



**ANÁLISIS MULTITEMPORAL MOVIMIENTO EN MASA VEREDA SERVITÁ  
VILLAVICENCIO**



**AUTOR**

**ANA ISABEL RINCÓN TAPIERO**

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de:

**INGENIERO CIVIL**

Tutor:

**JOSÉ PEDRO BLANCO ROMERO**

UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA  
FACULTAD DE ESTUDIOS A DISTANCIA  
PROGRAMA INGENIERÍA CIVIL  
BOGOTÁ, SEPTIEMBRE  
2021



## TABLA DE CONTENIDO

TABLA DE ILUSTRACIONES .....	3
LISTA DE TABLAS.....	3
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	4
JUSTIFICACIÓN .....	4
OBJETIVO GENERAL .....	5
OBJETIVOS ESPECIFICOS .....	5
MARCO REFERENCIAL.....	5
ANTECEDENTES .....	5
ANÁLISIS MULTITEMPORAL.....	5
TIPOS DE DERRUMBE .....	6
GEOLOGÍA.....	7
CARACTERÍSTICAS DE LAS FORMACIONES ROCOSAS.....	7
CLIMA.....	8
LOCALIZACIÓN .....	9
METODOLOGÍA.....	9
REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA, DOCUMENTAL Y DE ARCHIVO .....	10
USO DE TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN .....	10
ESCRITURA, REVISIÓN Y SOCIALIZACIÓN DEL TRABAJO (RETROALIMENTACIÓN) .....	10
PROCEDIMIENTOS TECNICOS REALIZADOS .....	10
ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	12
IMPACTO .....	14
CONCLUSIONES.....	16
REFERENCIAS:.....	17



## TABLA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Caídas. Fuente: Manual de derrumbes. ....	6
Ilustración 2. Derrumbe de traslación. Fuente: Manual de derrumbes.....	6
Ilustración 3. Corrientes. Fuente: Manual de derrumbes:(Highland & Bobrowsky, 2008) .....	7
Ilustración 4. LOCALIZACIÓN GEOLÓGICA. Fuente: Visita de emergencia a varios sitios afectados por movimientos en masa. ....	8
Ilustración 5. Localización. Fuente: Imagen satelital Google Earth.....	9
Ilustración 6. Fuente: <a href="http://www.earthexplorer.usgs.gov">www.earthexplorer.usgs.gov</a> (2021) .....	10
Ilustración 7: Recorte de imagen. Fuente: propia .....	11
Ilustración 8: Clasificación no supervisada. Fuente: propia .....	11
Ilustración 9: Capa súper puesta. Fuente: propia .....	12
Ilustración 10: 2014. Fuente: propia.....	12
Ilustración 11: 2017. Fuente: propia.....	13
Ilustración 12: 2021. Fuente: propia.....	13
Ilustración 13: Porcentaje de crecimiento de masa. Fuente: propia.....	14

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1:Resultados por años. Fuente: propia .....	14
---	----



## **ANÁLISIS MULTITEMPORAL MOVIMIENTO EN MASA VEREDA SERVITA VILLAVICENCIO**

### **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

¿Cómo ha sido el comportamiento del movimiento en masa ubicado en el sitio denominado servita municipio de Villavicencio entre el año 2014 y el año 2021?

La Vereda Servita está ubicada sobre la vía antigua Bogotá- Villavicencio la cual es paso obligado para los vehículos de carga pesada debido a las restricciones que se presentan en el túnel Buenavista, este sitio de estudio se encuentra localizado en la cordillera oriental la cual es una formación geológicamente joven y por las características geológicas que tiene, hace que en su recorrido se evidencien diferentes fallas que estarían afectando el talud de la parte alta de la vereda y este importante corredor vial, generando pérdidas económicas de cerca de 7000 millones de pesos por día que dure la vía cerrada según, el (Periódico El Tiempo, 2019). Lo que se pretende con este trabajo es realizar un análisis del comportamiento del derrumbe en los últimos siete años partiendo de imágenes satelitales tipo Lansat.

### **JUSTIFICACIÓN**

El sitio de estudio se encuentra ubicado sobre la cordillera oriental una de las formaciones montañosas más jóvenes del país y esta condición hace que se presenten fallas geológicas de diferente índole, el desprendimiento en masa presentado en el sector es de vital importancia debido a que por esta zona se encuentra el trazado de la vía antigua al municipio de Villavicencio por donde se transporta gran cantidad de mercancías, por esta razón y debido a esto se dan las restricciones de carga que se presentan en los túneles de Bijagual y Buenavista.

Para el año 2020 se movilizaron en hidrocarburos 339.290.009 galones, aceite de palma 11.739.571 galones, en productos agrícolas se movilizaron 272.156 toneladas, en total se movilizaron 2.187245.41 toneladas provenientes del departamento del Meta hacia diferentes partes de la geografía nacional. (Ministerio de Transporte 2021).

Los cierres dados en la vía por los derrumbes presentados en el área de estudio generan grandes retrasos en el transporte de mercancías y por ende pérdidas monetarias a empresas y transportadores, además del impacto para los pobladores del sector.

Por esta razón se plantea realizar un análisis multitemporal del sector para establecer el crecimiento del movimiento y sirva de ayuda en toma de decisiones para la construcción de obras como zanjas de coronación, drenes, muros de contención, terrazas que ayuden a la mitigación o estabilización del fenómeno y de esta manera se vean beneficiados lo habitantes de la zona, los transportadores y el comercio de mercancías en general.



## **OBJETIVO GENERAL**

Analizar los movimientos de masa presentados en la Vereda Servitá los últimos 7 años con el fin de tener la suficiente información al respecto para poder crear posibles soluciones oportunas, por tal razón se realizará un análisis multitemporal por medio de imágenes satelitales Lansat identificando la remoción de la masa utilizando la herramienta ArcGIS.

## **OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- Realizar un análisis a partir de la información recolectada por medio del ArcGIS.
- Determinar el tipo de geología que se encuentra en la Vereda Servitá.
- Exponer con base a lo investigado, el crecimiento del movimiento de masa estudiado.

## **MARCO REFERENCIAL**

### *ANTECEDENTES*

La cordillera oriental al ser una formación geológicamente joven presenta a lo largo de su recorrido diferentes tipos de movimientos y formaciones geológicas que la hacen especialmente inestable, donde se presentan diferentes tipos de movimiento que son objeto de diferentes estudios y análisis en el tiempo, con mayor importancia en el sector por donde discurre la vía Bogotá Villavicencio teniendo en cuenta lo anterior tenemos que, para la elaboración de este trabajo encontramos la siguiente información:

### *ANÁLISIS MULTITEMPORAL*

Un análisis multitemporal es la interpretación de fotografías tomadas en vuelos especializados o satélites de varios años de un evento como el cambio de vegetación, incendios, plagas, fenómenos naturales y actividad humana. (Toala Bailon, 2018) En el caso del sitio de estudio es un fenómeno de remoción en masa que ha presentado un crecimiento particular en los últimos años, este tipo de análisis se realizan utilizando diferentes tipos de software, para este caso se utilizara el software ArcGIS versión 10.7.1. ArcGIS es un sistema que permite al usuario compilar, organizar, disponer, examinar, analizar y compartir información geográfica.

Continuando con la investigación encontramos que en este trabajo se utiliza ArcGIS para analizar y modelar los diferentes puntos de socavación y de esta manera proponer obras de mitigación en el cauce.

Para entrar en contexto es necesario saber el tipo de fenómeno que se está presentando en el sitio de análisis, en un primer trabajo investigado por (Pineda Herrera & Sabogal Ríos, 2019), se encontró que se hace una investigación bastante importante sobre el área de estudio centrándose en definir las clases de movimientos que en este sector se presentan, basándose en información del IGAC, IDEAM, INVIAS., también propone observar la geología y clima presentes en la zona, de esta



manera se obtiene que en la Vereda Servita se presentan tres tipos de derrumbes y un movimiento de reptación sobre la falla, los tipos de derrumbe presentes en la zona son caídas, derrumbe traslacional y corrientes a continuación se presenta una definición de cada uno de estos movimientos, la geología y el clima encontrados para el tramo observado.

#### TIPOS DE DERRUMBE

**CAÍDAS:** como se indica en la figura 1, es un desplome de rocas o suelo en terrenos con una pendiente elevada y que van a lo largo de un plano que no ha presentado indicios de fractura.

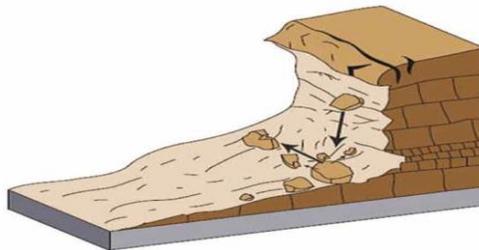


Ilustración 1. Caídas. Fuente: Manual de derrumbes.

**DERRUMBE DE TRASLACIÓN:** como se indica en la figura 2. en este caso la masa del derrumbe tiende a moverse de arriba hacia abajo y hacia afuera en un espacio relativamente plano, puede moverse en distancias considerables, sobre discontinuidades geológicas o fallas.

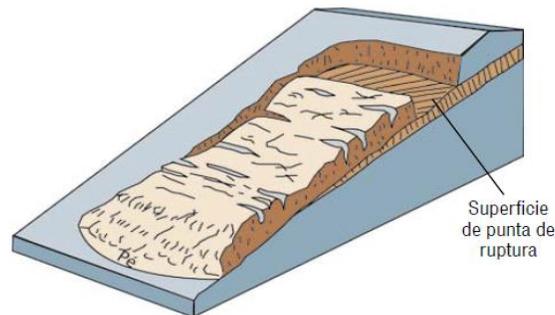


Ilustración 2. Derrumbe de traslación. Fuente: Manual de derrumbes.

**CORRIENTES:** como se indica en la figura 3, es un movimiento de masa rápido en el que el suelo se mezcla con materia vegetal, agua, rocas y discurre por la ladera, pueden hacer parte de un movimiento rotacional en donde el suelo pierde cohesión y permite que se filtre agua ocasionado una corriente de escombros, son movimientos extremadamente rápidos y súbitos.

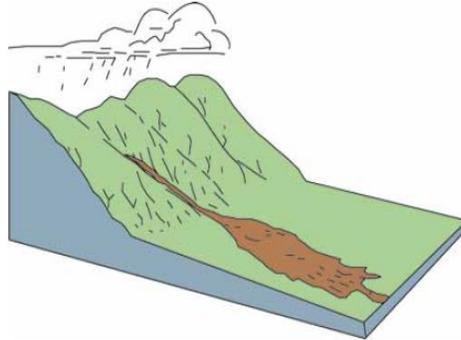


Ilustración 3. Corrientes. Fuente: Manual de derrumbes:(Highland & Bobrowsky, 2008)

## GEOLOGÍA

La geología regional del área de estudio se encuentra ubicada sobre la cordillera oriental, piedemonte llanero, esta formación se origina en el Mioceno-Plioceno y se conforma de macizos rocosos como el de Quetame, el cual está conformado por rocas ígneas y metamórficas. La estratigrafía predominante es la presencia de sucesiones sedimentarias de origen marino de edad cretácea y rocas sedimentarias continentales del Paleógeno-Neógeno. En la cordillera oriental se presentan depósitos cuaternarios de origen lacustre, aluvial, glaciar y coluvial. (Mendez Bernal, 2016)

### CARACTERÍSTICAS DE LAS FORMACIONES ROCOSAS

El sector presenta una formación de Lutitas de Piperal (Pdp), las cuales tienen una sucesión de colores rojos y verdosos, areniscas cuarcíticas rojas, considerado como el conjunto superior del Grupo Quetame. Aflora en el sector de Servitá - Pipiral donde está constituido principalmente por lutitas y limolitas de color gris oscuro a pardo, muy compactas y laminares con algunas intercalaciones de calizas grises.

Sobre estas rocas se encuentran los depósitos de ladera afectados por los deslizamientos y presentan una dirección aproximada de N30E/30NW, por otro lado, la Formación Capas Rojas de Guatiquía (Pcgc) son una sucesión de areniscas, lutitas, rojas, calizas y conglomerados rojos con intercalaciones de areniscas rojas verdes o grises que puede alcanzar un espesor de 900 m. Entre la Q. Pipiral y la Finca la Reforma, está constituida por limolitas de color gris a rojizo con intercalaciones de areniscas de grano fino, de color gris a verdoso. Estas rocas se observan en los deslizamientos observados en el punto 3 y tienen una orientación aproximada de N30E/45SE. (Cerón & Holguín, 2018).

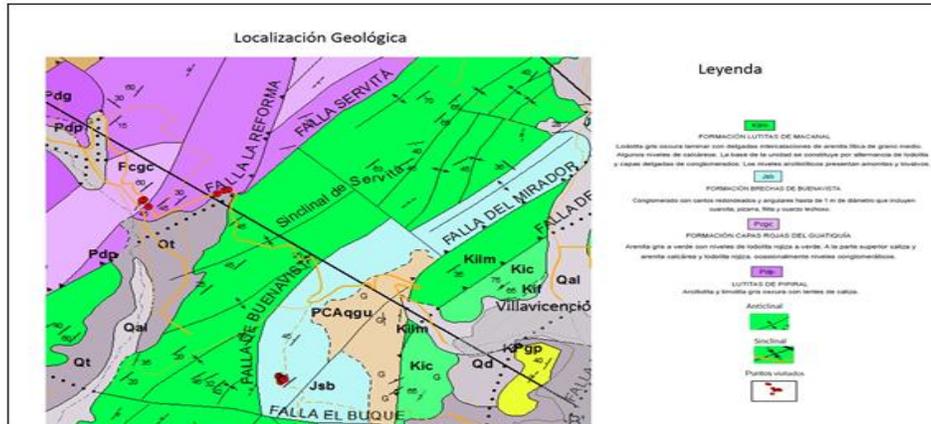


Ilustración 4. LOCALIZACIÓN GEOLÓGICA. Fuente: Visita de emergencia a varios sitios afectados por movimientos en masa.

## CLIMA

La Vereda Servita está ubicada al norte del Municipio de Villavicencio, la cual tiene un régimen pluviométrico de carácter bimodal, y es la zona del municipio en donde más se presentan precipitaciones con un promedio anual de 4357mm, con una temperatura que fluctúa entre los 24 y 27 °C y con una humedad que oscila entre el 77 y 88% día. (Cormacarena, 2019).

De acuerdo a la información encontrada se puede establecer que el fenómeno objeto de este análisis es complejo, dado que, se encuentra en una zona de alta pendiente. En esta vereda existen dos clases de movimientos en masa, uno que es denominado de corrientes con caídas de rocas de gran volumen de la parte superior que se activa con las altas precipitaciones que se presentan en el sector y otro movimiento reptación que puede convertirse en un movimiento de traslación y que crece a una velocidad de 5m por año. Pineda, H.C., Sabogal, R. L. (2019).

(Beltrán, 2019), presentó, en su trabajo de grado: “Elaboración de un inventario de movimientos de masa mediante técnicas geomáticas en el municipio de Villeta Cundinamarca” la utilización de los sistemas de información geográfica donde se elabora un inventario de derrumbes en diferentes sitios identificando así que estos movimientos se pueden analizar mediante las técnicas y sistemas a recurrir para hallar estos movimientos.



## LOCALIZACIÓN

El sector de estudio está ubicado en la parte rural de la ciudad de Villavicencio Vereda Servita, al noroccidente de la ciudad cerca de la ruta antigua que conduce desde la capital del departamento del Meta hacia Bogotá, con coordenadas X = 955000 Y = 1041000, Pineda, H.C., Sabogal, R. L. (2019).

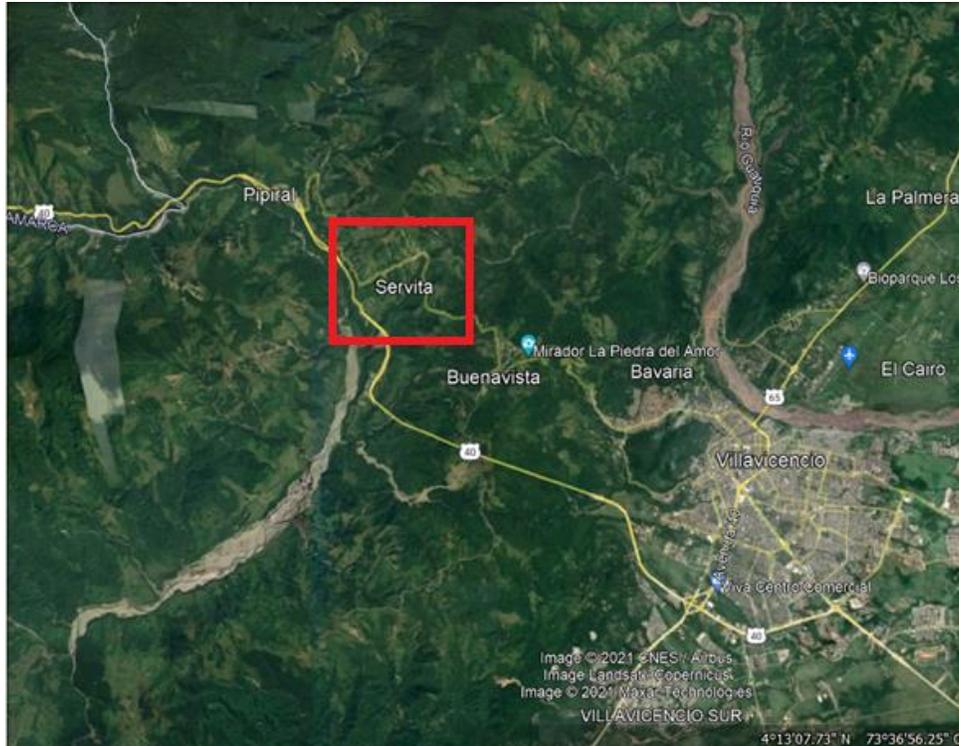


Ilustración 5. Localización. Fuente: Imagen satelital Google Earth

## METODOLOGÍA

Dentro del proceso de investigación inicial se acude a herramientas metodológicas que utilizan técnica de investigación, para este caso de orden cualitativo, con la cual buscamos describir el fenómeno de movimiento de masa en la Vereda Servita durante los años 2014, 2017 y 2021, y poder realizar un acercamiento a esta información del territorio en el cual se llevará a cabo esta investigación. Recurriremos a la técnica de investigación análisis multitemporal principalmente y así poder indagar los hechos que han ocurrido en la zona de influencia en los últimos años. Esta información será recopilada por medio de imágenes recolectadas de Landsat 8 y luego procesadas en el software ArcGIS, como también se obtendrá información por medio de documentos científicos consultados en las bases de datos especializadas y también en las bases de datos de instituciones como los son IDEAM y CORMACARENA que resultan muy útiles a la hora de encontrar información veraz y específica sobre el área donde se genera el 'Movimiento de Masa' en la zona, una vez establecido este registro veremos los movimientos presenciados durante el tiempo propuesto y teniendo un parámetro de proceso en las imágenes recolectadas permitiendo evaluar las posibles causas de este fenómeno. Teniendo este preliminar, las etapas de nuestra investigación son las siguientes.



### REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA, DOCUMENTAL Y DE ARCHIVO

La búsqueda prevista para adquirir y recopilar la información requerida será por medio de repositorios, Scielo, Scienti, Scopus, documentos consultados para la elaboración de esta investigación siendo estas tres bases de datos de documentos indexados, esto nos provee de información clara y científicamente comprobable, así como también periódicos en línea e información en páginas virtuales, obteniendo los datos necesarios para poder inicio y avance a este trabajo.

### USO DE TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

Uno de los recursos será el análisis multitemporal ya que, por medio de este realizaremos comparaciones de las imágenes de satélite obtenidas, permitiendo relacionar los cambios efectuados por este movimiento al transcurrir el tiempo definido en esta investigación.

Por otro lado, también utilizaremos el software ArcGIS siendo este el indicado para este trabajo ya que, con los datos georreferenciados que podemos adquirir facilitara el estudio multitemporal de la información obtenida.

### ESCRITURA, REVISIÓN Y SOCIALIZACIÓN DEL TRABAJO (RETROALIMENTACIÓN)

La evaluación y retroalimentación de la información es el eje fundamental de esta investigación. De la clasificación e interpretación de los datos adquiridos depende en gran medida el buen entendimiento de este trabajo, por eso esta metodología propone, recurrir a la captación de información por varios medios para una vez obtenida esta poder analizar y llegar a determinar bajo una opinión propia posibles soluciones.

## PROCEDIMIENTOS TECNICOS REALIZADOS

Una vez recopilados los datos necesarios se define que en este análisis multitemporal se utilizarán imágenes satelitales tipo Lansat 8, que se obtienen del Servicio Geológico de los Estados Unidos (earthexplorer.usgs.gov), estas imágenes están compuestas por 11 bandas las cuales para su procesamiento requieren de un programa especializado, en este caso se utilizará el software ArcGIS versión 10.7.

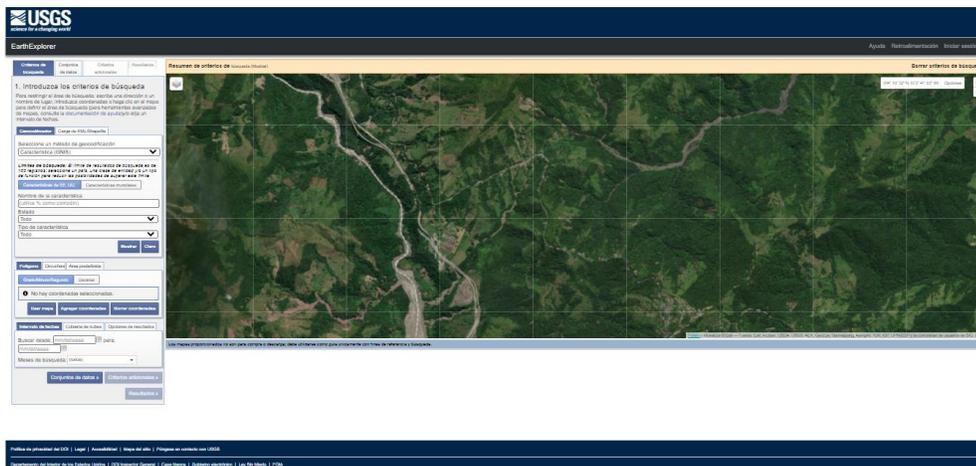
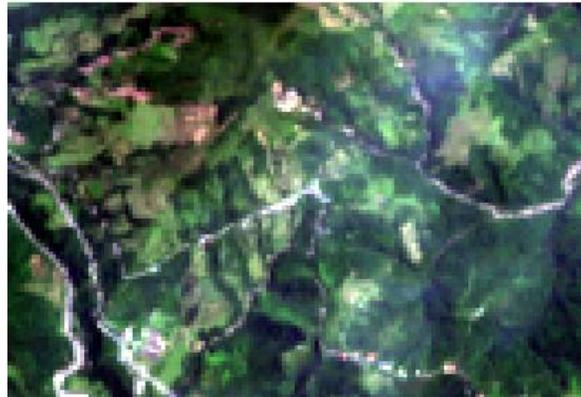


Ilustración 6. Fuente: www.earthexplorer.usgs.gov (2021)



Con las imágenes conseguidas como se indica en la ilustración 7, se realiza una composición a color natural pasando de 11 bandas a tres bandas en color rojo, verde y azul, por medio de la caja de herramientas de ArcGIS, haciendo clic en gestión de datos se ubica la herramienta Raster y luego de este procesamiento finalmente composición de bandas. Como la superficie de la fotografía es tan grande se ubica el sector de estudio y se realiza un recorte de la imagen, para esto se crea una capa en la herramienta catálogo de ArcGIS en donde se ubica la carpeta de trabajo se da clic en nuevo y se busca la opción de capa, luego se va a la caja de herramientas **clip** en gestión de datos se ubica la herramienta Raster y luego procesamiento de Raster y Clip, se selecciona la imagen obtenida en la composición de bandas y la capa recién creada y se da un nuevo nombre se obtiene una nueva imagen.

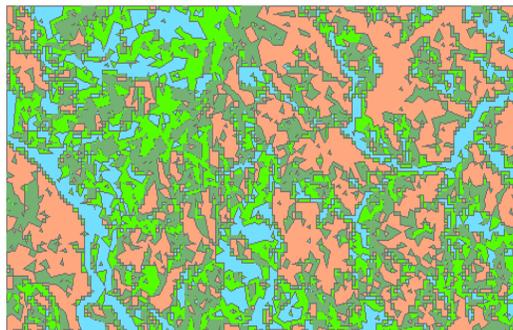
Resultado del proceso de recorte de imagen y ubicación del sitio de estudio con la utilización de la herramienta clip



*Ilustración 7: Recorte de imagen. Fuente: propia*

Continuando con el proceso para obtener la información requerida se procesa la imagen a polígonos medibles es decir extraer las clases de información que presenta la imagen multibanda que se está trabajando y esta actividad se realiza por medio de una clasificación no supervisada, en ArcGIS una clasificación de este tipo realiza la búsqueda espectral sin la supervisión del operador del software, es decir busca los cambios en un terreno y los convierte en pixeles los cuales forman polígonos a los que se les puede dar atributos y sobre estos generar capas con coordenadas para de esta manera realizar cálculos ,comparaciones, análisis visuales. Después de obtener el mapa de polígonos se genera una capa y se selecciona el polígono de la zona de interés y se superpone en una imagen de color natural obtenida en el primer proceso indicada en la ilustración 8.

Imagen procesada por medio de una clasificación no supervisada se la vereda Servita



*Ilustración 8: Clasificación no supervisada. Fuente: propia*



Imagen en color natural con la capa súper puesta del polígono en la zona del análisis



Ilustración 9: Capa súper puesta. Fuente: propia

Finalmente, luego de estos procesos se ubica la tabla de atributos del software y se obtienen las áreas, como podemos observar en la ilustración 9, las cuales son el producto con el que se realizará la comparación y análisis el crecimiento del fenómeno analizado.

## ANÁLISIS DE RESULTADOS

Con la información recolectada se define que es un movimiento de masa que se encuentra activo, que está ubicado sobre una zona de fallas y la que predomina es la falla geológica de Servita, siendo una formación joven su conformación en gran parte son depósitos de tipo aluvial, que aunado a las altas precipitaciones presentes en el sector hacen que se activen este tipo de movimientos. En cuanto al análisis realizado con el software se encontró:

Imagen procesada para el año 2014 con superposición del polígono y área calculada en hectáreas por medio del software ArcGIS

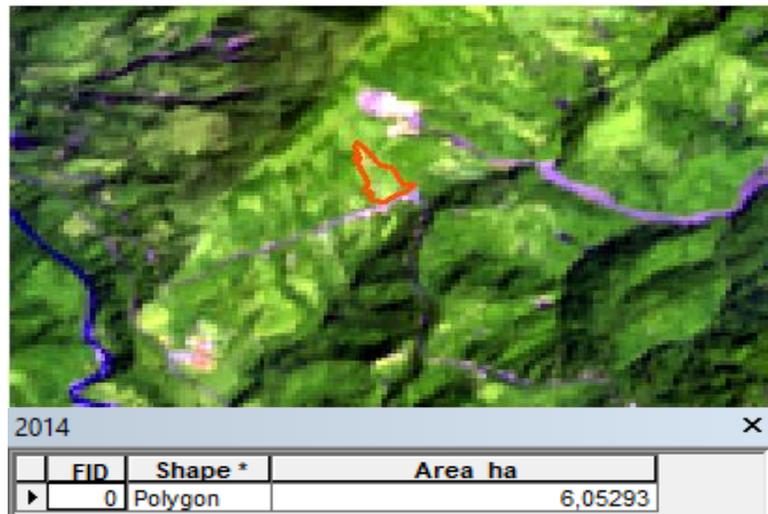


Ilustración 10: 2014. Fuente: propia



Para el año 2014 inicio del análisis se encontró que el movimiento ya estaba activo y que contaba con un área de 6 hectáreas.

Imagen procesada para el año 2017 con superposición del polígono y área calculada en hectáreas por medio del software ArcGIS

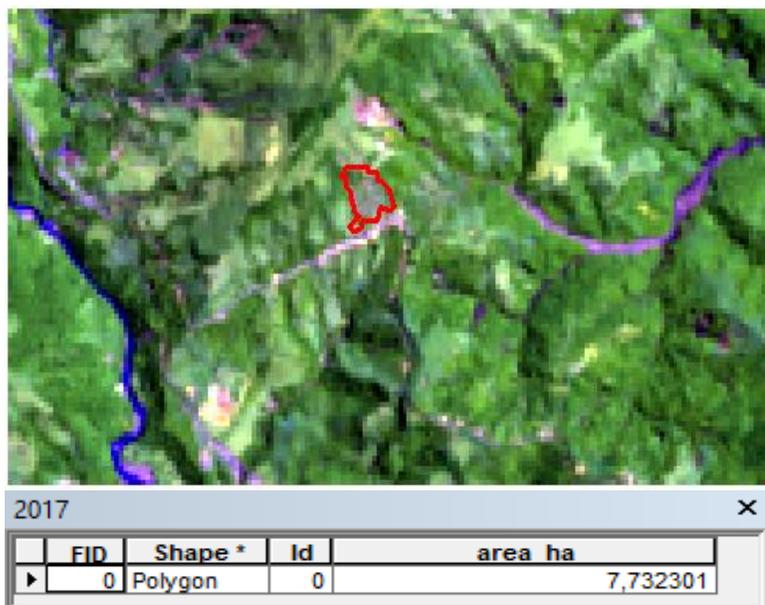


Ilustración 11: 2017. Fuente: propia

Continuando con el análisis encontramos que para el año 2017 el movimiento presenta crecimiento de 1,7 hectáreas al pasar de un área de 6 hectáreas a un área de 7,7 hectáreas.

Imagen procesada para el año 2021 con superposición del polígono y área calculada en hectáreas por medio del software ArcGIS

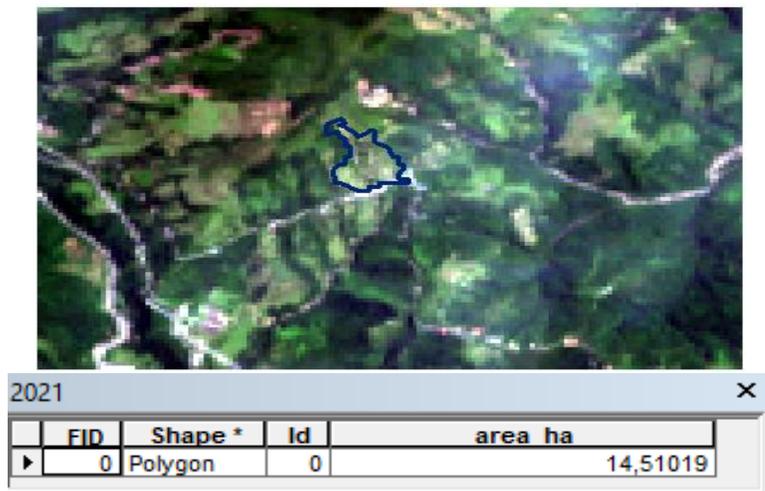


Ilustración 12: 2021. Fuente: propia



Finalmente encontramos que entre los años 2017 y 2021 el área de influencia del movimiento creció con bastante rapidez al pasar de 7,7 hectáreas a 14,5 hectáreas, lo que indica que la velocidad del movimiento de reptación aumento y que se han presentado en la zona de estudio mayor cantidad de derrumbes.

En esta grafica se representa el comportamiento del movimiento de masa en la vereda Servita.

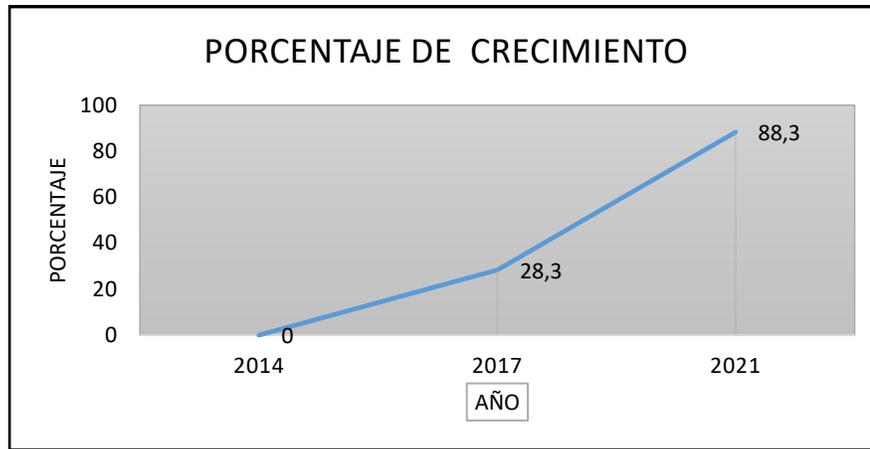


Ilustración 13: Porcentaje de crecimiento de masa. Fuente: propia

AÑO	ÁREA	%
2014	6	0
2017	7,7	28,3
2021	14,5	88,3

Tabla 1: Resultados por años. Fuente: propia

Con la información obtenida por medio de ArcGIS, se puede establecer que para el crecimiento entre el año 2014 y el año 2017 fue del 28% y entre el año 2017 y 2021 el fenómeno creció aceleradamente en un 88%

## IMPACTO

Desafortunadamente al realizar el seguimiento a este movimiento de masa en la Vereda Servitá, se establece la evolución del fenómeno y la afectación que ha tenido sobre la comunidad y su infraestructura, notando que en épocas de alta precipitación, en la zona se profundiza el problema dado a las grandes saturaciones en el terreno el cual se puede manifestar con los desplazamientos de masa extendiendo así la gravedad de este fenómeno y evidenciando este movimiento aproximadamente de 5 metros al año

Notamos negativamente el alto grado de susceptibilidad que tiene la Vereda estudiada en cuanto a sus características geomorfológicas y climáticas, ya que, se presentan precipitaciones de 200 mm por día, notando esto se puede establecer que desde el año 2017 a la fecha el fenómeno presenta un crecimiento acelerado que puede llegar a impactar de gran manera a la región, asumiendo la



posibilidad que presente un derrumbe de grandes proporciones y si esto pasara, ocasionaría el cierre prolongado de la vía, daños a la infraestructura presente, grandes pérdidas económicas.

Basándonos en la información anterior y lo obtenido en este análisis la recomendación a corto plazo es la conducción de las aguas superficiales y de escorrentía, como la construcción de zanjas de coronación, disipadores, entre otras. Realizar descarga del talud y adelantar más estudios a fin de dar una solución definitiva a la problemática presentada.

Para una posible prevención se esperaría que se hiciera una intervención de las autoridades responsables para mitigar de alguna manera el posible desastre ambiental incluyendo a la comunidad, que se ocasionaría en caso de no prestar pronta atención a este movimiento de masa en la Vereda Servitá.



## CONCLUSIONES

Se establece que la geología encontrada en la Vereda Servitá que está situada sobre un depósito aluvial, ha presentado una serie de precipitaciones que la hace susceptible a movimientos de remoción de masa, notando que para el año 2014 el área de estudio se encuentra activa con un área de afectación de 6,0 hectáreas, al realizar el proceso de la imagen para el año 2017 y compararla con la del año 2104 se pudo evidenciar que el área de influencia del movimiento tuvo un incremento 1,7 lo que corresponde a un 28,3% pasando de 6 hectáreas a 7,7 hectáreas y de acuerdo a este trabajo se encontró que el sitio de estudio presenta gran actividad y que en los últimos cuatro años se ha incrementado está teniendo un crecimiento de 88%.

Determinamos que la zona de estudio está ubicada sobre una geología bastante compleja dado que se encuentra situada en la cordillera oriental la cual es una formación joven con bastantes fallas geológicas, que se componen de depósitos aluviales, con pendientes pronunciadas que hace difícil la estabilización de los taludes aledaños a la vía.

Se encuentra que el fenómeno tiene un movimiento de reptación que tiende a convertirse en un movimiento de traslación con una velocidad de 5 m por año, por tal razón fue necesario realizar un análisis multitemporal para poder estudiar la zona y establecer el área de afectación entre los años 2014, 2017 y 2021.

Se determina que el clima ha sido un factor importante para definir tiempos y recorridos del movimiento de masa de la Vereda Servitá, ocasionando más desestabilización en el terreno y así ver el progreso de este desprendimiento de tierra.

Encontramos que, con el uso de esta metodología análisis multitemporal, se pudo relacionar con el paso del tiempo el crecimiento de este movimiento de masa y así evidenciar los cambios hallados, información basada en diferentes referentes y sitios de investigación arrojando información importante para poderla emplear en investigaciones futuras.

Realizando las imágenes presentadas se denota que el estudio de este fenómeno es conveniente y pertinente ya que, con el paso del tiempo según esto, este fenómeno se podría controlar o por el contrario se saldría de cause sin previo aviso en caso tal de que no se siguiera estudiando.

Encontramos que ArcGIS fue una herramienta idónea al momento de recopilar, organizar y analizar la información requerida para relacionar tiempos adecuados de este movimiento de masa, por medio de las imágenes obtenidas, ayudando a interpretar la información geográfica dada y poderla aplicar adecuadamente a este trabajo.

Los cambios realizados del movimiento de masa y evidenciados en la temporalidad analizada muestra que son directamente relacionados con el clima del sector y si no se realizan contenciones pertinentes y eficientes, este fenómeno va a seguir avanzando hasta el punto de ser incontenible por no tener precauciones oportunas.

Se demostró que el movimiento de masa ha crecido de manera acelerada, es claro que se debe seguir realizando el seguimiento al sector con más visitas por parte de especialistas idóneos al sitio de estudio, se debe reforzar este tipo de análisis y ejecutar más estudios de carácter hidrológico, sísmico, geológico entre otros con el fin que se puedan diseñar y ejecutar obras que mitiguen o solucione la problemática que se viene presentando.



## REFERENCIAS:

- Beltrán, R. L. C. (2019). Elaboración de un inventarios de movimientos en masa mediante técnicas geomáticas en el municipio de Villeta Cundinamarca. *Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales*, 1, 19–31. Trabajo de grado. Recuperado de: <https://repository.udca.edu.co/handle/11158/2729>
- Cerón, P. R., & Holguín, C. B. (2018). VISITA DE EMERGENCIA A VARIOS SITIOS AFECTADOS POR MOVIMIENTOS EN MASA VEREDAS BUENAVISTA, SERVITÁ Y LA REFORMA, MUNICIPIO DE VILLAVICENCIO, META. Bogotá, marzo de 2018. *Servicio Geológico Colombiano*, 1, 11–15. Recuperado de: [http://recordcenter.sgc.gov.co/B22/530\\_18VisEmergBuenVServitaReforVillao/Documento/Pdf/VisitadeEmergencia.pdf](http://recordcenter.sgc.gov.co/B22/530_18VisEmergBuenVServitaReforVillao/Documento/Pdf/VisitadeEmergencia.pdf).
- Highland, L. M., & Bobrowsky, P. (2008). Manual de derrumbes: Una guía para entender todo sobre los derrumbes. *Servicio Geológico de Los EEUU*, 1325, 5–30. Recuperado de: <https://www.geologiaviva.info/wp-content/uploads/2021/01/Manual-de-Derrumbes.pdf>.
- Mendez Bernal, M. Y. (2016). Modelo hidrogeológico conceptual. *Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia UPTC*, 1, 59–82. Recuperado de: <https://1library.co/document/q2m4ldpy-modelo-hidrogeologico-conceptual-mina-nemocon-contrato-concesion-hiqo.html>
- Pineda Herrera, C., & Sabogal Ríos, L. F. (2019). Análisis de la zona de remoción de masa, sector de la vereda Servitá, municipio de Villavicencio: alcance de la amenaza y Soluciones de ingeniería. *Universidad Santo Tomás*, 1, 26–59. <https://repository.usta.edu.co/handle/11634/15618>. Recuperado de: <https://repository.usta.edu.co/handle/11634/15618>.
- Toala Bailon, J. A. (2018). ANALISIS MULTITEMPORAL DE LA TASA DE DEFORESTACION MEDIANTE SISTEMAS DE INFORMACION GEOGRAFICA (SIG) EN LA MICROCUENCA CAÑAS. *ESCUELA SUPERIOR AGROPECUARIA*, 1, 5–12. Recuperado de: <https://1library.co/document/ynlw28pq-analisis-multitemporal-deforestacion-mediante-sistemas-informacion-geografica-microcuenca.html>.
- Ministerio de Transporte. (2021). Mintransporte - Toneladas y Viajes 2020. Recuperado de: <https://plc.mintransporte.gov.co/Estad%C3%ADsticas/Carga-Modo-Terrestre/Carga-Movilizada-Carretera-RNDC/Toneladas-y-viajes-2020>.
- Periódico El Tiempo, (2019, 14 junio). Alerta en otras siete vías distintas a la del llano por deslizamientos. Disponible en: <https://www.eltiempo.com/colombia/otras-ciudades/alerta-en-siete-vias-nacionales-por-deslizamientos-379838>.
- Corporación para el Desarrollo Sostenible del Área de Manejo Especial La Macarena, (2019). Ficha Ambiental Municipios. (p.111). Recuperado de: [http://www.cormacarena.gov.co/documentos/FAM/FA\\_VILLAVICENCIO.pdf](http://www.cormacarena.gov.co/documentos/FAM/FA_VILLAVICENCIO.pdf).
- Servicio Geológico de los Estados Unidos Imágenes Tipo Landsat. Recuperado de: <https://earthexplorer.usgs.gov/>