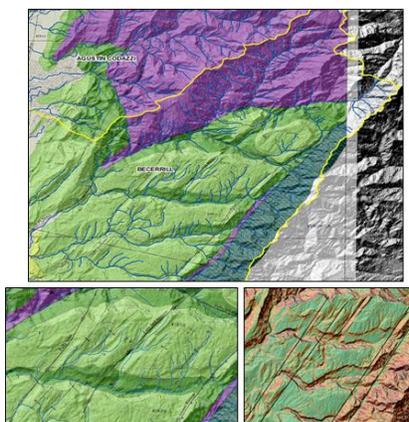


Imagen 39. Formación la Quinta – Morado - (Intercalaciones entre areniscas y lutitas con rocas ígneas intrusivas) – Grupo Cogollo – Verde – (Calizas) y Formación Río Negro – Verde – (Areniscas), Municipios de Agustín Codazzi y Beceril, Cesar. Tipos de Relieve de Filas y Vigas en volcanosedimentarias – Cuestas y Crestones en Calizas y Areniscas. La imagen de arriba corresponde al modelo de pendientes sobre modelo de sombras – DEM de 12 mts –. Se observa el contacto entre el material metasedimentario (morado) y sedimentario (verde), dado que el patrón de drenaje cambia de dendrítico a trellis, puesto que el control estructural por plegamiento y fallamiento es mucho más fuerte en las rocas sedimentarias. Las imágenes de abajo corresponden a sectores de la plancha geológica 41 Beceril – SGC - en transparencia sobre el modelo de sombras (izquierda) ilustrando el material sedimentario y se demarca en líneas negras sobre el modelo de pendientes (derecha) el trazo de las fallas observables a partir del análisis de los insumos.

3.3.4.7. ROCAS SEDIMENTARIAS CLÁSTICAS LIMO - ARCILLOSAS

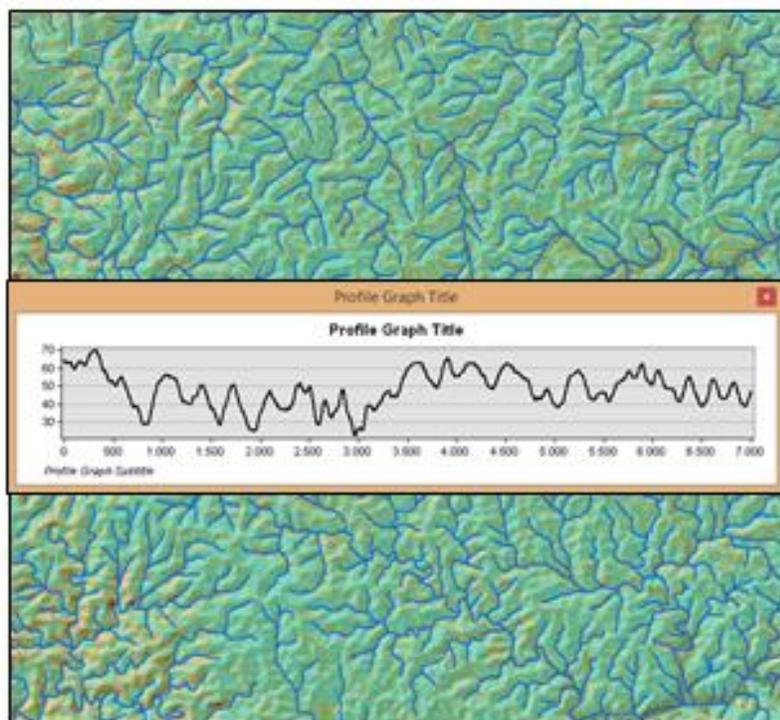


Imagen 40. Formación Mallorquín. Municipio de Buenaventura, Valle del Cauca. Factores Pictóricos: Tonos grises oscuros a negros y textura Suave/Lisa/Fina. Patrón de drenaje: tipo dendrítico, integrado, de densidad Alto/Fina, heterogéneo/bajo, orientado y de conexiones agudas y obtusas de los drenajes. Morfología: geomorfología de lomas, redondeadas y subredondeadas, y control estructural por plegamiento y fallamiento. La imagen de arriba corresponde al modelo de pendientes sobre modelo de sombras – DEM de 12 mts – con su respectivo perfil de elevación ilustrando las cimas redondeadas de las lomas. Se observa la gran susceptibilidad del material a ser denudado a través de un patrón de drenaje muy denso y homogéneo. La imagen de abajo corresponde a un sector de las planchas geológicas 259 Malaguita y 260 Aguas Claras, identificando en amarillo la formación geológica analizada.

3.3.4.8. ROCAS SEDIMENTARIAS CARBONATADAS

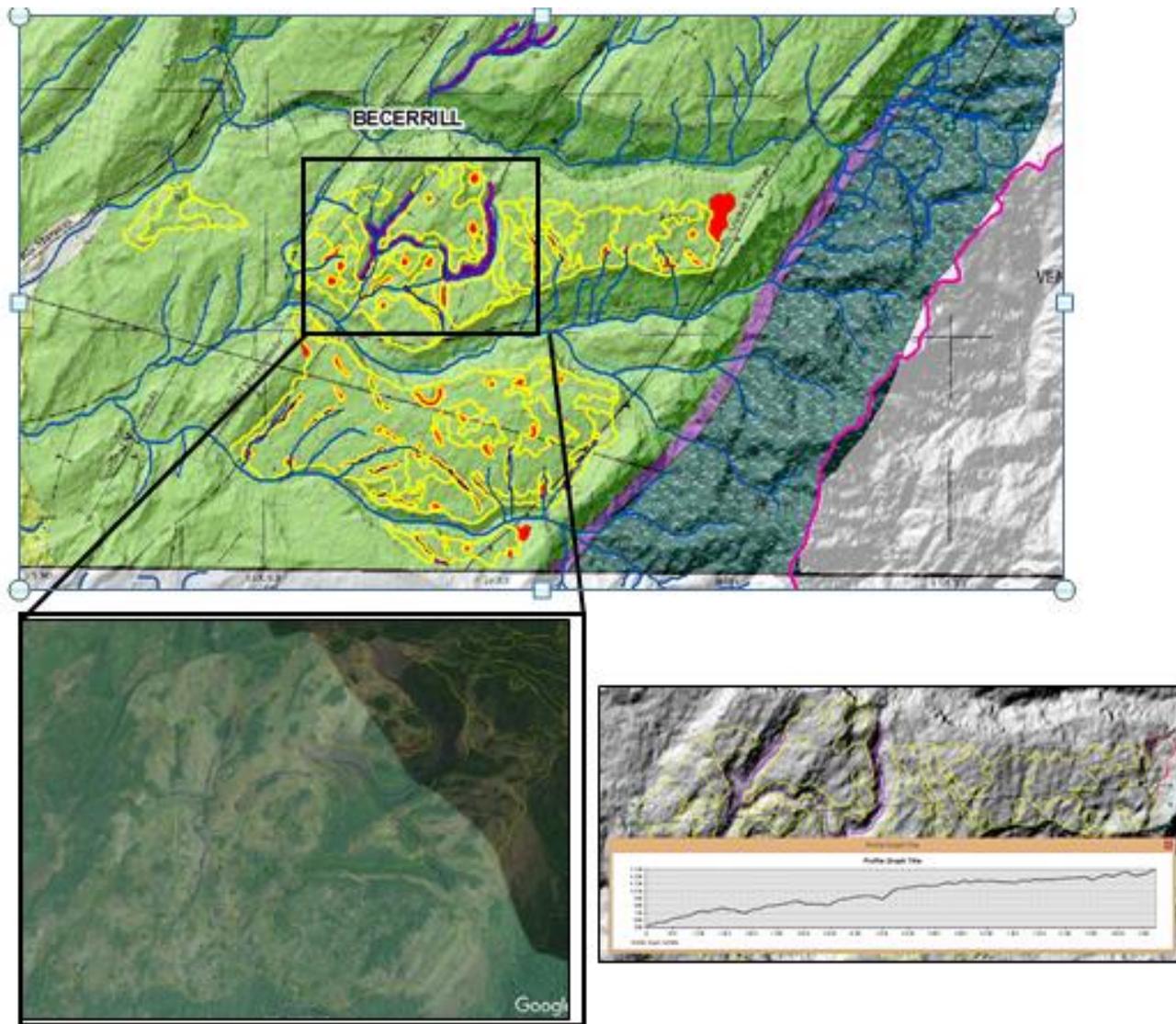


Imagen 41. Grupo Cogollo (Calizas). Municipio de Becerril, Cesar. Factores Pictóricos: Tonos grises claros a blancos y textura Suave/Lisa/Fina. Patrón de drenaje: tipo Multibasinal, NO integrado, de densidad Moderada/Media, heterogéneo/bajo, no orientada y de conexiones agudas. Morfología: geomorfología de lomas, depresiones y valles kársticos, con cimas redondeadas y subredondeadas, y control estructural por plegamiento. La imagen de arriba corresponde a un sector de la plancha geológica 41 Becerril – SGC – y la interpretación geomorfológica (líneas amarillas) en transparencia sobre el modelo de sombras – DEM de 12 mts –. En la parte de abajo se amplía una parte de la imagen superior (derecha) representada por una imagen de Google Earth, 2017, donde se observa con mayor detalle el ambiente kárstico: Lomas (Amarillo), Depresiones (Rojo) y Valles Kársticos (Morado), y se presenta el modelo de sombras (izquierda) con un perfil de elevación donde se ilustra la característica redondeada de las cimas.

3.3.4.9. ROCAS METAMÓRFICAS DE BAJO Y MEDIO GRADO

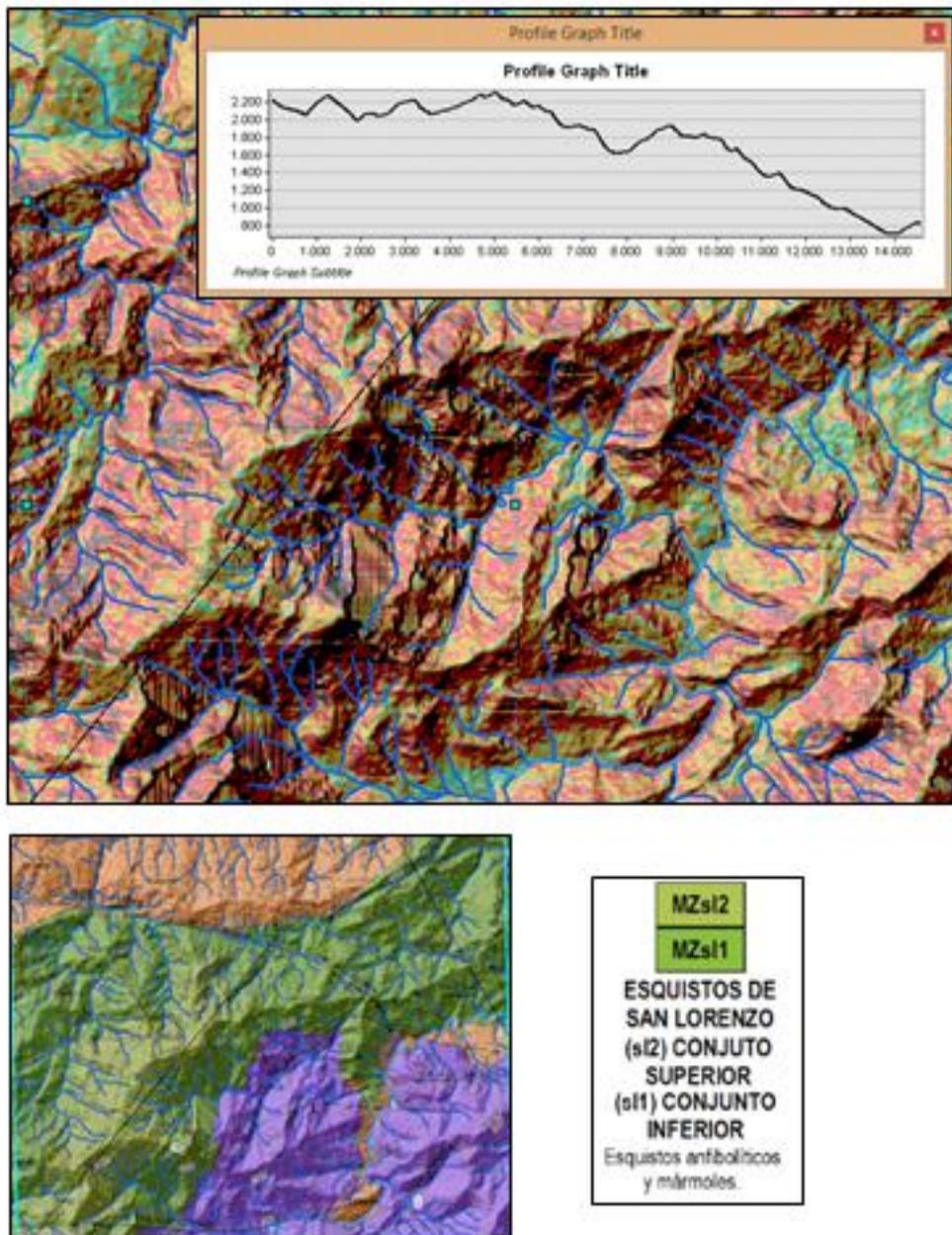


Imagen 42. Esquistos de San Lorenzo (MZs12 – MZs11). Municipio de Santa Marta, Magdalena. Factores Pictóricos: Tonos grises claros a grises oscuros y textura intermedia. Patrón de drenaje: tipo dendrítico, integrado, de densidad Moderada/Media, homogéneo/alto, orientado y de conexiones agudas en los drenajes. Morfología: geomorfología de filas y vigas, con cimas redondeadas y subredondeadas, y control estructural por fallamiento. La imagen de arriba corresponde al modelo de pendientes en transparencia sobre el modelo de sombras – DEM de 12 mts –, con su respectivo perfil de elevación ilustrando las cimas redondeadas de las filas y vigas en este material. La imagen de abajo corresponde a un sector de la Plancha geológica 12 Don Diego – SGC –, identificando en verde el área observada en la imagen superior. Se visualiza claramente el patrón dendrítico con una densidad moderada.

3.3.4.10. ROCAS METAMÓRFICAS DE ALTO GRADO

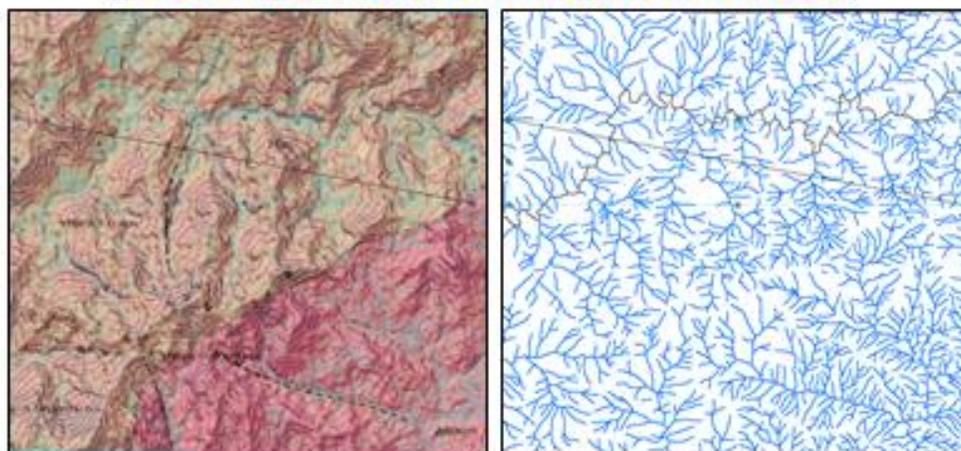
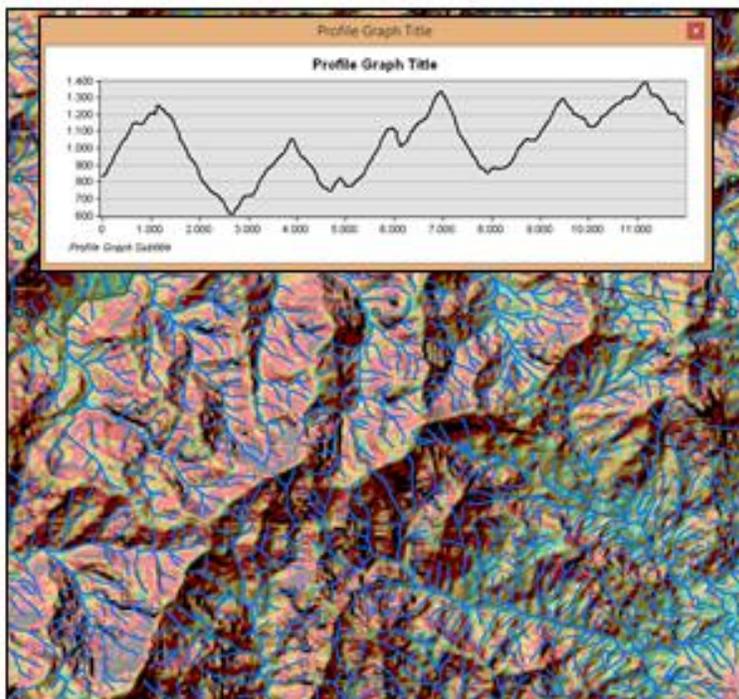


Imagen 43. Neis de Bucaramanga (PEm). Municipio de Fundación, Magdalena. Factores Pictóricos: Tonos grises claros a grises oscuros y textura intermedia bandeada. Patrón de drenaje: tipo dendrítico, integrado, de densidad Alto/Fina, homogéneo/alto, orientado y de conexiones agudas en los drenajes. Morfología: geomorfología de filas y vigas, con cimas agudas y subagudas, y control estructural por fallamiento. La imagen de arriba corresponde al modelo de pendientes en transparencia sobre el modelo de sombras – DEM de 12 mts –, con su respectivo perfil de elevación ilustrando las cimas agudas de las filas y vigas en este material. Las imágenes de abajo corresponden a un sector de la plancha geológica 26 Pueblo Bello – SGC – (izquierda), mostrando en naranja el área observada en la imagen superior; y la imagen de la derecha a las líneas de drenaje en color azul, ilustrando el patrón dendrítico y la densidad Alto/Fina.

3.3.4.11. ROCAS METAMÓRFICAS CARBONATADAS

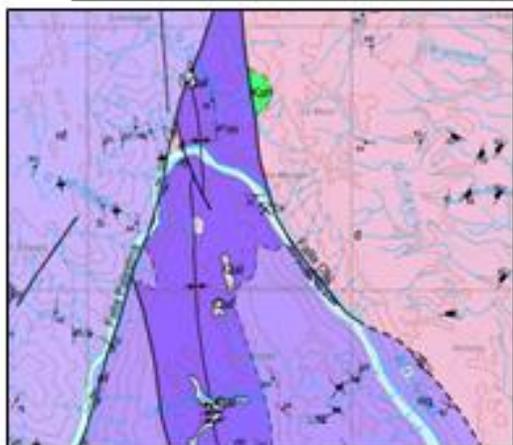
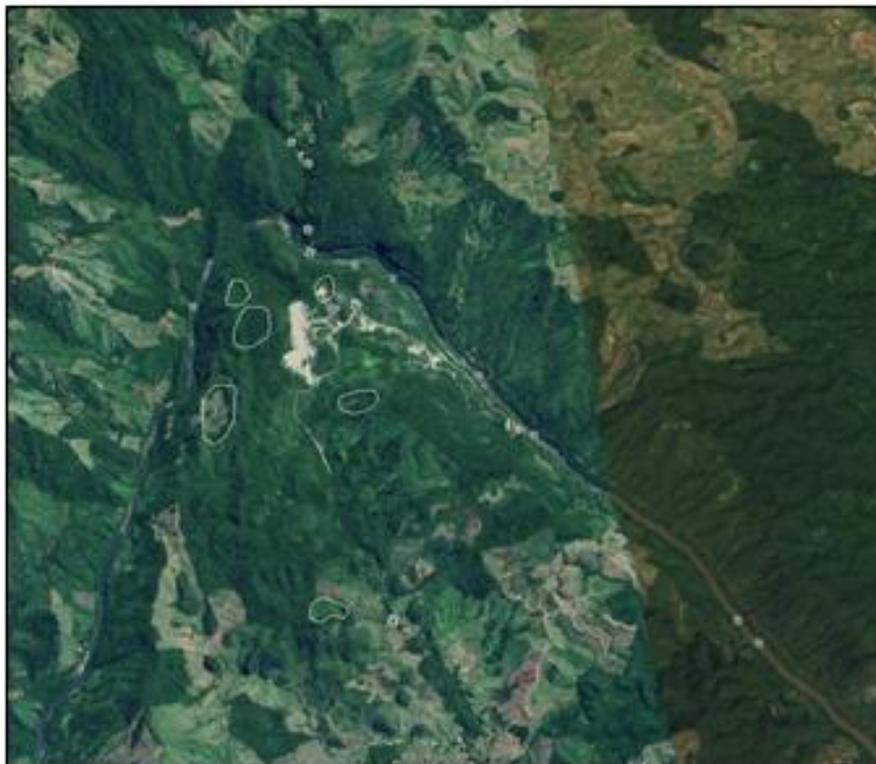


Imagen 44. Rocas Metamórficas de la Cordillera Central (Mármoles), Municipio de Puerto Nare, Antioquia. Municipio de Fundación, Magdalena. Factores Pictóricos: Tonos grises oscuros a negros y textura intermedia. Patrón de drenaje: tipo multibasinal y dendrítico, de integración mixta, de densidad Moderada/Media, Heterogéneo/Bajo, orientado y de conexiones agudas en los drenajes. Morfología: geomorfología de filas y vigas, lomas, depresiones y valles kársticos, con cimas redondeadas y subredondeadas, y control estructural por fallamiento. La imagen de arriba, tomada de Google Earth 2017, corresponde a la zona de los mármoles que están sujetos a procesos de disolución característicos del ambiente kárstico. La imagen de abajo corresponde a un sector de la Plancha 148 San Carlos – SGC – con su respectiva leyenda, identificando la formación de las metamórficas carbonatadas observada en la imagen superior. Son visibles las depresiones kársticas y los valles ciegos en la imagen tomada de Google Earth.

3.3.4.12. ROCAS VOLCANOSEDIMENTARIAS

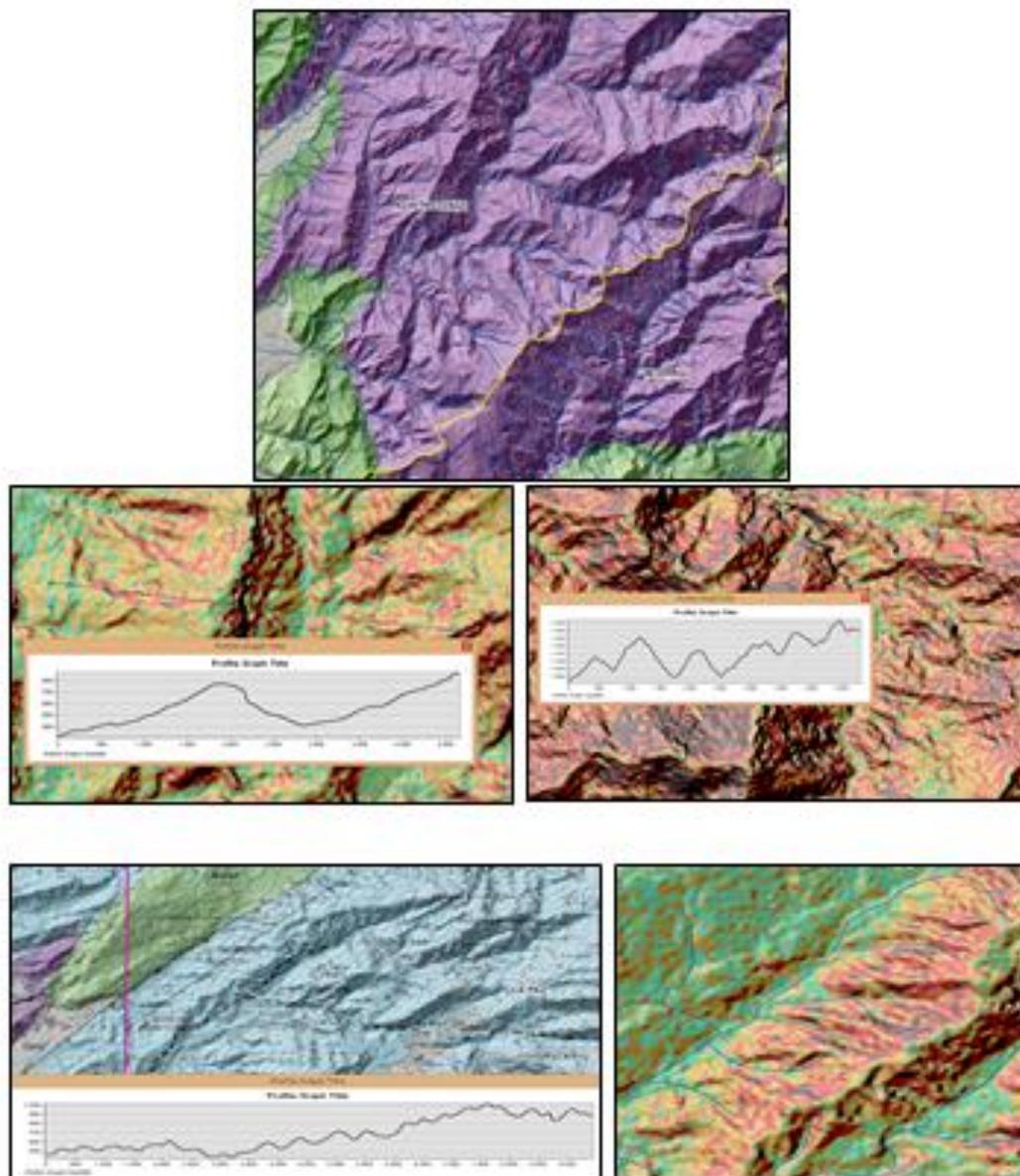


Imagen 45. Formación la Quinta (Intercalaciones entre areniscas y lutitas con rocas ígneas intrusivas), Municipios de Agustín Codazzi y Becerril, Cesar. Factores Pictóricos: Tonos grises claros a grises oscuros y textura Áspera/Rugosa/Gruesa. Patrón de drenaje: tipo dendrítico, integrado, de densidad Moderada/Media, Heterogéneo/Bajo, orientado y de conexiones agudas en los drenajes. Morfología: geomorfología de filas y vigas y Crestas Paralelas, con cimas redondeadas y subredondeadas, y control estructural por fallamiento y fracturamiento. La imagen de arriba corresponde a la interpretación geomorfológica sobre el modelo de sombras – DEM 12 mts – ilustrando en morado la formación volcanosedimentaria. Las imágenes intermedias permiten visualizar la topografía de las cimas redondeadas y subredondeadas en tipos de relieve de filas y vigas y crestas paralelas. En las imágenes de abajo se observan los tipos de relieve de crestas paralelas, particulares de este tipo de material. Se presenta un sector de la plancha geológica 34 Agustín Codazzi – SGC – (abajo izquierda) en transparencia y el modelo de pendientes sobre el modelo de sombras – DEM 12 mts – (abajo derecha).

3.3.4.13. ROCAS METASEDIMENTARIAS

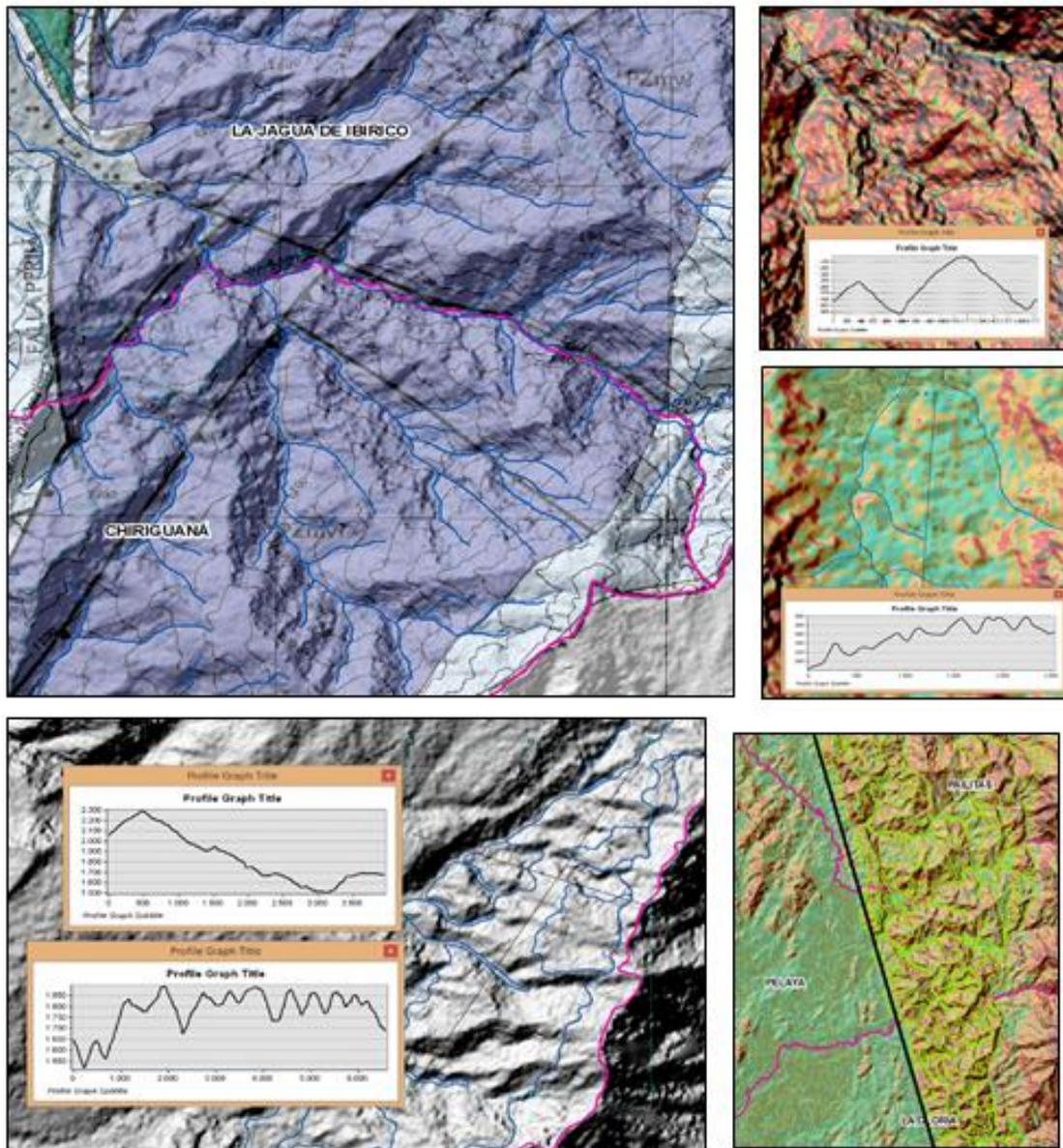


Imagen 46. Complejo Metasedimentario de la Virgen (Metaarenitas y Metaconglomerados), Municipios de La Jagua de Ibirico y Chiriguaná, Cesar. Factores Pictóricos: Tonos grises claros a grises medios y textura intermedia. Patrón de drenaje: tipo dendrítico, integrado, de densidad Moderada/Medía, Homogéneo/Alto, orientado y de conexiones agudas en los drenajes. Morfología: geomorfología de filas y vigas, lomas y Crestas Paralelas, con cimas redondeadas y subredondeadas, y control estructural por plegamiento, fallamiento y fracturamiento. Las imágenes de arriba corresponden un sector de la plancha geológica 48 La Jagua de Ibirico – SGC – sobre el modelo de sombras, resaltando en morado la formación metasedimentaria (izquierda); y el modelo de pendientes sobre el modelo de sombras – DEM 12 mts – con sus respectivos perfiles de elevación, ilustrando la topografía de las cimas redondeadas en los tipos de relieve de filas y vigas, y lomas. En la parte de abajo se presenta el tipo de relieve de crestas paralelas marcado en líneas azules sobre el modelo de sombras (izquierda), con su respectivo perfil de elevación evidenciando la topografía redondeada de las cimas y la pseudoestratificación heredada del ambiente sedimentario característica de esta unidad; la otra imagen (derecha) permite observar un control estructural por fallamiento sobre la formación metasedimentaria anteriormente descrita.

3.3.5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Burga, J. D., (2011). Diccionario Geológico. Lima, Perú.
- [2] Centro interamericano de fotointerpretación, Ministerio de obras públicas, (1971). Notas de clase elementos geológicos y geomorfológicos. Bogotá, D.E., Colombia.
- [3] Forero, M. C., (1974). Curso de fotointerpretación aplicada a reconocimiento de suelos, Centro interamericano de fotointerpretación. Bogotá, D.C., Colombia.
- [4] INGEOMINAS (1970). Geología de la Plancha 148 San Carlos. Instituto de Investigaciones en Geociencias, Minería y Química. Ministerio de Minas y Energía. Elaborado por: Feininger, T; Barrero, D; Castro, N; Ramírez, Octavio et al.
- [5] INGEOMINAS (1980). Geología de la Plancha 66 Miraflores. Instituto de Investigaciones en Geociencias, Minería y Química. Ministerio de Minas y Energía. Elaborado por: Daconte, R y Salinas, R.
- [6] INGEOMINAS (1998). Geología de la Plancha 65 Tamalameque. Instituto de Investigaciones en Geociencias, Minería y Química. Ministerio de Minas y Energía. Elaborado por: Royero, J; Clavijo, J; Bernal, L y Barbosa, G.
- [7] INGEOMINAS (2001). Geología de la Plancha 47 Chiriguaná. Instituto de Investigaciones en Geociencias, Minería y Química. Ministerio de Minas y Energía. Elaborado por: Hernández, M; Clavijo, J y González, J.
- [8] INGEOMINAS (2002). Geología de la Plancha 259 Malaguita. Instituto de Investigaciones en Geociencias, Minería y Química. Ministerio de Minas y Energía. Elaborado por: Montoya, Diana.
- [9] INGEOMINAS (2002). Geología de la Plancha 260 Aguas Claras. Instituto de Investigaciones en Geociencias, Minería y Química. Ministerio de Minas y Energía. Elaborado por: Montoya, Diana.
- [10] INGEOMINAS (2002). Geología de la Plancha 48 La Jagua de Ibirico. Instituto de Investigaciones en Geociencias, Minería y Química. Ministerio de Minas y Energía. Elaborado por: Hernández, Marina y Clavijo, Jairo.
- [11] INGEOMINAS (2003). Geología de la Plancha 447 Ipiales BIS Tallambí. Instituto de Investigaciones en Geociencias, Minería y Química. Ministerio de Minas y Energía. Elaborado por: Parra, E y Velásquez, M.
- [12] INGEOMINAS (2007). Geología de la Plancha 33 El Copey. Instituto Colombiano de Minería y Geología. Ministerio de Minas y Energía. Elaborado por: INVEMAR, INGEOMINAS, ECOPELROL, ICP y GEOSEARCH LTDA.
- [13] INGEOMINAS (2007). Geología de la Plancha 12 Don Diego. Instituto Colombiano de Minería y Geología. Ministerio de Minas y Energía. Elaborado por: INVEMAR, INGEOMINAS, ECOPELROL, ICP y GEOSEARCH LTDA.
- [14] INGEOMINAS (2007). Geología de la Plancha 26 Pueblo Bello. Instituto Colombiano de Minería y Geología. Ministerio de Minas y Energía. Elaborado por: INVEMAR, INGEOMINAS, ECOPELROL, ICP y GEOSEARCH LTDA.
- [15] INGEOMINAS (2007). Geología de la Plancha 34 Agustín Codazzi. Instituto Colombiano de Minería y Geología. Ministerio de Minas y Energía. Elaborado por: INVEMAR, INGEOMINAS, ECOPELROL, ICP y GEOSEARCH LTDA.
- [16] Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) y Corporación Autónoma Regional del río Grande de La Magdalena (CORMAGDALENA), (2008). Mapa de Cobertura de la Tierra Cuenca Magdalena-Cauca: Metodología CORINE Land Cover adaptada para Colombia a escala 1:100.000. Bogotá, D.C., Colombia.

- [17] Mostacedo, Bonifacio, Fredericksen, Todd S., (2000). Manual de Métodos Básicos de Muestreo y Análisis en Ecología Vegetal. Santa Cruz de la Sierra, Bolivia.
- [18] Naranjo Henao, J. L., (2015). Fotogeología práctica. Fotogeología descriptiva e interpretativa con ejemplos de Colombia. Manizales, Colombia.
- [19] Pellant, C., (1993). Manuales de identificación rocas y minerales. Barcelona, España.
- [20] Pozo Rodríguez, M., González Yélamos, J., Giner Robles, J., (2003). Geología práctica. Introducción al reconocimiento de materiales y análisis de mapas. Madrid, España
- [21] Servicio Geológico Nacional e Inventario Minero Nacional (1967). Geología del Cuadrángulo F-13 Tibú. Ministerio de Minas y Petróleos. Asesoría: Irving, Earl; U.S. Geological Survey.
- [22] Servicio Geológico Colombiano SGC (2015). Mapa Geológico de la Plancha 41 Becerril. Ministerio de Minas y Energía. Elaborado por: Consorcio GSG (GEOMINAS – SERVIMINAS – GEMI).
- [23] Villota, H., (1977). Material parental como elemento de fotointerpretación. Bogotá D.C., Colombia.

4. 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 "Interpretación de Materiales Geológicos a partir de sensores remotos para la Cartografía Geomorfológica Aplicada a Levantamientos de Suelos", código IN-GAG-PC04-08, versión 1 a instructivo del mismo nombre, código IN-AGR-PC02-08, versión 1. 	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 guía "Interpretación de materiales geológicos a partir de sensores remotos para la cartografía geomorfológica aplicada al levantamiento de suelos" código G40700-04/18. V1, versión 1, a instructivo IN-GAG-PC04-08, versión 1. ◦ Se deroga totalmente la circular 036 del 31 de enero de 2018. ◦ Se asocia al procedimiento "Cartografía Geomorfológica aplicada a levantamientos de suelos", código PC-GAG-04, versión 1. ◦ Se reorganizan los capítulos del documento de acuerdo con los nuevos lineamientos frente a la generación, actualización y derogación de documentos. 	1



INTERPRETACIÓN DE MATERIALES GEOLÓGICOS A PARTIR DE SENSORES REMOTOS PARA LA CARTOGRAFÍA GEOMORFOLÓGICA APLICADA A LEVANTAMIENTOS DE SUELOS

Código: IN-AGR-PC02-08

Versión: 1

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

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: 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 Ramos</p> <p>Cargo: Subdirectora de Agrología (E)</p>