



**CONVENIO ESPECIAL DE COOPERACIÓN  
No. 035 DE 2013**

***ANEXOS DE LA MEMORIA EXPLICATIVA DE LA ZONIFICACIÓN DE LA  
SUSCEPTIBILIDAD Y LA AMENAZA RELATIVA POR MOVIMIENTOS EN  
MASA ESCALA 1:100.000. PLANCHA 26 – PUEBLO BELLO***

**Medellín, Mayo de 2015**



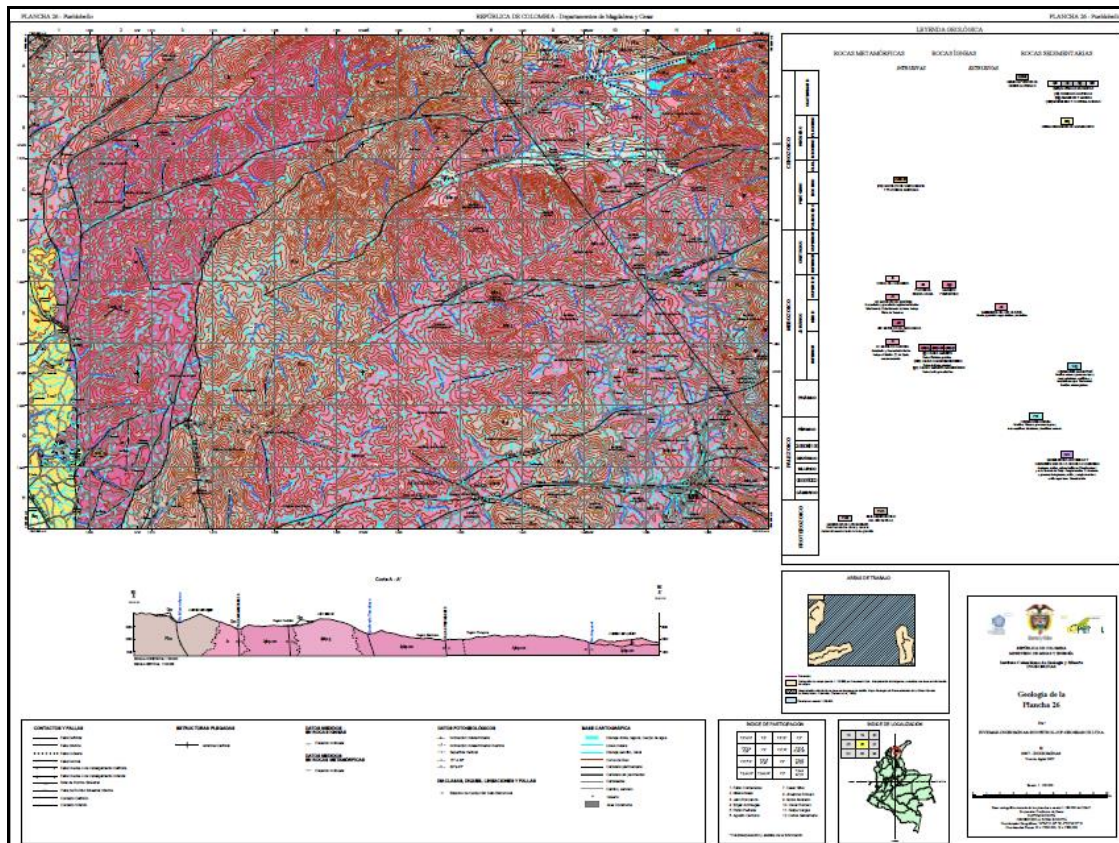


**ANEXO A**

**GEOLOGÍA**

## 1. GEOLOGÍA

Para el proceso de zonificación se utilizó la geología de la plancha 26 – Pueblo Bello, escala 1:100.000 de INGEOMINAS (2007), la cual contiene información litológica a nivel de formación y geología estructural convencional, que permiten la caracterización litoestratigráfica de las unidades cartografiables a la escala del estudio (Figura 1).

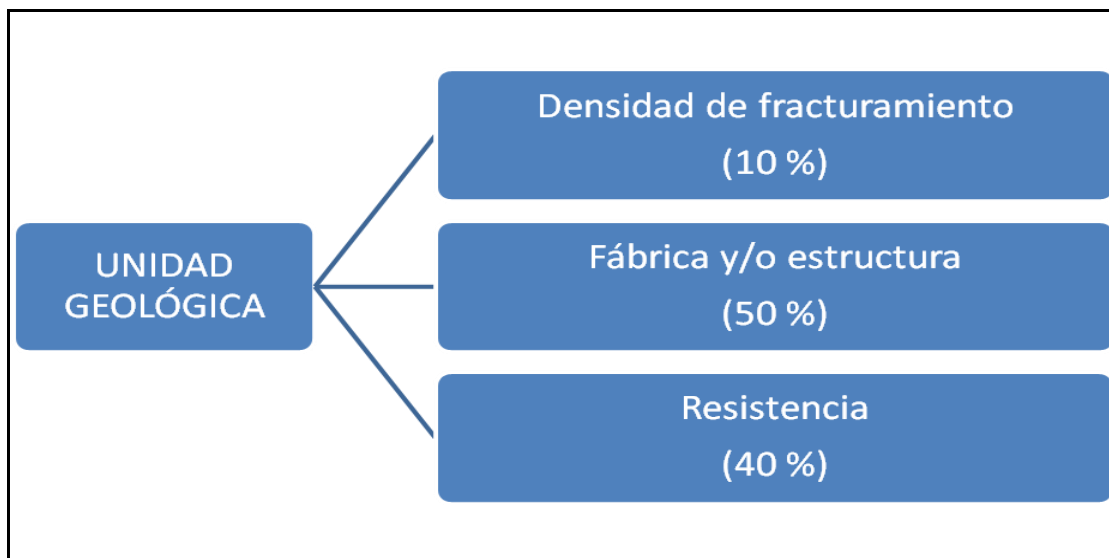


**Figura 1.** Mapa geológico de la Plancha 26 – Pueblo Bello, escala 1:100.000 (INGEOMINAS, 2007a)

La geología representa un insumo temático para la zonificación de susceptibilidad y amenaza por movimientos en masa en la zona abarcada por la Plancha 26 – Pueblo Bello en escala 1:100.000 de INGEOMINAS. Las variables geológicas están controladas principalmente por la litología, teniendo en cuenta los elementos básicos de las propiedades y características de

los materiales rocosos. La clasificación litológica está propuesta por la Comisión de Cartografía de la International Association of Engineering Geology (IAEG) en 1981.

La unidad de mapeo implementada en el presente trabajo corresponde al EG (Grupo de ingeniería) propuesta por el *Engineering Geological Mapping IAEG* en UNESCO (1976). Esta unidad abarca las unidades litoestratigráficas con características paleogeográficas, tectónicas y litológicas similares. Para la ponderación de la calidad de la roca se tuvieron en cuenta tres atributos: densidad de fracturamiento, fábrica y/o estructura y resistencia (Figura 2).



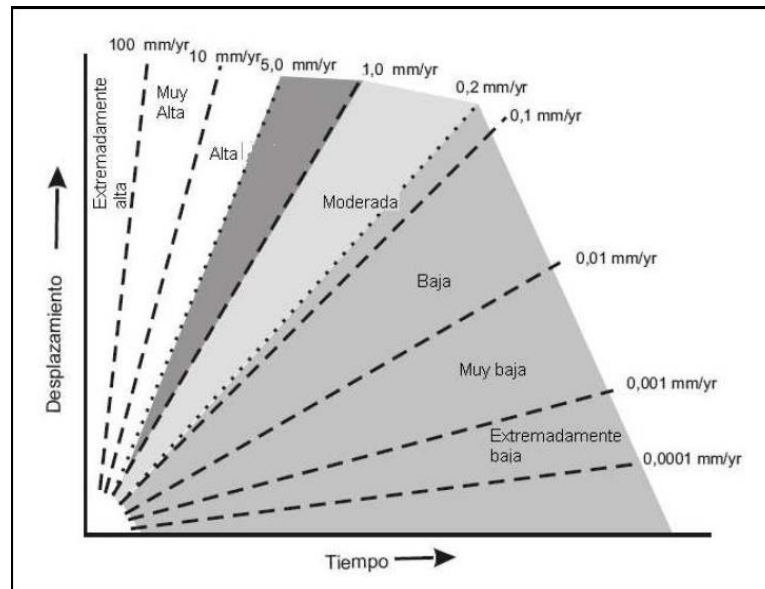
**Figura 2.** Ponderación de la calidad de la roca según los atributos establecidos para definir las características de las unidades geológicas (Tomado de SGC, 2013).

### 1.1 DENSIDAD DE FRACTURAMIENTO

La densidad de fracturamiento es un atributo que depende de los sistemas de fallas presentes en la zona y su acción sobre las unidades litológicas observadas. Esta variable se genera con base en las fallas calificadas del proyecto “Zonificación de Amenazas por Movimientos en Masa escala 1:500.000” y teniendo en cuenta las estructuras del Mapa Geológico de Colombia (INGEOMINAS, 2007b) escala 1:500.000. Durante el estudio, se analizan fallas, pliegues, y lineamientos.

También se hace uso de los documentos de Paris et al. (2000) y el Grupo de Amenazas Sísmicas de INGEOMINAS para identificar las tasas de desplazamiento de las estructuras con deformaciones en el Cuaternario, considerando que a mayor desplazamiento de las fallas

aumenta el grado de fracturamiento. Con el fin de inferir este dato, se hace uso de la Figura 3 que permite determinar el grado de desplazamiento de la falla a partir de la relación tiempo – desplazamiento (Page y Cline, 1981). Los pesos asignados de acuerdo a las tasas de desplazamiento están descritos en la Tabla 1.



**Figura 3.** Tasas de desplazamiento de las fallas en el Cuaternario de Colombia. (Tomado de SGC, 2013).

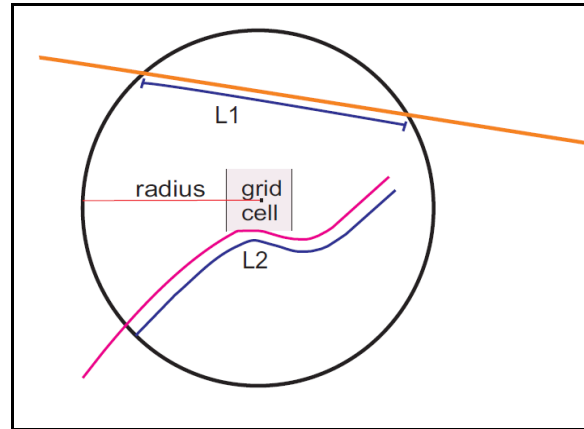
**Tabla 1.** Tasas de desplazamiento definidas para las fallas con deformaciones en el Cuaternario.

Tipo de estructura	Tasa de desplazamiento	Peso asignado
Falla	>1 mm/año	10
Falla	0,2 – 1 mm/año	9
Falla	< 0,2 mm/año	8
Resto de falla	Desconocido	7
Pliegue	No aplica	6

La densidad de fracturamiento se calcula haciendo uso del algoritmo *line Density* de ArcInfo que se expresa en  $m/km^2$ . La metodología del algoritmo consiste en el cálculo de la densidad de líneas en la vecindad de cada pixel definida por un radio de búsqueda, para esto a partir de cada centro se dibuja un círculo de radio R (Figura 4), se toma la longitud de la línea de falla que cae dentro de este círculo y se multiplica por el peso de la actividad. La suma total se divide entre el área del círculo, tal como se muestra a continuación

$$((L1*V1) + (L2*V2)) / (\text{área del círculo}) = \text{Densidad}$$

**Ecuación 1**



**Figura 4.** Ilustración de la Ecuación 1 (Densidad). Tomado de SGC (2013).

En los casos en que algún valor de  $V_n$  no esté calificado, se tomará la longitud medida en el círculo.

Para generar el mapa de densidad de fracturamiento a escala 1:100.000, se utiliza un tamaño de pixel de 250 metros y un radio de 1 250 metros. El valor de densidad mínima es 0,089  $m/km^2$  y el valor máximo es 22,59  $m/km^2$  a nivel nacional. El método de clasificación utilizado es *natural breaks*.

En la Tabla 2 se muestran los rangos de densidad y su clasificación de susceptibilidad a nivel nacional.

**Tabla 2.** Rangos de densidad y clasificación de susceptibilidad a nivel nacional (Servicio Geológico Colombiano -SGC, 2013).

Rango de densidad ( $m/km^2$ )		Valor de clasificación
0,089 – 2 215	Muy baja	1
2 215 – 3 809	Baja	2
3 809 – 5 404	Media	3
5 404 – 7 530	Alta	4
7 530 – 22 591	Muy alta	5

La Figura 5 presenta las principales fallas regionales dentro de la zona de estudio, cuyos trazos son tomados del Mapa Geológico de Colombia, escala 1:500.000 (INGEOMINAS,

2007b), mientras que los nombres y descripciones son tomadas de las memorias de la “Geología de las planchas 11, 12, 13, 14, 18, 19, 20, 21, 25, 26, 27, 33 y 34. Proyecto: “Evolución Geohistórica de la Sierra Nevada de Santa Marta” (INGEOMINAS, 2007c), las cuales se describen a continuación:

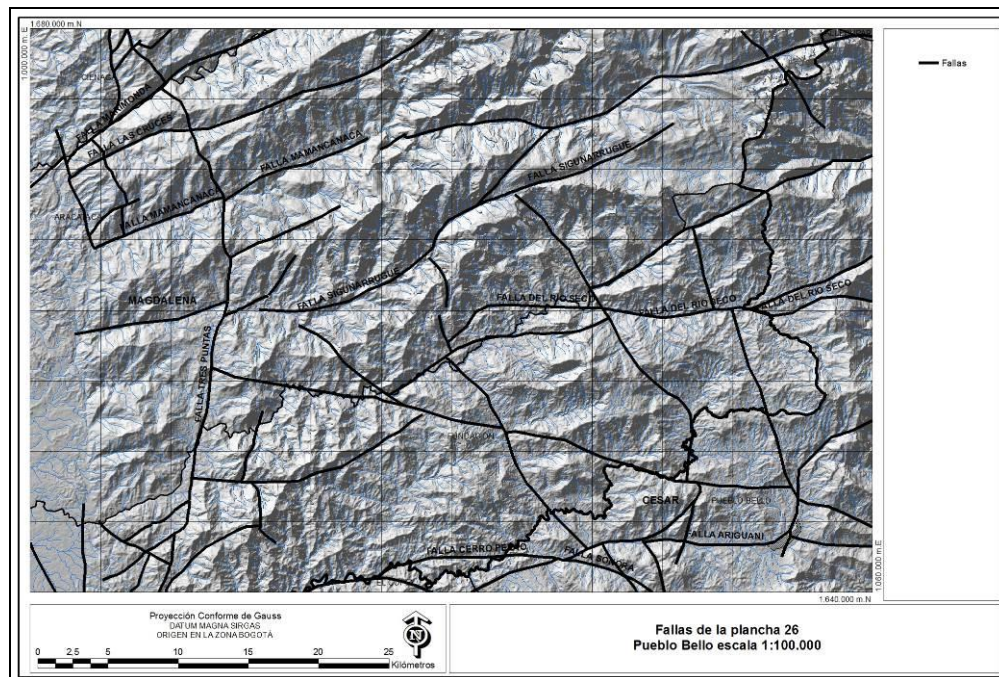


Figura 5. Fallas regionales Plancha 26 – Pueblo Bello (Tomado y modificado de INGEOMINAS, 2007a).

- **Falla Sonora:** está localizada en la zona de Palmarito y ha sido cartografiada como una estructura con dirección aproximada  $N70^{\circ}W$ . Se caracteriza por tener una longitud de  $\sim 20$  km con una traza ligeramente ondulada y desplazamiento dextro-lateral menor de 2 km. Esta falla es interpretada como una estructura más joven que las fallas de Ariguani-Cerro Pelao que transporta tectónicamente rocas precámbricas de la Granulita de Los Mangos (PEm) y triásicas de La Formación Corual (PTc) contra rocas jurásicas del Batolito de Pueblo Bello y Patillal (Jbbp-cm).
- **Falla Cerro Pelao:** es una estructura cuya traza se extiende por 13 km desde Palmarito, en el sector oriental, hacia el occidente en una trayectoria EW aproximadamente recta hasta encontrar el río Ariguani. En este tramo la geometría de la traza sugiere que el plano es cercano a la vertical con un desplazamiento posiblemente dextral. La traza toma el curso del río en dirección WSW hasta la desembocadura de la quebrada Aracuara, en un tramo cuya geometría cartográfica indica que es una falla inversa con el plano

vergente al NW. La geometría cartográfica también evidencia la posible conexión de las fallas Ariguaní-Cerro Pelao, una vez removido el desplazamiento causado por la falla Sonora. Desde este punto, la falla Cerro Pelao toma un rumbo SSW, paralela al río Ariguaní, coincidente con la dirección principal de las “colas de caballo” y duplexas generadas por las fallas mayores del borde occidental de la sierra. El tramo inverso entre el río Ariguaní y la quebrada Colorada podría interpretarse como la terminación de esta falla.

- **Falla Ariguaní:** se encuentra localizada en el bloque sureste de la Sierra Nevada de Santa Marta. Es una estructura con dirección NE hasta llegar al cañón del río Ariguaní donde toma la dirección EW a lo largo de una traza recta de ~22 km de longitud que se puede prolongar hasta el río Los Clavos. Desde este punto la falla se flexiona en dirección ESE hacia la confluencia de los ríos Mocho y Los Clavos, a partir de donde se encuentra cubierta parcialmente por depósitos recientes del Valle del Cesar. La geometría del trazo y el desplazamiento de los contactos de las unidades que afecta, indica que se trata de una falla dextral con desplazamientos del orden de 2 km. En la zona de Pueblo Bello se desprenden 2 estructuras distensivas, a partir del trazo principal de la falla. Estas estructuras tienen dirección SE y traza suavemente sinuosa, las cuales se extienden por unos 7 km. En el área del río Los Clavos, el trazo de la falla Ariguaní hace una flexión derecha y se prolonga 5 km en dirección ESE a lo largo de una estructura distensiva de ángulo de inclinación alto, posiblemente con vergencia al NE (?). Hacia el oriente, la falla continúa aparentemente bajo los depósitos recientes del Valle del Cesar. La geometría cartográfica evidencia la posible conexión de las fallas Ariguaní-Cerro Pelao, una vez removido el desplazamiento causado por la falla La Sonora.
- **Falla Caracolcito:** localizada en el vértice suroccidental de la Sierra Nevada, el cual está caracterizado por la ocurrencia de una zona de cizalla levógira compleja orientada N15°W. En este punto la falla Caracolcito hace un relevo derecho contraccional a la falla de Santa Marta en el sector norte que genera un “pop-up” en el sector central con las fallas compresionales de Río Piedras y Aracataca, las fallas internas sintéticas de Marimonda y Campano y demás estructuras subordinadas. Entre los trazos de las fallas Ariguanicito y Maíz Morocho se forma una compleja trama de estructuras arqueadas con la convexidad hacia el NW. Los tramos occidentales de estas fallas tienen trazos sinuosos o curvados que muestran vergencia hacia el W o NW. Estos tramos tienden a confluir muy oblicuamente hacia la falla Caracolcito, por lo cual se pueden interpretar como “colas de caballo” de esta última. La geometría de las fallas que hacen parte de la trama estructural entre las fallas Diluvio y Las Pavitas, muestra una orientación general del desplazamiento hacia el NW. Estas fallas conectan sus tramos arqueados al W con estructuras rectilíneas a suavemente curvadas que se desprenden sucesivamente en



ángulos agudos de la falla de Caracolito, las cuales pueden ser interpretadas como cizallas Riedel primarias de esta falla principal. Al occidente de la falla Caracolito, sepultadas por depósitos recientes, han sido reportadas con base en información del subsuelo varias estructuras paralelas o subparalelas a dicha falla.

- **Falla Marimonda:** es una estructura rectilínea de ~30 km, y orientada en dirección NS y ubicada al este de la falla Río Piedras en sector suroccidental de la Sierra Nevada de Santa Marta. Esta falla presenta evidencia de cortos desplazamientos sinestrales. En el río Piedras se desprende la falla de Guamachito sintética a ella y un poco más al norte se desprende otra ramificación sintética que conecta con la falla Las Cruces.
- **Falla Tres Puntas:** se origina al occidente de la Cuchilla Chucuigaca, en el bloque sur de la falla Mamacanaca. Es una estructura arqueada sinuosa, de carácter inverso y de bajo ángulo con vergencia al NW, que se extiende por ~30 km hasta la Quebrada La Cristalina. A partir de esta quebrada parece conectarse a una estructura rectilínea NS de 12 km de longitud que podría corresponder a una de las fallas levóginas del borde occidental de la sierra. En el bloque yacente de la falla Tres Puntas se genera un abanico frontal compresivo con vergencia al occidente, denominado falla Bellavista.
- **Falla Tierra Nueva:** se desprende con dirección SE desde el bloque sur de la falla Río Seco, a la altura del río Guatapurí. Ocurre con un trazo curvado y convexidad hacia el este y un rumbo que varía entre N80°E, en el tramo sur, y N30°E en el tramo norte. Esta falla se extiende por 42 km desde el río El Templado hasta el río Ariguaní (planchas 26 y 27). La geometría del tramo más oriental de la falla indica que es de carácter inverso o de cabalgamiento, transportando en su bloque colgante rocas precámbricas de la Granulita de Los Mangos (PEm) sobre rocas triásicas de las formaciones Corual (PTc), Pórfidos Keratofíricos (Tp) y Guatapurí (Tg). Desde el río Sucarabea hasta su terminación al occidente en el río Ariguaní, la falla Tierra Nueva presenta 3 tramos aproximadamente rectos, escalonados y conectados por flexiones izquierdas. Esta estructura muestra desplazamiento lateral hasta de 1 km, evidenciado en la cartografía de los contactos de las unidades geológicas involucradas. De acuerdo con estas características, la falla Tierra Nueva se considera de rumbo dextro-lateral cuya terminación al occidente es una falla inversa con transporte tectónico hacia el este.
- **Falla del Río Seco:** localizada en la vertiente sureste de la Sierra Nevada, esta falla se extiende por 70 km con dirección EW - N70°E siguiendo en parte los cursos de los ríos Seco, Los Mangos y San Sebastián (planchas 26 y 27). Es una estructura dextral con desplazamientos hasta de 2 km, como lo muestra la cartografía de las unidades Granulita de Los Mangos (PEm) y Batolito de Pueblo Bello (Jbbp-cm). La falla Río Seco desplaza,

igualmente, rocas sedimentarias carboníferas y devónicas (DCc), Pórfidos Keratófíricos (TJp), y la Ignimbrita de Los Clavos (Jlc). Su tramo más oriental queda sepultado bajo depósitos cuaternarios que se extienden hacia el río Cesar. Desde Nabusimake hacia el oriente, la traza muestra 5 flexiones izquierdas de magnitud variable con una geometría escalonada. En su extremo occidental esta estructura termina en una falla inversa con orientación NE, ángulo de inclinación alto y vergencia al NW que se extiende por ~10 km.

- **Falla Siguanarrugue:** se extiende desde el río Guatapurí donde cambia su rumbo a EW con un trazo sinuoso de unos 35 km hasta el río Duriameina. Toma dirección SW a lo largo del cañón del río Piedras para luego terminar en una flexión dextral compresiva. En el río Guatapurí la falla Siguanarrugue se conecta a un trazo rectilíneo que muestra movimiento dextro-lateral de 1 a 2 km que se prolonga por ~42 km hasta llegar al río.
- **Falla Río Piedras:** se prolonga ~20 km hasta el río Aracataca, a lo largo de una traza sinuosa orientada SN. La geometría del trazo permite deducir que es una falla inversa de ángulo bajo o cabalgamiento de plano lístrico con vergencia al oeste, la cual transporta sedimentitas de la unidad Conglomerados de Macaraquilla (E1m) sobre rocas de la unidad Conglomerados de Guamachito (N2g). En su terminación sur, esta falla se conecta con una estructura rectilínea levógira de ~15 km de longitud y dirección N40°W que se prolonga desde el arroyo Roncón hasta el arroyo Caraballo. En su terminación norte, a la altura del río Aracataca, la falla Río Piedras se conecta al plano de la falla Guamachito.
- **Falla Atiquimaqueo:** se desprende desde el plano principal de la falla del Río Seco, un poco al occidente de Nabusimake. Esta estructura se extiende por 15 km con una dirección N65°E y un trazo casi rectilíneo. La geometría de esta falla indicaría que es una falla transcurrente dextral con desplazamiento de ~2 km, observable en las unidades Granulita de Los Mangos (PEm) y Batolito de Pueblo Bello y Patillal (Jpbp-cm). Sin embargo, la posición de esta falla con respecto a la del Río Seco, indicaría que se trata de una falla transpresiva. En el bloque norte, a unos 7 km al este del río Guatapurí, en una de las flexiones izquierdas de la falla del Río Seco, se forma una duplexa transpresiva compuesta por 2 estructuras de cabalgamiento con dirección NNE. Estas estructuras transportan rocas precámbricas sobre sedimentitas paleozoicas en el bloque colgante de la dorsal, y a su vez las sedimentitas paleozoicas sobre intrusivos jurásicos en el bloque colgante de la falla frontal. Aunque no se pudo comprobar su continuidad hacia el NE, esta duplexa podría conectar la falla del Río Seco con la falla Patillal en la zona del río Cesar, transfiriendo a la izquierda parte del desplazamiento.

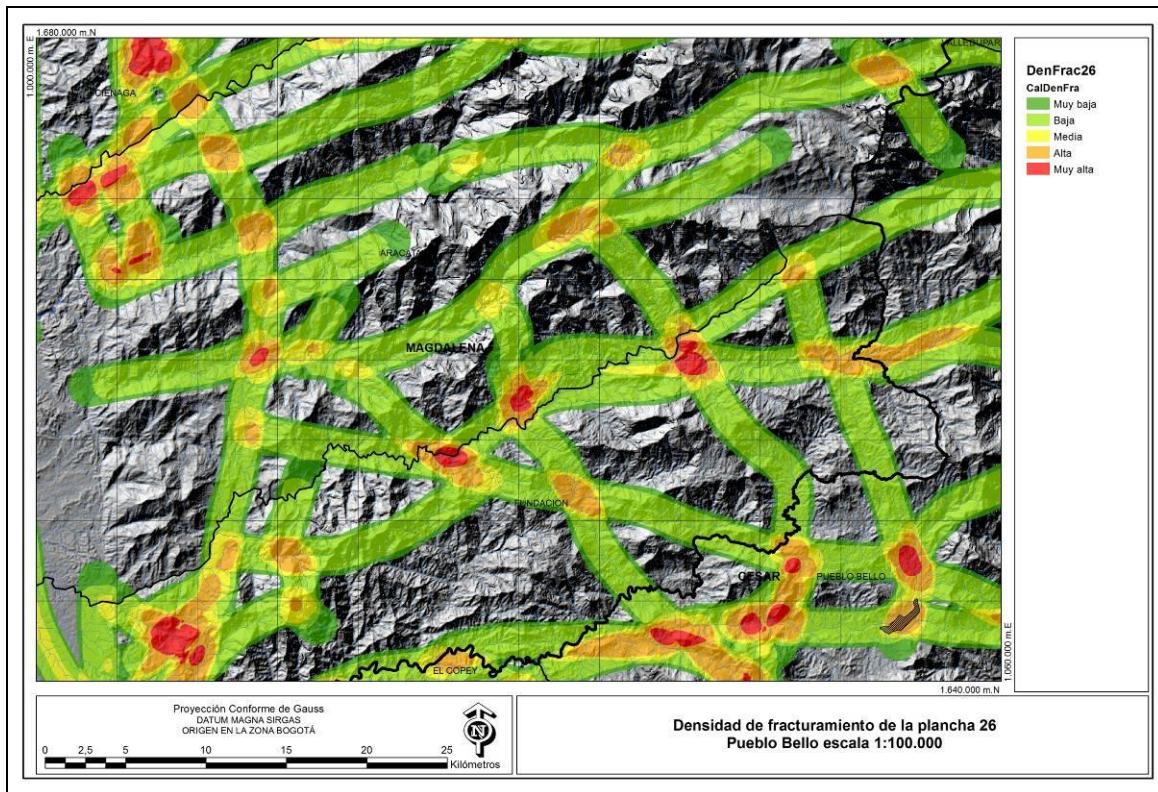
- **Falla Mamancanaca:** localizada en la región centro-sur de la Sierra Nevada, esta estructura se prolonga por más de 90 km a lo largo de una traza orientada N60°-80°E, desde el sector del Cerro La Campana hasta el río Badillo ubicados al occidente y oriente, respectivamente (planchas 19, 20, 26 y 27). La geometría de esta falla varía de recta, en su extremo oriental, a sinuosa en sus tramos central y occidental, donde ocurren flexiones suaves y cortas tanto derechas como izquierdas. Es una falla transcurrente dextral como lo muestra en la cartografía el desplazamiento de los contactos de las unidades jurásicas Batolito de Aracataca (Jar) y Batolito Central (Jc) y de la Granulita de Los Mangos (PEm). En el bloque sur de la falla Mamancanaca se genera la falla Tres Puntas; en el bloque norte, se desprende la falla Donachuí; en su extremo oriental, une su traza a la falla Ranchería y en el occidental se conecta a la falla Las Cruces. Esta falla presenta control estructural sobre el cauce de los ríos Aracataca y Mamancanaca en su trayectoria hacia el noreste.
- **Falla Las Cruces:** localizada al suroccidente de la Sierra Nevada de Santa Marta, a lo largo de la quebrada La Fuente (quebrada Las Cruces). Es una falla de rumbo deslizante, dextro-lateral de ~15 km de longitud, la cual se une a una estructura NS levógiro que hace parte del sistema de la falla de Santa Marta.
- **Falla Sevillita:** es una estructura muy rectilínea con dirección general NS que corre a lo largo del cañón del río Sevillita. Esta falla muestra desplazamiento levógiro de ~1 km, según lo evidencia el transporte de rocas del Stock del Socorro contra rocas precámbricas de la Granulita de Los Mangos (PEm) y la ocurrencia de al menos 2 estructuras de cabalgamiento sinuosas y curvadas vergentes al NW que se desprenden de su plano.

La densidad de fracturamiento se generó a partir del mapa de densidad de fracturamiento a escala 1:500.000. Los valores mínimos y máximos en el raster suministrado por el Servicio Geológico de Colombia, se utilizan para categorizar la clasificación de susceptibilidad como se desarrolla a nivel nacional.

La Figura 6 presenta el mapa calificación del atributo de Densidad de Fracturamiento para la plancha 26 – Pueblo Bello.

Los valores de Densidad de fracturamiento muy alto (5), se presentan como sectores estrechos de forma circular, asociados a la intersección de fallas principales y fallas menores. En el norte son comunes a lo largo de la traza de la falla Las Cruces y en su intersección con la falla Marimonda cerca del río Tucurinca y la quebrada Tres Vueltas. En la esquina noroeste de la plancha, a lo largo de la traza de la falla Sevillita sobre la quebrada Mamarongo donde se presenta la intersección de varias fallas menores en todas las direcciones.

Hacia el suroeste de la plancha, cerca de la quebrada Trece Vueltas en la intersección de la falla Tres Puntas y sus ramales con fallas menores. Hacia el norte, la falla Tres Puntas toma dirección SW-NE cerca de la quebrada El Satélite donde también se presenta un sector de muy alta densidad. En el sector sureste de la plancha, a lo largo del río Costa Rica donde se intersectan las fallas Sonora con dirección SE-NW y la falla Ariguaní con dirección E-W. Igualmente, en algunos sectores asociados a la traza de la falla Ariguaní, que sigue el curso del río que lleva el mismo nombre, donde confluye la quebrada Monteazul, y en cercanías del río La Caja donde la falla Ariguaní presenta una deflexión en sentido NE. En el extremo sureste de la plancha, a lo largo de la quebrada Solera, ocurre una zona de alta densidad asociada a la intersección de varias fallas menores. Finalmente, en las intersecciones de la falla del Río Seco, que sigue el curso del río San Sebastián (río Fundación), y sus ramales con fallas menores donde confluyen el Arroyo Icanchuncuaya y la quebrada Sabaringaca, así como en la intersección del río San Sebastián, la quebrada Molino y la quebrada Macanachucua.



**Figura 6.** Mapa de calificación del atributo Densidad de Fracturamiento con respecto a la susceptibilidad a movimientos en masa, Plancha 26 – Pueblo Bello.

Los valores de Densidad de fracturamiento alto (4), son más comunes que los de muy alta densidad a través de toda la plancha y se encuentran, aparentemente, asociados al desprendimiento de ramales de fallas principales o intersecciones de fallas principales. Igualmente, algunos sectores de densidad alta aparecen como cinturones estrechos alrededor de los sectores de densidad de fracturamiento muy alta como por ejemplo los asociados con las fallas Marimonda y Tres Puntas al norte, falla del Río Seco en el centro y la falla Ariguaní en el sur.

En el noroeste a lo largo de la traza de la falla Sevillita sobre la quebrada Mamarongo, en varios sectores donde se intersecta la falla Marimonda, que sigue el curso del río Tucurínca, con fallas menores con dirección S-N y en las confluencias de las quebradas Tres Vueltas, La Fuente, Mamarongo y La Morundua. A lo largo de la traza de la falla Las Cruces que tiene dirección SW-NE, sobre la quebrada La Fuente, donde se intersectan fallas menores de dirección S-N. Una zona de alta densidad se encuentra en el sector en el cual la falla Mamancanaca presenta una deflexión en sentido SW-NW y desde donde se conecta con la falla Tres Cruces cerca del río Aracataca; también a lo largo de la falla Mamancanaca y su intersección con fallas menores cerca de la quebrada El Café. Hacia el noreste de la plancha, donde se intersectan la traza de la falla Mamancanaca y un ramal de la falla Sigunarrugue, sobre el río Mamancanaca, y en cercanías de las quebradas Casigaca y Marangaca. Sobre el río Piedras, y a lo largo de la falla Sigunarrugue se desprende un ramal de la misma falla en dirección SW-NE para conectarse con la falla Mamancanaca, generando una zona de alta densidad. En el extremo noreste de la plancha, sobre el río Mamancanaca donde la falla del mismo nombre se intersecta con fallas menores con dirección SE-NW.

En la zona central de la plancha, sobre la quebrada Ciminchucua y donde confluye el arroyo Tamaña, se presenta la intersección de una falla que parece desprenderse la falla Sigunarrugue con una falla menor de dirección S-N, generando un sector de alta densidad de fracturamiento. En el sector donde la falla del Río Seco sigue el curso del río San Sebastián (río Fundación) y confluyen las quebradas Sabaringaca, Ianchuncuaya y el arroyo Garúa. En la intersección de dos ramales de la falla del Río Seco con una falla de dirección SE-NW a lo largo del río San Sebastián (río Fundación). En el punto donde se desprenden dos ramales de la falla Atiquimaqueo a partir del plano principal de la falla del Río Seco (cerca al río Kuracata), se genera una zona de alta densidad de fracturamiento alargada en dirección W-E, que sigue el curso del río San Sebastián (río Fundación). Varias fallas menores que se extienden tanto en sentido W-E como S-N se intersectan a lo largo del río San Sebastián (río Fundación) donde confluyen la quebrada Macananchucua y el río Las Flores creando zonas de alta densidad de fracturamiento.

En el extremo suroeste de la plancha se genera una zona de densidad de fracturamiento alta asociada a la traza de la falla Tres Puntas y sus diferentes ramales, en cercanías de las quebradas Trece Vueltas, Lorica y La Cristalina y más al norte sobre la quebrada La Arenosa. Hacia el margen este de la falla Tres puntas y siguiendo el curso de la quebrada La Cristalina una falla menor en sentido W-E también genera un sector de alta densidad de fracturamiento, en su intersección con otras fallas que se extienden en sentido S-N. En la zona centro-sur de la plancha, a lo largo el río Ariguaní (río Yaya) se presenta la zona de más alta densidad de fracturamiento asociada a las trazas de la fallas Cerro Pelado, Sonora y Ariguaní, principalmente, donde se conecta varios ramales de la falla Cerro Pelao con la falla Sonora cerca a la quebrada Cuesta Plata. Igualmente, sectores de alta densidad se encuentran donde se conecta las fallas Sonora y Ariguaní; a lo largo de la traza de la falla Sonora, siguiendo el curso del río Costa Rica y asociados al desprendimiento de varios ramales de la falla Ariguaní en dirección W-E y S-N hasta el río La Caja, donde se encuentra la falla Tierranueva.

Los valores de Densidad de fracturamiento medio (3), se presentan en forma circular bordeando las zonas de muy alta y alta densidad de fracturamiento como cinturones estrechos y están asociadas a las fallas principales y sus intersecciones con fallas menores.

Los valores de Densidad de fracturamiento baja (2), se presentan como cinturones alargados y estrechos que siguen el sentido de las fallas principales cuya tendencia predominante es W-E, exceptuando por las fallas Marimonda y Tres Puntas localizadas al oeste de la plancha. Estas dos fallas se extienden en sentido S-N hasta llegar al río Tucurínca y la quebrada Las Fuentes, respectivamente, donde presentan una deflexión hacia la derecha siguiendo la tendencia estructural general en sentido W-E. Otras fallas menores también marcan una tendencia S-N y se encuentran asociadas principalmente a zonas de densidad baja.

Los valores de Densidad de fracturamiento muy baja (1), se encuentran distribuidas a través de toda la plancha y se presentan como franjas rectangulares y triangulares entre dos o más fallas siguiendo la tendencia estructural general en sentido W-E. El sector de la plancha que se caracteriza por una densidad de fracturamiento más baja está limitado al occidente por la falla Tres Puntas, al sur por la falla Cerro Pelao y Tierranueva, y al norte por las fallas del Río Seco y Atiquimaqueo.

## 1.2 FÁBRICA

El término “fábrica” hace referencia al arreglo de partículas, grupos de partículas y espacios vacíos en un suelo; mientras que el término “estructura”, algunas veces utilizado incorrectamente como sinónimo de fábrica, integra los efectos combinados de la fábrica, composición y fuerza entre partículas. Durante análisis microscópicos, la fábrica se denomina “microfábrica” por su parte, los rasgos identificados a nivel de muestras macroscópicas a simple vista o con la ayuda de la lupa, como la estratificación, fisuramiento, vacíos, y no homogeneidad, se denominan “macrofábrica” (Servicio Geológico Colombiano - SGC, 2013).

El comportamiento de los suelos y las rocas depende de la fábrica, principalmente debido a la anisotropía que genera según la orientación de las partículas, afectando las propiedades geomecánicas de la roca. Las rocas se pueden clasificar según su fábrica/estructura, siendo útil esta clasificación para establecer las diferencias de las rocas en cuanto a su resistencia y direccionalidad de las propiedades mecánicas. En la Tabla 3, se presentan características generales según el tipo de fábrica y en la Tabla 4, se presenta la calificación propuesta para los diferentes tipos de rocas según su textura/fábrica. En la Tabla 5, se listan las Unidades litológicas correspondientes a la plancha 26 – Pueblo Bello, con su respectiva calificación.

**Tabla 3.** Fábrica de las rocas (Tomado INGEOMINAS, 2004).

Textura/Fábrica	Características
Cristalina masiva	En rocas de cualquier origen (ígneo, metamórfico, o sedimentario) cuyas partículas minerales están entrelazadas y con orientación aleatoria. Corresponde a las rocas más resistentes y menos deformables, salvo las rocas volcánicas cuya calidad es un poco dispersa según sean porosas o no lo sean. Ejemplos: granitos, basaltos, calizas, chert, cuarcitas, y mármoles.
Cristalina Foliada y Roca de Falla	En rocas cuyas partículas minerales están mecánicamente entrelazadas, con una orientación preferencial a lo largo de la cual las fracturas son menos resistentes. Su calidad se dispersa como consecuencia de su fábrica orientada, es decir, por los planos de esquistosidad y foliación. Ejemplos: Pizarras, filitas, esquistos, milonitas

Textura/Fábrica	Características
Cristalinas Bandeadas	En rocas cuyas partículas minerales están mecánicamente entrelazadas conformando bandas composicionales con alguna influencia direccional. Ejemplo: Neis.
Clásticas Cementadas	En rocas con partículas cementadas, con resistencia y deformación variable, dependiendo de la calidad del material cementante, la relación matriz-clastos y el grado de empaquetamiento general que posea. Ejemplos: areniscas, conglomerados.
Clásticas Consolidadas	En estas rocas se presenta comportamiento variable esfuerzo-deformación, con direccionalidad de sus propiedades mecánicas. La resistencia se acrecienta con el grado de consolidación diagenética. Ejemplos: arcillolitas, lodolitas, shales.

**Tabla 4.** Calificación propuesta tipo de fábrica (Tomado de INGEOMINAS, 2009).

Atributo	Fábrica	Propuesta de calificación
N/A		0
Cristalina Masiva		1
Cristalina Bandeadas		2
Clásticas Cementadas		3
Clásticas Consolidadas		4
Cristalina Foliada y Rocas de Falla		5

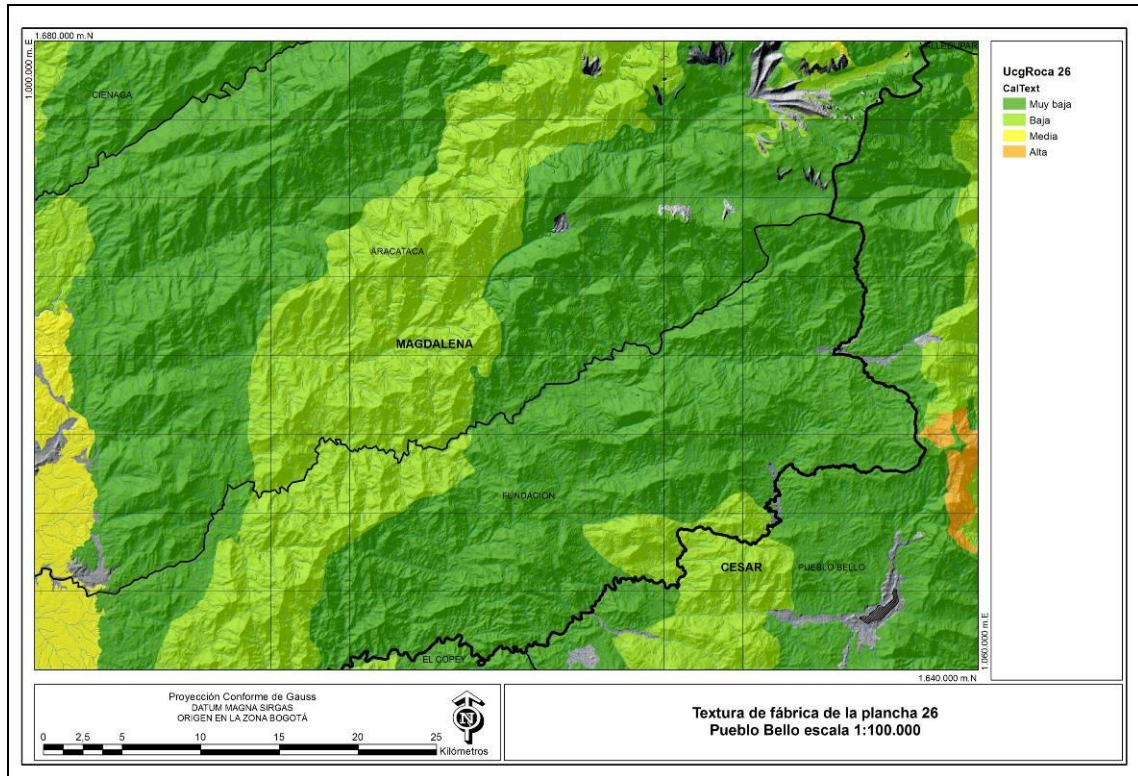
**Tabla 5.** Calificación propuesta tipo de fábrica

Unidad	Textura o Fabrica	Calificación
Sedimentitas Devónicas y Carboníferas de la Cuchilla Carbonal	Clástica cementada	3



Conglomerado de Macaraquilla	Clástica cementada	3
Batolito de Santa Marta y Plutón de Buritaca	Cristalina masiva	1
Batolito de Aracataca	Cristalina masiva	1
Batolito de Bolívar	Cristalina masiva	1
Batolito Central	Cristalina masiva	1
Granito Porfírico	Cristalina masiva	1
Ignimbrita de los Clavos	Cristalina masiva	1
Plutón de Nueva Lucha	Cristalina masiva	1
Batolito de Pueblo Bello - Facies cuarzomonzonita	Cristalina masiva	1
Batolito de Pueblo Bello - Facies granito	Cristalina masiva	1
Batolito de Pueblo Bello - Facies granito granofírico	Cristalina masiva	1
Stock del Socorro	Cristalina masiva	1
Conglomerados de Guamachito	Clástica cementada	3
Granulita de los Mangos	Cristalina bandeada	2
Anortosita del Río Sevilla	Cristalina bandeada	2
Formación Corual	Cristalina masiva	1
Gabros y Dioritas Horbléndica Máficas	Cristalina bandeada	2
Formación Guatapurí	Clástica consolidada	4

La Figura 7 muestra el mapa de calificación del atributo Fábrica y/o Estructura para la plancha 26 – Pueblo Bello.



**Figura 7.** Mapa de calificación del atributo Fábrica con respecto a la susceptibilidad a movimientos en masa, plancha 26 – Pueblo Bello.

Las rocas clásticas consolidadas con calificación alta para el atributo fábrica (4), se localizan hacia el este de la plancha y están representadas por la Formación Guatapurí compuesta por limolitas, wacas o grawacas rojas y rocas volcánicas, espiliticas y keratofídicas rojas con predominio de limolitas volcanogénicas (INGEOMINAS, 2007c).

Las rocas clásticas cementadas con calificación media para el atributo fábrica (3), se localizan hacia el suroeste de la plancha 26 – Pueblo Bello, presentando una forma alargada en sentido N-S. Están representadas por las Sedimentitas Devónicas y Carboníferas de la Cuchilla Carbonal compuestas por areniscas, arcillas, calizas fosilíferas y en la Serranía del Perijá con areniscas o wacas ferruginosas, arcillas y conglomerados o arcilla negra basal; los Conglomerados de Guamachito que consiste en conglomerados matriz-soportados de guijos y gujarros de rocas ígneas y metamórficas, con alguno niveles de areniscas de grano grueso; y los Conglomerados de Macaraquilla constituidos por conglomerados líticos de guijos y

gránulos, grano-soportados, con intercalaciones de arenisca de grano medio (INGEOMINAS, 2007c)

Las rocas cristalinas bandeadas con calificación baja para el atributo fábrica (2), se encuentran en varios sectores de la zona de interés, y ocurren en forma de franja con una dirección NE-SW en sector central y como bloques pequeños al oriente y oeste de la plancha. Estas rocas están representadas por la Granulita de los Mangos que consta de neises bandeados claros y oscuros metamorfoseados hasta la facie granulita; Anortosita del Río Sevilla, constituido por rocas bandeadas muy claras (casi blancas), de grano medio a grueso, de textura granoblástica y néisica, compuestas principalmente de feldespatos (plagioclasa); y Gabros y Dioritas Hornbléndicas Máficas que están constituidas por rocas metamórficas, anfíbolitas masivas, anfíbolitas cuarzo-feldespáticas y biotíticas, localmente calcáreas con venas pegmatíticas continuas a discontinuas (INGEOMINAS, 2007c).

Las rocas cristalinas masivas con calificación muy baja para el atributo fábrica (1), se encuentran bien distribuidas en toda la plancha. Están representadas por el Batolito de Santa Marta y Plutón de Buritaca que corresponde a tonalitas biotíticas - hornbléndicas y tonalitas hornbléndicas - biotíticas, de textura holocristalina, hipidiomórfica, de grano medio y color gris, ocasionalmente afloran dioritas, granodioritas y granitos; el Batolito de Aracataca consta de rocas leucocráticas con textura fanerítica, como granodioritas biotíticas y cuarzo monzonitas, hacia el oeste la roca tiene textura protoclástica, las facies internas están cortadas por diques pegmatíticos de composición granítica; el Batolito de Bolívar consta de rocas plutónicas de composición granodiorítica a tonalítica, de colores claros, se encuentra intruido por diques aplíticos y pegmatíticos con alto contenido de feldespato potásico, que a su vez son cortados por diques diabásicos; el Batolito Central que consta de una granodiorita y cuarzodiorita híbrida; el Granito Porfirítico conformados por granitos porfiríticos grisáceos o café pálido, con abundantes fenocristales de plagioclasa blanca y fenocristales pequeños de biotita, cuarzo, ortoclasa y hornblenda en una matriz afanítica; la Ignimbrita de los Clavos que corresponde a una secuencia de rocas vulcanoclásticas de color gris a gris verdoso, caracterizada por presentar fragmentos líticos vulcanoclásticos; el Plutón de Nueva Lucha que se caracteriza por tener una textura porfirítica peculiar, con abundantes minerales máficos que le otorgan el color oscuro a la roca; esta unidad contiene abundante cuarzo y feldespato, y minerales máficos como anfíbol y piroxeno; los Batolitos de Pueblo Bello y Patillal con sus facies Cuarzomonzonita, Granito y Granito granofírico; el Stock del Socorro que consiste en rocas plutónicas de composición intermedia, textura fanerítica, fino a mesogranular, holocristalina, hipidiomórfica; y La Formación Corual constituida por limolitas, wacas o grawacas negras y rocas espilítica, diabásicas y basálticas oscuras (INGEOMINAS, 2007c)

La evaluación del atributo Fábrica y /o Estructura **no aplica** para depósitos dentro de la Plancha 26 – Pueblo Bello, éstos tendrán calificación especial, la cual se detallará en el apartado de Susceptibilidad Total de la Geología.

### 1.3 RESISTENCIA

Las propiedades mecánicas incluyen la resistencia a la compresión, impacto y penetración por otro cuerpo; estas propiedades, producto de la composición química y mineralógica de los materiales, de su textura y de su estructura, permiten caracterizar la resistencia de los materiales a los agentes de deterioro. Con base en las planchas escala 1:100.000 generadas por el Servicio Geológico Colombiano, se elabora una lista de los diferentes tipos de rocas que afloran en el área de estudio; a cada unidad litológica se le asigna un rango de resistencia (R).

Los rangos de referencia que se adoptan son los incluidos en el Documento Metodológico de la Zonificación de Susceptibilidad y Amenaza Relativa por Movimientos en Masa (Servicio Geológico Colombiano, 2013) y se basan en información documentada y datos de resistencia a nivel nacional e internacional. En la Tabla 6, se presenta la calificación propuesta para los diferentes tipos de rocas dependiendo de su resistencia. En la Tabla 7, se listan las unidades litológicas correspondientes a la plancha 26 – Pueblo Bello, sus rangos de resistencias y su calificación.

**Tabla 6.** Propuesta de calificación de las rocas dependiendo de su resistencia (Tomado del SGC, 2013).

Grado	Término	Propuesta de calificación
R6	Extremadamente dura	1
R5	Muy dura	1
R4	Dura	2
R3	Moderadamente dura	3
R2	Blanda	4
R1	Muy blanda	5
R0	Extremadamente blanda	5

**Tabla 7.** Rango de resistencia para las rocas de la plancha 26 – Pueblo Bello.

Unidad	Resistencia inicial	Resistencia final	Promedio	Calificación de la resistencia	Área (ha)
Sedimentitas Devónicas y Carboníferas de la Cuchilla Carbonal	20,78	142,78	81,79	2	62,06
Conglomerado de Macaraquilla	103,85	142,78	123,32	3	6607,21
Batolito de Santa Marta y Plutón de Buritaca	141,51	182,01	161,76	1	89,03
Batolito de Aracataca	98,07	245,17	171,62	1	43220,54
Batolito de Bolívar	98,07	245,17	171,62	1	12786,66
Batolito Central	98,07	245,17	171,62	1	3100,40
Granito Porfírico	95,81	239,28	167,55	1	1561,24
Ignimbrita de los clavos	51,98	98,07	75,02	2	7908,27
Plutón de Nueva Lucha	95,81	239,28	167,55	1	114,52
Batolito de Pueblo Bello y Patillal - facies cuarzomonzonita			210,27	1	81869,42
Batolito de Pueblo Bello y Patillal - facies granito	95,81	239,28	167,55	1	6801,38
Batolito de Pueblo Bello y Patillal - facies granito granofírico	98,07	245,17	171,62	1	1147,15
Stock del Socorro	172,30	287,43	229,87	1	1038,58
Conglomerados de Guamachito	103,85	142,78	123,32	3	419,75

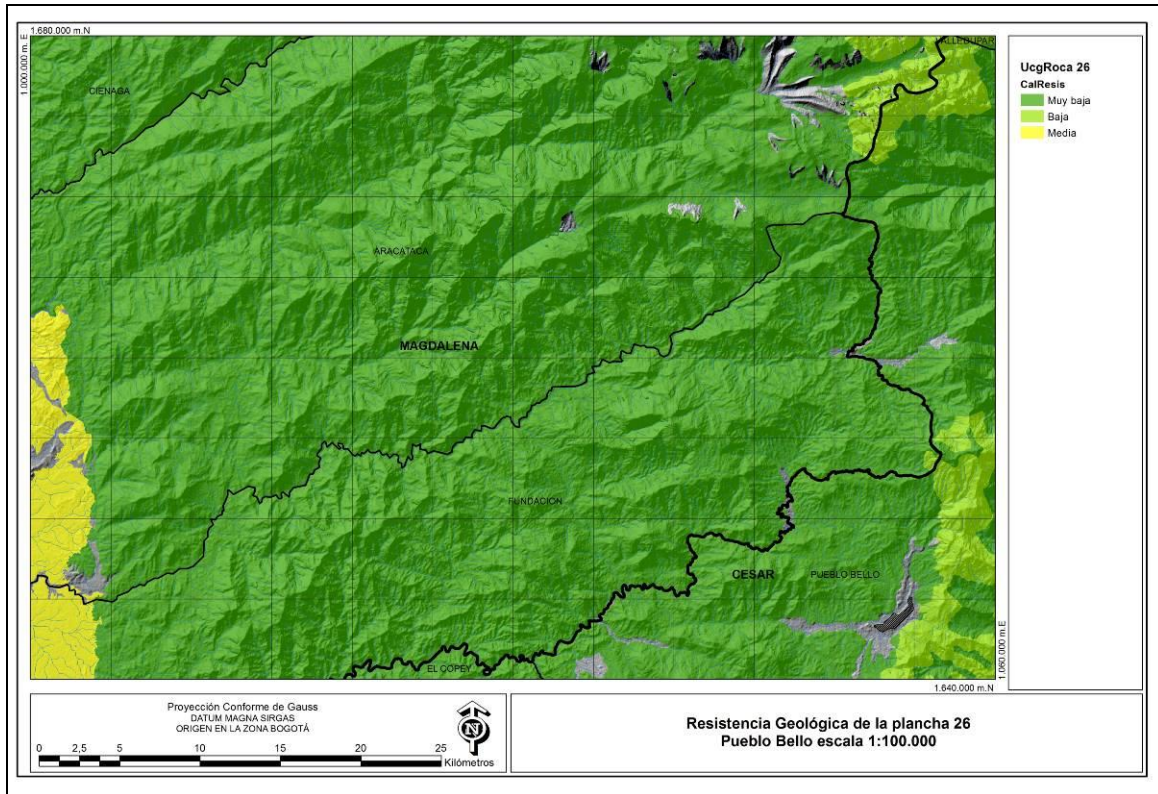
Granulita de los Mangos	48,25	245,17	146,71	1	59077,06
Anortosita del Río Sevilla	46,29	186,13	116,21	1	17,47
Formación Corual	104,80	358,60	214,10	1	3,04
Gabros y Dioritas Horbléndicas Maficas	100	250	175	1	2064,81
Formación Guatapurí	28,73	95,61	62,17	2	1478,15

De acuerdo con la clasificación anterior, los depósitos no presentan una clasificación según su resistencia. Los depósitos se calificarán directamente en el apartado de Susceptibilidad Total de la Geología.

La Figura 8 presenta el mapa de calificación del atributo Resistencia para la plancha 26 – Pueblo Bello.

Las rocas catalogadas como muy duras con calificaciones media (3) de la resistencia corresponden a los Conglomerados de Macaraquilla que consiste en conglomerados líticos de guijos y gránulos, grano-soportados, con intercalaciones de arenisca de grano medio y los Conglomerados de Guamachito conformados por conglomerados matriz-soportados de guijos y guijarros de rocas ígneas y metamórficas, con alguno niveles de areniscas de grano grueso (INGEOMINAS, 2007c)

Las rocas caracterizadas como duras, presentan calificación baja (2) de la resistencia, y se localizan en dos bloques hacia el noreste y sureste. Están representadas por: las Sedimentitas Devónicas y Carboníferas de la Cuchilla Carbonal compuestas por areniscas, arcillas, calizas fosilíferas; la Ignimbrita de los Clavos que corresponde a una secuencia de rocas vulcanoclásticas de color gris a gris verdoso, caracterizada por presentar fragmentos líticos vulcanoclásticos y cristales de plagioclasa en una matriz vítrea a microcristalina con fragmentos finos de plagioclasa; y la Formación Guatapurí compuesta por limolitas, wacas o grawacas rojas y rocas volcánicas, espilíticas y keratofídicas rojas, predominando las limolitas volcanogénicas (INGEOMINAS, 2007c).



**Figura 8.** Mapa de calificación del atributo Resistencia con respecto a la susceptibilidad a movimientos en masa, plancha 26 – Pueblo Bello.

Las rocas catalogadas como muy duras, con calificación muy baja (1) de la resistencia, se localizan en toda la plancha y cubren la mayor parte del área de estudio. Están representadas por: el Batolito de Santa Marta y Plutón de Buritaca que corresponde a tonalitas biotíticas - hornbléndicas y tonalitas hornbléndicas - biotíticas, de textura holocrystalina, hipidiomórfica, de grano medio y color gris; ocasionalmente afloran dioritas, granodioritas y granitos; el Batolito de Aracataca que consta de rocas leucocráticas con textura fanerítica, como granodioritas biotíticas y cuarzo monzonitas; el Batolito de Bolívar que corresponde a rocas plutónicas de composición granodiorítica a tonalítica, de colores claros, se encuentra intruido por diques aplíticos y pegmatíticos con alto contenido de feldespato potásico, estos diques a su vez son cortados por diques diabásicos; Batolito Central que consta de granodiorita y cuarzodiorita híbrida; el Granito porfirítico que corresponde a granitos porfiríticos grisáceos o café pálido, con abundantes fenocristales de plagioclasa blanca y fenocristales pequeños de biotita, cuarzo y algo de ortoclasa y hornblenda en una matriz afanítica; el Plutón de Nueva Lucha que se caracteriza por tener

una textura porfirítica peculiar, con abundantes minerales máficos que le dan el color oscuro a la roca, y contiene abundante cuarzo y feldespato alcalino con minerales máficos como anfíbol y piroxeno; los Batolitos de Pueblo Bello y Patillal con sus facies cuarzomonzonita, granito y granito granofírico; el Stock del Socorro que consiste en rocas plutónicas de composición intermedia, textura fanerítica, fino a mesogranular, holocristalina, hipidiomórfica; la Formación Corual conformada por limolitas, wacas o grawacas negras y rocas espilitica, diabásicas y basálticas oscuras; la Granulita de los Mangos que consta de neises bandeados claros y oscuros metamorfoseados hasta la facie granulita; Neis anortosítico de Sevilla que son rocas bandeadas muy claras, de grano medio a grueso, de textura granoblástica y néisica, compuestas principalmente de feldespatos; y los Gabros y Dioritas Horbléndicas Máficas que están constituidos por rocas metamórficas, anfibolitas masivas, anfibolitas cuarzo-feldespáticas y biotíticas localmente calcáreas con venas pegmatíticas continuas a discontinuas (INGEOMINAS, 2007c).

#### 1.4 ATRIBUTOS EN SUELOS Y DEPÓSITOS

En el Documento Metodológico de la Zonificación de Susceptibilidad y Amenaza Relativa por Movimientos en Masa (Servicios Geológico Colombiano – SGC, 2013), se le atribuye a los depósitos en general una resistencia menor de 10 Kg/cm<sup>2</sup>, que corresponde a un valor razonable para este tipo de unidad litológica. Para la ponderación de los depósitos, se tiene en cuenta esta frontera de resistencia y su comportamiento en taludes y laderas del país. En la Tabla 8, se presenta la calificación de las unidades litológicas (Depósitos) a partir de la información suministrada por el Servicio Geológico Colombiano (2013); y en la Tabla 9, se reportan las respectivas calificaciones para depósitos presentes en la plancha de estudio. La Figura 9, contiene los depósitos correspondientes a la plancha 26 – Pueblo Bello.

**Tabla 8.** Clasificación de las unidades litológicas (Depósitos). Tomado del Servicio Geológico Colombiano (2013).

Ambiente	Depósito	Símbolo	Calificación
Denudacional	Depósitos coluviales	D-co	5
	Depósitos de detritos	D-dt	4
	Depósitos de tierras	D-t	5
	Depósitos de terraza sobreelevada	D-ts	4
	Depósitos lodos	D-ld	5
Fluvial y Laguna	Depósitos de cauce y llanura aluvial	D-al	1
	Depósitos de terrazas aluvial	D-ta	2



Ambiente	Depósito	Símbolo	Calificación
	Depósitos paludales	D-pa	1
	Depósitos lagunares	D-la	1
	Depósitos de abanicos aluviales	D-ca	3
Marino/Coestero	Depósitos marino aluviales	D-m	2
	Depósitos intermareales	D-ma	1
	Sustrato de manglar	D-sm	1
	Depósitos de playón	D-p	1
	Depósitos de origen arrecifal	D-a	1,5
	Depósitos de playa y dunas	D-pl	1,5
Eólico	Depósito de arenas	D-ea	2
	Depósito de loees	D-el	2,5
Volcánico	Depósito de caída piroclástica	D-cp	5
	Depósito de flujo piroclástico de bloques y ceniza	D-fpb	4
	Depósito de flujo piroclástico de ceniza y pómez o ignimbrita	D-fpc	5
	Depósito de oleada piroclástica	D-op	5
	Depósito de avalancha de escombros	D-ae	4
	Depósito de flujo de escombros o <i>lahar</i> o flujo de lodo	D-fl	3
Glacial y periglacial	Depósitos glaciofluviales	D-gf	4
	Depositos glacialacustres	Dgl	2
	Depósito glacial till de ablación	D-gta	3,5
	Depósito glacial till basal	D-gtb	3
Antropogénico	Rellenos de basuras o rellenos sanitarios	D-rb	5

**Tabla 9.** Susceptibilidad de los depósitos para la plancha 26 – Pueblo Bello.

Unidad	Calificación susceptibilidad de depósitos y aluviones
Depósitos de till basal	3
Depósitos de till de ablación	3,5
Depósitos coluviales	5
Depósitos de abanicos aluviales	3
Depósitos de cauce y llanura aluvial: Aluviales recientes	1
Depósitos de terraza aluvial	2
Depósitos glaciolacustres	2

Los depósitos coluviales con una calificación muy alta (5), se encuentran ubicados hacia el suroriente al sur del municipio de Pueblo Bello y suroccidente de la zona de estudio, hacia el flanco occidental del río Fundación. Estos depósitos están conformados por gravas y arenas gruesas gravosas, con fragmentos de rocas ígneas, metamórficas, limolitas, areniscas finas y cherts, de forma subangular a redondeada, bien empaquetados, arenosoportados en capas medias a delgadas irregulares y arenas gruesas.

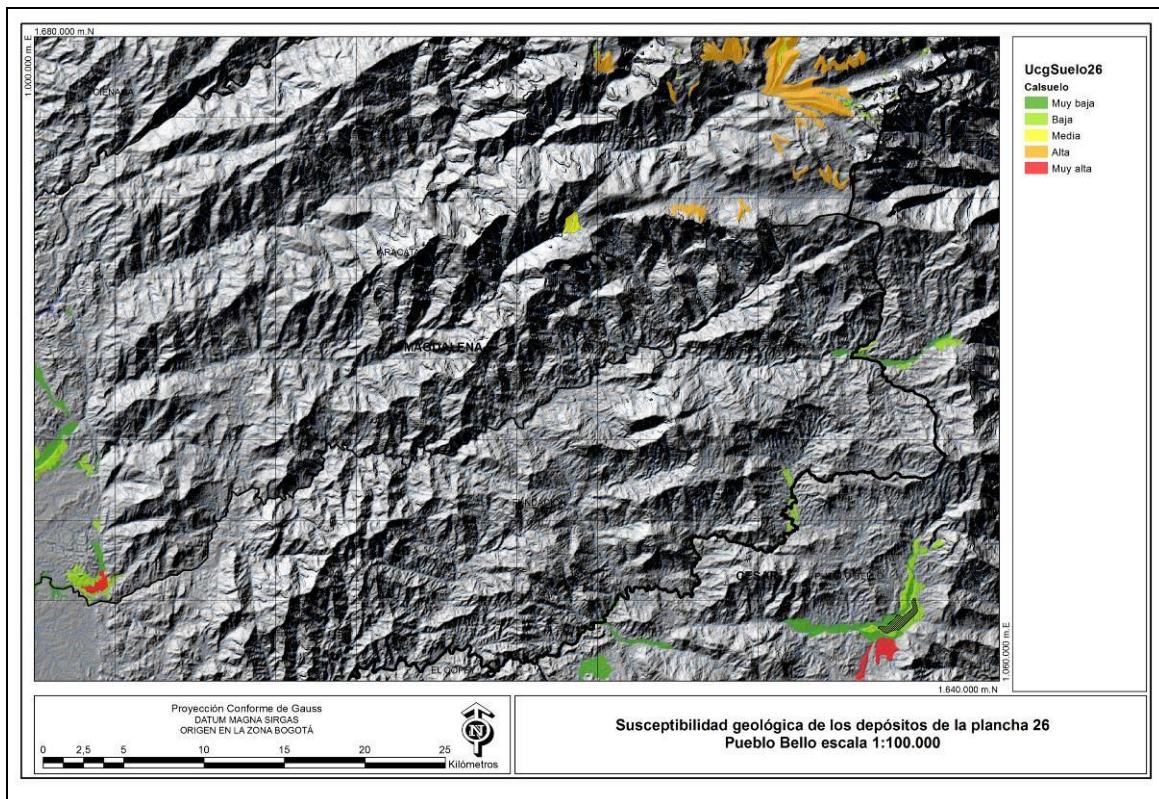
Los depósitos de till de ablación con una calificación alta (3,5) se encuentran restringidos al sector nororiental de la plancha y están constituidos por bloques caóticos angulares, polimígticos en matriz areno-arcillosa producto de la erosión de rocas metamórficas e ígneas.

Los depósitos de till basal y de abanicos aluviales con una calificación media (3) se encuentran localizados en el sector nororiental y centro-norte de la plancha, respectivamente. Los depósitos de tilla basal corresponde a bloques caóticos angulares, polimígticos en matriz areno-arcillosa producto de la erosión de rocas metamórficas e ígneas; y los depósitos de abanico a gravas y arenas gruesas gravosas con fragmentos de rocas ígneas,

metamórficas, limolitas, areniscas finas y cherts, de forma subangular a redondeada, bien empaquetados, arenosoportados en capas medias a delgadas irregulares y arenas gruesas.

Los depósitos glaciolacustres y de terraza aluvial presentan una calificación baja (2). Los primeros se encuentran restringidos al sector nororiental de la plancha y están conformados por materiales fino-arcillosos laminados; mientras que los depósitos de terraza aluvial ocurren dispersos en diferentes sectores del área de estudio principal al suroccidente y suroriente y están constituidos por gravas arenosoportadas y arenas gruesas de cuarzo y feldespato, con regular selección, algo lodosas, friables, de colores amarillo oscuro a blanco amarillento.

Finalmente, los depósitos de cauce y llanura aluvial con una calificación muy baja (1), se localizan principalmente en los sectores suroriental y suroccidental de la plancha, asociados a los cauces de los ríos Fundación, Ariguaní, Costa Rica, Aracataca, Tucurínca y algunas quebradas. Estos depósitos están conformados por arenas, gravas y guijarros en matriz lodosa no consolidados, de color amarillo ocre, mal seleccionados con cantos ígneos.



**Figura 9.** Mapa de calificación de los Depósitos con respecto a la susceptibilidad a movimientos en masa, plancha 26 – Pueblo Bello.

## 1.5 MAPA DE SUSCEPTIBILIDAD TOTAL DE LA VARIABLE GEOLOGÍA

La susceptibilidad geológica define la propiedad inherente del terreno a desarrollar movimientos en masa, tendencia a partir de la composición de los materiales del subsuelo, la capacidad de soportar esfuerzos y la respuesta de dichos materiales expresada en fracturamiento y deformación. La susceptibilidad a la geología describe un escenario preliminar y natural del tipo de material que constituye el subsuelo y es representado en un modelo vectorial constituido por los atributos: Calificación Textura, Calificación Resistencia y Calificación Densidad Fracturamiento.

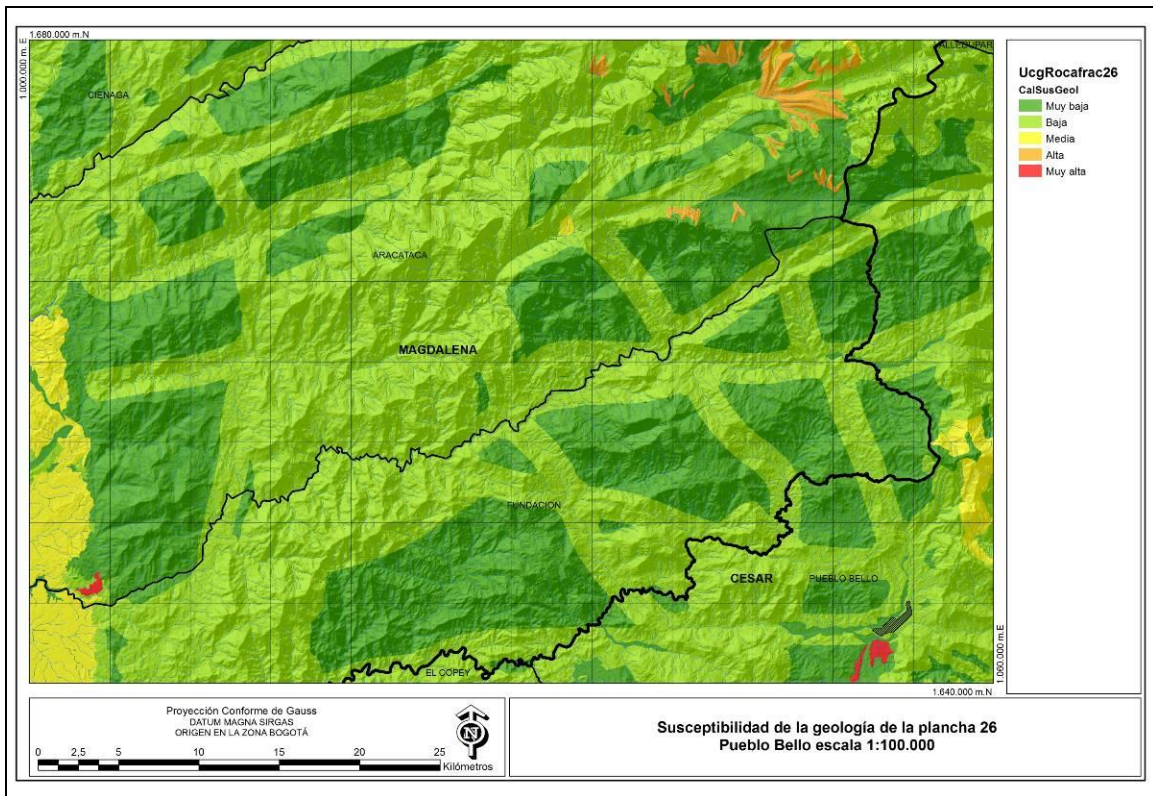
Para realizar el cálculo de la susceptibilidad geológica se hace necesario transformar a formato tipo raster la entidad geográfica, teniendo en cuenta cada una de las calificaciones asignadas y el tamaño de celda (se toma el tamaño de celda usado en el DEM), suministrado como fuente de información.

Para obtener la susceptibilidad geológica, se emplea el programa ArcGis versión 9.3, se realiza la siguiente operación y se adiciona la susceptibilidad de los depósitos.

Susceptibilidad Geología =  $0,50 \times (\text{Calificación Textura}) + 0,40 \times (\text{Calificación Resistencia}) + 0,10 \times (\text{Calificación Densidad Fracturamiento})$ .

Finalmente a este mapa se le suman los valores de los depósitos que fueron evaluados en el numeral anterior de manera independiente.

La Figura 10 presenta la zonación de la plancha 26 – Pueblo Bello de acuerdo a la calificación de la susceptibilidad total de la variable Geológica.



**Figura 10.** Mapa de calificación de la variable Geológica con respecto a la susceptibilidad a movimientos en masa, plancha 26 – Pueblo Bello.

Las zonas con calificación de susceptibilidad muy alta (5), corresponde a depósitos de coluviales, ubicados al suroccidente y suroriente de la plancha constituidos por gravas y arenas gruesas gravosas.

Las zonas calificadas con susceptibilidad alta (4), se encuentran restringidas al sector nororiental de la plancha y están representadas por depósitos de glaciales de till de ablación correspondientes a bloques caóticos angulares, polimígticos en matriz areno-arcillosa producto de la erosión de rocas metamórficas e ígneas.

Las zonas con calificación de susceptibilidad media (3), se localizan hacia el en el borde suroccidental y suroriental del área de estudio; asociados a los Conglomerados de Macaraquilla, Formación Guatapurí, Sedimentitas Devónicas y Carboníferas de la Cuchilla Carbonal y los Conglomerados de Guamachito; así como a depósitos de till basal que se encuentran al nororiente de la zona de estudio y depósitos de abanicos localizado en la centro-norte de la plancha.

La zonas con calificación de susceptibilidad baja (2), se encuentra bien distribuida en toda el área de interés, distribuidas en franjas con tendencia de dirección EW y NS, y están relacionadas con los Conglomerados de Macaraquilla, la Ignimbritas Los Clavos, la Granulita de los Mangos, la Anortosita del Río Sevilla, los Gabros y Dioritas Horbléndicas Máficas, los batolitos Central, de Aracataca, de Bolívar, y de Pueblo Bello y Patillal con sus facies cuarzomonzonita, granito y granito granofírico; el Stock del Socorro, Plutón de Nueva Lucha, Granito Porfírico, Formación Corual ; además de depósitos de terrazas aluviales.

Finalmente, las zonas con calificación de susceptibilidad muy baja (1), ocurren como bloques en diferentes sectores de la plancha, especialmente, en el borde centro-occidental, y en los sectores noroccidental, nororiental y suroriental del área de interés. Estos valores muy bajos de susceptibilidad están asociados a los batolitos de Pueblo Bello y Patillal con sus facies cuarzomonzonita, granito y granito granofírico; Central, de Aracataca, de Bolívar, de Santa Marta y Plutón de Buritaca, el Granito porfírico; así como, a depósitos de cauce y llanuras de inundación.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- INGEOMINAS. 2004. Desarrollo Metodológico y Estándares de la Zonificación Geomecánica teniendo en cuenta la Variable Edáfica, Volumen V. 24p.
- INGEOMINAS. 2007a. Geología de la Plancha 26. Escala 1:100000 Bogotá D.C.
- INGEOMINAS. 2007b. Atlas Geológico de Colombia. Escala 1:500.000. 26 planchas. Bogotá.
- INGEOMINAS. 2007c. Geología de la planchas 11, 12, 13, 14, 18, 19, 20, 21, 25, 26, 27, 33 y 34. Proyecto: “Evolución geohistórica de la Sierra Nevada de Santa Marta”. Memoria Explicativa. Bogotá D.C.
- INGEOMINAS. 2009. Zonificación de Amenazas por Movimientos en Masa en la Cuenca del Río Combeima. Ibagué – Tolima. Escala 1:25.000. Bogotá.
- INTERNATIONAL ASSOCIATION FOR ENGINEERING GEOLOGY (IAEG). 1981. Report of the IAEG *Commission on site investigations*, *IAEG Bulletin*, 24: 185-226. *The Netherlands*.
- PAGE, W.D. y Cline, K.M. 1981. *Recognition of active faults in tropical mountains Northwest Colombia*. Revista CIAF, Vol 6 (1-3), pp 407 – 419.
- PARIS, G.; MACHETTE, M.; DART, R.; HALLER, K. 2000. *Map and database of Quaternary faults and folds in Colombia and its offshore regions. A project of the International Lithosphere Program Task Group II-2, Major Active Faults of the World. Open-File Report 00-0284*, USGS. 61 p.
- SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO (SGC). 2013. Documento metodológico de la zonificación de susceptibilidad y amenaza relativa por movimientos en masa Esc. 1:100.000. Bogotá D.C., 135p.
- UNESCO. 1976. *Engineering geological mapping. A guide to their preparation*. 79 p. Paris.