



DECIMOQUINTA CONVOCATORIA PARA EL FOMENTO DE LA INVESTIGACIÓN Y LA INNOVACIÓN 2020

Título del proyecto	
IDENTIFICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE LA AMENAZA GENERADA POR FENOMENOS DE REMOCIÓN EN MASA, DOS ESTUDIOS DE CASO EN EL DEPARTAMENTO DEL HUILA, COLOMBIA.	
Campo de acción	Transdisciplinariedad - Aporte al PIM
Desarrollo sostenible con apuesta social	
Articulación con funciones sustantivas y el sector social y productivo	
La presente investigación busca aplicar el conocimiento científico para satisfacer una necesidad social, dando soluciones y alertando acerca de los riesgos inminentes a los cuales están expuestos.	
Grupo de investigación	Línea de investigación en la que se inscribe el proyecto
Análisis Gestión de Riesgos en Ingeniería Civil	

Nombre del Investigador principal	Enlace CvLAC	Enlace ORCID	Enlace Google Académico
Sebastian Rivera Pardo	http://scienti.colciencias.gov.co:8081/cvlac/EnRecursoHumano/inicio.do	https://orcid.org/0000-0001-5356-1686	https://scholar.google.es/citations?hl=es&user=0kYwchwAAAAJ
División	Facultad	Programa	Grupo de investigación
Ingenierías	Ingeniería Civil	Ingeniería Civil	GIFIC
Nombre del Co-investigador	Enlace CvLAC	Enlace ORCID	Enlace Google Académico
Livaniel Viveros	Livaniel Viveros	https://orcid.org/0000-0002-2931-2097	https://scholar.google.es/citations?user=nut8dMIAAAJ&hl=es
División	Facultad	Programa	Grupo de investigación
Nombre del Co-investigador	Enlace CvLAC	Enlace ORCID	Enlace Google Académico
Sergio Gonzalez	http://scienti.colciencias.gov.co:8081/cvlac/visualizar/generarCurriculoCv.do?cod_rh=0000038706	https://orcid.org/0000-0003-0955-4555	https://scholar.google.es/citations?user=MKI6ckQAAAAJ&hl=es



División	Facultad	Programa	Grupo de investigación
Ingenierías	Ingeniería Civil	Ingeniería Civil	GIFIC
Nombre del Co-investigador	Enlace CvLAC	Enlace ORCID	Enlace Google Académico
María Victoria Mejía	http://scienti.colciencias.gov.co:8081/cvllac/EnRecursoHumano/inicio.do	https://orcid.org/my-orcid	https://scholar.google.es/citations?user=4N9KoDUAAAAJ&hl=es
División	Facultad	Programa	Grupo de investigación
Ingenierías	Ingeniería Civil	Ingeniería Civil	GIFIC

Resumen de la propuesta	Palabras clave
El proyecto de investigación planteado es el estudio de la amenaza por movimientos o fenómenos de remoción en masa y el impacto que se genera en la comunidad y a la salud de los ecosistemas de dos zonas vulnerables social y ambientalmente del departamento del Huila, como lo son; Pitalito y Campoalegre. La identificación de la amenaza se realizará por medio de un estudio Geológico, Geomorfológico, Geotécnico y Biológico tanto en campo como en gabinete, tomando como eje principal la guía metodológica para la caracterización de la amenaza, vulnerabilidad y riesgo por movimientos de remoción en masa del Servicio Geológico Colombiano.	Amenaza, Fenómenos de remoción en masa, Geología, Geomorfología y servicios ecosistémicos del suelo

Problema de investigación
La propuesta contempla la ejecución de estudios hidrológicos, hidrogeológicos, Biológicos, Geológicos y geotécnicos orientados a la identificación de amenazas en algunos de los asentamientos humanos en los municipios de Campoalegre y Pitalito en el departamento del Huila. La investigación se plantea en el estudio de fenómenos de remoción en masa y eventos de origen hidroclimatológico en las poblaciones identificadas, teniendo en cuenta que se buscará la participación activa de la comunidad en la identificación y conocimiento de estas amenazas naturales. De esta forma el proyecto se articula a la línea de investigación de riesgo, y al campo de acción institucional correspondiente a desarrollo sostenible con apuesta social.

Justificación

Los fenómenos hidrometeorológicos y las condiciones geológicas deben ser materia principal de estudio en la ingeniería civil, debido a que generan condiciones de amenaza y como consecuencia de ello, gran cantidad de muertos, damnificados, daños en la infraestructura e impacto ambiental ecosistémico. Las pérdidas pueden ser de diversa escala en una comunidad, lo cual nos genera la evidencia asociada al impacto tanto grandes y esporádicos desastres como aquellos considerados medianos e invisibles pero que tienen una alta frecuencia, que resultan en la generación de pérdidas significativas acumuladas en el tiempo y el espacio. Por lo anteriormente mencionado se hace fundamental realizar el estudio y análisis del riesgo asociado a fenómenos de remoción en masa en el departamento del Huila Colombia.

Objetivo general

Estudiar las amenazas naturales de origen geológico e hidroclimatológico que generan riesgo en dos asentamientos humanos en las poblaciones de Campoalegre y Pitalito, en el departamento del Huila

Objetivos específicos

- Reconocer los factores hidrológicos, hidrogeológicos, geológicos y geomorfológicos que intervienen en eventos de amenaza natural en las poblaciones de estudio.
- Identificar las características de los eventos, su distribución espacial y temporal y su relación con los factores detonantes.
- Involucrar a la comunidad en el conocimiento del riesgo y las amenazas que lo generan, como un proceso social.
- Identificar la contribución que las propiedades del suelo y sus procesos tienen sobre la provisión de servicios ecosistémicos en el contexto de cada estudio de caso.
- Valorar los servicios ecosistémicos provistos por el capital natural de los suelos en el contexto de cada estudio de caso.
- Evaluar el efecto que el nivel de amenaza por las remociones en masa tiene sobre el capital natural del suelo y sus implicaciones sobre la provisión de servicios ecosistémicos.

Estado del arte y marco conceptual

ESTADO DEL ARTE

En el Departamento del Huila debido a la condición litológica, tectónica y a la situación sísmica de la región, los procesos de erosión, remoción y transporte en masa son, unos de los fenómenos geológicos, que más daños materiales y pérdidas personales han venido ocasionando por décadas, no sólo en el Huila sino también en las áreas circunvecinas. Aunque solo en algunas ocasiones es imposible impedir que estos fenómenos naturales se generen y afecten a la población y sus bienes, consideramos que si es posible establecer cuáles son las zonas más propensas o de mayor susceptibilidad para que se presenten



procesos de erosión, remoción y transporte en masa con el propósito de tomar medidas preventivas que disminuyan los efectos negativos, sobre las comunidades que están asentadas en estos territorios.

Entre las amenazas naturales que se pueden presentar en Colombia se encuentran las avenidas torrenciales, los aludes, actividad volcánica, deslizamientos, epidemias, granizadas, heladas, incendios, huracanes, incendios forestales, inundaciones costeras, marejadas, nevadas, olas de calor, desbordamiento de ríos, plagas, sequías, sismos, tempestad, tormentas eléctricas, tsunamis y vendavales; los cuales se presentan unos con mayor frecuencia que otros; teniéndose en Colombia un número total de registros de 23.843 entre los años 1970 y 2017.

Las avalanchas, los deslizamientos, los desprendimientos de rocas y los hundimientos de suelo son amenazas, detonadas generalmente por condiciones hidroclimatológicas. En Colombia durante el período comprendido entre los años 1970 y 2017, se han registrado cerca de 17480 eventos de éste tipo, los cuales tienen origen en factores geológicos, hidrogeológicos e hidrológicos; los cuales representan cerca del 62% del total de eventos o fenómenos naturales peligrosos. Estas amenazas naturales pueden generar restricción al uso del territorio y generalmente producen pérdidas de vidas humanas y daños a las obras civiles que soportan las actividades del hombre. Los eventos o amenazas peligrosas naturales (Poveda, G., Gil, M. y Quiceno, N., 2008).

Los registros asociados con inundaciones y lluvias pueden ser tratados de manera unificada, teniendo en cuenta que en un alto porcentaje de las inundaciones tienen como causa las lluvias y éstas se traducen por lo general en inundaciones. Los registros asociados con deslizamientos para el periodo de referencia alcanzan un total de 5610. Siendo el Huila uno de los departamentos más afectados por eventos hidroclimatológicos y deslizamientos durante la década de 1970 con 106 eventos y la década de 1980 con 166 eventos. Para la década de 1990 la cifra aumenta a 223, teniendo en cuenta que entre los años 1996 y 1999 se presentó muchos más fenómenos post-Niño. Entre el año 200 y 2010 se presentaron 112 eventos. La mayor ocurrencia de deslizamientos se presenta siguiendo el patrón bimodal de las lluvias entre los meses de abril-mayo y octubre-noviembre, épocas en las cuales los suelos se saturan ocasionando los deslizamientos. Los sitios más afectados corresponden a asentamientos urbanos en laderas con déficit de servicios públicos, inadecuada urbanización y condiciones de extrema pobreza.

MARCO CONCEPTUAL

Caracterización geológica

Las áreas de interés en la presente propuesta de Investigación, se ubican en el costado oriental de remoción en masa, que afectan las poblaciones y sus ecosistemas.

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 los sitios a estudiar, 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.

De acuerdo con los estudios realizados por el Servicio Geológico Colombiano, como los de (VELANDIA, et al, 2001). 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 intercalación con unidades más finas, son el reflejo de períodos de relativa calma tectónica.

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) .

Tal como lo indican los estudios de (MOJICA, J.; FRANCO, R. 1990) , los procesos tectónicos han dado lugar a intenso fracturamiento, fallamiento y plegamiento que se manifiestan en dos sistemas mayores, uno de dirección predominante al NE que es el más notorio y otro hacia el NW. Razón por la cual, la zona presenta un gran interés tectónico. 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.

Esta tectónica al parecer aun activa, en las últimas décadas, se ha venido detonando múltiples fenómenos de remoción en masa, de grandes dimensiones que han afectado poblaciones asentadas en estos territorios huilenses, generando una serie de amenazas aun insuficientemente estudiadas desde la dimensión ambiental y social del territorio.

Amenaza

El estudio de los fenómenos y movimientos de remoción en masa (FRM) es de vital importancia para poder entender su comportamiento, nivel de amenaza y prevenir así desastres que impactan económica, infraestructuralmente y ambientalmente a las comunidades más vulnerables del país. Dichas comunidades al carecer de recursos y ayudas gubernamentales se ven obligadas a generar asentamientos en zonas que presentan una seria amenaza para su bienestar, a causa de la inestabilidad de taludes que se presenta (Álzate, 1999).

De acuerdo a esto para un adecuado estudio de la zonificación de la amenaza que se presenta en una población vulnerable, se debe tener presente, el nivel de amenaza de acuerdo a la ubicación, el material presente, el tipo de movimiento, la magnitud del movimiento, velocidad del fenómeno, distancia recorrida en el viaje y la intensidad del FRM. Todo lo anterior con el objetivo de alimentar un modelo de análisis cuantitativo para la identificación del riesgo y la vulnerabilidad (Servicio Geológico Colombiano, 2016).

Fenómenos de remoción en masa

El fenómeno de remoción en masa se puede definir como el movimiento que se genera en una masa de suelo o roca a lo largo de una superficie con pendiente denominada ladera. Estos movimientos son producto de diversos factores condicionantes y detonantes, en los cuales la Geología, Geomorfología y Hidrogeología del macizo rocoso juega un papel preponderante en el comportamiento (Aristizábal, 2010). A pesar que el factor detonante de inestabilidad de taludes más estudiado es la lluvia, es fundamental estudiar todos los factores detonantes tanto Geológicos como Geotécnicos del macizo.

Movimientos de masa típicos en Colombia

Con base en la geología y geotecnia de Colombia los fenómenos de remoción en masa (FRM) dependen de la ubicación y de los agentes medioambientales que impactan (Fig. 1). En los macizos rocosos que se encuentran a la intemperie, principalmente en cortes de carreteras los FRM más comunes son las caídas de roca y volcamientos de materiales rocosos de alta resistencia a la meteorización. En el caso de los suelos los movimientos más frecuentes son los deslizamientos, flujos, avalanchas y reptaciones (Creep), que se generan a causa de agentes meteorizantes y erosivos que atacan agresivamente al material sedimentario de baja resistencia y baja competencia geo-mecánica (SGC, 2017).

Factores condicionantes

De acuerdo a la Guía metodológica para estudios de amenaza, vulnerabilidad y riesgo por movimientos en masa del Servicio Geológico Colombiano, los factores que condicionan un (FRM) se deben estudiar considerando la geología de ingeniería, la geomorfología y uso del suelo (Fig. 2). Para entender y zonificar dichos factores condicionantes, es de suma importancia obtener la información cartográfica, de modelos digitales, y sensores remotos del terreno (Fig. 3).

Todo lo anterior con el objetivo de plantear modelos Geológicos y Geotécnicos, Que contribuyan al estudio y permitan entender el comportamiento y la amenaza por movimientos de masa en suelos y rocas, en zonas con alta vulnerabilidad económica y social.

Factores detonantes

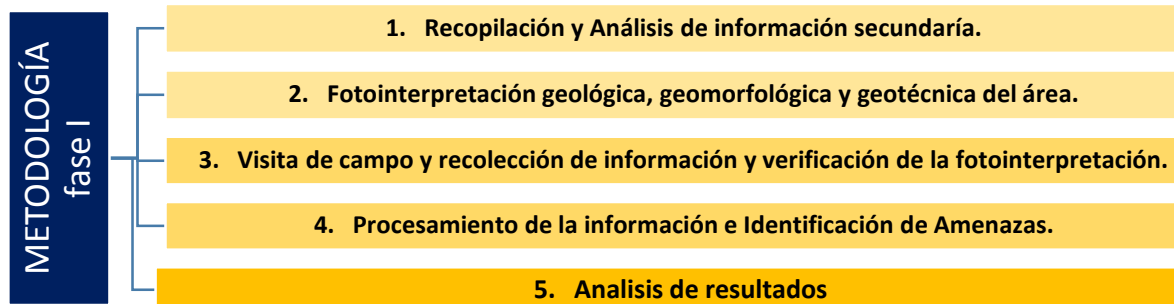
Los factores detonantes se pueden considerar como aquellos que desencadenan la ocurrencia de los fenómenos de remoción en masa, tales como la geología, la topografía, precipitación, la sismología, y la interacción e impacto del hombre, entre otros. Los tipos de (FRM) se pueden clasificar con base en el sistema de clasificación de Varnes en (1978), el cual los estudia estos fenómenos de acuerdo al material y el tipo de movimiento que se presenta, clasificándolos como; deslizamientos, volcamientos, propagación de laderas, flujos y caídas de material (Hernández, 2016). De acuerdo a esto, La lluvia se convierte en el factor detonante que toma mayor relevancia en la ocurrencia de un (FRM).

Lluvia

La variación del nivel freático dentro del macizo rocoso a causa de altas lluvias, y la variación del nivel del agua de las fuentes hídricas cercanas, generan un aumento en las presiones internas de la masa de suelo o roca, al igual que un ablandamiento en los materiales finos que favorecen a la falla del material e inducen a la ocurrencia de un (FRM) (Aristizábal, 2010). Por esto, se hace clave estudiar la tabla de agua, que se asocia a un periodo de retorno de ocurrencia

de falla. Entendiendo que el aumento del nivel freático genera un aumento en la presión de poros y un incremento volumétrico de agua, a causa de las precipitaciones que ocurren. Por ende, se debe relacionar el volumen de agua precipitada con la variación de la posición del nivel freático de acuerdo a los periodos de retorno, y de igual forma vincularlos con la amenaza de falla e inestabilidad del macizo.

Metodología



De acuerdo con el esquema general metodológico, el proyecto se desarrollará en dos grandes fases, simultáneas, una en la que se efectuaran los estudios geológicos, geomorfológicos, geotécnicos y biológicos.

Se realiza una interpretación geológica, geomorfológica y geotécnica, de las zonas de interés, basadas tanto, en la recopilación y análisis de fuentes secundarias, como en la fotointerpretación, y verificaciones directas de campo.

Teniendo en cuenta que existe una relación muy estrecha entre el comportamiento geotécnico de los materiales, los procesos geodinámicos y la caracterización genética de los materiales, de acuerdo con sus propiedades fisicoquímicas y mineralógicas.

Razón por la cual, como parte de este proyecto de investigación se realizarán visitas de varios días, a las áreas de mayor interés de los municipios en estudio, en los que se recorrerán, se identificarán y analizarán los principales afloramientos mediante las técnicas de observación y toma de datos directos de campo, para los levantamientos geológicos, y geotécnicos, siguiendo la “Propuesta Metodológica para el Desarrollo de Cartografía Geológica para Ingeniería” de Ingeominas, 2004, (actual SGC). Se tomará los registros fotográficos y las muestras de campo, en los sitios que se considere necesario.

Para la interpretación geomorfológica se utilizará la metodología propuesta por el (IDEAM, 2013) la cual se basa en la Metodología de Servicio Geológico Colombiano - SGC, planteado por Carvajal desde 2007, quien retoma los planteamientos del Centro de Investigaciones Aero-fotográficas - CIAF y del ITC de Holanda, con algunas modificaciones y propone, en primera instancia, realizar una clasificación jerarquizada desde los niveles morfogenéticos más generales hasta las subunidades geomorfológicas y en lo posible componentes, aunque falta un sistema de nomenclaturas y categorías bien definidas para los

niveles más detallados, con criterios básicos que facilitan la clasificación y mediante el aprovechamiento de una serie de técnicas básicas y de procesamiento digitales que proporcionan los sensores remotos.

Identificación de amenazas

Para la identificación de las principales zonas de amenaza del área, se utilizará la “Guía Metodológica para Estudios de Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo Por Movimientos en Masa” para la identificación de las amenazas que afectarían el área de estudio, teniendo en cuenta en primera instancia el análisis de los procesos asociados a la amenaza y la determinación de origen de esta. Estas actividades se relacionarán puntualmente con las condiciones físicas y sociales del área. Siguiendo con la identificación de los posibles escenarios de ocurrencia.

Resultados esperados

Se busca identificar las amenazas y estudiar la vulnerabilidad a la que están expuestos los habitantes de la zona de estudio, por movimientos de remoción en masa. Con el objetivo de poder plantear un estudio de los niveles de riesgo y generar soluciones en pro de la seguridad de los directamente afectados. Se realizará un documento que presentará la evaluación del riesgo y será entregado a los entes gubernamentales de la zona.

Cronograma

ACTIVIDADES	RESPONSABLE	FECHA		FEBRERO				MARZO				ABRIL				MAYO				JUNIO				JULIO				AGOSTO				SEPTIEMBRE				OCTUBRE				NOVIEMBRE					
		Inicio	Fin.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41		
ACTA DE INICIO DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN	DIRECTOR DE INVESTIGACIÓN	01/02/20	01/02/20																																										
RECOPIACIÓN BIBLIOGRAFICA Y ESTADO DEL ARTE DE LAS ZONAS DE ESTUDIO	TODO EL GRUPO	01/02/20	24/03/20																																										
RECOPIACIÓN DE MAPAS Y FOTOGRAFÍAS AEREAS DE LA ZONA DE ESTUDIO No 1	MARIA VICTORIA MEJÍA Y SERGIO GONZALEZ	01/02/20	24/03/20																																										
PRIMERA SALIDA A CAMPO (PITALITO HUILA)	TODO EL GRUPO	25/03/20	29/03/20																																										
INTERPRETACIÓN Y ANÁLISIS DE	TODO EL GRUPO	30/03/20	24/06/20																																										

Nit. 860.012.357-6

 SEDE PRINCIPAL BOGOTÁ - PBX: (571) 587 87 97 Línea gratuita nacional: 01 8000 111 180
 Carrera 9.ª n.º 51-11 / contactenos@usantotomas.edu.co
 www.usta.edu.co

 DIVISIÓN DE EDUCACIÓN ABIERTA Y A DISTANCIA
 PBX: (571) 595 00 00 ext. 2044 / Carrera 10.ª n.º 72-50 / admisiones@ustadistancia.edu.co
 www.ustadistancia.edu.co




Horas Nomina (Co-Investigadores)	Livaniel Viveros	3	20	USTA BOGOTÁ	\$24500/hora
	María Mejía	1	20	USTA BOGOTÁ	\$20833/hora
	Sergio Gonzalez	1	20	USTA BOGOTÁ	\$20833/hora

FINANCIACIÓN	RECURSO	DESCRIPCIÓN	Valor partida	Valor contrapartida (Externa)	Total (\$)
RUBROS	Servicios Técnicos	Analizar y estudiar la amenaza riesgo y vulnerabilidad de las diferentes zonas de estudio, promedio de las fotografías aéreas.	\$12.000.000		\$ 12.000.000
	Salidas de campo	2 Salidas de campo de 6 días c/u x 10 personas	\$24.640.000		\$ 24.640.000
	Equipos	Alquiler de tres GPS	\$2.000.000		\$ 2.000.000
	Materiales, insumos y software	Materiales de campo útiles para la recolección de muestras de roca y suelo.	\$2.300.000		\$ 2.300.000
BOLSAS	Papelería	Papelería insumos oficina y campo	\$100.000		\$ 100.000
	Fotocopias	Fotocopias de material bibliográfico, impresiones de mapas, etc.	\$100.000		\$ 100.000
	Material bibliográfico		\$ 0		\$ 0
	Auxilio de transporte		\$ 0		\$ 0
	Movilidad	Participación en eventos nacionales e internacionales	\$7.000.000		\$ 7.000.000
	Publicaciones (Artículos, proceso editorial y traducción)	Pago de inscripciones a eventos nacionales e internacionales para realizar la publicación de los documentos comprometidos.	\$4.000.000		\$ 4.000.000
TOTAL DEL PROYECTO:					\$52.140.000

Referencia bibliográficas

Alzate B, Guevara C, Valero J. 1999. Zonificación a escala grande de amenazas por fenómenos de remoción en masa, empleando la herramienta SIG. Páginas 147-167. Universidad Nacional de Colombia.

Aristizábal E, Martínez H, Vélez J. 2010. Una revisión sobre el estudio de movimientos en masa detonados por lluvias. Páginas 209-227. Revista Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales ISSN 0370-3908

Bayona G, García D, Mora G. 1994. La Formación Saldaña: Producto de la actividad de estratovolcanes continentales en un dominio de retroarco. En: Estudios Geológicos del Valle Superior del Magdalena. Universidad Nacional de Colombia - Ecopetrol, Publicación Esp.,I-1 - I-21. Santa Fe de Bogotá

Caicedo J, Morales J, Núñez A, Velandia F. 2001. geología de la plancha 345 Campoalegre escala 1:100.000, memoria explicativa.

Calzolari C, Ungaro F, Filippi N, Guermandi M, Malucelli F, Marchi N, Staffilani F, Tarocco P. 2016. A methodological framework to assess the multiple contributions of soils to ecosystem services delivery at regional scale. Geoderma. 261:190-203. DOI: 10.1016/J.GEODERMA.2015.07.013

Estelle Dominati, Murray Patterson, Alec Mackay. A framework for classifying and quantifying the natural capital and ecosystem services of soils. Ecological Economics. Volume 69, Issue 9. 2010. Pages 1858-1868. ISSN 0921-8009. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2010.05.002>.

Estelle Dominati, Murray Patterson, Alec Mackay. A framework for classifying and quantifying the natural capital and ecosystem services of soils. Ecological Economics. Volume 69, Issue 9. 2010. Pages 1858-1868. ISSN 0921-8009. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2010.05.002>.

Greiner Lucie, Keller Armin, Gret-Regamey Adrienne, Papritz Andreas. Soil function assessment: review of methods for quantifying the contributions of soils to ecosystem services. Land Use Policy. 69:224-237. <http://dx.doi.org/10.1016/j.landusepol.2017.06.025>

Hernández Y, Ramirez H. 2016. Evaluación del riesgo asociado a vulnerabilidad física por taludes y laderas inestables en la microcuenca Cay, Ibagué, Tolima, Colombia. Ciencia e Ingeniería Neogranadina, 26 (2), Páginas 111-128, DOI: <http://dx.doi.org/10.18359/rcin.1800>

Mojica J, Franco R. 1990. Estructura y evolución tectónica del Valle Medio y Superior del Magdalena. U. Nal., Geol. Col., 17: 41-64. Bogotá.

R Core Team 2017. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.

SGC. 2016. Guía metodológica para estudios de amenaza, vulnerabilidad y riesgo por movimientos de remoción en masa. Páginas 31-76. Colección de guías y manuales SGC, Colombia. ISBN: 978-958-99528-5-6

SGC. 2017. Clasificación de movimientos en masa y su distribución en terrenos geológicos de Colombia. Páginas 19-83. Colección de guías especiales SGC, Colombia ISBN: 978-958-59782-1-8

Velandia F, Núñez A, Marquinez G. 2001. Mapa geológico del departamento del Huila. Memoria explicativa. 209 p. Bogotá.