



CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA Y VULNERABILIDAD POR MOVIMIENTOS EN MASAS ENTRE LA VEREDA DE PUENTE QUEMAO Y EL CORREGIMIENTO DE SAN FRANCISCO DE ASÍS, EN EL COPEY, CESAR

Danyela Rocio Gámez Estrada, Belmer Adrián Pertuz Méndez, Juan Fernando Daza Carrascal, Luis Carlos Tapia Vela, Elías Ernesto Rojas Martínez

**Fundación Universitaria Del Área Andina
Valledupar, Colombia**

Resumen

La presente investigación se realizó en el área que corresponde a la vereda de Puente Quemao y el corregimiento de San Francisco de Asís, pertenecientes al municipio de El Copey en el departamento del Cesar. El estudio se compone de una serie de fases en las que se realizaron varias actividades preparatorias para la recopilación, análisis e interpretación de la información; además, fue de vital importancia la identificación de la vulnerabilidad presente en el lugar con respecto a movimientos en masas.

Teniendo en cuenta lo anterior, fue factible la identificación de los perfiles de meteorización, el reconocimiento macroscópico de las litologías y la interpretación del tipo de movimiento en masa, para poder plantear posibles soluciones al riesgo inminente, el cual puede proporcionar una alternativa para la prevención de desastres. Además, este estudio es de vital importancia para el conocimiento de la geología regional y la participación investigativa.

Palabras clave: movimientos en masas; vulnerabilidad; riesgos; prevención

Abstract

The present investigation was carried out in the area that corresponds to the path of Puente Quemao and the corregimiento of San Francisco de Asís, belonging to the municipality of El Copey in the department of Cesar. The study consists of a series of

phases in which several preparatory activities were carried out for the collection, analysis and interpretation of information; In addition, it was vitally important to identify the vulnerability present in the place with respect to mass movements.

Taking into account the above, it was feasible to identify weathering profiles, macroscopic recognition of lithologies and the interpretation of the type of mass movement, so as to be able to plumb possible solutions to the imminent risk, which may provide an alternative for prevention of disasters. In addition, this study is of vital importance for knowledge of regional geology and investigative participation.

Keywords: mass movements; vulnerability; risks; prevention

1. Introducción

Los fenómenos naturales han estado presentes en toda la historia de la evolución de nuestro planeta y hoy en día causan muchos daños en cuanto a pérdidas de vidas humanas, económicas y alteraciones en el ambiente. En el 2016 el fenómeno conocido como el Huracán Matthew, se caracterizó por fuertes lluvias, lo que generó movimientos en masa producto de la mala gestión de la tierra, prácticas agrícolas inadecuadas, pastoreo excesivo y la desforestación fueron las causas fundamentales de la devastación, dejando claramente evidenciada la vulnerabilidad de la zona a este tipo de fenómenos naturales.

El estudio dio a conocer las principales amenazas (naturales y antrópicas) que afectan la cuenca del Río Ariguanicito en El Copey, Cesar. Lográndose definir, las áreas críticas o de mayor riesgo a la ocurrencia de un evento de desastre. Para tal fin, se implementó sistemas de información geográfica (SIG) como herramientas para la elaboración de mapas tanto de vulnerabilidad como amenazas y de esta manera se obtuvo una idea que orienta la gestión de riesgo en la zona.

2. Localización

El área de estudio se encuentra en las estribaciones de la Sierra Nevada de Santa Marta entre las veredas de Puente Quemao y el corregimiento de San Francisco de Asís pertenecientes al municipio de El Copey, Cesar. El clima presente es variado, la temperatura promedio es de 28 °C, variando entre 29 °C en la época seca y 23 °C en la época lluviosa (HERNÁNDEZ, M. 2003) y la precipitación anual se encuentra entre 1000 y 2000 mm.

El estudio se realizó a un área de 25.000 km² de la plancha 33 – I – D del IGAC, abarcándose taludes y los deslizamientos que representan un riesgo para la población. (Figura 1)

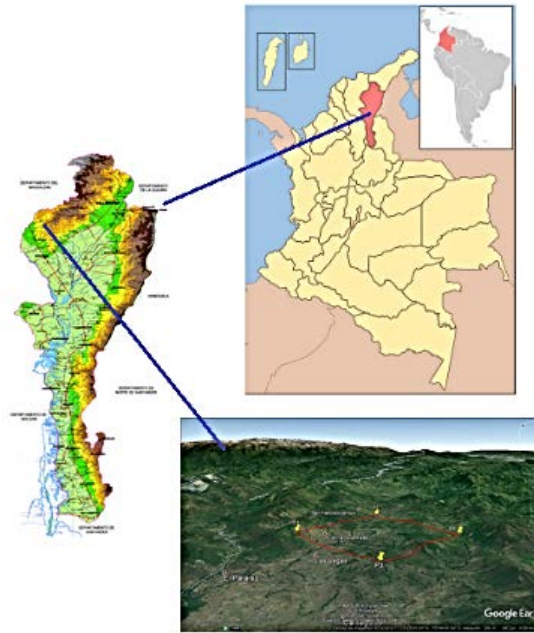


Figura 1. Localización de las coordenadas del área de estudio. Fuente: Google Earth.

3. Metodología

Para la ejecución del Proyecto fue factible desarrollar varias etapas, iniciando con la revisión bibliográfica en la cual se recopila toda la información de interés referente a temas relacionados con tipo de movimientos en masas, caracterización de laderas, técnicas adecuadas de mitigación y prevención de riesgos, así como toda la información geológica y geotécnica disponible.

Posteriormente, se obtuvieron la plancha topográfica IGAC 33 – I – D a escala 1:25.000, la cual comprende la zona de estudio y es de vital importancia para la georreferenciación de los datos obtenidos y el reconocimiento de campo.

Realizándose la exploración e identificación de problemas geotécnicos, lo que permitió el reconocimiento de las unidades geológicas aflorantes en el área, así mismo el conocimiento de las laderas y los taludes que representan un riesgo para la comunidad.

En la etapa de campo se obtuvieron 5 muestras representativas de suelo con un peso de 5 kg cada una, para la identificación de granulometría, estas fueron adquiridas en la realización de los perfiles de meteorización elaborados en cada uno de los movimientos en masas y clasificadas de acuerdo a lo establecido por la USCS.

Por último, se elaboró un mapa de amenazas a escala 1:25.000 con los datos de los estudios petrográficos y geotécnicos, en el cual se exponen los lugares que representan un riesgo para la población.

4. Geología

Las unidades geológicas que conforman el área de estudio, se encuentran al NW de la sierra nevada de santa marta. Este territorio está constituido por rocas ígneas, metamórficas y depósitos cuaternarios que abarcan desde el proterozoico las más antiguas hasta el Cenozoico las más jóvenes. Estas unidades litoestratigráficas son:

4.1. *Granulita de los magos (PEm)*

Su nombre fue determinado por TSCHANZ (1969), quien lo utiliza para denominar una secuencia metamórfica de alto grado que muestra una muy buena exposición en el Río Los Mangos, al noroeste de la ciudad de Valledupar (Departamento del Cesar) (COLMENARES, F. et al., 2007). Esta unidad rocosa presenta un alto grado de metamorfismo y constan composicionalmente de Neis bandeados claros y oscuros metamorfoseados hasta la facie granulita. Bandas graníticas alternando con anfibolitas piroxénicas y algunos mármoles y neis ultramaficos. (INGEOMINAS; 2007)

4.2. *Batolito de Pueblo Bello y Patillal; Facies cuarzo monzonitas (Jpbb – cm)*

Su nombre fue determinado por TSCHANZ (1969) para para describir a dos cuerpos intrusivos (Batolito de Pueblo Bello y Batolito de Patillal) de similar composición que conforman un cinturón con orientación SW – NE, en el sector oriental de la Sierra Nevada de Santa Marta (COLMENARES, F. et al., (2007). Esta facie posee una edad jurásico inferior y es una de las 3 divisiones (Cuarzo monzonita (Jcm), Facies Granito (Jg) y Facies Granito Granofírico (Jgr)); que caracteriza estos cuerpos intrusivos y se encuentra constituida por rocas ígneas intrusivas, de textura holocristalina, hipidiomórfica, grano medio a grueso, color gris claro, generalmente rosado. (TSCHANZ, et al., 1969)

4.3. *Ignimbrita de los clavos (Jlc)*

Su nombre fue determinado por TSCHANZ (1969) para describir una secuencia vulcano-sedimentaria de edad jurásico medio. Esta secuencia de rocas, litológicamente Comprende una secuencia vulcanoclástica (tobas e ignimbritas) lítica a cristalina de composición intermedia (andesítica a riodacítica), estratificada, con textura porfiroclástica meso a fino granular, con matriz (20% a 50%) afanítica vítrea de color gris, gris verdoso y verde y contiene fragmentos líticos. (MACDONALD, W. and OPDYKE, N. 1984)

4.4. *Aluviales recientes (Qal)*

Composicionalmente los aluviales recientes están caracterizados como depósitos de topografía suave y baja no consolidados, de arenas, gravas y guijarros en matriz lodosa, amarillo ocre, mal seleccionados, con cantos ígneos con plagioclasas, mica, cuarzo y fragmentos de rocas del batolito central. Estos generalmente contienen depósitos de rocas ígneas metamórficas y en menor proporción de sedimentarias, producidas por la erosión de las unidades de rocas que conforman la SNSM. (COLMENARES, F., et al. 2007)

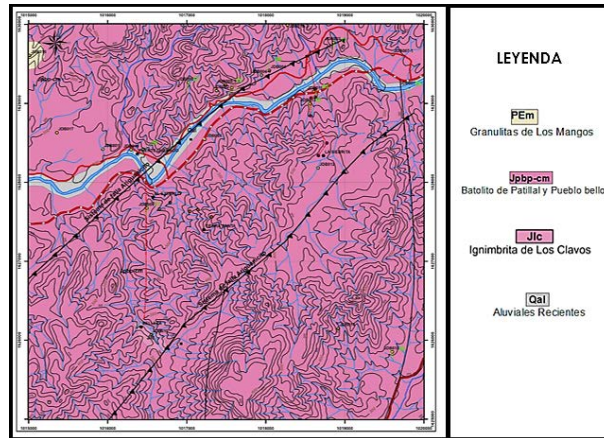


Figura 2. Mapa geológico del área de estudio. Digitalizado en Arcgis. Fuente: autores.

5. Análisis petrográfico

Los estudios petrográficos de las litologías presentes en los taludes y laderas que presentan inestabilidad y riesgos por movimientos en masas, se pudieron identificar que estas están constituidas por roca ígnea intrusiva perteneciente al Batolito de Pueblo Bello y Patillal en la facie de Cuarzomonzonitas. Esta roca corresponde a un monzogranito, el cual mineralógicamente está conformado por un índice de color del >25% constituido por minerales como Hornblenda, biotita y moscovita. Además, como minerales principales se idéntico plagioclasas de un 23% a 30% la cual presenta maclado. En las rocas también se observa cuarzo de un 20% a 25%. Se percibe feldespato en cantidades que oscilan entre 30% - 35%.

Las muestras poseen una textura fanerítica y presenta un grado de cristalinidad holocristalino, una distribución de cristales equigranular, con granos de tamaño medios (2 – 5mm) y algunos granos gruesos (4 – 30mm). (figura 3)

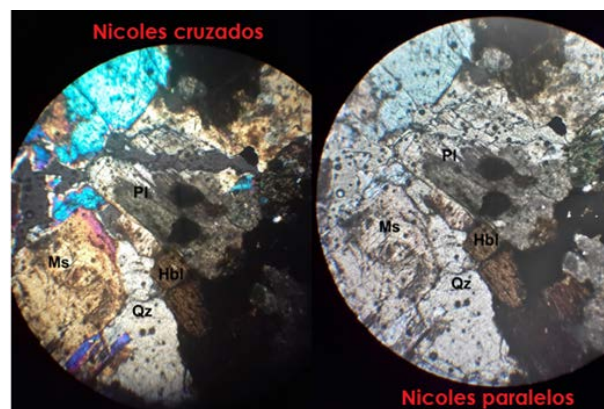


Figura 3. Muestra algunos minerales identificados en la sección delgada del Monzogranito. Pl: plagioclasa, Qz: cuarzo, Ms: moscovita, Hbl: hornblenda. Fuente: autores.

6. Caracterización de los movimientos en masas

Los movimientos en masa son el resultado de las condiciones naturales del terreno, tales como la geomorfología e hidrología, y las modificaciones de estas condiciones por procesos geodinámicas y actividades humanas. (GRACIANO, S. 2005). No obstante, la estabilidad en un talud está regida por una serie de factores geológicos, geométricos, hidrológicos, geotécnicos y mecánicos. La combinación de estos, determina las condiciones de rotura a lo largo de una superficie de falla, los cuales pueden generar un movimiento en masa, los cuales representan un desplazamiento del talud o ladera, en sentido descendente hacia la base o pie del mismo. Los factores geológicos, hidrogeológicos y geotécnicos se consideran factores condicionantes, y son intrínsecos a los materiales naturales. Los factores desencadenantes o «activos» provocan la rotura una vez que se cumplen una serie de condiciones. (GONZALEZ, L. et al., 2002) Así mismo, las masas rocosas en ambientes tropicales húmedos se caracterizan por la generación de profundos perfiles de meteorización, en algunos casos con horizontes superficiales enriquecidos en óxidos de hierro y aluminio conocidos como lateríticos. (ARISTIZABAL, E., et al 2011).

A continuación, se evalúan las características de los desprendimientos de laderas, donde gran parte de este material fue depositado en la Vereda de Puente Quemado, el movimiento en masa se presentó en el mes de octubre del 2016 debido a las fuertes lluvias producidas por el huracán Matthew, las cuales tuvieron un promedio de precipitaciones de 1960 mm y una temperatura de 23°C en el municipio de El Copey.

6.1. Primer y segundo movimiento en masa

Se encuentran laderas de pendiente alta, en las cuales se percibe un bajo contenido de vegetación y una alta bioturbación. En la figura 4, se puede observar la corona y las cárcavas que poseen una profundidad aproximada de 3,68 a 5,8 metros, presentes en los deslizamientos rotacionales, así como pequeños surcos.

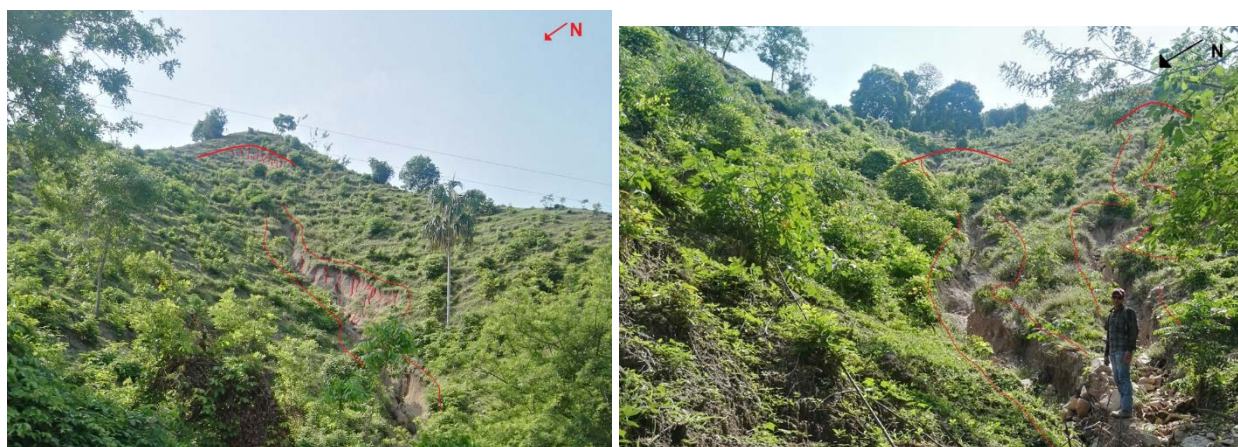


Figura 4. Representa el deslizamiento rotacional. Fuente: autores.

Las colinas están constituidas por rocas ígneas intrusivas de edad del jurásico inferior, pertenecientes al Batolito de Pueblo Bello y Patillal. Mediante la identificación del perfil

de meteorización, se determinan características similares para ambos deslizamientos la base constituye a un saprolito monzogranítico, que posee una textura fanerítica, distribución de los cristales equigranular mineralógicamente aún se percibe cuarzo, feldespato, plagioclasas, estos pueden ser desintegrados manualmente (IV). En su avanzado proceso de meteorización debido a las condiciones climáticas y topográficas hacia la parte superior está conformado por suelo que se clasifica granulométricamente como arenas bien graduadas, arenas con grava, pocos finos (V). En la parte posterior podemos encontrar un suelo de color marrón oscuro con materia orgánica húmeda y raíces plantas que se sostienen en esta capa (VI). (figura 5)

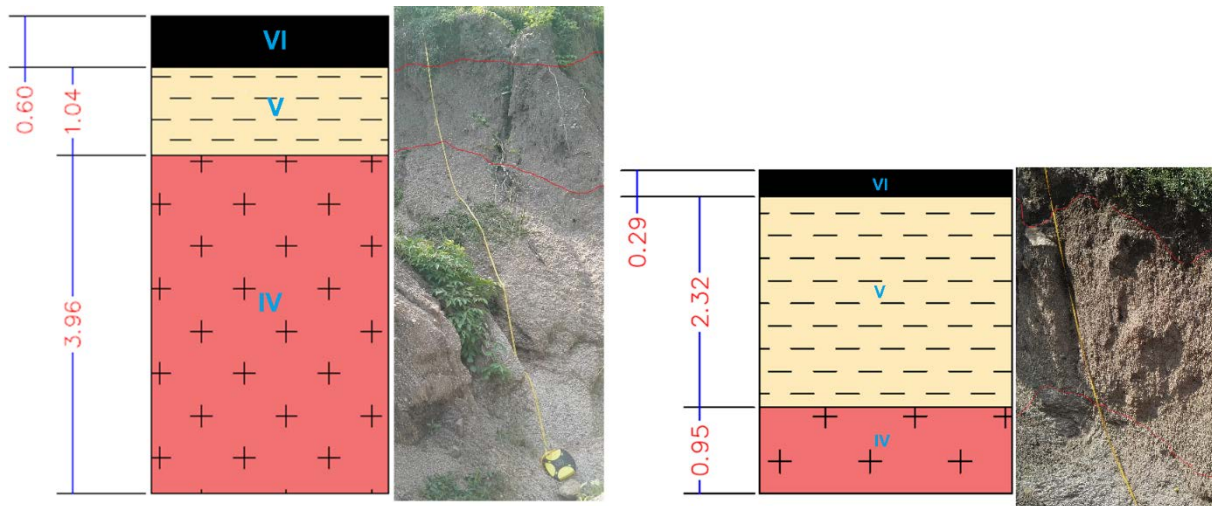


Figura 5. Representa el perfil de suelos del primer y segundo movimiento en masa presente en una ladera. Fuente: autores.

6.2. Tercer movimiento en masa

Se encuentra en la parte baja de la colina, posee escasa vegetación, una alta bioturbación y reptación. Además, se encuentran cárcavas de 3,52 metros de profundidad. (Figura 6)



Figura 6. Representa el deslizamiento rotacional. Fuente: autores

Mediante la identificación del perfil de meteorización podemos observar que hacia la base está constituido por un saprolito de composición monzogranítica, al que se le identifican los minerales principales formadores de roca (VI). En la parte superior debido al avanzado estado de descomposición se presenta como suelo conformado por arenas mal graduadas, arenas con grava, pocos finos (V). Posterior a este, se encuentra un suelo de color oscuro compuesto por materia orgánica húmeda (IV). Estas litologías hacen parte del Batolito de Pueblo Bello y Patillal. (Figura 7)

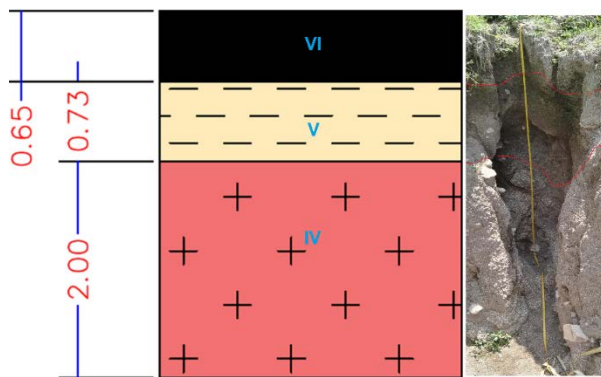


Figura 7. Representa el perfil de suelos del tercer movimiento en masa presente en una ladera. Fuente: autores.

6.3. Cuarto y quinto movimiento en masa

Se encuentran en la parte alta de la colina. En las laderas se percibe una baja vegetación, bioturbación y reptación. La figura 8, muestra las coronas y las formas de los movimientos en masas.



Figura 8. Representa el deslizamiento rotacional. Fuente: autores

El perfil de meteorización realizado en la ladera, nos muestra que la base está constituida por Monzogranito en estado de saprolitización (VI). La parte superior está constituida por suelo conformado por Gravas mal graduadas, mezclas grava-arena, pocos finos o sin finos (V). La parte superior constituye a un suelo residual con materia orgánica descompuesta (IV). Las litologías hacen parte del Batolito De Pueblo Bello Y Patillal. (Figura 9)



Figura 9. Representa el perfil de suelos del cuarto y quinto movimiento en masa presente en una ladera. Fuente: autores.

Los movimientos en masas descritos anteriormente, hacen parte del Batolito De Pueblo Bello y Patillal, litológicamente constituidos por monzogranitos. Estas laderas presentaron un deslizamiento rotacional, donde todo el material se depositó en la Vereda de Puente Quemao, causando pérdidas económicas.

7. Análisis de resultados

Mediante la identificación de los perfiles de meteorización en diferentes lugares del área, se perciben movimientos en masas, clasificados como deslizamientos rotacionales, estos están constituidos por las rocas ígneas intrusivas de edad del jurásico inferior, son pertenecientes al Batolito de Pueblo Bello y Patillal, en la facie de cuarzomonzonitas. Litológicamente se percibe en la base un saprolito monzogranítico, con una textura fanerítica, distribución de los cristales equigranular mineralógicamente aún se percibe cuarzo, feldespato y plagioclasas. En su avanzado proceso de meteorización debido a las condiciones climáticas y topográficas esta formación hacia la parte superior se puede identificar el regolito, el cual se compone por un suelo

conformado de gravas, arenas y en menor proporción limos. En la parte posterior, podemos encontrar un suelo de color marrón oscuro con materia orgánica húmeda y plantas que se sostienen en esta capa.

8. Evaluación de vulnerabilidad

La población presente en el corregimiento de San Francisco de Asís y la Vereda de Puente Quemado, en cuanto a los taludes que poseen inestabilidad representan un riesgo externo debido a que se pueden presentar desprendimientos en las laderas en las cuales se perciben deslizamientos rotacionales y representan un riesgo externo y un peligro para la población en temporadas de lluvias, ya que se puede desencadenar otros deslizamientos.

Lo anteriormente descrito, representa las amenazas por inestabilidad y deslizamientos en laderas, los cuales pueden generar pérdidas económicas y humanas, sino se establece una medida de mitigación y prevención a estos posibles eventos geológicos.

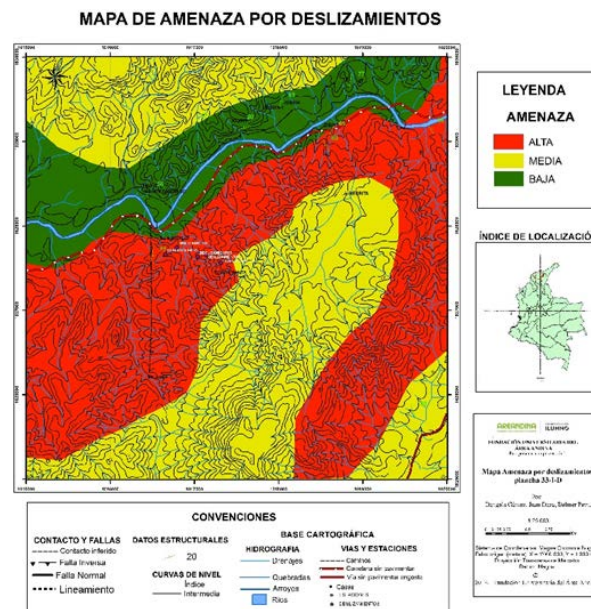


Figura 10. Mapa de amenazas por deslizamientos digitalizado en el software Arcgis. Fuente: Autores.

9. Medidas preventivas y de mitigación

En las laderas que poseen deslizamientos rotacionales, se sugiere implementar medidas de estabilización, mediante métodos de conformación topográfica para equilibrar fuerzas, métodos de recubrimiento de la superficie del talud, métodos de control de agua y presión de poros, métodos de estructuras de contención y métodos para mejorar la resistencia del suelo. (SUAREZ, J. 1998)

10. Conclusiones

Las rocas que conforman el área de estudio pertenecen al Batolito de Pueblo Bello y Patillal, mediante la clasificación de Streckeisen 1976, corresponde a monzogranito con textura fanerítica, el cual se puede encontrar masivo en algunos taludes y en estado de saprolito en las laderas.

El análisis mediante perfiles de meteorización de cada una de las laderas que presentan movimientos en masas, evidencia que el desprendimiento ostentado se debe a la mala utilización del suelo, a una alta bioturbación, reptación y meteorización, lo cual, ante la presencia de pendientes altas, escasas de vegetación y lluvias producidas en octubre del 2016 por el huracán Matthew.

El tipo de movimiento en masa, se clasifica como deslizamientos rotacionales, los cuales generaron flujos de golpes de arenas que se depositaron en la Vereda de Puente Quemado. Además, en los deslizamientos se perciben cárcavas de 3 a 5,8 metros de profundidad y surcos de 1,2 metros de profundidad aproximadamente.

Deben de tomarse medidas de prevención y mitigación para la problemática existente, se sugiere rediseñar los taludes que presentan inestabilidad, para las laderas con deslizamientos rotacionales implementar la construcción de surcos diseñados dependiendo para suelos conformados granulométricamente por arenas bien graduadas, arenas con grava, pocos finos y Gravas mal graduadas, mezclas grava-arena, se debe realizar la construcción de empalizadas con fajas de vegetación. Lo que se desea es efectuar una medida de mitigación que sea amigable con el medio ambiente y el entorno.

11. Bibliografía

- ARISTIZÁBAL, E., et al (2011). Caracterización Geotécnica De Perfiles De Meteorización Desarrollados Sobre Rocas Ígneas En Ambientes Tropicales. Unal. Medellín.
- COLMENARES, F. et al. (2007). 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. Ingeominas. Colombia.
- HERNÁNDEZ, M. (2003). Geología de las planchas 11 Santa Marta y 18 Ciénaga, escala 1:100.000. Memoria explicativa. Ingeominas, Bogotá. 92 p.
- INGEOMINAS; (2007). Geología de la plancha 33 EL Copey. Escala 1:100.000
- MACDONALD, W. and OPDYKE, N. (1984). Preliminary paleomagnetic results from Jurassic rocks of the Santa Marta Massif, Colombia. Geological Society of America Memoir 162: 295 - 298.
- GRACIANO, S. (2005). ESTIMACIÓN DE UMBRALES DE LLUVIA DETONANTE DE DESLIZAMIENTOS EN LAS MICROCUENCAS DE LOS CORREGIMIENTOS DE VILLA RESTREPO Y JUNTAS DE LA CUENCA COMBEIMA IBAGUÉ – TOLIMA. Universidad del Tolima. Ibagué.

- GONZALEZ, L. et al., (2002). "Ingeniería Geológica". Editorial Pearson. Madrid.
- SUAREZ, J. (1998). Deslizamientos y estabilidad de taludes en zonas tropicales. UIS. Bucaramanga.
- TSCHANZ, et al., (1969). Geology of the Sierra Nevada de Santa Marta Área (Colombia). Informe 1829. Ingeominas. Bogotá.

Sobre los autores

- **Danyela Rocio Gámez Estrada**, Ingeniería Geológica, Fundación Universitaria Del Área Andina. Semillero de investigación GADES dgamez3@estudiantes.areandina.edu.co dangelag_@hotmail.com
- **Belmer Adrián Pertuz Méndez**, Ingeniería Geológica, Fundación Universitaria del Área Andina. Semillero de investigación GADES bpertuz@estudiantes.areandina.edu.co
- **Juan Fernando Daza Carrascal**, Ingeniería Geológica, Fundación Universitaria del Área Andina. Semillero de investigación GADES jdaza3@estudiantes.areandina.edu.co
- **Luis Carlos Tapia Vela**, Geólogo, Especialista En Gestión Ambiental, Fundación Universitaria del Área Andina. Semillero de investigación GADES Ltapia2@areandina.edu.co
- **Elías Ernesto Rojas Martínez**, Geólogo, Especialista En Minería A Cielo Abierto, Fundación Universitaria del Área Andina erojas@areandina.edu.co

Los puntos de vista expresados en este artículo no reflejan necesariamente la opinión de la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería.

Copyright © 2017 Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI)