



COMITÉ DE INVESTIGACIÓN FACULTAD ING. CIVIL.

ACTA N° 18

LUGAR: Sala de profesores de ingeniería *Eccelino Farias*

FECHA:

DD	MM	AA
18	12	2018

HORA DE INICIO: 11:00am.

HORA DE FINALIZACIÓN: 12:00pm.

ASISTENTES:

Docente Investigador. Rafael Pérez Martí
Docente Investigador. Livaniel Viveros
Docente Investigador. Maria Victoria Mejía
Docente Investigador. Carlos Eduardo Torres

AGENDA

Recepción de productos proyecto Fodein 2018 a cargo del ingeniero Livaniel Viveros

DESARROLLO DE LA REUNIÓN

1. Revisión de los productos derivados del proyecto de investigación a cargo del ingeniero Viveros
2. Dentro de los productos revisados se encuentran los siguientes
 - 2.1. Artículo Q3 titulado "FACTORES GEOLÓGICOS E INGENIERILES ASOCIADOS AL DESLIZAMIENTO DE TIERRA EN LA VEREDA EL TOBO. TIMANÁ (HUILA – COLOMBIA)"
 - 2.2. Working paper titulado "REVIEW SENSORS SYSTEMS FOR THE MONITORING OF LANDSLIDES SISTEMAS DE SENSORES PARA EL MONITOREO DE DESLIZAMIENTOS DE TIERRA"
 - 2.3. Soportes trabajo de grado de pregrado de las estudiantes Luisa Ramirez y Andrea Piamonte
 - 2.4. Producción audiovisual en formato video.
3. Se revisan los productos y se certifica su calidad, pertinencia y cumplimiento de los requisitos planteados en acta de inicio.

La presente acta será firmada durante la siguiente reunión de comité de investigación. Se da por terminada la reunión y en constancia se firma el acta correspondiente.

Rafael Pérez Martí
Docente Líder de Investigación

Carlos Torres Romero
Coordinador de Investigación Grupo GIFIC

Maria Victoria Mejía
Docente investigador

Livaniel Viveros
Docente investigador

FACTORES GEOLÓGICOS E INGENIERILES ASOCIADOS AL DESLIZAMIENTO DE TIERRA EN LA VEREDA EL TOBO. TIMANÁ (HUILA – COLOMBIA)

Livaniel Viveros ^{a,1}, María Victoria Mejía ^a, Sergio González ^a, Mónica Yasmín Rueda ^a

^a *Universidad Santo Tomás, Bogotá D.C., Colombia.*

RESUMEN

En Mayo del año 2009, en la vereda El Tobo del municipio de Timaná (Huila – Colombia), se presentó un evento que generó una alerta por el represamiento del río debido a un movimiento en masa de gran magnitud. Con el objeto de comprender de una manera científica los aspectos geológicos e ingenieriles que intervienen en la formación, evolución y control de este tipo de fenómenos y su nivel de amenaza; se desarrolló éste estudio relacionando el fenómeno del caso en estudio con las características y comportamiento mecánico de los materiales presentes, la naturaleza química y mineralógica de los mismos, además del marco geológico estructural – tectónico, la hidrogeología y el comportamiento climático de la zona. Geológicamente, los movimientos en masa de Timaná, asociados a unidades cretácicas plegadas y fracturadas por un sistema complejo de fallas regionales, al parecer, presenta una condición litológica que junto con las altas precipitaciones invernales, se constituyen en un detonante importante y oculto, que no ha sido mencionado en los diferentes estudios realizados hasta el momento. Dicha condición litológica está relacionada con la evolución de procesos de disolución kárstica, de las rocas calcáreas que constituyen las principales unidades geológicas de la zona, y estarían formando cavernas subterráneas, y desplomes internos, en las calizas identificadas sobre la corona del deslizamiento de la Vereda del Tobo.

Palabras clave: Deslizamiento, Karstificación, Calizas, Dolinas.

INTRODUCCIÓN

Los deslizamientos en laderas se consideran como el tercer riesgo natural que causa el mayor número de pérdidas humanas, después de los sismos y las inundaciones (Ayala, 2002). Las comunidades que se encuentran en zonas de riesgo por amenazas de tipo geológico – geotécnico e hidroclimatológico, comúnmente no conocen los factores que condicionan y desencadenan los eventos o movimientos tipo deslizamiento en cualquiera de sus modalidades. Estos factores se dividen en condicionantes y en desencadenantes, los primeros son inherentes a la condición del medio físico, y entre ellos se encuentran: El relieve, las características litológicas y sedimentológicas, geología estructural, características hidrogeológicas, vegetación, la geomorfología y el clima. Los factores desencadenantes, son los eventos o elementos que causan el deslizamiento y son externos a las condiciones propias del sitio. Entre ellos se

consideran: La actividad sísmica, el vulcanismo, las precipitaciones y la actividad antrópica. En Mayo del año 2009, en la vereda El Tobo del municipio de Timaná (Huila – Colombia), se presentó un evento que generó una alerta por el represamiento del río debido a un movimiento en masa de gran magnitud. Las conclusiones de los primeros reportes técnicos al respecto indicaron que el factor detonante o desencadenante del evento ocasionado el 20 de abril de 2009 fue el aumento en la precipitación con respecto a la media mensual multianual en los meses de enero, febrero y marzo de 2009 (Mora & Medina, 2009). La Figura 1 presenta la localización del Municipio de Timaná (Huila – Colombia)

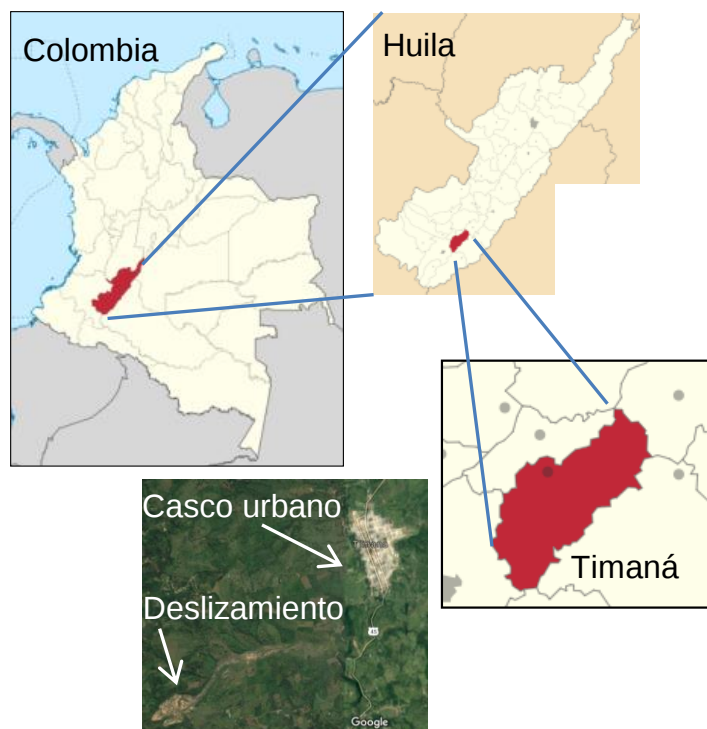


Figura 1. Localización del área de estudio

Con el objeto de comprender de una manera científica los aspectos geológicos e ingenieriles que intervienen en la formación, evolución y control de este tipo de fenómenos y su nivel de amenaza; se desarrolló éste estudio relacionando el fenómeno del caso en estudio con las características y comportamiento mecánico de los materiales presentes, la naturaleza química y mineralógica de los mismos, además del marco geológico estructural – tectónico – sísmico del área de estudio, la hidrogeología y el comportamiento climático de la zona. Las herramientas metodológicas comprenden el análisis de información secundaria de tipo cartográfico y geológico, el reconocimiento del fenómeno a través de trabajo de campo en campo del fenómeno y el análisis multitemporal de imágenes mediante la fotointerpretación.

1. ANTECEDENTES HISTÓRICOS

El Huila es una zona con grandes fuentes de recurso hídrico, desde la época de la colonia la región fue importante debido a que los pobladores nativos y los españoles usaban éste territorio como corredor en la movilización desde y hacia la zona sur del continente. Con el objeto de hacer uso del medio de transporte fluvial para dirigirse al océano Atlántico y hacia las poblaciones del virreinato de la Nueva Granada, fue paso obligado de las caravanas que se trasladaban desde el virreinato del Perú hacía la zona de la cuenca

Alta del río Magdalena. Ésta localización estratégica, contribuyó a que su riqueza hídrica fuera reconocida y el territorio fuera valorado por los científicos de la época, entre ellos biólogos, geógrafos y geólogos; quienes narran de manera espontánea la ocurrencia de fenómenos de remoción en masa y hundimientos cuyos orígenes no fueron estudiados en detenimiento por los viajeros que por aquellas épocas deambulaban. Los biólogos se maravillaron y describieron la flora y fauna que encontraban a su paso. En algunos relatos exponen la existencia de laberintos secretos, cuevas y oquedades intercomunicadas. Actualmente, los campesinos de la región por su conocimiento en relatos de la tradición oral, describen que esos pasadizos secretos fueron construidos por los antiguos pobladores de la zona, para resguardarse de la persecución y el sometimiento por parte de los conquistadores. En 1953, Jesús Emilio Ramírez, S.J. miembro de la comunidad de la Compañía de Jesús, master en geofísica y PhD en la misma área de estudio, describe que las cuevas y los secretos laberintos a los que se refieren los pobladores se deben a la acción química y mecánica de las aguas. (Ramírez, 1953). Los actuales pobladores mencionan fenómenos de hundimientos de las masas de tierra, describen ruidos extraños bajo la superficie, con sonidos similares a torrentes y flujos de agua; otros pobladores se refieren a la desaparición repentina de cuerpos de agua cuyo uso es generalmente piscícola.

2. MARCO GEOLÓGICO

La geología del Departamento del Huila, ha sido estudiada desde mediados del siglo pasado, los principales documentos de diferentes autores, son los publicados por el Servicio Geológico Colombiano, así como los estudios realizados por investigadores, docentes y estudiantes de las diferentes facultades de geología del país. Estos son las principales fuentes de información secundarias. Regionalmente, en el departamento del Huila se presentan unidades geológicas con una compleja historia y evolución que se inicia desde finales del Paleozoico, hasta el presente. Sin embargo, específicamente, las unidades que afloran en el sitio de interés, tienen una historia geológica desde mediados de la era Mesozoica y durante la era Cenozoica, con unidades marinas de edad Cretácica, unidades transicionales y continental, pertenecientes al Paleógeno (Terciario), y unidades Cuaternarias formadas por la acumulación de sedimentos producto de la intensa erosión de las rocas preexistentes, y a los efectos del volcanismo local y regional.

Desde el Eoceno comienza el levantamiento cíclico de la Cordillera Central, cuyos pulsos se registran con los depósitos molásicos de la Formación Gualanday, constituida por espesos depósitos conglomeráticos, actualmente consolidados y tectonizados, representan los pulsos del mayor levantamiento de la Cordillera Central y acumulación sintectónica, y su intercalaciones con unidades más finas, son el reflejo de períodos de relativa calma tectónica. De acuerdo con los estudios realizados por el Servicio Geológico Colombiano, como los de (Velandia *et al.*, 2001) .

A finales del Mioceno, la denudación de rocas tobáceas, tales como la Formación Saldaña, y el comienzo del levantamiento del Macizo de Garzón, dan origen al Grupo Honda (Ngh) y posteriormente a finales del Mioceno y Plioceno, se registra un sensible incremento de actividad volcánica, que genera los depósitos de la denominada Formación Gigante (Nggi), dentro de una cuenca limitada por la Cordillera Central y una joven Cordillera Oriental. Terminando el Plioceno y a comienzos del Pleistoceno, la actividad volcánica explosiva en la Cordillera Central se incrementó y se generaron flujos ignimbríticos y lahares con flujos de lodo originados por fusión de los glaciales, correspondientes a Terrazas altas y medias incluyendo las terrazas pumíticas (Qt), Abanicos Antiguos y recientes (Qab) de origen fluvio volcánico. Por último del Pleistoceno, son los depósitos aluviales recientes y terrazas bajas, del río Magdalena y sus afluentes. (Bayona *et al.*, 1994).

Específicamente en la zona de influencia del área de estudio, se identificaron las unidades geológicas, de las cuales se detallan sus principales características en el Anexo 1, y en Figura 2., se puede ver representada cartográficamente, cada una de estas unidades, en el fragmento tomado del mapa geológico elaborado por el Servicio Geológico Colombiano (antes Ingeominas) y la firma Geoestudios Ltda. Para mayor claridad se enumeran las unidades, de más antigua a reciente, con su nombre y código de referencia Nacional:

1. Formación Saldaña (TJsal):
2. Formación Caballos (K1K2cb):
3. Formaciones Hondita y Loma Gorda (K2hdlg):
4. Formaciones Oliní y La Tabla (K2olta):
5. Formación Seca (K2E1sc):
6. Depósitos coluviales (Qc) y Aluviales recientes (Qal).

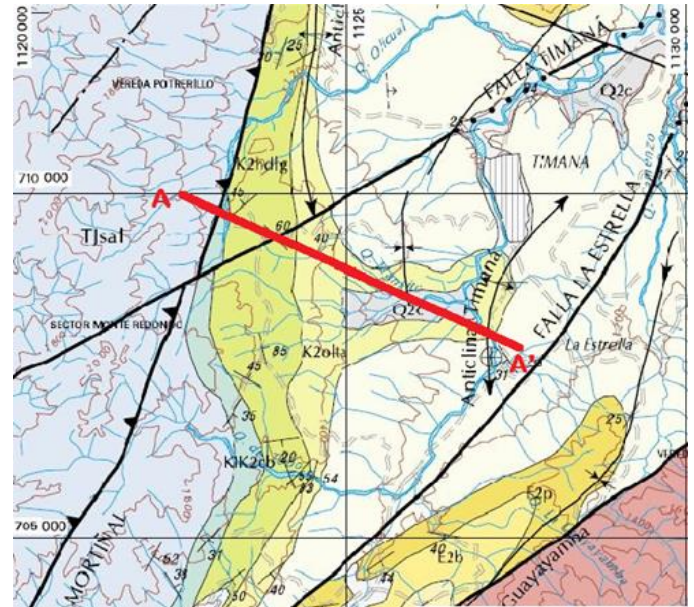


Figura 2. Unidades litológicas. Plancha 389. Timaná (Modificada de INGEOMINAS, 1998).

3. RELACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DE LAS UNIDADES GEOLÓGICAS LOCALES CON EL DESLIZAMIENTO

La relación de las características intrínsecas de las unidades geológicas identificadas, tales como el tipo de litología, la composición mineralógica y el comportamiento mecánico de los estratos, así como la forma y distribución de los estratos mismos, son la condición natural asociada directamente con la identificación de la forma y origen del movimiento en masa.

En la zona de estudio, la litología de la zona deslizada es predominantemente calcárea, es el caso de la Formación Loma Gorda, identificada en el sector de la corona actual del movimiento en masa, de acuerdo con lo descrito en detalle por (Patarroyo, 2011), dicha unidad presenta dos segmentos diferenciables, uno inferior que está constituido por micritas, biomicritas y lodolitas calcáreas, de color negro y gris. Con alguna ocurrencia de capas silicificadas ("cherts") que corresponden realmente a micritas y biomicritas antes de la diagénesis. El segmento superior en mayor proporción está representado por lodolitas físlas y ocasionalmente por micritas y cuarzo arenitas bioperturbadas. También las rocas de la parte alta de la Formación Hondita, presentes en la vía que de la vereda el Tobo, conduce a la Vereda San Marcos, muestran intercalaciones con rocas calcáreas (biomicritas y bioesparitas). En esta unidad predominan las lodolitas físlas negras, y limolitas, grises, con laminación plana paralela, en capas de 0,3 a 1m de espesor. Patarroyo

(2011). Estas unidades son de origen marino razón por la cual su composición es predominantemente de tipo calcáreo y aumentan sus espesores en profundidad.

Un aspecto importante identificado en los afloramientos, es el registro de un alto grado de meteorización química y física de los estratos de roca en la zona que conforma las paredes del deslizamiento. Teniendo en cuenta que las arcillolitas, lutitas y lodolitas grises, y en especial de aquellas rocas calcáreas y con intercalaciones de calizas micríticas, las cuales son altamente alterables frente a los efectos del intemperismo y las precipitaciones invernales.

Es importante también mencionar, cómo en los alrededores de la zona de estudio se presenta una importante cobertura vegetal, tanto de rastrojo como de sembrados de café y otros cultivos, que mitigan en gran medida los efectos de la meteorización y sobre todo de la erosión. Dada esta condición, no fue posible, durante los recorridos de campo, encontrar buenos y amplios afloramientos de rocas de las citadas unidades, sin embargo, en las Figuras 3 y 4 se presentan algunos de los afloramientos registrados en campo.



Figura 3. Estratos de calizas intercalados con delgadas capas de lodolitas y limolitas calcáreas.



Figura 4. Unidades con presencia de niveles calcáreos micríticos, intercalados con arcillolitas muy alteradas

4. IDENTIFICACIÓN DE UNIDADES GEOLÓGICAS LOCALES Y SU RELACIÓN CON EL DESLIZAMIENTO

La preparación del trabajo estuvo apoyada con una fase previa de fotointerpretación geológica del área de estudio. Con base en las fotografías aéreas del Instituto Geográfico Agustín Codazzi, y algunas particulares, se realizó la identificación y caracterización de las unidades geológicas: Formaciones Hondita y Loma Gorda, Formaciones Oliní y La Tabla. Se realizó un análisis multitemporal de las principales estructuras geológicas que afectan la zona, tales como: la falla de Mortiñal y la falla Timaná. En la figura 5 se muestra sobre una fotografía aérea la identificación de falla inversa de dirección NE-SW, y convergencia al noroccidente de la zona. Se trata de una falla inversa producto de una tectónica compresiva asociada a la orogenia Andina, que plegó las arcillolitas, lodolitas por su condición plástica y fracturó las rocas calizas por su condición rúptil.

En la Figura 6 se presenta un bloque diagrama que define mediante un modelo conceptual general la condición tectónica y geológica de la zona de estudio, relacionando los hallazgos en campo, con la fotointerpretación geológica previa y posterior a la salida técnica.

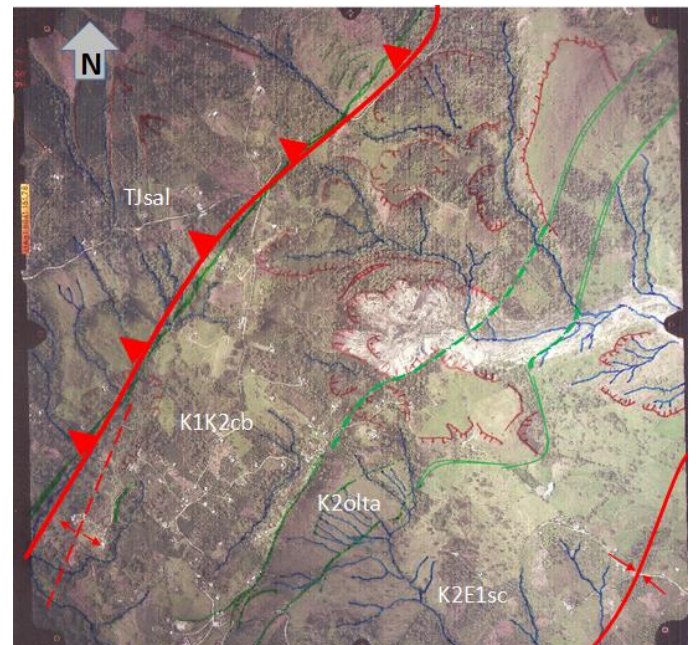


Figura 5. Fotointerpretación de las principales unidades geológicas presentes en el área de estudio.

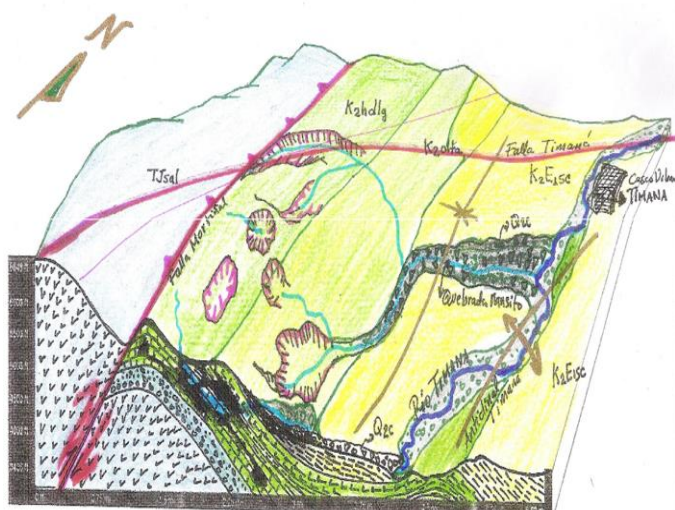


Figura 6. Bloque diagrama (Interpretación Geológica y unidades geológicas) en el área de interés.

5. RELACIÓN DE LA TECTÓNICA REGIONAL CON EL COMPORTAMIENTO LOCAL DE LAS UNIDADES DE ROCA

Los múltiples procesos tectónicos regionales han dado lugar a un intenso fracturamiento de las rocas, y a la aparición de fallas y pliegues regionales que se manifiestan en dos sistemas mayores, uno de dirección predominante al NE que es el más notorio y otro hacia el NW. El sistema de fallas NE ha moldeado el área longitudinalmente en la misma dirección, y conforma cuatro grandes bloques geomorfológicos y tectónicos: Cordillera Central, Piedemonte de la Cordillera Central, valle del río Magdalena y Cordillera Oriental-Macizo Colombiano, tal como lo indican los estudios de (Mojica, J.; Franco, R. 1990). Razón por la cual, la zona presenta un gran interés tectónico. Las principales estructuras geológicas del área son: Anticlinal de Timaná, Sinclinal de Tarqui, Falla Timaná, Falla Mortiñal y Falla La Estrella. En las últimas décadas ésta tectónica, al parecer aún activa ha venido condicionando la aparición de múltiples fenómenos de remoción en masa, que afectan a las poblaciones y generando una serie de amenazas aún insuficientemente estudiadas desde la dimensión ambiental y social del territorio. Como se ilustra en la Figura 7, los esfuerzos tectónicos de mayor componente horizontal y de dirección regional SEE-NWW, inicialmente generan importantes plegamientos de gran escala hasta formar estructuras locales como los anticlinales y sinclinales ya citados. Posteriormente con el aumento de la intensidad y la persistencia en tiempo de estos esfuerzos tectónico-regionales, las rocas, especialmente, los macizos rocosos más



Figura 7. Bloque diagrama que muestra los esfuerzos tectónicos que generan sinclinales y anticlinales en la zona.

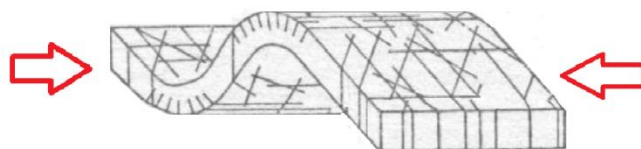


Figura 8. Bloque diagrama que representa los esfuerzos tectónicos para la formación de discontinuidades del macizo rocoso (diaclasas y fallas).

6. RELACIÓN DE LA LITOLOGÍA Y SUS PROCESOS DE METEORIZACIÓN CON EL DESLIZAMIENTO.

La identificación y caracterización litoestratigráfica de las unidades geológicas, presentes en la zona de la corona y del cuerpo principal del deslizamiento en estudio, permitió determinar que las Formaciones Hondita y Loma Gorda, todas tienen importantes estratos de calizas, interestratificadas con arcillolitas y lodolitas calcáreas. En la Memoria Geológica de la Plancha 389 de Timaná, elaborada por Ingeominas y Geoestudios, 2000, se integraron estas dos unidades por semejanza litológicas y porque ambas se formaron en ambiente marino por debajo de la zona de acción de las olas es decir en zona de costa afuera, plataforma media, durante el periodo cretácico y a ambas se les asigna un espesor aproximado de 250 metros.

Es así como la litología de la Formación Loma Gorda es de edad Coniaciano, de base a tope, presenta en el primer segmento calizas de tipo micritas, biomicritas y lodolitas calcáreas, de color negro y gris. Hacia el tope la unidad está caracterizada por la ocurrencia de capas silicificadas, que corresponden realmente a micritas y biomicritas antes de la diagénesis. El segmento superior en mayor proporción está representado por lodolitas fíles y ocasionalmente por micritas y cuarzoarenitas bioperturbadas, en las que es común encontrar glauconita, según Patarroyo (2011).

De manera similar la Formación Hondita, de edad el Albiano medio a Coniaciano, está constituida por lodolitas fíles negras, y calizas de tipo biomicritas y bioesparitas grises, Intercalaciones de lodolitas arenosas y limolitas, grises, con laminación plana paralela, en capas de 0,3 a 1m de espesor, Patarroyo (2011).

Todos estos estratos de calizas con espesores variables que en su conjunto tienen un espesor total de cerca de 250 metros, sufren importantes procesos de disolución carbonatada interna por acción directa del agua lluvia que se infiltra por las fracturas y zonas cada vez más amplias o carbonatadas formando morfologías denominadas comúnmente “espeleotemas”.

Esta carbonatación de las rocas es una reacción química, asociada al ácido carbónico y otros ácidos que se presenta dentro de las aguas lluvias (lluvias ácidas), en las aguas del suelo por percolación de las lluvias (ácidos húmicos) y finalmente por lixiviación e infiltración constituye el agua subterránea que se transmite por los poros o fracturas de las rocas y que dependiendo del tipo de minerales que constituyen esas rocas pueden sufrir disolución de ciertos minerales, en especial se trata de minerales del grupo de los carbonatos. Es decir, si se trata de calizas o mármoles, las cuales se dejan afectar intensamente por el proceso llamado de manera general meteorización química o específicamente “karstificación o carstificación” Este término se deriva de la región de Karst, situada entre Italia y Eslovenia, lugar donde por primera vez se estudió, este tipo de fenómenos químicos, en rocas calcáreas.

Desde el punto de vista geomorfológico, la Karstificación está asociada con relieves abruptos, con abundantes grietas, surcos y depresiones cerradas y dolinas, conectadas con cavidades subterráneas y drenajes controlados por diaclasas y fracturas típicas de las calizas, así como drenajes disectados o perdidos, que se transforman abruptamente de corrientes superficiales en ríos subterráneos mediante estas grietas o dolinas.

De manera general, se sabe que las calizas son rocas compuestas predominantemente por minerales, tales como la calcita y la dolomita. Estos minerales se disuelven “in situ”, por efecto de las aguas acidificadas. Pero de donde provienen estas aguas ácidas. De acuerdo con Fernández (1995) el dióxido de carbono presente en el aire en un 0.3% se disuelve en las aguas lluvias y en zonas de bajas temperaturas, estas aguas lluvias aumentan su capacidad de retener este gas carbónico, por tanto son más ácidas. Así mismo, el CO₂ proviene de la materia orgánica en descomposición, y el agua lluvia lo recibe del suelo, en proporción del orden del 10%, acidificándose, cada vez más, también por efectos del aumento de la presión en profundidad.

Las Figuras 9 y 10 ilustran la precipitación e infiltración de agua a través de la roca caliza fracturada, lo cual genera la disolución del material calcáreo por efecto del agua acidificada.

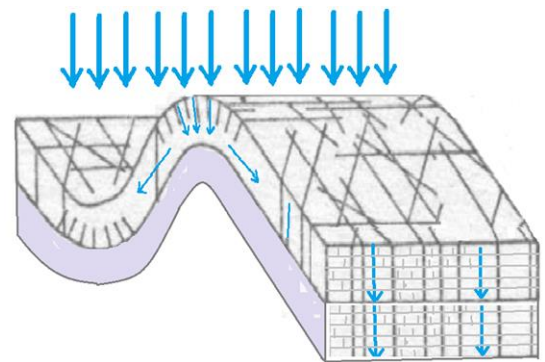


Figura 9. Bloque diagrama que representa la infiltración de agua por las discontinuidades a través del material calcáreo.

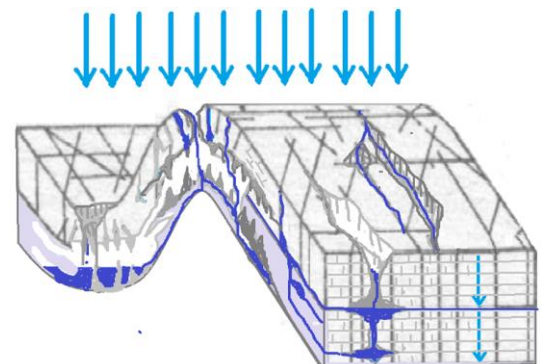


Figura 10. Bloque diagrama que ilustra la formación de karst en las calizas propagándose preferentemente por las discontinuidades.



Figura 11. Discontinuidades y oquedades formadas en bloques de calizas que afloran en el sitio de estudio.

7. ASPECTOS GEOTECNICOS E INGENIERILES

Según Smith (1992), un deslizamiento de ladera es considerado un fenómeno natural de tipo geológico/hidrológico y se puede enmarcar en la categoría de peligro natural cuando genera un conflicto con la población. La amenaza se presenta cuando existe la probabilidad de que el evento cause daño a la comunidad. El peligro también se vincula con el período de retorno del fenómeno y en el caso de los deslizamientos de laderas, éste período de retorno está relacionado con el período de retorno de los factores desencadenantes y no de los condicionantes.

8. TIPOS DE MOVIMIENTOS PRESENTES EN EL DESLIZAMIENTO DE EL TOBO

El movimiento que se presenta en la vereda El Tobo, es de tipo variable. Incluye hundimientos, deslizamientos de tipo rotacional, retrogresivo y traslacionales de diferente índole. Los deslizamientos de tipo rotacional se presentan en la zona adjunta a la corona del deslizamiento y están asociados a los materiales más superficiales presentes en el área, entre ellos las arcillolitas y las lodolitas que presentan altos contenidos de agua y se encuentran en permanente saturación por efecto de los flujos superficiales y subsuperficiales asociados a la microcuenca.

Durante la formación de Karst, la existencia de oquedades genera redistribución de esfuerzos compresivos, de tensión y cortantes. Los esfuerzos asociados al peso propio de las masas de materiales o al esfuerzo confinante (litoestático o hidrostático), generan desplomes o hundimientos que en ocasiones son imperceptibles en superficie. La Figura 12 ilustra la redistribución de esfuerzos y la generación de los desplomes. El fenómeno más reconocido en la literatura

para este tipo de hundimientos es la caída de bloques, caída de paredes y el colapso de techos.

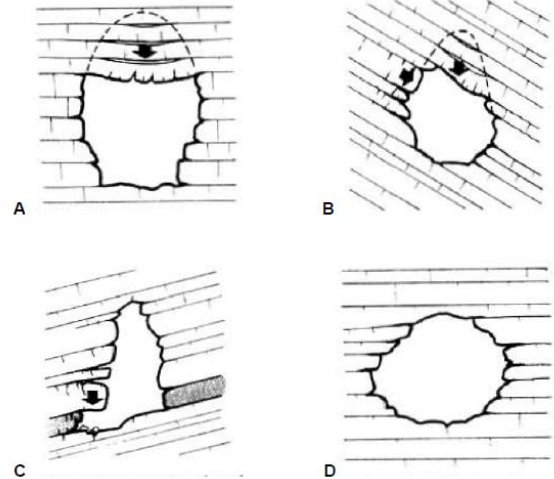


Figura 12. Tipo de movimientos en zonas kársticas. (Pinillos, 2015)

En los movimientos rotacionales múltiples que se observaron en zona de la corona del deslizamiento, se presentan varias unidades de deslizamiento que se encuentran intersectadas en el cuello que se forma hacia los 500m debajo de la corona del deslizamiento. Estas fallas rotacionales se pueden reconocer como fallas múltiples de base, de pie y de pendiente; lo que hace que se desarrollen movimientos retrogresivos. Los deslizamientos retrogresivos están causando que el área de afectación en la zona de la corona se amplíe hacia el sector suroccidental de la vereda El Tobo. La Figura 13 muestra el tipo de movimiento rotacional múltiple, que desencadena el deslizamiento retrogresivo que está avanzando de manera longitudinal más que lateral.

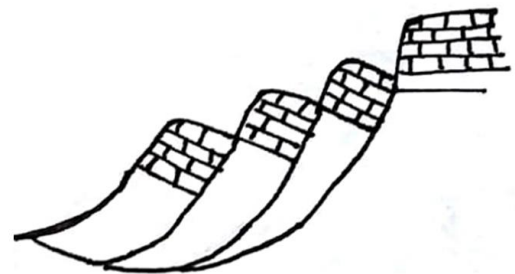


Figura 13. Diagrama de deslizamiento rotacional múltiple. (Modificado de Ramírez et al., 2018)

Se infiere que los materiales que se mueven hacia la base han sido erodados por el agua de escorrentía y transportados hacia niveles subterráneos o hacia el sector del río Timaná que recibe las aguas mezcladas con materiales finos. La Figura 14, ilustra las diferentes

zonas del deslizamiento. En la zona central que se localiza a una distancia aproximada media de 1500m a partir de la corona principal, se presenta un movimiento del tipo resbalamiento, el cual pertenece a la categoría de los deslizamientos traslacionales. El termino resbalamiento se debe a que los materiales tipo suelo y roca se mueven como una sola masa compacta. Por último en la zona más baja del deslizamiento, durante el evento de 2009 se debió presentar un movimiento tipo flujo, en donde el material saturado por acción del agua generó el taponamiento parcial del cauce del río. En la actualidad la zona se encuentra lavada, erodada y socavada por la misma acción del agua de escorrentía y la que aflora del subsuelo en las zonas un poco más altas del deslizamiento.



Figura 14. Delimitación de zonas en el caso de estudio.

9. GEOMORFOLOGÍA

Durante el trabajo de campo y la fotointerpretación se logró reconocer en el área de estudio, paisajes conformados por redes de antiguos drenajes demarcados por la vegetación y que corresponderían a antiguos alineamientos de flujos que debieron escurrir por superficie, antes de convertirse en drenajes subsuperficiales mediante conductos subterráneos. En la fotointerpretación se encontró evidencia de dolinas, formando depresiones muy marcadas en la superficie del terreno y que en el análisis multitemporal también aparecen en las fotografías aéreas correspondientes al año 1963.

10. FACTORES HIDROGEOLÓGICOS

La posibilidad de que el agua juegue un papel importante en la degradación y disolución en los eventos kársticos depende de la cantidad y la química del agua que logre infiltrarse en profundidad. Las evidencias de hundimientos y aparición de movimientos en superficie

(tipo dolinas) es causado por los flujos subsuperficiales, elevados gradientes hidráulicos, y cambios drásticos en los niveles de agua libre (nivel freático). Este factor está íntimamente asociado con la hidrología de la zona, en donde las fuertes precipitaciones con alta duración y frecuencia se convierten en el factor detonante por la alta capacidad de infiltración de los materiales. Las arcillolitas y lodolitas presentan altos valores de conductividad hidráulica, que pueden oscilar entre $10E-5$ hasta $10E-7$ m/s debido al alto grado de diaclasamiento. Lo que permite que la infiltración y degradación de las rocas más expuestas en superficie se agrese

11. FACTOR ANTRÓPICO

Dentro de los factores antrópicos que se reconoce que contribuyen en menor medida al fenómeno está el uso del suelo. Las actividades agrícolas tendientes al uso extensivo del territorio para el cultivo de café provocaron la deforestación y pérdida de la cobertura vegetal; y consecuentemente el cambio en la dinámica de los drenajes naturales, facilitando la infiltración del agua de escorrentía superficial hacia los estratos propensos a disolución.

CONCLUSIONES

En el caso del deslizamiento en el sector del Tobo, el fenómeno natural es de tipo geológico, involucrando factores condicionantes como la litología y la geología estructural; el principal factor geológico del fenómeno de remoción en masa está asociado al elemento condicionante, que es la litología de la región a través de los fenómenos kársticos.

El evento también es un fenómeno natural de tipo hidrológico involucrando el factor desencadenante que es el flujo de agua asociado a períodos con fuertes precipitaciones. El factor desencadenante es la saturación de los materiales y el flujo de agua subterránea, que someten a las masas de suelo y rocas a cambios en el estado de esfuerzos, propiciando los deslizamientos y hundimientos presentes en el área de estudio.

La génesis del fenómeno es de tipo geológico/hidrológico, con origen natural en su mayor proporción y con un componente mínimo de aporte de tipo antrópico. El aporte antrópico está asociado al uso del suelo, que trajo consigo la deforestación y el cambio

de dinámica en el drenaje superficial y subsuperficial. De producirse nuevos eventos probablemente sean poco previsibles, de corta duración y de efectos inmediatos. El nivel de actividad del movimiento es bajo y tiene un área de acción muy localizada

Mediante el uso de la Geofísica como método indirecto de exploración del subsuelo, se orientará la siguiente etapa del proyecto hacia la búsqueda de EVIDENCIAS sobre la existencia de oquedades formadas por el fenómeno Karstico en el subsuelo de la zona de estudio, específicamente bajo las áreas de drenajes naturales en donde se encuentran las formaciones de calizas. Estas oquedades contenedoras de agua, podrían ser en el futuro, fuentes invaluable del recurso hídrico para la población de la zona.

REFERENCIAS

Aneas, S. 2000. Riesgos y peligros: una visión desde la Geografía. Universidad de Barcelona, noviembre, No. 60. ISSN:1138-9788.

Ayala-Carcedo, F. J. 2002. El sofisma de la imprevisibilidad de las inundaciones y la responsabilidad social de los expertos. Un análisis del caso español y sus alternativas. Boletín de la A.G.E., No. 33, pp. 79-92.

Dikau, R., Brunsden, D., Schrott L., & Ibsen, M. (1996), *Landslide recognition, identification, movement and causes*, John Wiley & Sons, Chichester, U.K.

Fernández, E. 1995. *Introducción a la geología Kárstica*. Federación española de espeleología. Badalona. España.

Mora, M. & Medina, E. 2009. *Informe Visita Técnica de Emergencia*. Servicio Geológico Colombiano (Antes, Instituto colombiano de Geología y Minería INGEOMINAS).

Pinillos, L. 2015. *Túneles en macizos calcareous karstificados*. Tesis Doctoral. Departamento de Ingeniería del terreno. E.T.S.I. Caminos, canales y puertos. Universidad Politécnica de Madrid.

Ramirez, L., Piamonte, A., Viveros, L. 2018. *Sistemas de sensors para el monitoreo de deslizamientos de tierra*.

Ramirez, J. E. 1954. *Excursión a la cueva de los Guacharos*. Corregimiento de Palestina. Municipio de Pitalito, departamento del Huila, junio 19 de 1953. Boletín Sociedad Geográfica de Colombia. Número 1. Boletín XII. Primer trimestre.

Smith, K.1992. *Environmental hazards*. London and New York: Routledge. 324 p.

..

	REPUBLICA DE COLOMBIA DEPARTAMENTO DEL HUILA ALCALDIA DE TIMANÁ DESPACHO ALCALDE Carrera 4 No. 9 – 88 Teléfono: 8374932 Cel. 3208540538 www.timana-huila.gov.co contactenos@timana-huila.gov.co Código postal: 417010	Versión 02	
		Fecha de Aprobación 29/08/2016	
		Página 1 de 3	
	COMUNICACIÓN OFICIAL	Nit 891.180.182-6	

CERTIFICACIÓN ESPACIOS DE PARTICIPACIÓN CIUDADANA EN CTI
ALCALDÍA DE TIMANÁ - HUILA

CERTIFICA:

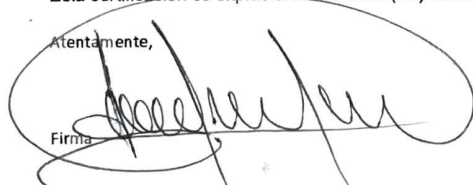
Una vez verificados los requerimientos de existencia y calidad de la tipología “Espacios de participación ciudadana en CTI” del Modelo de Medición de Grupos de Investigación, Desarrollo Tecnológico o de Innovación y del reconocimiento de investigadores del Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación de Colciencias. El siguiente producto cumple con todos los requerimientos exigidos:

Datos espacio de participación		
CAMPANA DE SOCIALIZACIÓN ANTE COMUNIDAD AFECTADA	Se realiza en la población de Timaná una campaña de socialización de los RESULTADOS PROYECTO DE INVESTIGACIÓN denominado: “Factores geológicos e ingenieriles asociados con el movimiento de tierras de Timaná Huila”	
Fecha	Inicio: 2019/12/11 - Final: 2019/12/11	
Nombre de la comunidad (es)	Camunidades de las Veredas El Toba, Mantagua y San Marcos	
Entidades vinculadas	Universidad Santo Tomas y Alcaldia de Timaná	
Investigador principal	Ingeniero Livaniel Viveros	Docente USTA
Datos investigador (es)		
Proyecto de extensión solidaria	Campaña de socialización de proyecto de investigación denominado “Factores geológicos e ingenieriles asociados con el movimiento de tierras de Timaná Huila”	
Investigador principal o gestor	Geóloga María Victoria Mejía R. Docente USTA	
Investigador (es) y/o gestores	Nombre	
	Livaniel Viveros	
	María Victoria Mejía Ramírez	
Grupo(s) de investigación		
Código GrupLAC	GIFIC	

De acuerdo con la anterior, la comunidad en mención avala su participación e inclusión en el espacio/encuentro de CTI.

Esta certificación se expide a solicitud del (los) interesado (s) el 3 de agosto de 2018 por el representante legal.

Atentamente,

Firma: 

Elaborado por: Sec. Ejecutiva	Revisado por:	Aprobado: Alcalde
Nombre: Diana M. Yustes M.	Nombre:	Nombre: Juan Bautista Rojas Parra
Firma:	Firma:	Firma:

CERTIFICACIÓN ESPACIOS DE PARTICIPACIÓN CIUDADANA EN CTI

ALCALDÍA DE TIMANÁ - HUILA

CERTIFICA:

Una vez verificados los requerimientos de existencia y calidad de la tipología “Espacios de participación ciudadana en CTI” del Modelo de Medición de Grupos de Investigación, Desarrollo Tecnológico o de Innovación y del reconocimiento de investigadores del Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación de Colciencias. El siguiente producto cumple con todos los requerimientos exigidos:

Datos espacio de participación							
CAMPAÑA DE SOCIALIZACIÓN ANTE COMUNIDAD AFECTADA	Se realiza en la población de Timaná una campaña de socialización de los RESULTADOS PROYECTO DE INVESTIGACIÓN denominado: “Factores geológicos e ingenieriles asociados con el movimiento de tierras de Timaná Huila”						
Fecha	Inicio: 2019/12/11 - Final: 2019/12/11						
Nombre de la comunidad (es)	Camunidades de las Veredas El Tobo, Matagua y San Marcos						
Entidades vinculadas	Universidad Santo Tomas y Alcaldía de Timaná						
Investigador principal	Ingeniero Livaniel Viveros Docente USTA						
Datos investigador (es)							
Proyecto de extensión solidaria	Campaña de socialización de proyecto de investigación denominado “Factores geológicos e ingenieriles asociados con el movimiento de tierras de Timaná Huila”						
Investigador principal o gestor	Geóloga María Victoria Mejía R. Docente USTA						
Investigador (es) y/o gestores	<table border="1"><thead><tr><th>Nombre</th></tr></thead><tbody><tr><td>Livaniel Viveros</td></tr><tr><td>María Victoria Mejía Ramírez</td></tr><tr><td>Luisa Fernanda Ramírez</td></tr><tr><td>Andrea Piamonte</td></tr><tr><td>Camilo A. Morales</td></tr></tbody></table>	Nombre	Livaniel Viveros	María Victoria Mejía Ramírez	Luisa Fernanda Ramírez	Andrea Piamonte	Camilo A. Morales
Nombre							
Livaniel Viveros							
María Victoria Mejía Ramírez							
Luisa Fernanda Ramírez							
Andrea Piamonte							
Camilo A. Morales							
Grupo(s) de investigación							
Código GrupLAC	GIFIC						

De acuerdo con la anterior, la comunidad en mención avala su participación e inclusión en el espacio/encuentro de CTI.

Esta certificación se expide a solicitud del (los) interesado (s) el 3 de agosto de 2018 por el representante legal.

Atentamente,

Firma

Nombre
Cargo

Los Luzu Perre
Unidad Agroforestal

Dirección
Teléfono

cr 24 # 9-88
9160937515

CERTIFICACIÓN ESPACIOS DE PARTICIPACIÓN CIUDADANA EN CTI		EICS ESTUDIANTES DE INGENIERÍA CIENCIAS DE SUELOS	
PROYECTO: CAMPAÑA DE SOCIALIZACIÓN DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN DENOMINADO "FACTORES GEOLÓGICO E INGENIERILES ASOCIADOS CON EL MOVIMIENTO DE TIERRA EN LA VEREDA DEL TOBO. TIMANÁ - HUILA."			
PARTICIPACIÓN DE LAS COMUNIDADES DE LAS VEREDAS EL TOBO, MATAJUA Y SANMARCOS, COMO ESPACIO DE PARTICIPACIÓN CIUDADANA EN CTI, DEL MODELO DE MEDICION DE GRUPOS DE INVESTIGACIÓN, DESARROLLO TECNOLÓGICO O DE INNOVACIÓN Y DEL RECONOCIMIENTO DE INVESTIGADORES DEL SISTEMA NACIONAL DE CIENCIA, TECNOLOGIA E INNOVACIÓN DE COLCIENCIAS.			
NOMBRE	No. IDENTIFICACIÓN /CEDULA	BARRIO/VEREDA	FIRMA
Erika Bejorano	1007801634	Vereda la Florida	Erika Zuleidy
Mario E. G. Juez	12 230560	La Florida	Mario E. G. Juez
Maria Alexandra Gutierrez	1004208596	Vereda la Florida	Maria Alexandra G.
Enelia Tejella G. G. G.	26.598359	Tobo.	Enelia Tejella
Arinael Caldera	4948476	Tobo	Arinael Caldera
Inei Vargas B	55196923	Vereda Tobo	Inei Vargas B
Pedro Antonio Gorrón	4.948.607	Vereda Tobo	Pedro Antonio Gorrón
Angelmariá Bravo	12146178	Vereda Tobo	Angelmariá Bravo
Josemaria	4947.777	Tobo	Josemaria
Jose E. B. B. B.	4948374	San Marcos	Jose E. B. B. B.
Wedy Andrea M. B.	1083928163	La Florida	Wedy Andrea M. B.
Mario Angel B. B. B.	26597834	La Florida	Mario Angel B. B. B.
Maria Narvaiz	51544803	Maria Narvaiz Florida	Maria Narvaiz
Jose David Gorrón S.	1004208607	Vereda La Florida	Jose David G.

Fecha 11 dic - 2019

CERTIFICACIÓN ESPACIOS DE PARTICIPACIÓN CIUDADANA EN CTI			
			
PROYECTO: CAMPAÑA DE SOCIALIZACIÓN DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN DENOMINADO "FACTORES GEOLÓGICO E INGENIERILES ASOCIADOS CON EL MOVIMIENTO DE TIERRA EN LA VEREDA DEL TOBO. TIMANÁ - HUILA."			
PARTICIPACIÓN DE LAS COMUNIDADES DE LAS VEREDAS EL TOBO, MATAGUA Y SANMARCOS, COMO ESPACIO DE PARTICIPACIÓN CIUDADANA EN CTI, DEL MODELO DE MEDICIÓN DE GRUPOS DE INVESTIGACIÓN, DESARROLLO TECNOLÓGICO O DE INNOVACIÓN Y DEL RECONOCIMIENTO DE INVESTIGADORES DEL SISTEMA NACIONAL DE CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN DE COLCIENCIAS.			
NOMBRE	No. IDENTIFICACIÓN /CEDULA	BARRIO/VEREDA	FIRMA
Fredy Romero	12264333	La Florida	Fredy Romero
ANISAY Morales grovoa		4.947644 Florida	
Jose Vicente Geron	83230717	Vereda LA Florida	Jose Vicente
Pablo Antonio Ruge	347628	Vereda LA Florida	Pablo Antonio
OSCAR JAIME PEREZ CERON	CC12188305	CENTRO TIMANÁ DE DEFENSA CIVIL	Oscar Jaime
Henry Artunduaga	83231445	TOBO	Henry Artunduaga
Miguel A Muñoz	83212025	La Florida	Miguel A Muñoz
Luis Iván Carriz	83230558	La Cruz	Luis Iván Carriz
Salvin Baivera V	12234766	Centro	Salvin Baivera V
Joseito Trujillo	17632087	La Florida tobo	Joseito Trujillo
Guillermo Moreno	96352416	San Marcos	Guillermo Moreno

Fecha: 11 dic - 2019