

**Asistencia Técnica al Proyecto SGC - Bloque 03 Convenio 034 en el Municipio de Toledo
Norte de Santander para el Analisis de la Cobertura Como Condicionante de Movimientos
en Masa**

Lisbeth Dayana Villamizar Diaz

Universidad de Pamplona, Ingenierias y Arquitectura

Ingenieria Ambiental

M.S.c Manuel Antonio Contreras, Janer Rafael Cantillo Romero

Pamplona

13 de junio de 2020

Dedicatoria

Dedico este trabajo a las personas que ayudaron a hacer este sueño realidad especialmente a mis padres que siempre estuvieron allí para apoyarme e impulsarme a seguir adelante

Agradecimientos

Agradezco a mis padres María del Carmen Díaz Pérez y Carlos Ramón Leal Acevedo por su esfuerzo y apoyo durante mi educación, sus palabras de aliento cuando sentía desvanecer, por entenderme y no dejar que renunciara en momentos difíciles. A mi hermano Carlos Alejandro Leal Díaz, por ser un ejemplo a seguir ya que no se rinde ante las adversidades. A Eddy Alexander Ramírez por su apoyo incondicional y sus consejos durante esta etapa académica. Gracias a ellos por estar siempre para mí y darme todos los motivos para continuar con este proceso y sacar a flote con sus palabras de aliento tan importante suceso en nuestras vidas.

A aquellos amigos que estuvieron en las buenas y malas y me aconsejaron siempre para mejorar cada día.

A todos los docentes que instruyeron en mi vida y que han ayudado a formar la persona y profesional que soy ahora.

A los coordinadores del proyecto por permitirme ser parte de este desafío y guiar cada paso con paciencia hasta la culminación del mismo.

A mis directores por su orientación durante este proceso y por facilitar las herramientas necesarias para afrontar cada inconveniente que se fuera presentado en el transcurso del proyecto.

Tabla de contenido

1	Capítulo I Información General.....	1
1.1	Introducción	1
1.2	Objetivos	3
1.2.1	Objetivo General.....	3
1.2.2	Objetivos Específicos.....	3
1.3	Definición del Problema.....	4
1.4	Justificación.....	5
2	Capitulo II Marco Teórico y Estado del Arte	6
2.1	Marco Contextual.....	6
2.1.1	Descripción	6
2.1.2	Ubicación geográfica	7
2.1.3	Población.....	8
2.2	Antecedentes	9
2.3	Marco Teórico.....	12

2.4	Marco Conceptual	14
2.5	Marco Legal	20
3	Capitulo III Metodología	26
3.1	Alistamiento de Insumos.....	29
3.1.1	Reconocimiento de líneas de vuelo sobre el municipio de Toledo.....	29
3.1.2	Digitalización de las líneas de vuelo.....	30
3.1.3	Identificación de las fotografías aéreas.....	30
3.1.4	Exportacion y generacion de fotocentros, marcos y georeferenciacion de aerofotografía 31	
3.2	Elaboración del Inventario de Procesos Morfodinámicos.....	31
3.2.1	Recopilación de información de los espacios en la zona de estudio donde se han presentado movimientos en masa	31
3.2.2	De los Movimientos Representados como Polígonos se identifican en cada una de las veredas	32
3.3	Digitalizar la Interpretación Análoga.....	32
3.3.1	Identificación análoga de la cobertura por parte de expertos	32

3.3.2	Digitalizar la cobertura en polígonos	33
3.3.3	Se nombran el tipo de cobertura con la simbología de la metodología corine land cover correspondiente (categorías)	34
3.4	Movimientos en Masa a Partir de la Relación que hay con el Tipo de Cobertura	34
3.4.1	Determinación de área de cobertura y áreas de movimiento en masa	34
3.4.2	Realizar la intersección de las capas anteriores	34
3.4.3	Análisis estadístico donde se determina la magnitud y correlación	35
3.5	Exportar Informacion de Movimientos en masa hacia la Plataforma Simma.....	37
3.5.1	Subir a la Plataforma los Formatos de Información Morfodinamico para la Actualización y Consulta.....	37
4	Capitulo IV Desarrollo Y Análisis del Proyecto	39
4.1	Alistamiento de Insumos.....	39
4.1.1	Reconocimiento de líneas de vuelo sobre el municipio de toledo	39
4.1.2	Digitalización de las líneas de vuelo.....	41
4.1.3	Identificación de las Fotografías Aéreas.....	46

4.1.4	Exportacion y generacion de fotocentros, marcos y georeferenciacion de aerofotografía	47
4.2	Elaboración del Inventario de Procesos Morfodinámicos.....	54
4.2.1	Recopilación de información de los espacios en la zona de estudio donde se han presentado movimientos en masa	54
4.2.2	De los Movimientos Representados como Polígonos se identifican en cada una de las veredas	54
4.3	Digitalizar la Interpretación Análoga.....	59
4.3.1	Identificación análoga de la cobertura por parte de expertos	59
4.3.2	Digitalizar cobertura en polígono.	61
4.3.3	Se nombran el tipo de cobertura presente con la simbología de la metodología corine land cover correspondiente	64
4.4	Movimientos en Masa a Partir de la Relación que hay con el Tipo de Cobertura 65	
4.4.1	Determinación de área de cobertura y áreas de movimiento en masa	65
4.4.2	Realizar la intersección de las capas anteriores	68
4.4.3	Análisis estadístico donde se determina la magnitud y correlación	70

4.5	Exportar Informacion de Movimientos en Masa hacia la Plataforma Simma	76
4.5.1	Subir a la plataforma los formatos de informacion morfodinamico para la actualización y consulta de información.	76
	Conclusiones	78
	Recomendaciones	80
	Bibliografía	81

Tabla de Figuras

<i>Figura 1. Ubicación del municipio de Toledo Norte de Santander.....</i>	<i>8</i>
<i>Figura 2. Desprendimiento de roca (vuelco por flexion y caída.....</i>	<i>16</i>
<i>Figura 3. Deslizamiento rotacional.....</i>	<i>17</i>
<i>Figura 4. Deslizamiento traslacional</i>	<i>17</i>
<i>Figura 5. Avalancha y flujo de tierra</i>	<i>18</i>
<i>Figura 6. Cobertura vegetal.....</i>	<i>19</i>
<i>Figura 7. Pasos a seguir en el cumplimiento del proyecto SGC</i>	<i>29</i>
<i>Figura 8. Zona de estudio (Toledo) con las visibles líneas de vuelo de las planchas H14 y H15.....</i>	<i>40</i>
<i>Figura 9. Líneas de vuelo digitales correspondientes a las planchas H14 y H15</i>	<i>42</i>
<i>Figura 10. Líneas de vuelo de las planchas H14 y H15 de la década de 1950 hasta 1995</i>	<i>45</i>
<i>Figura 11. Sobres y planchas solicitadas para la rectificación de las líneas de vuelo.....</i>	<i>46</i>
<i>Figura 12. Fotos de línea de vuelo ordenadas</i>	<i>47</i>
<i>Figura 13. Líneas de vuelo de la zona de Toledo con fotocentro y marco de aerofotografía</i>	<i>51</i>
<i>Figura 14. Archivo KMZ visualizado en Google Earth</i>	<i>52</i>
<i>Figura 15. Líneas de vuelo con sus correspondientes fotografías georreferenciadas</i>	<i>53</i>

<i>Figura 16. Movimientos en masa en las veredas de Toledo clasificados según el tipo de MM.....</i>	<i>55</i>
<i>Figura 17. Identificación de la cobertura en la plancha 123IA por parte de los experto en cobertura</i>	<i>60</i>
<i>Figura 18. Poligonos digitalizados con base en la cartografía</i>	<i>62</i>
<i>Figura 19. Cobertura en la totalidad de la zona de estudio Toledo.....</i>	<i>63</i>
<i>Figura 20. Mapa de susceptibilidad de Toledo</i>	<i>75</i>
<i>Figura 21. Formato para movimientos en masa proporcionados por el SGC.....</i>	<i>77</i>

Tabla de Tablas

<i>Tabla 1. Participantes en el proyecto del SGC convenio 034 bloque 03</i>	26
<i>Tabla 2. Vuelos digitalizados pertenecientes al municipio de Toledo en las planchas H14 y H15</i>	43
<i>Tabla 3. Fajas de vuelos realizados sobre el bloque 03</i>	48
<i>Tabla 4. Fajas de vuelo perteneciente a la zona de Toledo</i>	49
<i>Tabla 5. Movimientos en masa en cada una de las Veredas de Toledo</i>	56
<i>Tabla 6. Movimientos en masa en cada una de las Veredas de Toledo</i>	58
<i>Tabla 7. Códigos con sus correspondientes tipos de cobertura < metodología Corine Land Cover ></i>	64
<i>Tabla 8. Tipo de cobertura con su respectivo porcentaje de área ordenado de mayor a menor porcentaje</i>	65
<i>Tabla 9. Porcentaje de área por primer nivel de cobertura</i>	66
<i>Tabla 10. Áreas de movimiento en masa de Toledo</i>	68
<i>Tabla 11. Áreas con ausencia y presencia de movimientos en masa en cada tipo de cobertura</i>	69
<i>Tabla 12. Porcentajes de área donde hubo y no movimiento en masa</i>	70
<i>Tabla 13. Método estadístico de WoFE para susceptibilidad</i>	71
<i>Tabla 14. Wf ordenado de mayor a menor con porcentajes acumulados de cobertura y MM</i>	72

Tabla de Graficas

Grafica 1. Porcentajes de área de cobertura en Toledo 67

Grafica 2. Curva de éxito del método WoFE 74

Ecuaciones

<i>Ecuación 1: W+</i>	<i>Ecuación 2: W-</i>	36
-----------------------	-----------------------------	----

Tabla de anexos

<i>Anexo 1: Recolección de información para el tratamiento de datos de MM</i>	<i>86</i>
<i>Anexo 2: Usuario UP plataforma SIMMA código 41041</i>	<i>86</i>
<i>Anexo 3: Visualización de movimientos en masa desde la plataforma SIMMA</i>	<i>87</i>

Glosario

ArcGIS: “Es un completo sistema que permite recopilar, organizar, administrar, analizar, compartir y distribuir información geográfica. ArcGIS es utilizada por personas de todo el mundo para poner el conocimiento geográfico al servicio de los sectores del gobierno, la empresa, la ciencia, la educación y los medios. ArcGIS permite publicar la información geográfica para que esté accesible para cualquier usuario” (Esri, 2010).

Condicionantes: “Configuran la predisposición del terreno a la ocurrencia de movimientos en masa, considerándose intrínsecos o inherentes al área de estudio dado que prácticamente no varían en el tiempo” (SERVICIO GEOLOGICO COLOMBIANO (SGC), 2017).

Detonante: “Se consideran a los factores naturales que modifican las condiciones de estabilidad, estos tienen regularmente una frecuencia de ocurrencia que permite incluir el componente temporal en el análisis de amenaza se consideran los detonantes más comunes la lluvia y el sismo” (Turner, 1996).

Digitalización: “Consiste en la transformación de la información analógica, propia de la naturaleza en información digital apta para ser tratada. Existen diferentes formas de digitalizar información, generalmente depende del tipo de información. Por ejemplo, una fotografía en papel suele digitalizarse. El objetivo de la digitalización es mejorar el acceso a los materiales. Los materiales digitalizados pueden ser buscados a través de bases de datos en Internet” (EcuRed).

Georreferenciación: “Es ubicar una dirección dentro de un mapa digital, asociando al punto la coordenada y algunos datos sociodemográficos como el estrato, el barrio, la localidad, entre otros, es la técnica de posicionamiento espacial de una entidad en una localización geográfica única y bien definida en un sistema de coordenadas y datum específicos” (GEOBIS INTERNATIONAL, 2017).

Leyenda: “En el margen inferior izquierdo se sitúa la lista explicativa que define con detalle y sin lugar a equívoco todos los signos convencionales utilizados en el mapa. La leyenda se divide en tres columnas: [1] Lista de elementos lineales como carreteras, ferrocarriles, límites, construcciones. [2] Lista de símbolos puntuales (vértice geodésico, cementerio, castillo, pozo, mina.) [3] Lista de usos del suelo (monte arbolado, viña, olivar, regadío)” (SERVICIO GEOLOGICO COLOMBIANO (SGC), 2017).

Shapefile (SHP): “Es un formato sencillo y no topológico que se utiliza para almacenar la ubicación geométrica e información de atributos de las entidades geográficas. Las entidades geográficas de un shapefile se pueden representar por medio de puntos, líneas o polígonos. El espacio de trabajo que contiene shapefile también puede incluir tablas del dataBASE, que pueden almacenar atributos adicionales que se pueden vincular a las entidades de un shapefile” (Esri, 2010).

Susceptibilidad: “Es una medida cualitativa o cuantitativa de la magnitud y distribución espacial de movimientos en masa existentes o que potencialmente pueden ocurrir en un área. Su determinación se basa solamente en el análisis de factores intrínsecos o condicionantes y puede

también incluir una descripción de la velocidad e intensidad de los movimientos en masa existente o potencial” (SERVICIO GEOLOGICO COLOMBIANO (SGC), 2017).

Resumen

En el convenio 034 del bloque 03 entre la Universidad de Pamplona y el Servicio Geológico Colombiano se pide el apoyo en la actualización del mapa de amenaza por movimientos en masa en los municipios de Toledo Cubara y Chiscas con el fin de tener una base de información acerca de la susceptibilidad de la zona a sufrir estos acontecimientos que causan la pérdida tanto económica como social de una población, ya sean por causas naturales como la cobertura o cambio de esta como condicionante o incluso por detonantes lluvia o sismo. Es cierto que ya existe un mapa de zonificación de amenaza por movimientos en masa en el país a escala 1:100.000 pero se hace necesario la creación de un mapa de amenaza a escala 1:25.000 para mejorar la calidad de visualización de la zona que resulta ser un área de 1.479,41 Km² relativamente pequeña que en una escala mayor no se vería detalladamente.

Para la puesta en marcha del proyecto se toma en cuenta la guía metodológica para la zonificación de amenaza por movimientos en masa a escala 1:25.000 propuesto por el SGC que a su vez es el pionero en el proyecto que se lleva a cabo y que al ser finalizado podrá ser de gran utilidad para la actualización de distintas plataformas de información geográfica, SIMMA y así mismo para la actualización del EOT de cada municipio según sea el caso para la población interesada en este tipo de información que se encuentra en distintas plataformas virtuales. El desarrollo del proyecto se lleva a cabo mediante una serie de procesos de alistamiento de información que vendría siendo el principal paso para la zonificación ya que depende de esta información el avance de la interpretación y análisis tanto de la cobertura como de los movimientos en masa que en esta zona se presenta, además de realizar estas interpretaciones y

adicionales procesos de la información se tiene en cuenta el realizar un análisis estadístico para poder rectificar la información de susceptibilidad de la zona a sufrir movimientos en masa basados principalmente en el tipo de cobertura de la misma.

Al culminar el procedimiento establecido se puede concluir que Toledo es una zona propensa a sufrir distintos tipos de movimientos en masa como deslizamientos en mayor cantidad, debido a que en esta zona se presenta una gran cantidad de área de cobertura tipo 3 que corresponde a bosques y áreas seminaturales el porcentaje de movimientos en masa resulta ser menos significativo que otros tipos de cobertura como lo es el tipo 5 que representa superficies de agua, aunque en este es menor el movimiento en masa resulta ser más susceptible debido a la poca extensión en área dentro del municipio. Aunque se presentan una gran cantidad de movimientos en masa en Toledo se puede decir que es un porcentaje pequeño que hace que el suelo se haga más inestable así que resulta ser poco propenso a movimientos en consecuencia a la poca área removida y como resultado tiene baja susceptibilidad.

PALABRAS CLAVES: Deslizamiento, Movimientos en masa, Detonantes, Sismo, Lluvia, Condicionante, Cobertura, SIG, SIMMA, SGC, Morfodinámico.

Capítulo I Información General

1.1 Introducción

Los movimientos en masa generan grandes pérdidas tanto a la población humana como a la flora y fauna, de un determinado lugar ya que a ser un fenómeno tan incontrolable y de gran magnitud no resulta fácil su recuperación o la limitación de pérdidas en vida, es allí donde se establece la importancia de conocer cuáles son los lugares que son más susceptibles a sufrir estos fenómenos naturales o que también pueden ser causados por el hombre tanto por la deforestación y el realizar arbitrariamente el cambio en la cobertura que al transcurrir el tiempo causa daños que son irremediables por lo tanto, se considera como un punto clave el contar con factores que prevean estos acontecimientos y ayude a conservar la integridad de las personas. Para tal fin se considera la implementación de mapas de zonificación de amenaza por movimientos en masa que facilitan a la población identificar las zonas que son aptas para su asentamiento y concurrir cotidiano, lo que limitaría la invasión territorial y masificación agrícola.

De ese modo al conocer las leyes que rigen el manejo y disposición del territorio y con la ayuda de la guía metodológica para zonificación de amenaza por movimientos en masa a escala 1:100.000 desarrollada por el Servicio Geológico Colombiano se procede a la asistencia técnica de un nuevo proyecto basado en el anterior a una escala más detallada (1:25.000) que permite conocer con más complementos la zona de estudio del bloque 03 (Toledo, Cubara y chiscas) que resultan ser de un área de cobertura relativamente pequeña y que es su desarrollo económico

predomina la producción agrícola y pecuaria cabe mencionar que en su área se sitúan dos importantes parques naturales nacionales que son el Tama y el Cocuy.

Como en el municipio de Toledo específicamente se nota la existencia de un recinto tan importante, resalta la necesidad de que esta población conozca a cabalidad su territorio y cohíba la imprudencia de invadir un hábitat natural para su expansión social o económica ya que debe prevalecer la cultura de preservación de la flora y la fauna nativa del lugar para que no exista alguna pérdida de la biodiversidad del mismo, además de que es imprescindible que estas personas logren situar su comunidad o evitar expandir a zonas de alto riesgo y que a su vez cuente con un sistema de gestión de riesgo que limite las pérdidas en caso de catástrofes naturales.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo General

Asistir técnicamente el proyecto SGC-Bloque 03 Convenio 034 en el municipio de Toledo, Norte de Santander para el análisis de la cobertura como condicionante de movimientos en masa.

1.2.2 Objetivos Específicos

Realizar el alistamiento de insumos para los expertos en cobertura, geología y geomorfología.

Participar en la elaboración del inventario de procesos morfodinámicos para el análisis estadístico de la influencia de la cobertura, presente en la zona con respecto a la amenaza por movimientos en masa.

Digitalizar la interpretación análoga realizada por los miembros del equipo de trabajo utilizando la metodología Corine Land Cover.

Determinar la zona más propensa a sufrir movimientos en masa a partir de la relación que hay con el tipo de cobertura presente en la zona.

Exportar los datos obtenidos basados en la guía metodológica para la zonificación de amenaza por movimientos en masa escala 1:25.000 del SGC hacia la plataforma del sistema de información de movimientos en masa (SIMMA).

1.3 Definición del Problema

Colombia está ubicada en la esquina noroccidental de Suramérica confluencia de tres placas tectónicas a) Placa Suramericana, b) Placa Nazca, y c) Placa Caribe (SERVICIO GEOLOGICO COLOMBIANO (SGC), 2017), por ser un lugar con fallas de placa tectónicas y al estar ubicado en zona tropical, en sus épocas de invierno se caracteriza por las abundantes precipitaciones que a su vez causan deslizamientos y otras adversidades de gran riesgo para la población; en la zona de estudio específicamente se presenta una problemática a partir de los movimientos en masa que están condicionados entre otras razones por el cambio de la cobertura de la tierra y los posibles detonantes o causas que lo han llegado a generar, Toledo es un municipio que se caracteriza por tener una temperatura baja que oscila entre los (14-22°C) y precipitaciones de 127 mm anuales además este es un sitio con gran potencial en agricultura debido a que “el 6,5% del departamento Norte de Santander (141.100 hectáreas) alberga suelos netamente productivos, pero resulta desalentador que estos suelos sufren por la sobrecarga de cultivos y ganado o son lotes baldíos donde se desaprovecha su potencial agropecuario y lo hace propenso a deslizamientos e inestabilidad del suelo” (IGAC, 2020). Sumado a lo anterior la zona no cuenta con un sistema de gestión de riesgo que facilite a la población identificar cuáles son los sitios donde se podrían presentar movimiento en masa tanto por detonantes pluviales como sísmicos o causados por la misma población.

1.4 Justificación

Partiendo de la importancia de la gestión de riesgo, la actualización del EOT y la constante amenaza a la que se ve expuesto el municipio de Toledo en Norte de Santander debido a que hay muchos factores condicionantes antrópicos en el cambio de uso de suelo a lo largo de los años. Además se presentan en la zona los factores detonantes sísmicos debido a su altitud es un lugar de bajas temperaturas que da espacio a las abundantes precipitaciones que lo hacen propenso a la amenaza de movimientos y deslizamientos, por lo cual es necesario contar con dicho mapa que facilite a los habitantes conocer los sitios más vulnerables y de esta manera evitar tragedias como las que se han presentado en el pasado y que por no contar con un sistema de gestión de riesgo no se han podido evitar. El servicio geológico en cooperación con la universidad de Pamplona se plantea el reto de la elaboración de los insumos para el mapa de zonificación de amenaza por movimientos en masa en esta zona lo que resulta ser de gran apoyo a la misma población y a los dirigentes que con base a este tendría la facilidad de crear un sistema de gestión de riesgo conjunto a la actualización del esquema de desarrollo territorial que sea amena a la localidad es decir que todos puedan acceder a él muy fácilmente y que sea la misma población la que cree conciencia de su entorno.

Capítulo II Marco Teórico y Estado del Arte

2.1 Marco Contextual

2.1.1 Descripción

El municipio de Toledo en Norte de Santander fue fundada en 19 de agosto de 1796. Se dice que los primitivos pobladores descendían de los Chitareros, quienes a su vez eran descendientes de los chibchas. Como un reducto de los primitivos pobladores, se tienen hoy a los tunebos o U'was, quienes se localizan en la zona conocida como Santa Librada, Sararító, Samoré, El Chuscal y algunas regiones vecinas de Arauca y Boyacá. Los conquistadores dominaron sin mayor resistencia a los primitivos indígenas, que huyendo, habían llegado a estos valles donde se conformaban con proveerse de los alimentos, que en esencia consistían el maíz, yuca, batata y varias frutas silvestres, cazaban venados y otros animales monteses cuya carne era muy apreciada (SANCHEZ DE ROZO & HERMANDEZ S, 1986).

Toledo presenta una temperatura media 19 °C lo que favorece a la producción agrícola de café, caña panelera, cítricos, plátano, morón, frijol, maíz. En cuanto a las producciones pecuarias como los bovinos, caballar, porcinas y aves de corral el lugar es bastante adecuado para su producción y comercio, el municipio recibe otros ingresos económicos que dependen de regalías petroleras (Alcaldía de Cúcuta).

Entre los sitios turísticos con los que cuenta el municipio se encuentra la Capilla del Santo Cristo Iglesia parroquial, Parque Nacional Natural el Tamá, la Plaza de toros y Centro recreacional los pinos. En donde el parque Nacional Natural El Tamá, tiene todos los pisos térmicos y una variada gama de especies en su fauna y flora, así como hermosas vistas paisajísticas. Dentro de este

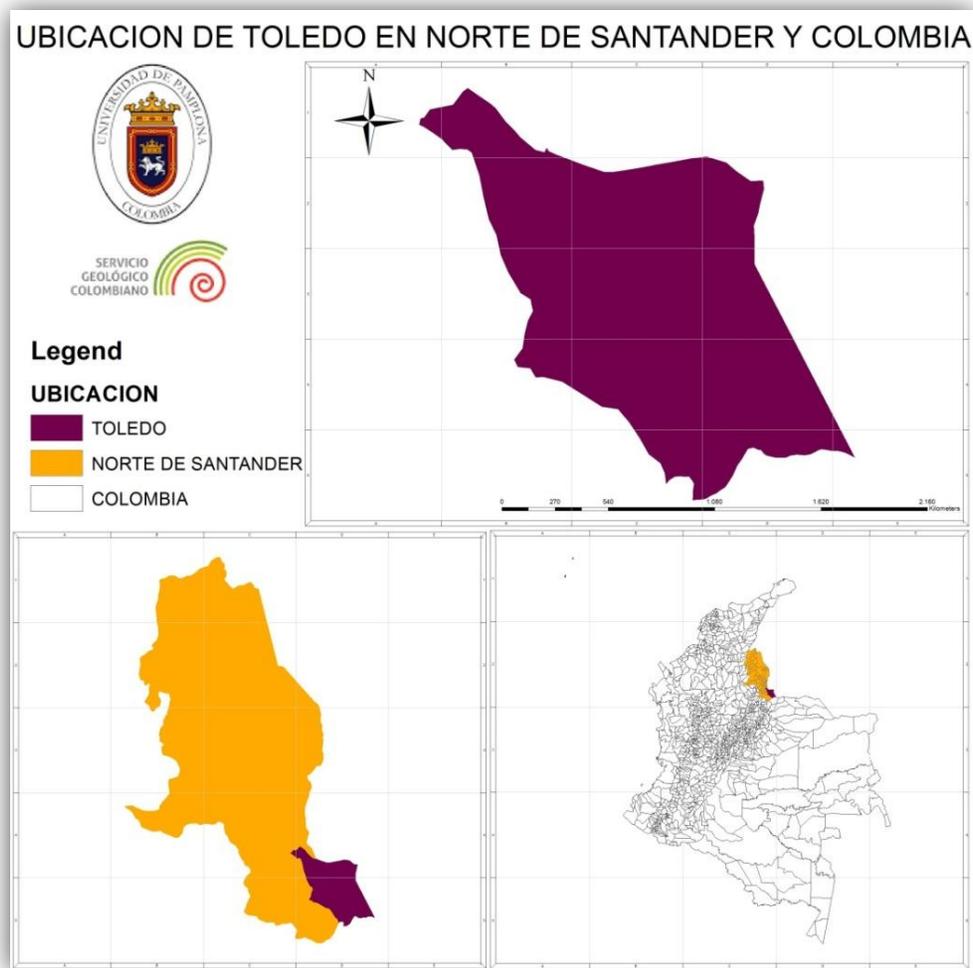
parque, señala la historia, se encuentra la cascada La Segueta, que con más de 800 metros de caída libre sería la más alta de Colombia y segunda del mundo detrás del famoso [Salto del Ángel] en Venezuela. Sin embargo acceder al lugar es todavía muy difícil, por lo abrupto del terreno en plena selva del lugar. Además el municipio cuenta con aguas termales en la vereda Tapatá, un sitio aún por descubrir pero que con adecuaciones necesarias de movilidad y hospedaje podría ser interesante punto de encuentro y referencia de viajeros (<https://es.wikipedia.org>, 17)

Es un excelente destino para los amantes de la naturaleza ya que se puede disfrutar de un clima agradable con un preciso ecoturismo en una naturaleza limpia y esplendorosa sumado a la gracia el parque natural el Tama que ofrece gran cantidad de especies animales y vegetales que realzan la belleza de la vista colonial de la infraestructura con la que cuenta el municipio.

2.1.2 Ubicación geográfica

“Toledo es un municipio que cuenta con un área de 1486,00 km² y se encuentra Localizado a 117 km de la capital del departamento Norte de Santander a una altura de 1 692 msnm con latitud: 7° 19' 1" Norte y Longitud: 72° 28' 59" Oeste. El municipio de Toledo limita al norte: República Venezuela y municipio Herrán, sur: Departamento Boyacá y municipio Chitagá. Oriente: República Venezuela, occidente: Chinácota, Labateca y Pamplonita” (Alcaldía de Cúcuta). En la figura 1 se muestra la ubicación del departamento Norte de Santander así como la localización de la zona de estudio Toledo.

Figura 1. Ubicación del municipio de Toledo Norte de Santander.



Fuente: Villamizar, D (2020)

2.1.3 Población

Según el censo realizado en 2005 Toledo cuenta con una población de 17.272 habitantes (DANE, 2005), de los cuales en la cabecera municipal se encontraba el 24,9 % de la población total y el resto de ella en sus alrededores además se entiende que la población es una donde

predomina el género masculino con un 51,6 % y el resto perteneciente a las mujeres. Es de lamentar que el 10,3 % de la población menor de 15 años y el 10,6 % de la población mayor de 16 años es analfabeta sin contar que casi el 73 % de la educación es brindada en las instituciones de cabecera y el 55 % en el resto del municipio como instituciones educativas formales lo que lleva a un 60 % de la población que dispone de educación primaria, secundaria y profesional (DANE, 2010).

2.2 Antecedentes

A nivel global la predicción de movimientos en masa es posiblemente el objetivo principal en la investigación relacionada con este fenómeno. Para reducir las víctimas humanas y las pérdidas económicas debidas a daños en las propiedades, toma una gran relevancia la predicción tanto espacial como temporal. Para esto inicialmente se puede determinar la ubicación del talud inestable para luego descifrar el momento en qué ocurrirá el movimiento en masa. Debido a la complejidad de este fenómeno su predicción es actualmente un problema en todo el mundo (Li&li 2012) (MARIN, 2017).

En Guatemala en la cuenca del alto Utiatlán la mayoría de movimientos de la ladera se genera a causa de la saturación del suelo por las épocas lluviosas debido a las características fisiológicas de la cuenca así como sus condiciones climáticas que registran altos acumulados de lluvia, frecuentes tormentas, depresiones tropicales y huracanes (los más frecuentes Mitch en 1998, Stan en 2005 y Ágatha en 2010). Los deslizamientos constituyen un fenómeno natural recurrente en el área a tener en cuenta en el momento de realizar cualquier actividad antrópica o de manejo ambiental. En el informe se desarrolla la metodología seguida para la realización de los mapas de

susceptibilidad a movimientos de Ladera a escala 1:25.000 de la Cuenca del lago Atitlán elaborados por geólogos del mundo en colaboración con la asociación vivamos mejor (AVM), dentro del marco del proyecto GARICLA (gestión ambiental y de riesgo en la Cuenca del lago Atitlán) financiado por la agencia española de cooperación internacional (AECID). La propuesta nace a partir de dos puntos clave por un lado la necesidad de estudios técnicos en la gestión de riesgo y por otro la experiencia de geólogos del mundo en gestión del riesgo en Centroamérica (GEOLOGOS DEL MUNDO (GM), 2017).

En Colombia se han presentado diferentes catástrofes naturales que cobraron la vida de cientos de personas debido a la mala gestión que sus gobernantes y algunos habitantes que no toman conciencia de la zona donde se encuentran o que simplemente no conocen lo que allí sucede, ya que Colombia se caracteriza por “tener una gran diversidad de accidentes geográficos donde se resalta la presencia de cadenas montañosas, que definen las características geomorfológicas del país. Estas condiciones topográficas son el primer factor natural del territorio para que se presenten movimientos en masa” (instituto distrital de gestion del riesgo y cambio climatico, 2020). “Para tener mayor precisión El IDEAM, en cumplimiento de sus funciones, realiza el seguimiento y monitoreo en tiempo real de las condiciones ambientales en el territorio nacional, realiza actividades de pronóstico, seguimiento y el inventario nacional de los eventos naturales dañinos, para lo cual toma información propia y se apoya en la del Sistema Nacional para la Atención y Prevención de Desastres” (IDEAM, 2000). “Como es el caso del fenómeno de La Niña 2010-2011 uno de los eventos que generó mayor afectación en todos los sectores productivos. Este evento causó en los sectores de vivienda, infraestructura de transporte y agricultura las mayores pérdidas, por ocurrencia de inundaciones en las zonas planas y

movimientos en masa en las zonas de ladera, afectando más del 90 % de los municipios del país” (SERVICIO GEOLOGICO COLOMBIANO (SGC), 2017).

“En el SGC se tienen reportes de deslizamientos que han afectado el municipio de Toledo y se han realizado estudios de cartografía Geológica plasmados en la Plancha 111. Este municipio se ubica sobre rocas de la Formación Carbonera conformada por rocas de tipo lodolita intercaladas con capas de arenisca lodosa y algunas capas de carbón que la hace susceptible a deslizamiento y derrumbe” (MARTIN CASTRO, 2014).

Otro gran estudio que involucra al servicio geológico colombiano (SGC) es la guía metodológica para la zonificación de amenaza por movimientos en masa a escala 1:100.000 donde se explica detalladamente los procesos que se llevan a cabo para una correcta zonificación y que además cita en ella a diferentes autores y sus metodologías para los procesos que se desarrollan en su contenido.

Existen diferentes propuestas metodológicas y herramientas para el estudio de amenaza por movimientos en masa, cuyo nivel de complejidad y necesidad de información varía dependiendo de las características geológicas y ambientales del territorio, la escala de trabajo, la disponibilidad de información e incluso las capacidades técnicas y económicas de que se disponga. Bajo este panorama, se vislumbra la necesidad de contar con herramientas técnicas que permitan armonizar el estado del conocimiento en la temática con la normatividad vigente, razón por la cual el SGC se complace en presentar esta publicación, en la que, reconociendo el esfuerzo y aporte que otras instituciones han realizado, se presenta una base conceptual y aplicada que permite definir criterios de calidad, uniformidad y objetividad, tanto para la elaboración como para la supervisión de

estudios de amenaza por movimientos en masa a escala 1:25.000 (SERVICIO GEOLOGICO COLOMBIANO (SGC), 2017).

2.3 Marco Teórico

El ser humano a través de la historia se ha visto en la necesidad de ocupar espacios naturales y acomodar el hábitat a sus actividades cotidianas las cuales han causado cambios en la cobertura del suelo por siembra de cultivos, tala, minería y otros usos del medio. Estas actividades antrópicas han sido condicionantes junto con la geología, geomorfología en la generación de movimientos en masa los cuales atentan en la seguridad y calidad de vida de los habitantes ya que al momento de presentarse altas precipitaciones o sismos facilita que el terreno ceda ante estos detonantes y se produzca un movimiento en masa.

Los movimientos en masa pueden ser clasificados por características morfológicas y las condiciones que los detonan. Ahora bien, un deslizamiento se distingue por la existencia de un plano en el que se produce, por efecto de la gravedad, el movimiento de una masa de roca, escombros o suelo en dirección de la pendiente. Entonces, a fin de ser identificados y analizados pueden ser catalogados en función de las condiciones que los inducen o detonan en: flujos, caídas, volcamientos, propagaciones y deslizamientos. Según la clasificación propuesta por (Varnes, 1978) (MONCADA ROJAS, 2014).

Para la detección de movimientos en masa con imágenes satelitales Mantovani et al (1996) desglosan en términos semánticos la palabra detección en dos aspectos: clasificar y detectar. Para esto argumentan que, la primera solo es posible para datos que permitan aproximaciones morfométricas del evento; escarpe, depósito, área de remoción, entre otros, alcances que son

propios de imágenes con alta resolución espacial. Por otro lado, la detección, es favorecida por el contraste del área removida con la superficie adyacente, lo que hace posible detectar deslizamientos con diferentes formas y características espectrales. Esta condición se da para imágenes satelitales con baja resolución espacial (MONCADA ROJAS, 2014).

“La vegetación es un condicionante que afecta directamente en la amenaza de movimientos en masa, la susceptibilidad a los flujos de detritos en los valles interandinos de Colombia, Perú, Ecuador y Bolivia, inclusive en zonas con muy pocas lluvias, pero con suelos desnudos o con poca vegetación como las vertientes del altiplano en Bolivia y del Pacífico de los Andes en Perú” (SEPULVEDA, PATIÑO FRANCO, & RODRIGUEZ PINEDA, 2016).

Debido a las condiciones favorables que proporciona la presencia de cubierta vegetal, algunos tipos de movimientos en masa se asocian, por lo general, a áreas donde hay intervención en la misma. La intervención en la cobertura afecta los procesos de infiltración del suelo y la evapotranspiración, así como la capacidad de las raíces de arraigarse al suelo, disminuyendo con esto la estabilidad de taludes e incrementando el riesgo de deslizamientos. Sin embargo se debe tener en cuenta que la cantidad de flora presente en la zona y la sobrecarga del suelo también generan conflicto debido que se supera el límite de resistencia del suelo y con el peso del mismo se hace incrementar la posibilidad de generarse un movimiento en masa con el más mínimo detonante (PINEDA, MARTINEZ CASASNOVAS, & VILORIA, 2016).

Ya que el tipo de vegetación tanto en el talud como en el área arriba del talud es un parámetro importante para su estabilidad. La vegetación cumple dos funciones principales: en primer lugar tiende a determinar el contenido de agua en la superficie y además da consistencia por el entramado mecánico de sus raíces. Como controlador de infiltraciones tiene efecto directo sobre

el régimen de aguas subterráneas y actúa posteriormente como secador del suelo al tomar el agua que requiere para vivir. La quema de la vegetación aumenta la inestabilidad de los taludes, especialmente si esto ocurre en áreas de coluviones en los cuales la vegetación ejerce un papel preponderante en la estabilidad, especialmente por la eliminación del refuerzo de las raíces y por la exposición a la erosión acelerada (SUAREZ).

Como se ha venido estableciendo la cobertura como un factor que influye directamente en los movimientos en masa se tiene en cuenta conocer la susceptibilidad de la zona mediante procesos estadísticos que verifiquen mediante correlación de datos la información pertinente en determinada zona de estudio.

Se pretende usar el método estadístico bivariado Weight of Evidence de pesos de evidencia (WoFE) para la evaluación de la relación entre el espacio, la distribución de las zonas afectadas por deslizamientos de tierra y la distribución de los factores condicionantes que causan los deslizamientos (Chen. et, al. 2016) (CORTEZ SALAZAR & GRAJALES RUIZ, 2018). “El cual se basa en teoría de probabilidad bayesiana para determinar la posibilidad de ocurrencia de un movimiento en masa dado que existen unos factores condicionantes. Una vez obtenida la susceptibilidad del terreno debe ser representada cartográficamente en cuatro clases o categorías (baja, media, alta y muy alta)” (SERVICIO GEOLOGICO COLOMBIANO (SGC), 2017).

2.4 Marco Conceptual

“La zonificación es la división del territorio en áreas o dominios homogéneos y su categoría de acuerdo al nivel de susceptibilidad, amenaza o riesgo actual o potencial”

(SERVICIO GEOLOGICO COLOMBIANO (SGC), 2017), “así mismo es un instrumento que permite plasmar de una manera visual el uso actual de los recursos, y posteriormente, planificar un uso, de acuerdo con las características del terreno que se aprovecha, para el uso sostenible de los recursos y conservación de los ecosistemas” (Becerra, 2002).

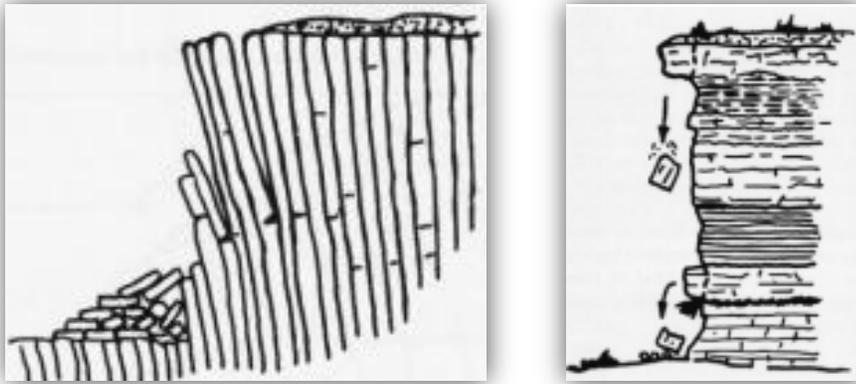
De tal manera que “se encuentre libre de amenaza que es un evento físico o condición peligrosa de origen natural, o causado, o inducido por la acción humana de manera accidental, capaz de causar pérdida de vidas, lesiones u otros impactos en la salud, así como también daños y pérdidas en los bienes, la infraestructura, los medios de sustento, la prestación de servicios y los recursos ambientales” (SERVICIO GEOLOGICO COLOMBIANO (SGC), 2017).

“Un movimiento en masa equivale a definiciones como procesos de remoción en masa, fenómenos de remoción en masa o fallas de taludes y laderas. En si es el proceso geomorfológico por el cual el suelo, regolito y la roca se mueven cuesta abajo por la fuerza de la gravedad, entre los tipos de remoción de masa incluyen fluencia, deslizamientos, flujos y caídas, cada uno con sus propias características, y que tiene lugar en escalas de tiempo de segundos a años” (SERVICIO GEOLOGICO COLOMBIANO (SGC), 2017).

“Desprendimientos: Se originan por el despegue de una masa del suelo o roca de una pared empinada o acantilado y posterior descenso mediante caída libre, a través del aire, y rebote o rodadura final. La rotura tiene lugar por mecanismos de deslizamiento o vuelco de pequeña envergadura que proporcionan a la masa despegada una velocidad inicial en el momento de caída

libre. El movimiento es de muy rápido a extremadamente rápido” (Escobar & Duque Escobar, 2016).

Figura 2. Desprendimiento de roca (vuelco por flexion y caída.

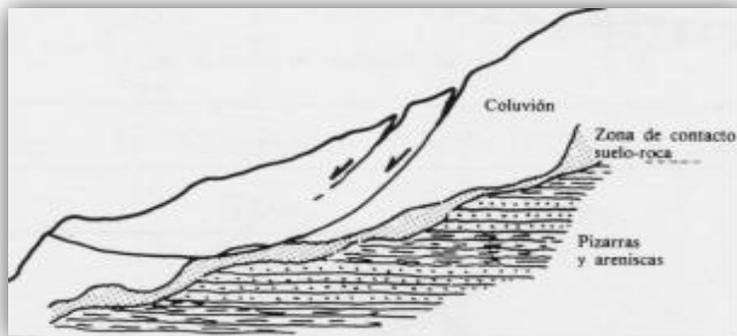


Fuente: tomado del manual de ingeniería de taludes pag 12 y 15

Deslizamientos: El terreno en movimiento experimenta un giro a lo largo de una superficie de rotura curvilínea y cóncava, y según un eje situado por encima del centro de gravedad de la masa deslizada. El material de cabecera queda con una inclinación contra ladera, generando depresiones donde se acumula el agua e induciendo nuevas reactivaciones. En el pie, por el contrario, se presentan abombamientos o levantamientos del material con una superficie convexa. Este tipo de deslizamientos suele producirse en suelos cohesivos homogéneos y en macizos intensamente diaclasados. En materiales arcillosos y, sobretodo, si hay presencia de agua, la parte baja deslizante puede evolucionar hacia un deslizamiento de tierras. Los deslizamientos en los que la masa desplazada se trocea en su movimiento y resulta una acumulación caótica de bloques se denomina corrimiento y cuando la rotura por cizalla se

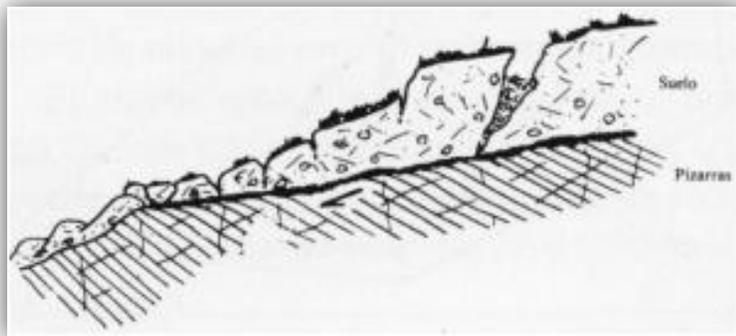
produce en suelos no cohesivos con partículas gruesas se llama deslizamiento de derrubios (Escobar & Duque Escobar, 2016)

Figura 3. Deslizamiento rotacional



Fuente: tomado del manual de ingeniería de taludes pag 18

Figura 4. Deslizamiento traslacional

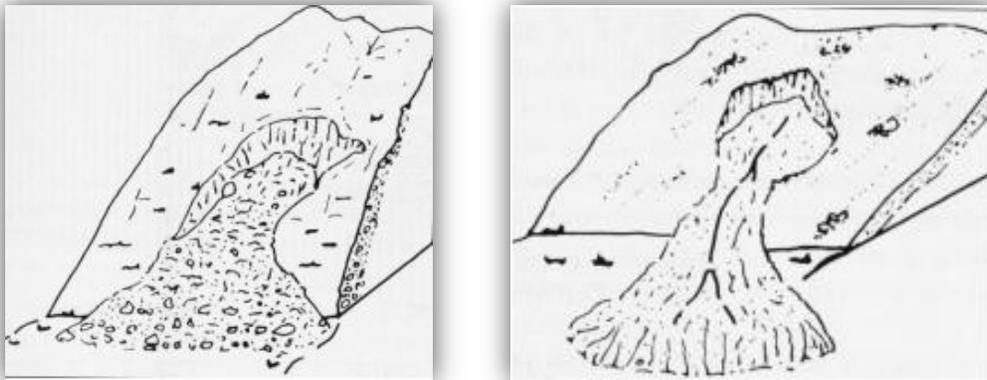


Fuente: tomado del manual de ingeniería de taludes pag 18

Flujos de tierras: Involucran materiales predominantemente finos, y por su carácter más viscoso, son más lentos que los anteriores. Estos procesos presentan por lo general tres rasgos característicos morfológicos: una zona de alimentación en la parte superior, correspondiente a la

zona denudada que aporta la mayor parte de los materiales desplazados, como consecuencia de desprendimientos u otros movimientos; el canal, correspondiente a la zona deprimida a lo largo de la cual se desplaza el material y el cono de deyección. El canal y el cono pueden estar separados por un cuello angosto. A lo largo de las carreteras es común encontrar estas expresiones, algunas de las cuales se asemejan mucho a un reloj de arena. Los flujos de tierras pueden convertirse en flujos de lodos, por mayor contenido de humedad, movimientos estos últimos extremadamente rápidos (Escobar & Duque Escobar, 2016).

Figura 5. Avalancha y flujo de tierra



Fuente: tomado del manual de ingeniería de taludes pag 23

La cubierta viva o inerte aporta una gran capacidad protectora sobre el suelo, al actuar como una capa de revestimiento que evita que las gotas de lluvia impacten directamente contra la superficie desnuda del mismo. Al frenar el impacto, se evita la erosión física que éste provoca y, por tanto, se previene la pérdida de suelo, uno de los problemas más acuciantes de la agricultura en ambientes mediterráneos. Pero además, la cobertura del suelo, supone una barrera física para la escorrentía en zonas con pendiente. De esta forma se evita la pérdida de suelo originada por la

erosión que ocasionaría el agua que correría en superficie, cuya acción provocaría regueros y cárcavas (CLIMAGRI, 2014).

Figura 6. Cobertura vegetal



Fuente: Climagri

“El uso del suelo abarca la gestión y modificación del medio ambiente natural para convertirlo en terreno agrícola: campos cultivables, pastizales; o asentamientos humanos. El término uso del suelo también se utiliza para referirse a los distintos usos del terreno en zonificaciones. El uso de una cobertura vegetal es una práctica que permite al agricultor proteger el suelo, así como conseguir un aporte de nutrientes al mismo” (CLIMAGRI, 2014).

“De acuerdo con (Glade, 2003) La intervención en la cobertura afecta los procesos de infiltración del suelo y la evapotranspiración, así como la capacidad de las raíces de arraigarse al suelo, disminuyendo con esto la estabilidad de taludes e incrementando el riesgo de

deslizamientos. De hecho, en terrenos con cobertura vegetal nativa (boscosa o de uso forestal) tienden a ocurrir menos deslizamientos, debido al efecto protector de la vegetación” (PINEDA, MARTINEZ CASASNOVAS, & VILORIA, 2016). Sin embargo, otros autores señalan que “la presencia de cobertura vegetal contribuye a la susceptibilidad a los deslizamientos (D’Amato Avanzi et al., 2004)” (PINEDA, MARTINEZ CASASNOVAS, & VILORIA, 2016).

Una manera de percibir esta interacción y conocer con certeza lo susceptible que esta vuelve al suelo es mediante métodos estadísticos como lo es “La estadística descriptiva que es la rama de la estadística que recolecta, analiza y caracteriza un conjunto de datos (peso de la población, beneficios diarios de una empresa, temperatura mensual,...) con el objetivo de describir las características y comportamientos de este conjunto mediante medidas de resumen, tablas o gráficos” (UNIVERSO FORMULAS, 2019).

Además de conseguir un resumen descriptivo de los datos se utiliza un análisis de hipótesis para sacar conclusiones de la correlación de las variables y la influencia mediante una base matemática.

2.5 Marco Legal

El Gobierno Nacional ha impulsado la expedición de políticas y estrategias de gestión orientadas a establecer consideraciones técnicas a tener en cuenta para la ejecución de estos estudios

Ley 388 de 1997:

“Ley de Desarrollo Territorial” Dicha ley define el Ordenamiento Territorial como: “un conjunto de acciones político-administrativas y de planificación física concertadas, en orden a disponer de instrumentos eficientes para orientar el desarrollo del territorio bajo su jurisdicción y regular la utilización, transformación y ocupación del espacio, de acuerdo con las estrategias de desarrollo socioeconómico y en armonía con el medio ambiente y las tradiciones históricas y culturales.”(Artículo 5, ley 388 de 1997).

Y define el Plan de ordenamiento territorial como: “el conjunto de objetivos, directrices, políticas, estrategias, metas, programas, actuaciones y normas adoptadas para orientar y administrar el desarrollo físico del territorio y la utilización del suelo”. (Artículo 9, ley 388 de 1997).

Ley 1523 de 2012:

Por la cual se adopta la política nacional de gestión del riesgo de desastres y se establece el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres y se dictan otras disposiciones.

ARTÍCULO 1°. DE LA GESTIÓN DEL RIESGO DE DESASTRES. La gestión del riesgo de desastres, en adelante la gestión del riesgo, es un proceso social orientado a la formulación, ejecución, seguimiento y evaluación de políticas, estrategias, planes, programas, regulaciones, instrumentos, medidas y acciones permanentes para el conocimiento y la reducción

del riesgo y para el manejo de desastres, con el propósito explícito de contribuir a la seguridad, el bienestar, la calidad de vida de las personas y al desarrollo sostenible.

Decreto 1640 de 2012:

Por medio del cual se reglamentan los instrumentos para la planificación, ordenación y manejo de las cuencas hidrográficas y acuíferos, y se dictan otras disposiciones.

Considera que es deber del Estado proteger la diversidad e integridad del ambiente, conservar las áreas de especial importancia ecológica y fomentar la educación para el logro de estos fines"

Decreto 1807 de 2014:

Por el cual se reglamenta el artículo 189 del Decreto-ley 019 de 2012 en lo relativo a la incorporación de la gestión del riesgo en los planes de ordenamiento territorial y se dictan otras disposiciones.

Artículo 2°. Estudios técnicos para la incorporación de la gestión del riesgo en la planificación territorial. Teniendo en cuenta el principio de gradualidad de que trata la Ley 1523 de 2012, se deben realizar los estudios básicos para la revisión de los contenidos de mediano y largo plazo de los planes de ordenamiento territorial o la expedición de nuevos planes y en su ejecución se deben realizar los estudios detallados.

Delimitación, consiste en la identificación del límite de un área determinada, mediante un polígono. Debe realizarse bajo el sistema de coordenadas oficial definido por la autoridad cartográfica nacional y su precisión estará dada en función de la escala de trabajo.

Zonificación, es la representación cartográfica de áreas con características homogéneas. Debe realizarse bajo el sistema de coordenadas oficial definido por la autoridad cartográfica nacional y su precisión estará dada en función de la escala de trabajo.

Decreto 1077 de 2015:

El Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio tendrá como objetivo primordial lograr, en el marco de la ley y sus competencias, formular, adoptar, dirigir, coordinar y ejecutar la política pública, planes y proyectos en materia del desarrollo territorial y urbano planificado del país, la consolidación del sistema de ciudades, con patrones de uso eficiente y sostenible del suelo, teniendo en cuenta las condiciones de acceso y financiación de vivienda, y de prestación de los servicios públicos de agua potable y saneamiento básico.

Decreto 1076 de 2005

ART. 2.2.3.2.13.17. Emergencia ambiental y facultades. En caso de emergencia ambiental producida por inundaciones, deslizamientos de márgenes u otras catástrofes naturales relacionadas con las aguas o sus cauces o cuando existiere peligro inminente, la autoridad ambiental competente podrá declararla.

Decreto ley 2811 de 1974

Artículo 311 Áreas de manejo especial: Podrán crearse áreas de recreación urbanas y rurales principalmente destinadas a la recreación y a las actividades deportivas.

Norma Complementaria

Conservar las coberturas boscosas en zonas con riesgo de remoción en masa, licuefacción, inundación o deslizamientos.

Resolución 1312 de 2016

5.1.2. Geomorfología.

El levantamiento geomorfológico con énfasis en la localización de los procesos de inestabilidad se debe trabajar y presentar sobre la base topográfica del EIA. En caso de existir fotografías aéreas detalladas (escala 1:10.000 o más detallada) deben ser estas las imágenes a utilizar.

Cartografía de procesos de remoción en masa activos y latentes (caídas, deslizamientos, flujos) y su relación con el proyecto. Estos procesos deben ser insumo de la zonificación de amenaza por remoción en masa.

Con la anterior información se deben elaborar los siguientes mapas:

De pendientes.

De procesos morfodinámicos.

De unidades geomorfológicas con énfasis en la morfogénesis y la morfodinámica.

De susceptibilidad por la ocurrencia de procesos erosivos y de susceptibilidad ante procesos de remoción en masa.

Capítulo III Metodología

“Como aporte a los procesos de conocimiento del territorio colombiano, se ha elaborado la presente guía para estudios de amenaza por movimientos en masa a escala 1:25.000, aplicable en el suelo rural (Ley 388 de 1997), como apoyo a la incorporación de la gestión del riesgo en los planes de ordenamiento territorial de los municipios” (SERVICIO GEOLOGICO COLOMBIANO (SGC), 2017).

Para cumplir con el objetivo presentado en el proyecto se implementa la metodología propuesta por el servicio geológico colombiano. Donde se mencionan “los factores naturales que modifican las condiciones de estabilidad y se consideran los detonantes más comunes como la lluvia y el sismo. Estos tienen regularmente una frecuencia de ocurrencia que permite incluir el componente temporal en el análisis de amenaza, junto con la definición de escenarios de análisis” (Turner, 1996).

los integrantes del equipo de trabajo que hacen posible la puesta en marcha del proyecto se encuentran mencionados en la tabla 1.

Tabla 1. Participantes en el proyecto del SGC convenio 034 bloque 03

Manuel Antonio Cotreras M.		Supervisor Convenio	
Julio Isaac Maldonado		Director De Proyecto	
Domingo Mendivelso Lopez		Coordinador De Proyecto	
GRUPO 1 MUNICIPIO DE TOLEDO-NORTE DE SANTANDER		GRUPO 3 MUNICIPIO DE CHISCAS-BOYACA	
Carlos del Real	Geologo Experto	Omar Yesid Leiva	Geologo Experto
Jaun Sebastian Saavedra	Geologo Junior	Giovany Cuervo S.	Geologo Experto

Eduwards Jhonatan Estepa	Geologo Junior	Jesus David Gomez	Geologo Experto
Viviana Katherine Rozo	Profesionales Junior 2 (Ing,Ambiental)	Lizeth Paola Lievano Galvis	Geologo Junior
GRUPO 2 MUNICIPIO DE CUBARÁ-BOYACA		Lisbeth Dayana Villamizar Diaz	Ingeniera Ambiental (pasante)
Victor Villamizar	Geologo Experto	GRUPO COMBERTURA Y USO DEL SUELO	
Nicolas Mauricio Serrano	Geologo Junior	Alberto Enrique Vargas	Conbertura
Alfredo Pinzon Briceño	Geologo Junior	Alba Liliana Gualdron	Conbertura
Francis Velandia	Profesional Junior 2 (Ing. Ambiental)	Eddy Alexander Ramirez Diaz	Ingeniera Ambiental (pasante)
Andrea Katherine Vargas	Ing.Ambiental (pasante)	GRUPO ESTRUCTURAL	
GRUPO GEOMÁTICO		Guillerrmo Alberto Camargo	Geoestructural
Claudia Ximena Ospina Torres	Geomáticco 1	Hernana Gomez Mejia	Asesor fotointerpretacion
Hermes Esquivel	Geomáticco 2	Janer Cantilo Romero	Geomatico 3
LLUVIA Y SISMOS		PASANTES DE APOYO -PAMPLONA	
Enif Medina Bello	Hidrólogo	Juan Vega (Ing ambiental)	Ingeniera Ambiental (pasante)
Edwin Alexander Barragán	Geotecnista y sismología	Walter Oviedo (Ing Ambiental)	Ingeniera Ambiental (pasante)
GRUPO SOCIAL		Angelica Perez (Ing Ambiental)	Ingeniera Ambiental (pasante)
Claudia Patricia Posada	Psicóloga	Yamile Rojas (Ing Ambiental)	Ingeniera Ambiental (pasante)

Fuente: Villamizar, D (2020)

El análisis del inventario de procesos morfodinámicos debe permitir plantear las hipótesis sobre las zonas más o menos propensas a la inestabilidad (susceptibles), las cuales serán comprobadas y validadas a partir de estadística bivariada y criterios de experto.

Para el apoyo de la interpretación se usa la metodología de clasificación de Corine Land Cover, la cual permite identificar cada tipo de cobertura que existe en la zona, encaminado a la influencia de dicho tipos de cobertura en la presencia o desarrollo de movimientos en masa, teniendo en cuenta la detallada descripción que se debe realizar a cada uno de ellos.

Una vez se tiene el inventario de procesos morfodinámicos y el análisis de la cobertura se procede a realizar un análisis estadística, recurriendo al uso de métodos estadísticos descriptivos que permita visualizar gráficamente la zona que merece un estricto análisis y atención para proceder con el objetivo.

De esta forma se deberían plantear los escenarios de amenaza basados en las características de cada tipo de proceso y la incidencia en los escenarios de riesgo que se puedan generar por su materialización.

Como última instancia se procede a actualizar la plataforma del SIMMA ingresando los datos del inventario basado en una determinada estructura de atributos los cuales son permitidos por dicha plataforma en la figura 7 se puede apreciar un esquema con los pasos a seguir durante el proyecto.

Figura 7. Pasos a seguir en el cumplimiento del proyecto SGC



Fuente: Villamizar, D (2020)

3.1 Alistamiento de Insumos.

3.1.1 Reconocimiento de líneas de vuelo sobre el municipio de Toledo

Para realizar el reconocimiento de las líneas de vuelo principalmente se tuvo en cuenta las planchas cartográficas proporcionadas por el IGAC las cuales fueron escaneadas para la primera visualización de las posibles líneas de vuelo que se habían ejecutado en el área de estudio. A estas líneas de vuelo se les tomo los principales datos que son VUELO, ESCALA, AÑO y SOBRE para una mejor identificación de las mismas, por medio de la herramienta de información geográfica ArcGIS incluyendo las capas de cada plancha a la cual se formalizó la correspondiente georreferenciación en coordenada magna Colombia este.

3.1.2 Digitalización de las líneas de vuelo.

A estas mismas líneas que fueron previamente identificadas se les vectoriza con las diferentes herramientas que proporciona el sistema de información geográfica (SIG) ArcGIS versión 10.4, se procede a crear un nuevo shapefile que indica el tipo de trazo que se va a realizar dicho esto se comienza a editar el SHP dibujando cada una de las líneas de vuelo que se logran visualizar en las planchas, una vez creado el SHAPEFILE a cada una de las líneas se les asigna en una tabla de atributos sus correspondientes datos de información e identificación.

3.1.3 Identificación de las fotografías aéreas.

Para proceder con la actividad correspondiente a la identificación de las fotografías que son propias a cada línea de vuelo se acude al IGAC y se verifica que la información de cada línea de vuelo este correcta en las planchas físicas correspondientes a la zona de estudio en este caso H14, H15, I14, después de ser verificada y corregida según sea el caso. Se deriva a solicitar los sobres con las fotografías aéreas y se designa el orden correcto a las fotografías en cada línea además de identificar la cantidad de fotos que deben estar en la faja para no alargar el proceso con fotos que no son necesarias en el estudio para ello se observa minuciosamente cada fotografía y se ubica en el lugar correspondiente del área que esta abarca en la cartografía así sucesivamente con las siguientes fotos que se encuentren dentro del límite de estudio.

3.1.4 Exportacion y generacion de fotocentros, marcos y georeferenciacion de aerofotografía

Con base en un archivo proveniente del IGAC se extraen para cada línea de vuelo los correspondientes fotocentros de aerofotografía que como su nombre lo indica es el centro de cada una de las fotografías que corresponden a la línea de vuelo y que se encuentran en la zona así mismo se procede con los marcos de aerofotografía que indican lo afín en este caso el marco de cada foto que a su vez indica la dirección de la fotografía, con los 3 archivos de cada línea de vuelo se crea un grupo como archivo KMZ para su visualización en Google Earth y finalmente con las imágenes digitales de cada línea de vuelo se realiza una georreferenciacion correspondiente a las fotos incluyentes de la zona de estudio por medio de puntos de control y en la mayoría de casos usando la transformación Spline con el fin de que la foto se ajustara correctamente al plano en este caso es usado imágenes de RAPIEYE con coordenada MAGNA Colombia este.

3.2 Elaboración del Inventario de Procesos Morfodinámicos

3.2.1 Recopilación de información de los espacios en la zona de estudio donde se han presentado movimientos en masa

Para la recopilación de información se opta por la visualización de distintas plataformas. Donde se puede identificar los movimientos que se han presentado en la zona de estudio. Se debe tener en cuenta que esta información debe ser verificada en campo pero debido a los contratiempos por la pandemia no se logra llevar a cabo esta actividad además, para reforzar esta

información se contó con la base de información de la plataforma SIMMA, DESinventar, Corponor, Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), plan municipal de gestión de riesgo de desastres (PMGRD) y tras fuentes de información secundaria para posteriormente realizar una base de datos que resulta ser un consolidado de estas, se verificar la información que aún no había sido registra y entender cuál es la posición al momento de realizar objetivos posteriores relacionados con la actualización de la plataforma SIMMA.

3.2.2 De los Movimientos Representados como Polígonos se identifican en cada una de las veredas

Con base en la identificación mediante dichas fuentes de información los geólogos proceden a la digitalización de los movimientos en masa presentados allí. Con base en la digitalización se identifican cuantos y en cual vereda de Toledo se presentan los correspondientes tipos de movimientos según lo observado. Para el cumplimiento de esta actividad se procede a filtrar en la tabla de atributos de los movimientos en masa, para poder ordenar y reducir el número de polígonos de movimientos en masa fue necesario utilizar la herramienta dissolve el ArcGIS con el fin de que estos datos quedaran agrupados por el tipo de movimiento y vereda de Toledo.

3.3 Digitalizar la Interpretación Análoga

3.3.1 Identificación análoga de la cobertura por parte de expertos

Los expertos en cobertura son los encargados de la clasificación de los tipos de cobertura presentes en la zona e identificación de los mismos en las planchas pertenecientes al bloque 03.

En un principio de manera análoga para su posterior digitalización para este proceso; el esquema metodológico Corine Land Cover contempla las siguientes etapas: adquisición y preparación de la información por medio de imágenes satelitales en este caso usadas las imágenes de SENTINEL; análisis e interpretación de las coberturas que se hacen de manera análoga mediante la visualización del terreno y delimitación del mismo; otra fase que se contempla es la visita a campo que por la emergencia sanitaria establecida el 12 de marzo del 2020 no se pudo realizar por el límite de tiempo del proyecto en curso, control de calidad que hace referencia a la revisión y corrección de las planchas interpretadas (IDEAM, 2014).

3.3.2 Digitalizar la cobertura en polígonos

Con base en las planchas 110IIA, 111ID, 111IB, 111IIA, 111IIC, 111IID, 111BISIC, 111BISIIA, 111BISIIC, 111IIIB, 111IIID, 111IVA, 111IVB, 111IVC, 111IVD, 122IIA, 122IIB, 122IIC, 122IID, 123IA, 123IC previamente interpretadas por los expertos en cobertura se procede a editar en un SHP que debe ser digitalizado con cualquier herramienta proporcionada por el ArcGIS en este caso las herramientas de construcción más utilizadas fue polygon y auto complete polygon, las diferentes formas encontradas en cada plancha que corresponden a cada tipo de cobertura presente y esta es nombrada con su respectivo código en la tabla de atributos, el procedimiento se repite en cada una de las planchas para terminar con toda la cobertura de la zona de estudio donde colaboran los profesionales.

3.3.3 Se nombran el tipo de cobertura con la simbología de la metodología corine land cover correspondiente (categorías)

En los correspondientes polígonos dibujados se especifica el código que hace referencia al tipo de cobertura que se observa en la zona para ello se acude al listado de la estructuración de la base de datos « Corine Land Cover » adaptado a Colombia y mediante la previa identificación de cada polígono se establece el tipo de cobertura y se representa el código proporcionado a cada uno de ellos.

3.4 Movimientos en Masa a Partir de la Relación que hay con el Tipo de Cobertura

3.4.1 Determinación de área de cobertura y áreas de movimiento en masa

Teniendo en cuenta los objetivos anteriores se toman el área de cobertura de Toledo y se hace su respectivo cálculo para conocer el porcentaje de área que hay de cada uno de los tipos de cobertura presentes que son 53, esto se hace tomando el área total por la cual se divide cada área correspondiente a cada tipo de cobertura utilizando la capa de cobertura y mediante la herramienta calculate geometry, así para el cálculo de área de remoción se realiza un dissolve previamente para cuantificar los tipos de movimientos y su área respectiva.

3.4.2 Realizar la intersección de las capas anteriores

Se debe realizar una intersección de capas para agrupar los tipos de movimientos en masa así como el área de cobertura de la zona de esta manera reducir la cantidad de datos que se van a utilizar en la estadística y hacerlo menos versátil, incluyendo en la tabla de atributos de

movimientos en masa la columna susceptibilidad que va a indicar cuando se una con la capa de cobertura la diferencia entre áreas de cobertura removidas y no removidas de cada una.

Adicional a la intersección se tiene en cuenta que en la zona de estudio hay códigos que alcanzan 5 niveles según la metodología Corine Land Cover lo cual hace más compleja la estadística así que se opta por convertir o reducir estos niveles a un nivel 3 mediante la herramienta Field calculator tipo string función left donde se incluye la columna nivel previamente creada acompañándola de un 3 que es el nivel al que se quiere llegar esto para cumplir con lo sugerido por “SGC” (SERVICIO GEOLOGICO COLOMBIANO (SGC), 2017).

3.4.3 Análisis estadístico donde se determina la magnitud y correlación

Se utiliza el método estadístico Weight of Evidence, pesos de evidencia por sus siglas en inglés (WoFE) el cual permite identificar la susceptibilidad de la zona a sufrir movimientos en masa mediante valores como el área de remoción en cada tipo de cobertura para este caso las coberturas agrupadas hasta el nivel 3 según la metodología Corine Land Cover. El método estadístico relaciona el área de cobertura y la susceptibilidad que está genera a los movimientos en masa basados en los valores de peso $w+$ de la ecuación 1 y $w-$ de la ecuación 2, a su vez tiene en cuenta N_{pix1} , N_{pix2} , N_{pix3} y N_{pix4} los que indican el área donde hay movimiento en masa dentro de un tipo de cobertura, el área total dónde hay movimiento en masa menos el movimiento en masa individual, el área de cobertura donde no hubo movimiento y el área total de cobertura donde no se presentó movimiento en masa de la zona de estudio respectivamente. En el proyecto se procede a utilizar valores de área en hectáreas ya que no afectara el resultado si se usan estos valores en lugar de pixeles como lo indica la guía, esto se realiza en una hoja de

cálculo usando los valores de área obtenidos en la actividad anterior donde se conoce el área de cobertura donde hubo o no movimiento en masa se adiciona a la hoja de cálculo las columnas $W+$, $W-$, N_{pix1} , N_{pix2} , N_{pix3} , N_{pix4} y W_f donde el valor de $W+$ indica la presencia del factor contribuye a la presencia del deslizamiento, mientras que $W-$ indica la presencia del factor contribuye a la ausencia deslizamiento.

Ecuación 1: $W+$

$$W+ = \text{Ln} \frac{\frac{N_{pix1}}{N_{pix1}+N_{pix2}}}{\frac{N_{pix3}}{N_{pix3}+N_{pix4}}}$$

Ecuación 2: $W-$

$$W- = \text{Ln} \frac{\frac{N_{pix2}}{N_{pix1}+N_{pix2}}}{\frac{N_{pix4}}{N_{pix3}+N_{pix4}}}$$

Fuente: Obtenido de la guía metodológica para zonificación de amenaza por MM

Como en cualquier otro método estadístico que se desee utilizar se debe medir la bondad de ajuste del mismo en este caso se exige la curva de éxito de la susceptibilidad a movimientos en masa la cual se haya mediante los valores de W_f el área de cobertura y el área de movimientos en masa de cada una de ellas, se procede a ordenar los datos con respecto al valor de W_f de mayor a menor valor y posteriormente se procede a obtener el porcentaje de área de cada uno de los tipos de cobertura, de igual manera se saca el porcentaje de remoción del total de remoción en cada tipo de cobertura y de ambos porcentajes se obtiene un acumulado, de estos acumulados X es el valor de porcentaje acumulado de área de cobertura y Y es el valor de porcentaje acumulado de movimiento en masa.

Luego de obtener esta tabla de Excel se adiciona a la tabla de atributos de ArcGIS de la unión de capas de la actividad anterior una columna llamada Wf donde se ingresa los valores de Wf correspondiente a cada tipo de cobertura tanto en susceptibilidad 1 como en susceptibilidad 0 y se procede a realizar el mapa de susceptibilidad basado en los valores ingresados los que adquieren una gama degradada de colores que va desde el verde hasta el rojo según el valor Wf en esta gama se relaciona el color verde con el valor más pequeño y el color rojo con el valor más alto ingresando en propiedades y luego en symbology (quantities) y seleccionando 10 clases para reducir el número de datos en intervalos.

3.5 Exportar Información de Movimientos en masa hacia la Plataforma Simma

3.5.1 Subir a la Plataforma los Formatos de Información Morfodinámico para la Actualización y Consulta.

La información de los movimientos en masa es usada por los expertos y es importante mantener un orden al momento de almacenarla ya que esta debe ser consultada con regularidad es allí donde se debe realizar el apoyo a dicha actividad mediante el llenado de unos formatos que contienen la información de cada uno de ellos ya sea que se obtengas de google earth, bing o spot se debe obtener datos como la fecha de ocurrencia, fecha de registro, altitud, latitud, altura, vereda donde se presentó este movimiento, además de un sitio de referencia que pueda ser identificado con facilidad para hacer la respectiva visita a campo que por cuestiones de tiempo no se logró y por ello se debe realizar una corroboración de información de dichos movimientos

con otras fuentes de información del mismo tipo para verificar las fechas de ocurrencia ya que estas pueden variar de una fuente a otra en este caso se utiliza como fuente spot y se verifican datos en ArcGIS además de generar un archivo KMZ para verificar la fecha de ocurrencia en google earth es entonces cuando se decide que si el movimiento se presenta con mayor anterioridad de fecha es el que permanece en el registro, en el caso que el movimiento se presente con mayor área en google eart en una fecha posterior se debe mantener esta como registro ya que reincide el movimiento.

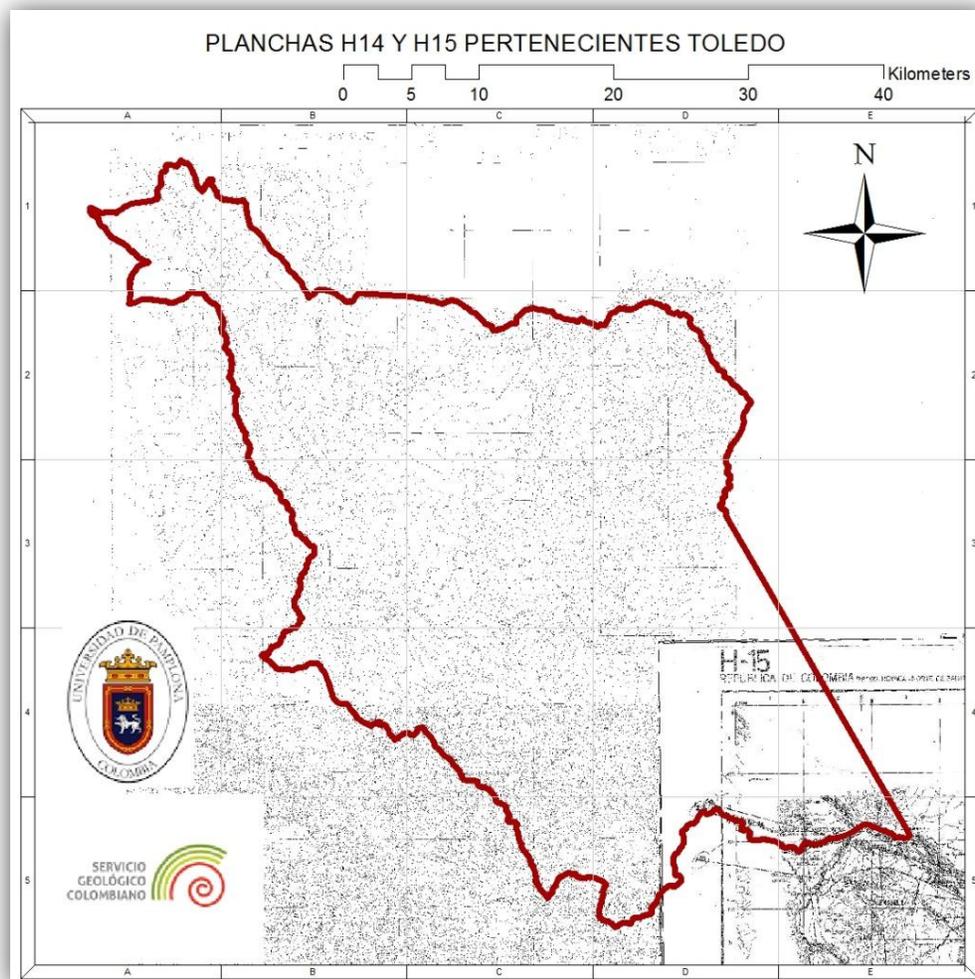
Capitulo IV Desarrollo Y Análisis del Proyecto

4.1 Alistamiento de Insumos.

4.1.1 Reconocimiento de líneas de vuelo sobre el municipio de toledo

El reconocimiento de las líneas de vuelo correspondientes a la zona se muestra en la figura 8, la zona de estudio superpuesta en las planchas H14 y H15 que indican las líneas de vuelo ejecutadas en distintas décadas en este caso son las correspondientes a la década del 80 al 90.

Figura 8. Zona de estudio (Toledo) con las visibles líneas de vuelo de las planchas H14 y H15



Fuente: Villamizar, D (2020)

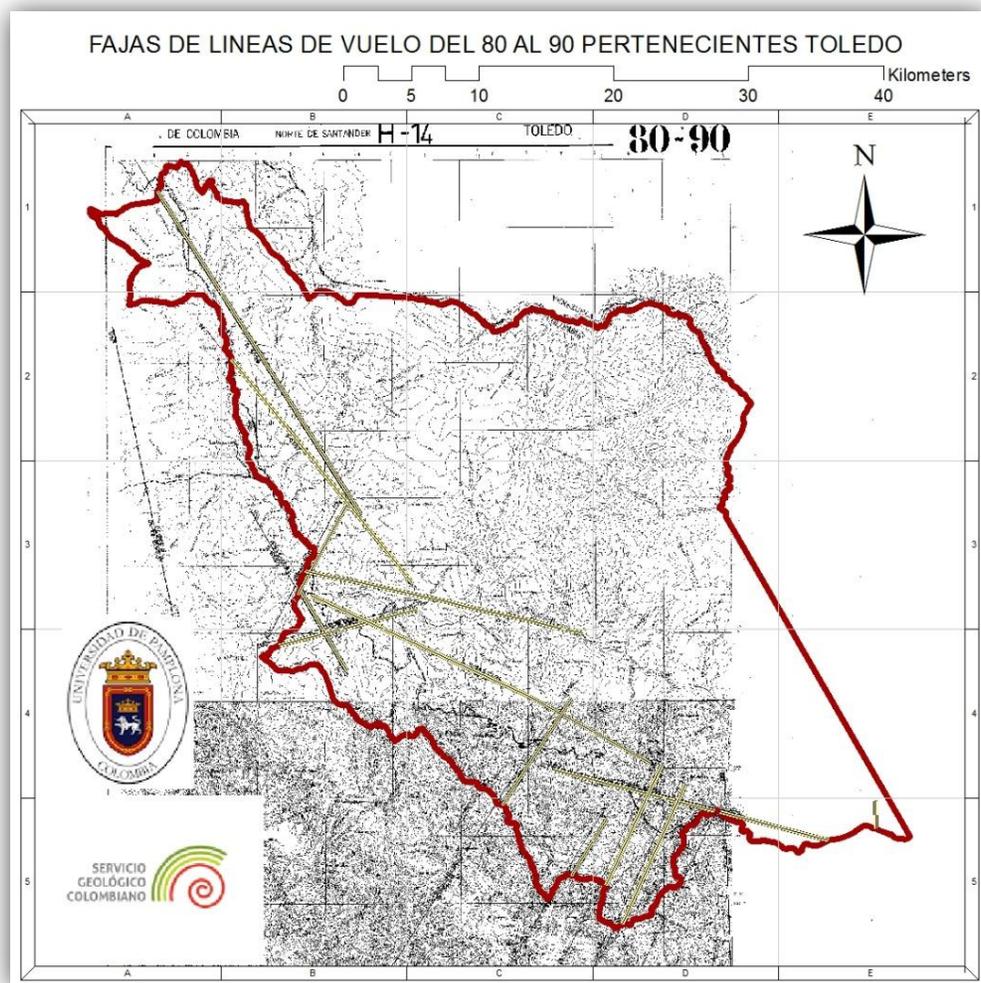
De la imagen se pudo apreciar que algunas de las líneas de la plancha no eran muy nítidas lo que dificultó en un pequeño porcentaje la identificación de las mismas ya que al momento de

equiparar cada línea de vuelo con su correspondiente código se convirtió en un desafío que se pudo completar a cabalidad luego de una minuciosa corroboración de dicha información en las instalaciones del IGAC.

4.1.2 Digitalización de las líneas de vuelo.

Una vez identificadas las líneas de vuelo, se detalla en la elaboración de las líneas de manera digital la figura 9 muestra el resultado de la digitalización basados en las planchas H14 y H15 de la década del 80 al 90.

Figura 9. Líneas de vuelo digitales correspondientes a las planchas H14 y H15



Fuente: Villamizar, D (2020)

Se muestra en la figura 10 todas las líneas de las décadas desde el año 1950 al 1995 todas estas líneas son nombradas en la tabla 2 donde se observa la plancha a la que corresponde cada vuelo con su respectiva escala año y sobre propias a cada una de ellas.

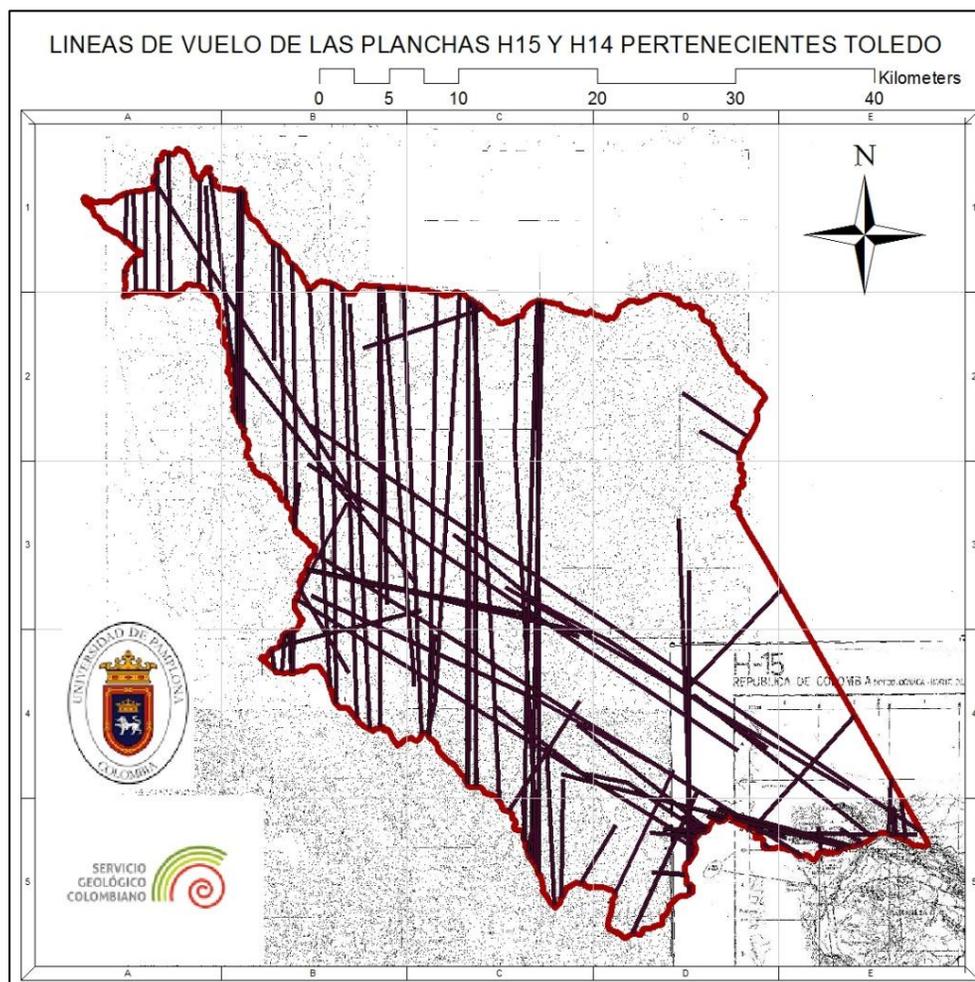
Tabla 2. *Vuelos digitalizados pertenecientes al municipio de Toledo en las planchas H14 y H15*

Plancha	Vuelo	Escala	año	Sobre
H14	M62	60	60	S-462
H14	M1145	60	61	S-900
H14	M1115	55	61	S-848
H14	M811	60	60	S-555 A y B
H14	C1141	24	65	S-22761
H14	M1044	60	61	S-659
H14	M1151	60	62	S-926
H14	M545	60	59	S-384
H14	M43	60	55	S-139
H14	M44	60	55	S-141
H15	C1379	19	71	S-25909
H14	C1379	18	71	S-25911
H14	C1386	21	71	S-25965
H14	C1386	20	71	S-25970
H14	C1379	18	79	S-25910
H14	C1386	22	71	S-25962
H14	C1386	25	71	S-25963
H15	M545	60	59	S-383
H15	M1179	60	62	S-1018
H14	M811	60	60	S-555 A y B
H15	M1145	60	61	S-901
H14	M44	60	55	S-141
H14	M1145	60	61	S-903
H14	M1044	60	61	S-659
H15	M802	60	60	S-518
H14	M545	60	59	S-381
H14	M1151	60	62	S-926

H15	V145	50	57	S-268
H15	M207	60	60	S-486
H15	M208	60	60	S-487
H15	R417	6	57	S-1918
H14	C1812	32	78	S-29218
H15	C2495	37,65	92	S-36473
H15	C2495	34,8	92	S-36474
H14	C2260	27	86	S-33624
H14	C2260	20	86	S-33623
H14	C2579	42	95	S-37404
H14	C2441	38	91	S-35960
H14	C2579	47	95	S-37402
H14	C2441	38	91	S-35961
H14	C2441	34	91	S-35962
H14	C2579	47	95	S-37402
H14	C2579	46	95	S-37401
H14	C2503	34,7	93	S-36554
H14	C2503	37,7	93	S-36555
H14	C2500	35,9	92	S-36531
H14	C2500	36,2	92	S-36530
H14	C2519	39	93	S-36768
H14	C2519	38	93	S-36769
H15	R945	30	84	S-6592
H15	R945	18	84	S-6584
H15	S944	21	84	S-6578
H15	R945	26	84	S-6587
H15	R945	27	84	S-6586
H15	R945	22	84	S-6590
H15	R945	29	84	S-6588
H15	R975	28	84	S-6589
H15	R975	27	84	S-6591
H15	R888	29	82	S-5907
H15	R975	30	84	S-6532
H14	R888	23	82	S-5914
H14	R888	37	82	S-5909
H14	R888	30	82	S-5908
H14	C2260	28	86	S-33623

Fuente: Villamizar, D (2020)

Figura 10. Líneas de vuelo de las planchas H14 y H15 de la década de 1950 hasta 1995



Fuente: Villamizar, D (2020)

En la digitalización a diferencia del caso anterior se pudo cumplir totalmente el objetivo solo con la observación de las planchas digitales proporcionadas por el IGAC ya que ellas aunque no eran completamente nítidas se pudo diferenciar las líneas de vuelo pasantes por el municipio de Toledo.

4.1.3 Identificación de las Fotografías Aéreas.

Las fotografías de cada sobre son organizadas y seleccionadas según el margen de la zona de estudio como se muestra en la figura 11 y figura 12.

En los sobres se pueden encontrar algunas incongruencias como lo son algunas imágenes faltantes o fotografías no pertenecientes a la línea de vuelo y en otros casos al ser información de uso público estas se encuentran rayadas o perdidas en otros sobres sin contar que estas se hallan en desorden lo que hace que se pierda una porción del tiempo tratando de organizar las mismas. Al haber solucionado estos problemas por medio de la plática se consigue identificar todas y cada una de las fotografías correspondientes a la zona.

Figura 11. Sobres y planchas solicitadas para la rectificación de las líneas de vuelo



Fuente: Vargas, K (2020)

Figura 12. Fotos de línea de vuelo ordenadas



Fuente: Vargas, K (2020)

4.1.4 Exportacion y generacion de fotocentros, marcos y georeferenciacion de aerofotografía

Se extraen desde archivos ArcGIS provenientes del IGAC los fotocentros y marcos de aerofotografías correspondientes a cada línea vuelo en la zona de estudio donde se pudo observar que en su totalidad se cuenta con 48 fajas escogidas por los profesionales a cargo y estas se pueden observar en la tabla 3 la cual muestra la faja que corresponde a cada número de vuelo y su sobre, de estas 48 fajas se destacan 25 fajas correspondientes a la zona de Toledo las cuales se representan en la tabla 4.

Tabla 3. *Fajas de vuelos realizados sobre el bloque 03*

Nº	VUELO	SOBRE	FOTO INICIAL	FOTO FINAL
1	C-2324-19-87	S-34476	255	270
2	C-1386-20-71	S-25970	100	123
3	C-1386-20-71	S-25971	124	139
4	C-1386-20-71	S-25972	139	149
5	C-1386-20-71	S-25932	150	160
6	C-1386-22-71	S-25962	1	13
7	C-1386-25-71	S-25963	14	25
8	C-1386--71	S-25966	53	59
9	C-2174-25-85	S-32606	43	47
10	C-2174-25-85	S-32608	77	94
11	C-2260-28-86	S-33625	186	199
12	C-2260-28-86	S-33623	141	154
13	C-2260-28-86	S-33624	155	168
14	C-2324-19-87	S-34477	271	286
15	C-2326-19-86	S-34491	12	32
16	C-2326-19-88	S-34492	33	55
17	C-2441-34-91	S-35962	212	223
18	C-2441-38-91	S-35961	197	209
19	C-2503-35-93	S-36553	14	21
20	C-2503-36-93	S-36556	90	104
21	C-2503-36-93	S-36554	31	51
22	C-2503-36-93	S-36552	9	13
23	C-2503-37-93	S-36555	52	55
24	C-2503-37-93	S-36555	60	75
25	C-2519-38-93	S-36769	254	258
26	C-2535-34-94	S-36889	180	188
27	C-2579-42-95	S-37404	90	94
28	C-2579-44-95	S-37407	150	159
29	C-2579-46-98	S-37403	66	72
30	C-2579-46-98	S-37403	79	89
31	C-2579-46-95	S-37402	44	54
32	C-2579-46-95	S-37402	60	65
33	C-2579-46-95	S-37401	27	43
34	C-2581-45-95	S-37433	179	184
35	C-2645-37-98	S-38147	1	14
36	M-1397-46-66	S-1597	43040	43070

37	R-888-21-82	S-5915	197	218
38	R-888-23-82	S-5914	173	196
39	R-888-29-82	S-8907	41	55
40	R-888-30-82	S-5908	65	70
41	R-888-37-82	S-5909	71	80
42	R-945-22-84	S-6590	120	125
43	R-945-26-84	S-6587	98	108
44	R-945-27-84	S-6591	126	139
45	R-945-27-84	S-6586	79	97
46	R-945-28-84	S-6589	114	119
47	R-945-29-84	S-6588	109	113
48	R-945-30-84	S-6592	140	146

Fuente: Mendivelso, D (2020)

Tabla 4. *Fajas de vuelo perteneciente a la zona de Toledo*

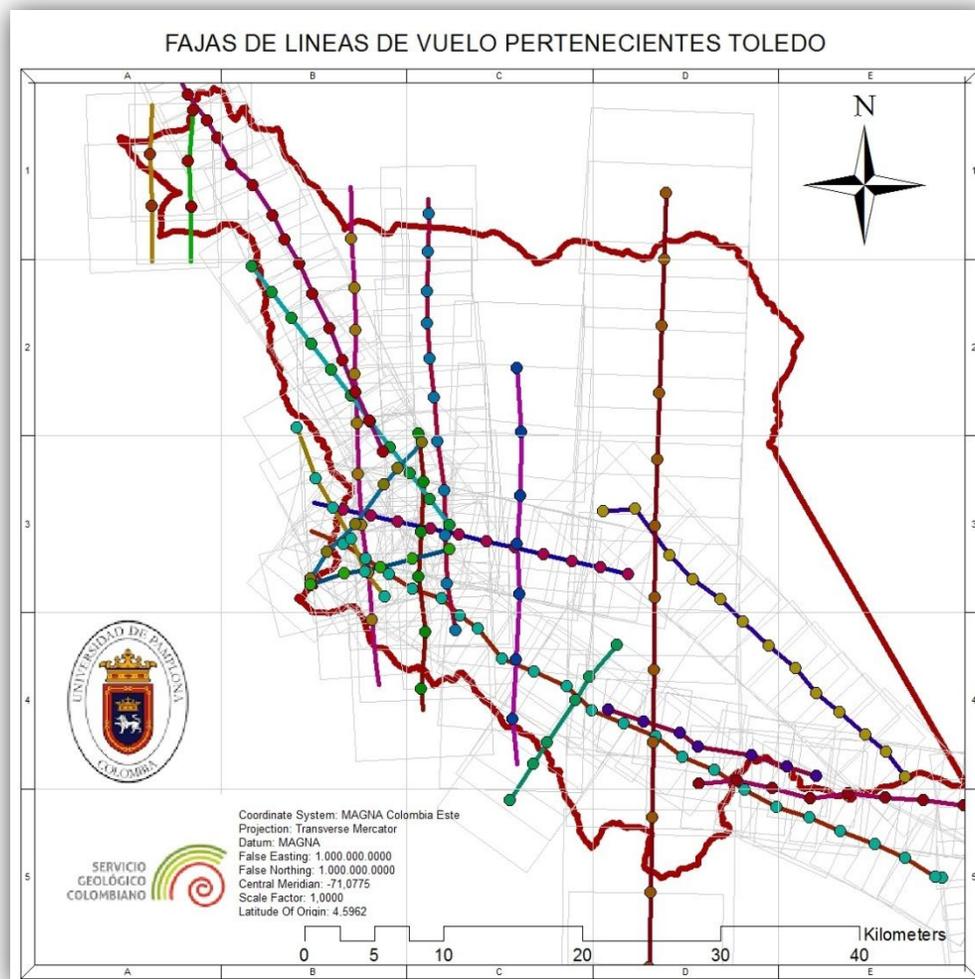
Nº	VUELO	SOBRE	FOTO INICIAL	FOTO FINAL
2	C-1386-20-71	S-25970	100	123
6	C-1386-22-71	S-25962	1	13
7	C-1386-25-71	S-25963	14	25
8	C-1386--71	S-25966	53	59
17	C-2441-34-91	S-35962	212	223
18	C-2441-38-91	S-35961	197	209
25	C-2519-38-93	S-36769	254	258
27	C-2579-42-95	S-37404	90	94
29	C-2579-46-98	S-37403	66	72
32	C-2579-46-95	S-37402	60	65
33	C-2579-46-95	S-37401	27	43
34	C-2581-45-95	S-37433	179	184
36	M-1397-46-66	S-1597	43040	43070
38	R-888-23-82	S-5914	173	196
39	R-888-29-82	S-8907	41	55
40	R-888-30-82	S-5908	65	70
41	R-888-37-82	S-5909	71	80
42	R-945-22-84	S-6590	120	125
43	R-945-26-84	S-6587	98	108
44	R-945-27-84	S-6591	126	139
45	R-945-27-84	S-6586	79	97
46	R-945-28-84	S-6589	114	119

47	R-945-29-84	S-6588	109	113
48	R-945-30-84	S-6592	140	146

Fuente: Mendivelso, D (2020)

En la figura 13 se muestra un total de 25 líneas de vuelo cada una con su fotocentro y marco de aerofotografía guardado en los correspondientes formatos y carpetas con el nombre de su línea de vuelo.

Figura 13. Líneas de vuelo de la zona de Toledo con fotocentro y marco de aerofotografía

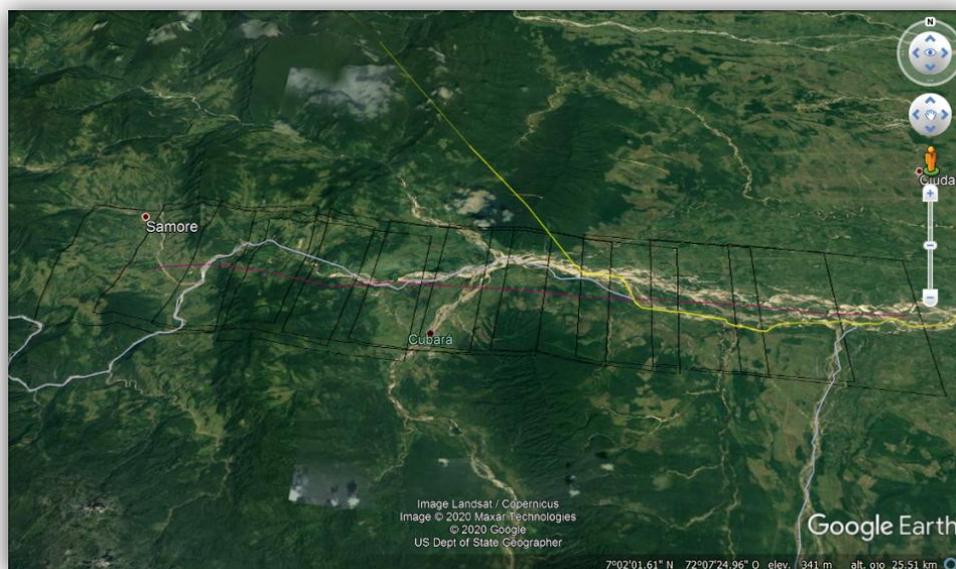


Fuente: Villamizar, D (2020)

Adicionalmente en la figura 14 se da un ejemplo de un archivo KMZ que corresponde a la visualización de los archivos mencionados anteriormente en Google Earth y el resultado de la

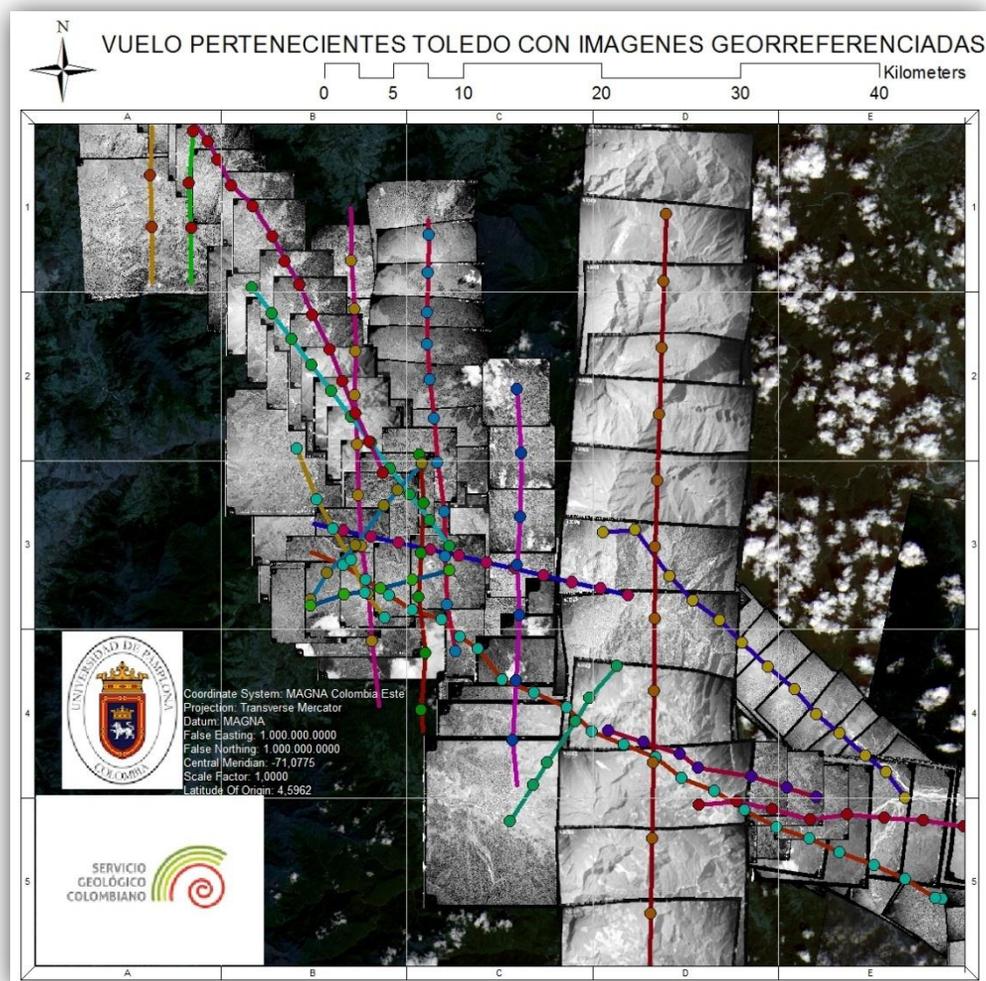
georeferenciación es sabido en la figura 15 donde se observa las mismas líneas de vuelo pertenecientes a Toledo.

Figura 14. Archivo KMZ visualizado en Google Earth



Fuente: Villamizar, D (2020)

Figura 15. Líneas de vuelo con sus correspondientes fotografías georreferenciadas



Fuente: Villamizar, D (2020)

Gracias a que el IGAC proporciono casi que en su totalidad las líneas de vuelo se facilitaron y agilizo el proceso de extracción y aunque en algunos casos fue necesaria su creación desde cero se completó la actividad sin atraso a su entrega.

4.2 Elaboración del Inventario de Procesos Morfodinámicos

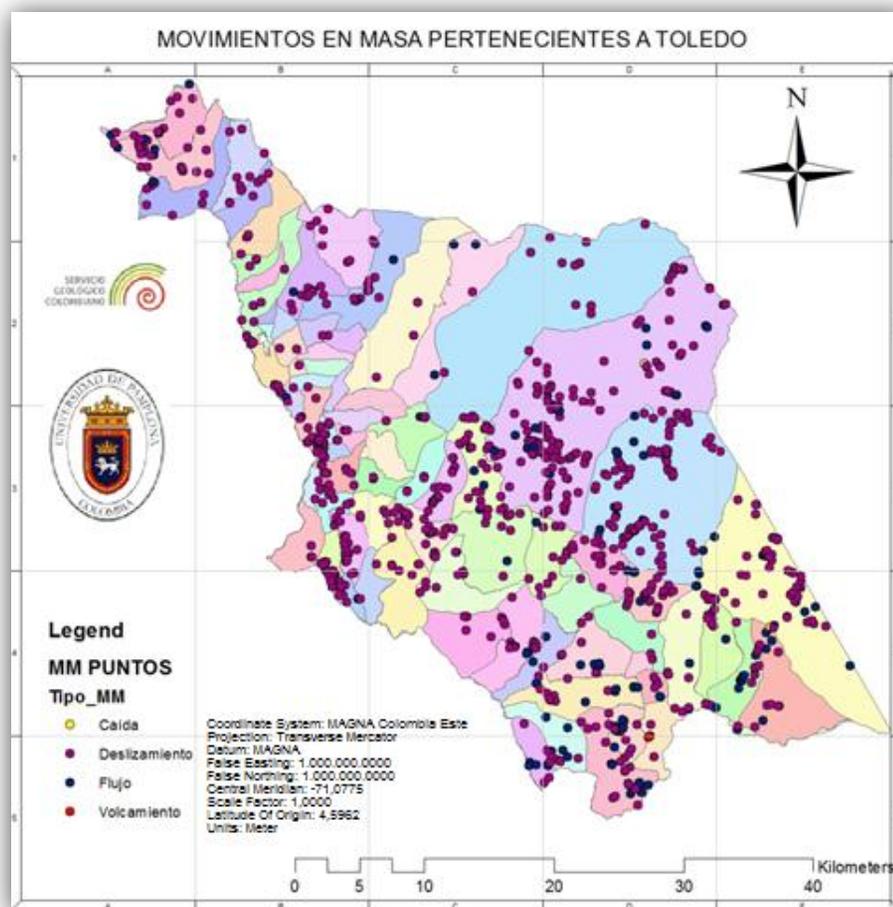
4.2.1 Recopilación de información de los espacios en la zona de estudio donde se han presentado movimientos en masa

Mediante la información de fuentes secundarias se logró obtener la información de los movimientos en masa registrados en la zona de estudio y de esta manera se puede identificar de algunas fuentes como CorpoNor movimientos en masa que aún no se encuentran actualizados en otras plataformas que en este caso es de interés en la actualización de la plataforma SIMMA, el consolidado consta del tipo de movimiento, fuente de información, fecha, vereda donde ocurrió, municipio y sus coordenadas geográficas (*ver anexo 1*) para facilitar la identificación de los movimientos en cada una de las fuentes.

4.2.2 De los Movimientos Representados como Polígonos se identifican en cada una de las veredas

En la figura 16 se puede observar los movimientos en masa en cada una de las Veredas del municipio que por su escala se ven pequeños y por esto fue necesario hacer su conversión a punto, así como su área son porcentajes pequeños del área total de Toledo, se puede ver en la leyenda los tipos de movimientos que se presentan cada una de las Veredas de Toledo y con su respectivo color. Donde se nota con mayor representación los movimientos en masa tipo deslizamientos con el color morado y en mucha menor proporción las caídas y volcamientos en colores amarillos y rojo respectivamente.

Figura 16. Movimientos en masa en las veredas de Toledo clasificados según el tipo de MM



Fuente: Villamizar, D (2020)

Teniendo en cuenta la capa suministrada se logró conseguir la información de la tabla 5 donde se puede observar los tipos de movimiento presentados en las diferentes veredas además de las coordenadas donde estos ocurrieron para tener una mayor certeza del sitio donde presento.

Tabla 5. Movimientos en masa en cada una de las Veredas de Toledo

N°	NOMBRE_VER	MM	X (Km)	Y (Km)	N°	NOMBRE_VER	MM	X (Km)	Y (Km)
1	ALTO DE HERRERA	Des	873,8	1277,5	57	MURILLO	Des	866,5	1283,5
2	ALTO DE ORO	Des	853,3	1287,2	58	MURILLO	Flujo	865,7	1286,2
3	ALTO HORIZONTE	Des	879,1	1279,2	59	PALMAR ALTO	Des	850,4	1304,0
4	ALTO HORIZONTE	Flujo	880,2	1277,2	60	PALMAR ALTO	Flujo	854,2	1305,8
5	BELEN	Des	858,7	1289,4	61	PALMAR ROJO	Des	848,3	1301,4
6	BUENA VISTA	Des	850,9	1281,3	62	PROVIDENCIA EL LIMONCITO	Des	849,1	1289,0
7	BUENA VISTA	Flujo	852,0	1280,3	63	QUEBRADA GRANDE	Des	836,9	1317,1
8	CALIFORNIA	Des	880,6	1274,4	64	QUEBRADA GRANDE	Flujo	836,5	1318,3
9	CALIFORNIA	Flujo	880,4	1273,2	65	RIO COLORADO	Des	852,2	1280,4
10	CORRALITOS	Des	849,5	1293,2	66	RIO COLORADO	Flujo	852,1	1280,5
11	CORTINAS	Des	874,8	1273,9	67	RIO NEGRO	Des	866,0	1275,3
12	CORTINAS	Flujo	875,2	1272,8	68	RIO NEGRO	Flujo	866,0	1276,5
13	DIAMANTE	Des	874,6	1280,6	69	SABANALARGA	Des	849,7	1300,6
14	DIAMANTE	Flujo	874,6	1281,8	70	SAMARIA	Des	850,9	1308,2
15	EL AZUL	Des	855,8	1300,6	71	SAN ALBERTO	Caída	874,0	1298,4
16	EL AZUL	Flujo	858,9	1307,3	72	SAN ALBERTO	Des	870,6	1295,5
17	EL CEDRAL	Des	844,6	1311,1	73	SAN ALBERTO	Flujo	869,5	1295,4
18	EL CEIBAL	Des	856,0	1288,7	74	SAN ANTONIO	Des	874,8	1287,5
19	EL ENCANTO	Des	862,1	1278,3	75	SAN ANTONIO	Flujo	873,9	1288,3
20	EL JORDAN	Des	847,6	1298,4	76	SAN CARLOS	Des	850,3	1287,6
21	EL NARANJO	Des	846,3	1305,9	77	SAN IGNACIO	Des	849,3	1291,7
22	EL PARAISO	Des	871,9	1267,1	78	SAN JAVIER	Des	845,9	1296,7
23	EL PARAISO	Flujo	872,0	1267,4	79	SAN JOSE	Des	839,3	1313,7
24	EL PORVENIR	Des	883,3	1273,6	80	SAN JOSE	Flujo	836,4	1312,5
25	EL PORVENIR	Flujo	883,2	1273,7	81	SANTA ANA	Des	844,2	1306,4
26	EL RETIRO	Des	859,2	1301,0	82	SANTA ANA SARARE	Des	868,4	1282,7
27	EL RETIRO	Flujo	859,2	1302,6	83	SANTA CATALINA	Des	861,2	1291,1
28	EL VEGON	Des	852,7	1289,5	84	SANTA CATALINA	Flujo	860,9	1291,5
29	HATO GRANDE	Des	848,2	1296,7	85	SANTA INES	Des	855,2	1285,1

30	JUAN PEREZ	Des	851,0	1293,3	86	SANTA INES	Flujo	854,8	1287,0
31	JUNIN	Des	870,8	1282,9	87	SANTA ISABEL	Des	867,3	1304,2
32	JUNIN	Flujo	872,7	1282,5	88	SANTA MARIA	Des	869,1	1277,1
33	LA AURORA	Des	857,3	1285,6	89	SANTA MARIA	Flujo	869,6	1275,3
34	LA AURORA	Flujo	858,6	1285,2	90	SANTA MARTA	Des	877,5	1275,3
35	LA CAMACHA	Des	848,0	1305,0	91	SANTA MARTA	Flujo	877,8	1278,4
36	LA CAMACHA	Flujo	847,2	1304,0	92	SANTA RITA	Des	856,0	1294,2
37	LA CAPILLA	Des	846,9	1299,6	93	SANTA RITA	Flujo	856,9	1294,4
38	LA CARBONERA	Des	848,4	1293,9	94	SARARITO	Des	862,8	1285,6
39	LA CARBONERA	Flujo	847,8	1294,5	95	SARARITO	Flujo	862,3	1284,3
40	LA COMPAÑIA	Des	846,5	1296,2	96	SEGOVIA	Des	867,9	1267,9
41	LA COMPAÑIA	Flujo	846,9	1295,2	97	SEGOVIA	Flujo	867,2	1269,7
42	LA CHINA	Des	872,5	1269,1	98	TAMARA	Des	850,5	1290,0
43	LA CHINA	Flujo	872,2	1270,3	99	TAMARA	Flujo	849,3	1290,7
44	LA CHINA	Volc	872,2	1270,4	100	TAMARANA	Des	867,7	1273,0
45	LA LOMA	Des	849,8	1294,0	101	TAMARANA	Flujo	870,4	1273,3
46	LA MESA	Des	864,3	1277,9	102	TAPATA	Des	837,4	1314,8
47	LA MESA	Flujo	864,7	1276,6	103	TAPATA	Flujo	835,5	1315,3
48	LA RESERVA	Des	849,9	1282,5	104	TIERRA AMARILLA	Des	844,0	1311,9
49	LA UNION	Des	843,3	1314,7	105	TOLEDITO	Des	844,8	1302,8
50	LIMONCITO	Des	874,5	1275,7	106	TOLEDITO	Flujo	844,1	1303,0
51	MARGUA	Caída	883,7	1278,1	107	TROYA	Des	875,1	1269,5
52	MARGUA	Des	883,5	1282,9	108	TROYA	Flujo	874,4	1269,8
53	MARGUA	Flujo	882,6	1281,4	109	TROYA	Volc	874,3	1269,7
54	MIRALINDO	Des	858,7	1282,7	110	URAPAL	Des	851,3	1284,0
55	MUELERA	Des	865,8	1268,4	111	URAPAL	Flujo	850,4	1286,7
56	MUELERA	Flujo	866,3	1267,6	112	VALEGRA	Des	848,4	1284,2

Fuente: Villamizar, D (2020)

Se observa que los movimientos en masa que más se presentan en la zona son los de tipo deslizamiento de los que se notan al menos uno en cada una de las veredas, los movimientos de tipo flujo son los siguientes en cantidad distribuidos en todo el terreno pero con mayor presencia al sur del municipio con respecto a las caídas y volcamientos son los que menos se presentan en Toledo pues solo se logran identificar solo tres de estos , en la tabla 6 se muestran la cantidad de

movimientos en masa que se observan a cabalidad en cada una de las veredas encontrando un total de 2147 movimientos en el territorio, del que destaca la vereda San Antonio con el mayor número de movimientos presentados.

Tabla 6. *Movimientos en masa en cada una de las Veredas de Toledo*

VEREDA	Nº MM	VEREDA	Nº MM
ALTO DE HERRERA	7	MIRALINDO	18
ALTO DE ORO	35	MUELERA	54
ALTO HORIZONTE	15	MURILLO	11
BELEN	31	PALMAR ALTO	52
BUENA VISTA	9	PALMAR ROJO	3
CALIFORNIA	29	PROVIDENCIA EL LIMONCITO	3
CORRALITOS	37	QUEBRADA GRANDE	21
CORTINAS	14	RIO COLORADO	2
DIAMANTE	55	RIO NEGRO	13
EL AZUL	10	SABANALARGA	3
EL CEDRAL	19	SAMARIA	22
EL CEIBAL	9	SAN ALBERTO	281
EL ENCANTO	23	SAN ANTONIO	247
EL JORDAN	1	SAN CARLOS	10
EL NARANJO	2	SAN IGNACIO	21
EL PARAISO	63	SAN JAVIER	10
EL PORVENIR	17	SAN JOSE	17
EL RETIRO	25	SANTA ANA	17
EL VEGON	3	SANTA ANA SARARE	4
HATO GRANDE	1	SANTA CATALINA	51
JUAN PEREZ	4	SANTA INES	74
JUNIN	53	SANTA ISABEL	23
LA AURORA	63	SANTA MARIA	51
LA CAMACHA	41	SANTA RITA	9
LA CAPILLA	2	SARARITO	20
LA CARBONERA	25	SEGOVIA	42
LA CHINA	33	TAMARA	29
LA COMPAÑIA	9	TAMARANA	29
LA LOMA	3	TAPATA	52

LA MESA	55	TIERRA AMARILLA	13
LA RESERVA	22	TOLEDITO	14
LA UNION	29	TROYA	12
LIMONCITO	1	URAPAL	65
MARGUA	104	VALEGRA	5
			2147

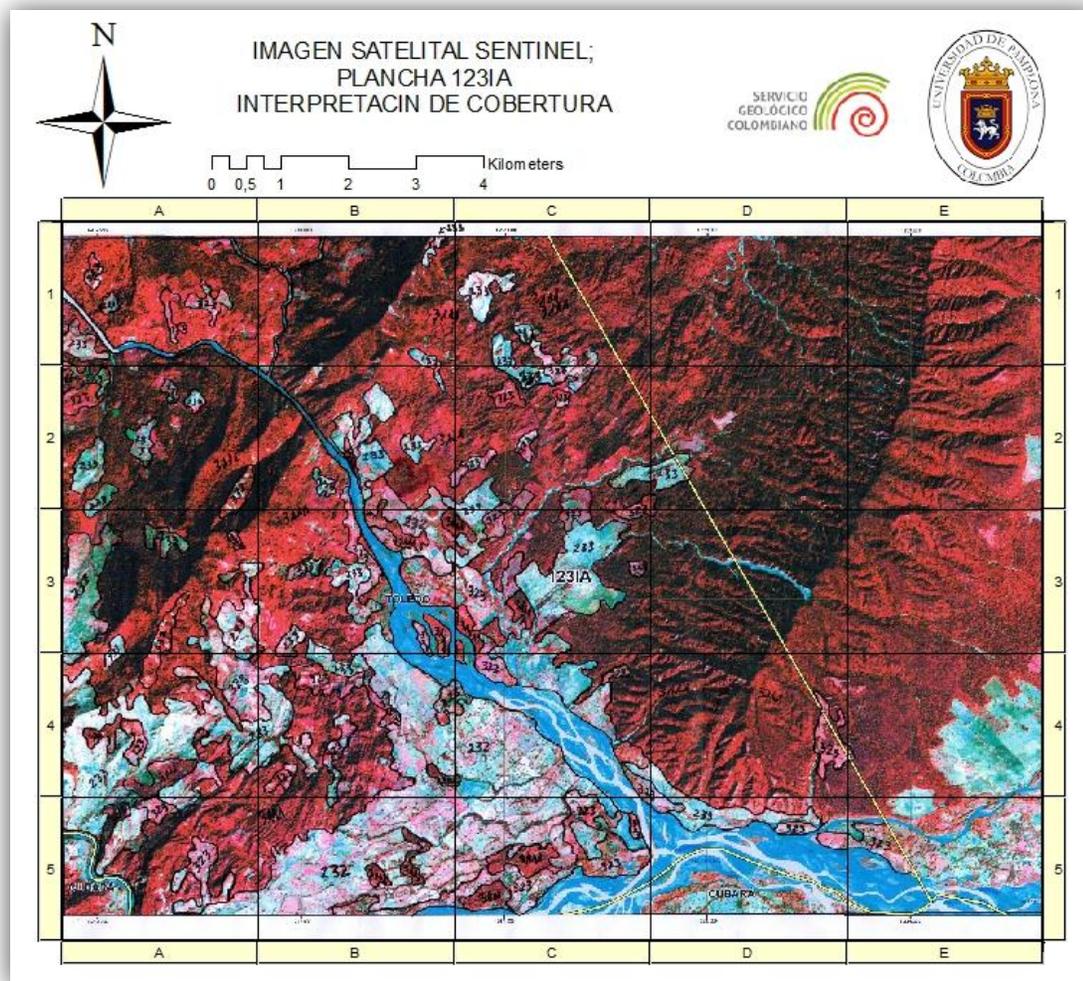
Fuente: Villamizar, D (2020)

4.3 Digitalizar la Interpretación Análoga

4.3.1 Identificación análoga de la cobertura por parte de expertos

En la figura 17 se puede observar la interpretación de la plancha 123IA propia de la zona sur-oriental del municipio de Toledo en la cual aprecian los polígonos dibujados de cada tipo de cobertura de la misma análogamente por los expertos.

Figura 17. Identificación de la cobertura en la plancha 123IA por parte de los expertos en cobertura



Fuente: Vargas, E (2020)

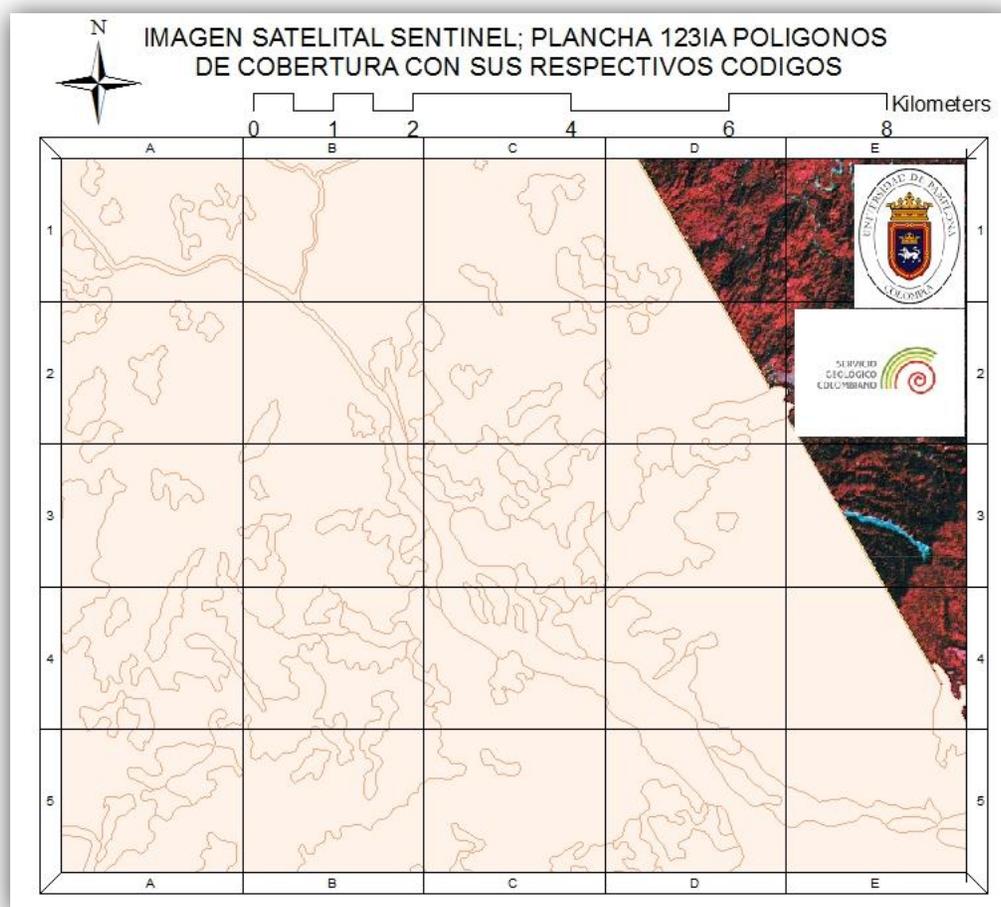
Al entrar en la etapa de aislamiento preventivo obligatorio se dificultó el comienzo de esta nueva fase ya que limitó el contacto entre los expertos y por tanto el retraso de la

información a interpretar por los mismos, es por esto que se tuvo que acudir a profesionales expertos en interpretación de cobertura de manera digital.

4.3.2 Digitalizar cobertura en polígono.

En la figura 18 se observan los polígonos vectorizados en el límite de Toledo y cada uno con su código respectivamente según sea el caso en cada plancha de la zona de estudio, en esta imagen se muestra específicamente la vectorización de la plancha 123IA.

Figura 18. Polígonos digitalizados con base en la cartografía

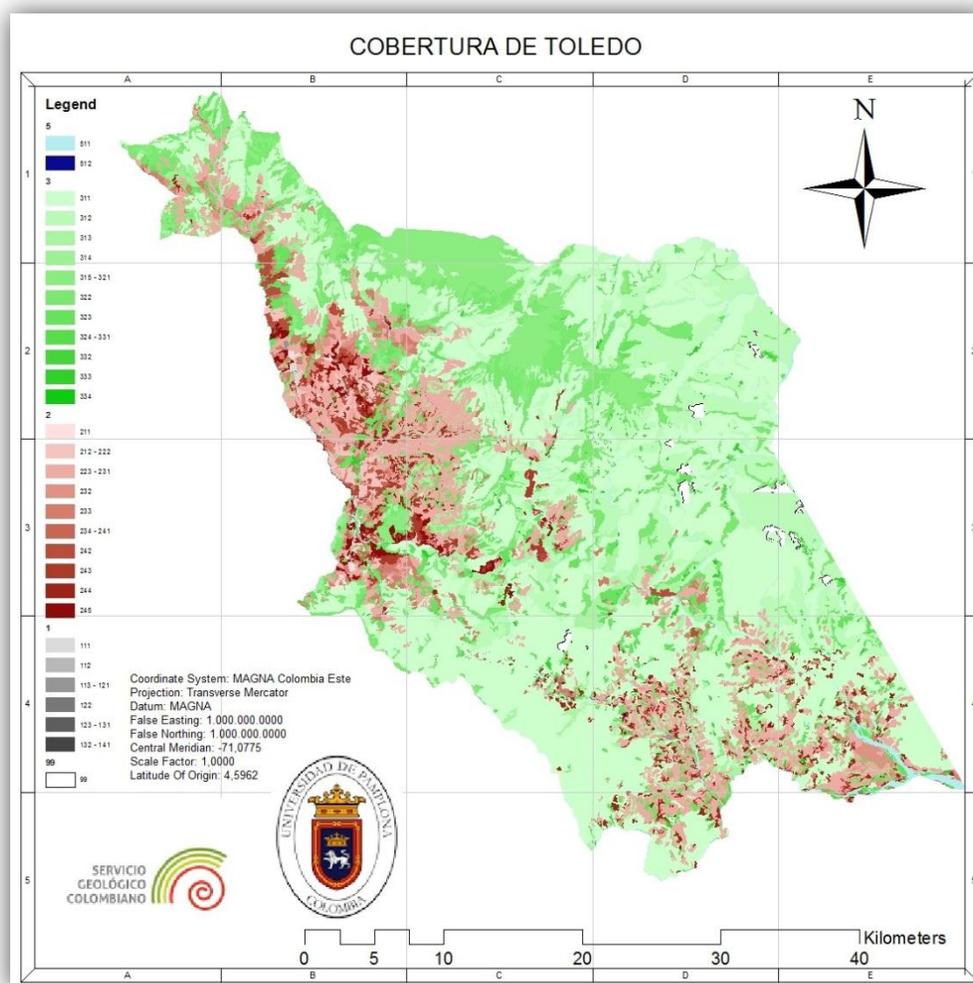


Fuente: Villamizar, D (2020)

Al momento de dibujar los polígono se presentó el caso de que la línea delimitante de cada polígono se mostraba muy gruesa por lo que se debía tener mucho cuidado en el detalle para no modificar el área de los mismos ya que eso influye en la siguiente etapa de los objetivos al momento de identificar el área del tipo de cobertura presente en la zona hablando en términos de interpretación análoga.

Para evitar errores en la digitalización se opta por el manejo de bandas de las diferentes imágenes satelitales las cuales facilitan el vectorizar cada uno de los polígonos que se presentan en la figura 19 mostrando la totalidad de la cobertura perteneciente al municipio de Toledo.

Figura 19. Cobertura en la totalidad de la zona de estudio Toledo



Fuente: Modificado por Villamizar, D (2020)

4.3.3 Se nombran el tipo de cobertura presente con la simbología de la metodología corine land cover correspondiente

Teniendo en cuenta la base de datos Corine Land Cover y teniendo la previa apreciación del tipo de cobertura se identifican los códigos correspondientes a cada código digitalizado en la tabla de atributos lo que indica que en Toledo se presentan zonas de extracción minera, urbanizaciones, cultivos, zona industrial, lagunas, herbazales, vegetación de distintos tipos e incluso bosques densos y abiertos cada uno de estos correspondientes a los códigos de nivel 3, en la tabla 7 visualiza la tipología de los polígonos en toda la zona de estudio clasificados en 29 tipos de cobertura.

Tabla 7. *Códigos con sus correspondientes tipos de cobertura < metodología Corine Land Cover>*

cobertura	cod	area
Tejido urbano continuo	111	83,726562
Tejido urbano discontinuo	112	17,873178
Zona industrial o comercial	121	34,412098
Red vial, ferroviaria y terrenos asociados	122	262,014531
Zonas de extracción minera	131	4,682584
Zonas verdes urbanas	141	1,407748
Otros cultivos transitorios	211	397,916026
Cultivos permanentes arbustivos	222	1090,33668
Pastos limpios	231	18716,9604
Pastos arbolados	232	1599,545636
Pastos enmalezados	233	3740,820883
Mosaico de cultivos	241	143,996274
Mosaico de pastos y cultivos	242	1518,889164
Mosaico de cultivos, pastos y espacios nat	243	1235,590216
Mosaico de pastos con espacios naturales	244	2750,845213

Mosaico de cultivos y espacios naturales	245	1126,535327
Bosque denso	311	59233,80693
Bosque abierto	312	19830,77413
Bosque fragmentado	313	4279,634874
Bosque de galería y ripario	314	1328,151439
Herbazal denso	321	8241,304423
Arbustal denso	322	10626,66287
Vegetación secundaria o en transición	323	7775,185773
Zonas arenosas naturales	331	230,600404
Afloramientos rocosos	332	12,358032
Tierras desnudas y degradadas	333	802,226792
Zonas quemadas	334	21,353333
Ríos	511	2104,449801
Lagunas, lagos y ciénagas naturales	512	5,069295

Fuente: Villamizar, D (2020)

4.4 Movimientos en Masa a Partir de la Relación que hay con el Tipo de Cobertura

4.4.1 Determinación de área de cobertura y áreas de movimiento en masa

De la capa de cobertura se calcula el área de cada uno de los tipos de cobertura y estos son representados en la tabla 8 donde puede ver el porcentaje de área que tiene cada uno de los códigos estas ordenadas de mayor a menor porcentaje.

Tabla 8. *Tipo de cobertura con su respectivo porcentaje de área ordenado de mayor a menor porcentaje*

cobertura	cod	area	%Area
Bosque denso	311	59233,807	40,024
Bosque abierto	312	19830,774	13,400
Pastos limpios	231	18716,960	12,647
Arbustal denso	322	10626,663	7,180
Herbazal denso	321	8241,304	5,569
Vegetación secundaria o en transición	323	7775,186	5,254
Bosque fragmentado	313	4279,635	2,892
Pastos enmalezados	233	3740,821	2,528
Mosaico de pastos con espacios	244	2750,845	1,859

naturales			
Ríos	511	2104,450	1,422
Pastos arbolados	232	1599,546	1,081
Mosaico de pastos y cultivos	242	1518,889	1,026
Bosque de galería y ripario	314	1328,151	0,897
Mosaico de cultivos, pastos y espacios nat	243	1235,590	0,835
Mosaico de cultivos y espacios naturales	245	1126,535	0,761
Cultivos permanentes arbustivos	222	1090,337	0,737
Tierras desnudas y degradadas	333	802,227	0,542
Otros cultivos transitorios	211	397,916	0,269
Red vial, ferroviaria y terrenos asociados	122	262,015	0,177
Zonas arenosas naturales	331	230,600	0,156
Mosaico de cultivos	241	143,996	0,097
Tejido urbano continuo	111	83,727	0,057
Zona industrial o comercial	121	34,412	0,023
Zonas quemadas	334	21,353	0,014
Tejido urbano discontinuo	112	17,873	0,012
Afloramientos rocosos	332	12,358	0,008
Lagunas, lagos y ciénagas naturales	512	5,069	0,003
Zonas de extracción minera	131	4,683	0,003
Zonas verdes urbanas	141	1,408	0,001
		147217,131	

Fuente: Villamizar, D (2020)

Incluso se muestra un agrupado de las coberturas por nivel 1 en la gráfica 1 y tabla 9 donde se puede ver el porcentaje de área de cada cobertura por primer nivel según la metodología Corine Land Cover.

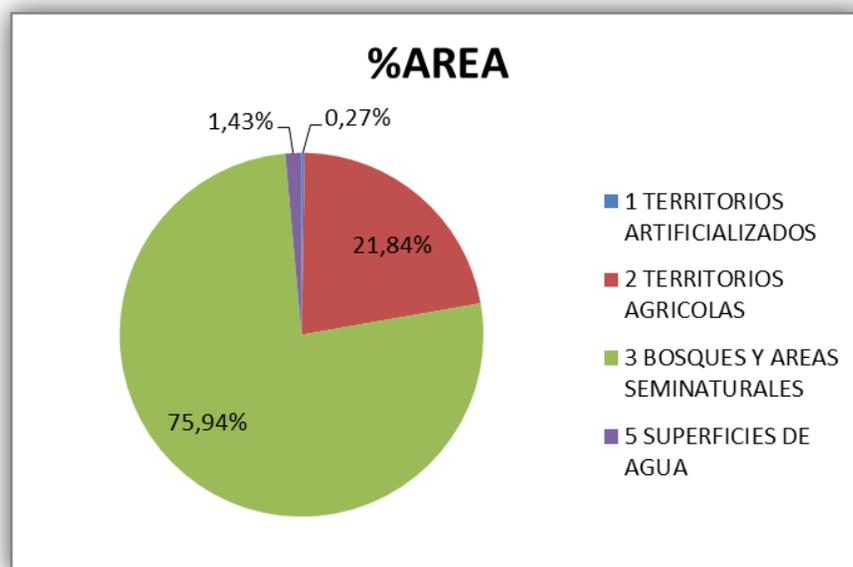
Tabla 9. *Porcentaje de área por primer nivel de cobertura*

COD	COBERTURA	%AREA
1	TERRITORIOS ARTIFICIALIZADOS	0,27
2	TERRITORIOS AGRICOLAS	21,84
3	BOSQUES Y AREAS	75,94

SEMINATURALES		
5	SUPERFICIES DE AGUA	1,43

Fuente: Villamizar, D (2020)

Grafica 1. Porcentajes de área de cobertura en Toledo



Fuente: Villamizar, D (2020)

Con respecto al área del municipio se puede observar que Toledo cuenta con una mayor porcentaje de área calculado en un 76 % aproximadamente de bosque y áreas seminaturales en las que destacan los bosque densos y abiertos mientras que los tipos de cobertura con menor presencia son los territorios artificializados y superficies de agua en este caso ríos y zonas urbanas lo que indica la poca expansión de la población ya que solo alcanza el 1,5 % aproximadamente, mientras que la zona rural o comercial en el caso de un sitio donde la mayoría

de los ingresos dependen de la agricultura y ganadería abarca $\frac{1}{4}$ del territorio entre pastos para actividades ganaderas y cultivos.

Luego de conocer el área de cobertura de la zona de estudio se muestran las áreas de movimientos en masa las cuales se haya mediante dicha capa proporcionada por los expertos, en la tabla 10 se puede ver el área de movimientos en la zona por tipo de movimientos ya sea flujo deslizamiento caída o volcamiento, determinando que la mayor cantidad de movimientos que se presentan corresponde a los deslizamientos mientras que lo que menos tiene ocurrencia es el movimiento tipo volcamiento.

Tabla 10. *Áreas de movimiento en masa de Toledo*

N°	Tipo_MM	Area(m ²)
1	Caída	19289,698
2	Deslizamiento	21669666,8
3	Flujo	2669294,94
4	Volcamiento	3045,757

Fuente: Villamizar, D (2020)

4.4.2 Realizar la intersección de las capas anteriores

Al reducir los tipos de cobertura hasta nivel 3 se pasa de tener 53 tipos de coberturas a tener 29, en la tabla 11 en la columna susceptibilidad se diferencia una lista con 0 que indica que en esa área la cobertura no tuvo deslizamiento mientras que la lista con valores iguales a 1 es donde si hubo deslizamientos o cualquier otro tipo de movimiento en masa y también se identifica la cantidad de movimientos en masa que hubo en ese tipo de cobertura.

Tabla 11. Áreas con ausencia y presencia de movimientos en masa en cada tipo de cobertura

Presencia	Area(Ha)	Ausencia	Area(Ha)		cod
1	0,01	0	83,717	Tejido urbano continuo	111
1	0,01	0	17,863	Tejido urbano discontinuo	112
1	0,01	0	34,402	Zona industrial o comercial	121
1	1,48	0	260,537	Red vial, ferroviaria y terrenos asociados	122
1	2,58	0	2,104	Zonas de extracción minera	131
1	0,01	0	1,398	Zonas verdes urbanas	141
1	7,45	0	390,461	Otros cultivos transitorios	211
1	8,45	0	1081,891	Cultivos permanentes arbustivos	222
1	566,77	0	18150,188	Pastos limpios	231
1	19,57	0	1579,972	Pastos arbolados	232
1	67,98	0	3672,836	Pastos enmalezados	233
1	0,01	0	143,990	Mosaico de cultivos	241
1	78,94	0	1439,947	Mosaico de pastos y cultivos	242
1	7,11	0	1228,480	Mosaico de cultivos, pastos y espacios nat	243
1	43,58	0	2707,268	Mosaico de pastos con espacios naturales	244
1	15,34	0	1111,191	Mosaico de cultivos y espacios naturales	245
1	362,24	0	58871,568	Bosque denso	311
1	156,41	0	19674,369	Bosque abierto	312
1	52,53	0	4227,105	Bosque fragmentado	313
1	5,11	0	1323,037	Bosque de galería y ripario	314
1	115,40	0	8125,907	Herbazal denso	321
1	208,33	0	10418,336	Arbustal denso	322
1	198,27	0	7576,917	Vegetación secundaria o en transición	323
1	0,71	0	229,893	Zonas arenosas naturales	331
1	6,82	0	5,537	Afloramientos rocosos	332
1	366,45	0	435,776	Tierras desnudas y degradadas	333
1	0,01	0	21,343	Zonas quemadas	334
1	73,89	0	2030,563	Ríos	511
1	0,01	0	5,059	Lagunas, lagos y ciénagas naturales	512

Fuente: Villamizar, D (2020)

Posteriormente en la tabla 12 se destacan los porcentajes de área de cada código de nivel

1 donde hubo movimiento o la ausencia del mismo.

Tabla 12. Porcentajes de área donde hubo y no movimiento en masa

Nivel	Area P	Area A	Total	% P	% A
1	4,0962	400,02	404,1162	1,01362	98,98638
2	815,21	31506,23	32321,44	2,52220	97,47780
3	1472,27	110909,79	112382,06	1,31006	98,68994
5	73,9	2035,62	2109,52	3,50317	96,49683

Fuente: Villamizar, D (2020)

Se puede observar que por la cantidad de movimientos en cada uno se notan más en bosques densos con una cantidad de 484 movimientos, vegetación secundaria con 256 movimientos al igual que los ríos en general se observa que en Toledo ninguna de sus coberturas en nivel 1 superan el 5 % de movimiento en masa aunque si se logra diferenciar un mayor porcentaje de movimientos en la cobertura tipo 5 es decir en las superficies de agua con un 3,5 % debido a su pequeña área ya que si se tiene en cuenta la cantidad de área removida se nota una mayor cantidad de esta en las coberturas tipo 3 especialmente en tierras desnudas, pastos limpios y bosques densos, a pesar de lo dicho resulta contener un porcentaje pequeño de remoción en esta área debido a que es tan grande la cobertura que el movimientos en masa es en efecto muy pequeño a comparación de otro tipo de cobertura menos extenso.

4.4.3 Análisis estadístico donde se determina la magnitud y correlación

La estadística con el método WoFE se representa en la tabla 13 donde se puede observar principalmente los valores de Wf con su respectivo rango de colores que facilitan la identificación de las áreas de cobertura que son más susceptibles de color rojo y las menos susceptibles en color verde de las que destacan como más susceptibles las zonas de extracción

minera afloramientos rocosos y tierras desnudas mientras que la menos susceptibles son los mosaicos de cultivos.

Tabla 13. Método estadístico de WoFE para susceptibilidad

Cobertura para la zonificación de la susceptibilidad a movimientos en masa									
COBERTURA	% de MM	% sin MM	Npix1	Npix2	Npix3	Npix4	wi+	wi-	wf
Tejido urbano continuo	0,00%	0,06%	0,01	2.365,46	83,72	144.767,94	-4,918	0,001	-4,918
Tejido urbano discontinuo	0,00%	0,01%	0,01	2.365,46	17,86	144.833,79	-3,373	0,000	-3,373
Zona industrial o comercial	0,00%	0,02%	0,01	2.365,46	34,40	144.817,26	-4,029	0,000	-4,029
Red vial, ferroviaria y terrenos asociados	0,06%	0,18%	1,48	2.364,00	260,54	144.591,12	-1,058	0,001	-1,059
Zonas de extracción minera	0,11%	0,00%	2,58	2.362,89	2,10	144.849,55	4,318	-0,001	4,320
Zonas verdes urbanas	0,00%	0,00%	0,01	2.365,46	1,40	144.850,26	-0,825	0,000	-0,825
Otros cultivos transitorios	0,32%	0,27%	7,45	2.358,02	390,46	144.461,20	0,156	0,000	0,157
Cultivos permanentes arbustivos	0,36%	0,75%	8,45	2.357,03	1.081,89	143.769,77	-0,738	0,004	-0,742
Pastos limpios	23,96%	12,53%	566,77	1.798,70	18.150,19	126.701,47	0,648	-0,140	0,788
Pastos arbolados	0,83%	1,09%	19,57	2.345,90	1.579,97	143.271,69	-0,276	0,003	-0,279
Pastos enmalezados	2,87%	2,54%	67,98	2.297,49	3.672,84	141.178,82	0,125	-0,003	0,129
Mosaico de cultivos	0,00%	0,10%	0,01	2.365,47	143,99	144.707,67	-5,961	0,001	-5,962
Mosaico de pastos y cultivos	3,34%	0,99%	78,94	2.286,53	1.439,95	143.411,71	1,211	-0,024	1,235
Mosaico de cultivos, pastos y espacios nat	0,30%	0,85%	7,11	2.358,36	1.228,48	143.623,18	-1,037	0,006	-1,043
Mosaico de pastos con espacios naturales	1,84%	1,87%	43,58	2.321,90	2.707,27	142.144,39	-0,014	0,000	-0,015
Mosaico de cultivos y espacios naturales	0,65%	0,77%	15,34	2.350,13	1.111,19	143.740,47	-0,168	0,001	-0,169
Bosque denso	15,31%	40,64%	362,24	2.003,23	58.871,57	85.980,09	-0,976	0,355	-1,331
Bosque abierto	6,61%	13,58%	156,41	2.209,07	19.674,37	125.177,29	-0,720	0,078	-0,797
Bosque fragmentado	2,22%	2,92%	52,53	2.312,94	4.227,11	140.624,55	-0,273	0,007	-0,280
Bosque de galería y ripario	0,22%	0,91%	5,11	2.360,36	1.323,04	143.528,62	-1,441	0,007	-1,448
Herbazal denso	4,88%	5,61%	115,40	2.250,08	8.125,91	136.725,75	-0,140	0,008	-0,147
Arbustal denso	8,81%	7,19%					0,203	-0,018	0,220

				208,33	2.157,15	10.418,34	134.433,32			
Vegetación secundaria o en transición	8,38%	5,23%	198,27	2.167,20	7.576,92	137.274,74	0,471	-0,034	0,505	
Zonas arenosas naturales	0,03%	0,16%	0,71	2.364,77	229,89	144.621,76	-1,669	0,001	-1,671	
Afloramientos rocosos	0,29%	0,00%	6,82	2.358,65	5,54	144.846,12	4,323	-0,003	4,326	
Tierras desnudas y degradadas	15,49%	0,30%	366,45	1.999,02	435,78	144.415,88	3,941	-0,165	4,107	
Zonas quemadas	0,00%	0,01%	0,01	2.365,46	21,34	144.830,31	-3,551	0,000	-3,551	
Ríos	3,12%	1,40%	73,89	2.291,59	2.030,56	142.821,09	0,801	-0,018	0,819	
Lagunas, lagos y ciénagas naturales	0,00%	0,00%	0,01	2.365,46	5,06	144.846,60	-2,112	0,000	-2,112	

Fuente: Modificado por Villamizar, D (2020)

Al observar la tabla 14 con los valores de Wf ordenados de mayor a menor se logra identificar con mayor certeza los tipos de cobertura más susceptibles y los no susceptibles.

Tabla 14. Wf ordenado de mayor a menor con porcentajes acumulados de cobertura y MM

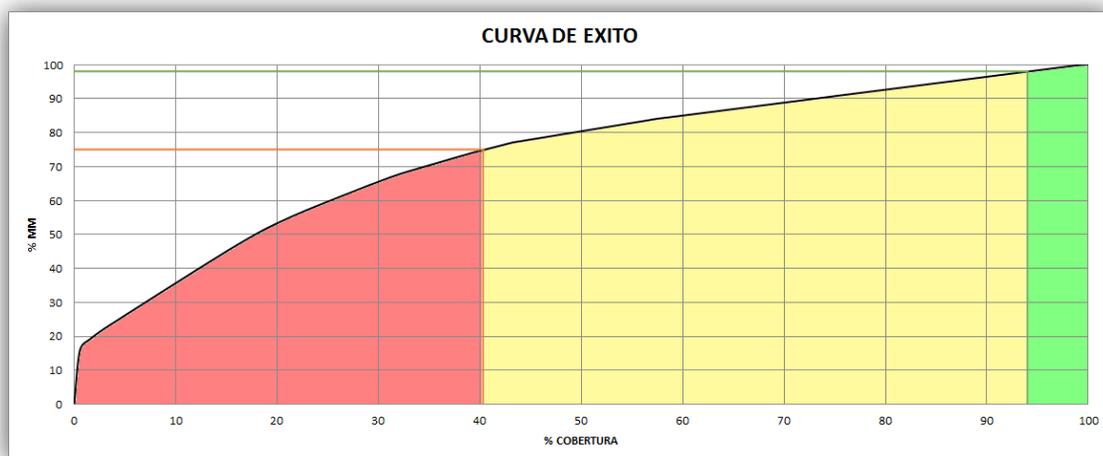
sus	cob	cod	area	%	%acu	MM	%MM	%MMACU
4,32622533	Afloramientos rocosos	332	12,358	0,008	0,008	6,821	0,288	0,288
4,31955977	Zonas de extracción minera	131	4,683	0,003	0,012	2,579	0,109	0,397
4,1067745	Tierras desnudas y degradadas	333	802,227	0,545	0,557	366,451	15,492	15,889
1,23503093	Mosaico de pastos y cultivos	242	1518,889	1,032	1,588	78,942	3,337	19,227
0,81881735	Ríos	511	2104,450	1,429	3,018	73,887	3,124	22,350
0,78828942	Pastos limpios	231	18716,960	12,714	15,732	566,772	23,961	46,311
0,50530602	Vegetación secundaria o en transición	323	7775,186	5,281	21,013	198,268	8,382	54,693
0,2200689	Arbustal denso	322	10626,663	7,218	28,231	208,327	8,807	63,500
0,15669514	Otros cultivos transitorios	211	397,916	0,270	28,502	7,455	0,315	63,816
0,12877065	Pastos enmalezados	233	3740,821	2,541	31,043	67,984	2,874	66,690
-0,01470807	Mosaico de pastos con espacios naturales	244	2750,845	1,869	32,911	43,577	1,842	68,532
-0,14741851	Herbazal denso	321	8241,304	5,598	38,509	115,397	4,879	73,410

-0,1689254	Mosaico de cultivos y espacios naturales	245	1126,535	0,765	39,275	15,344	0,649	74,059
-0,27888039	Pastos arbolados	232	1599,546	1,087	40,361	19,574	0,828	74,887
-0,28032699	Bosque fragmentado	313	4279,635	2,907	43,268	52,529	2,221	77,107
-0,74197739	Cultivos permanentes arbustivos	222	1090,337	0,741	44,009	8,446	0,357	77,464
-0,79746026	Bosque abierto	312	19830,774	13,470	57,479	156,405	6,612	84,077
-0,82530595	Zonas verdes urbanas	141	1,408	0,001	57,480	0,000	0,000	84,077
-1,0428122	Mosaico de cultivos, pastos y espacios nat	243	1235,590	0,839	58,319	7,110	0,301	84,377
-1,05901202	Red vial, ferroviaria y terrenos asociados	122	262,015	0,178	58,497	1,477	0,062	84,440
-1,33145621	Bosque denso	311	59233,807	40,236	98,733	362,239	15,314	99,754
-1,44788227	Bosque de galería y ripario	314	1328,151	0,902	99,635	5,115	0,216	99,970
-1,670648	Zonas arenosas naturales	331	230,600	0,157	99,792	0,707	0,030	100,000
-2,111696	Lagunas, lagos y ciénagas naturales	512	5,069	0,003	99,795	0,000	0,000	100,000
-3,37329876	Tejido urbano discontinuo	112	17,873	0,012	99,807	0,000	0,000	100,000
-3,55132071	Zonas quemadas	334	21,353	0,015	99,822	0,000	0,000	100,000
-4,02878901	Zona industrial o comercial	121	34,412	0,023	99,845	0,000	0,000	100,000
-4,91844887	Tejido urbano continuo	111	83,727	0,057	99,902	0,000	0,000	100,000
-5,96172078	Mosaico de cultivos	241	143,996	0,098	100,000	0,006	0,000	100,000

Fuente: Villamizar, D (2020)

Basado también en la gráfica 2 que demuestra los valores de las tablas anteriores es decir se puede identificar que los mismos tipos de cobertura que presentaban alta susceptibilidad son los que la gráfica representa en color rojo y son los que se encuentran bajo el 75 % de los movimientos en masa de Toledo mientras que los pertenecientes al 25 % restante son los que representan a una susceptibilidad media y baja.

Grafica 2. Curva de éxito del método WoFE

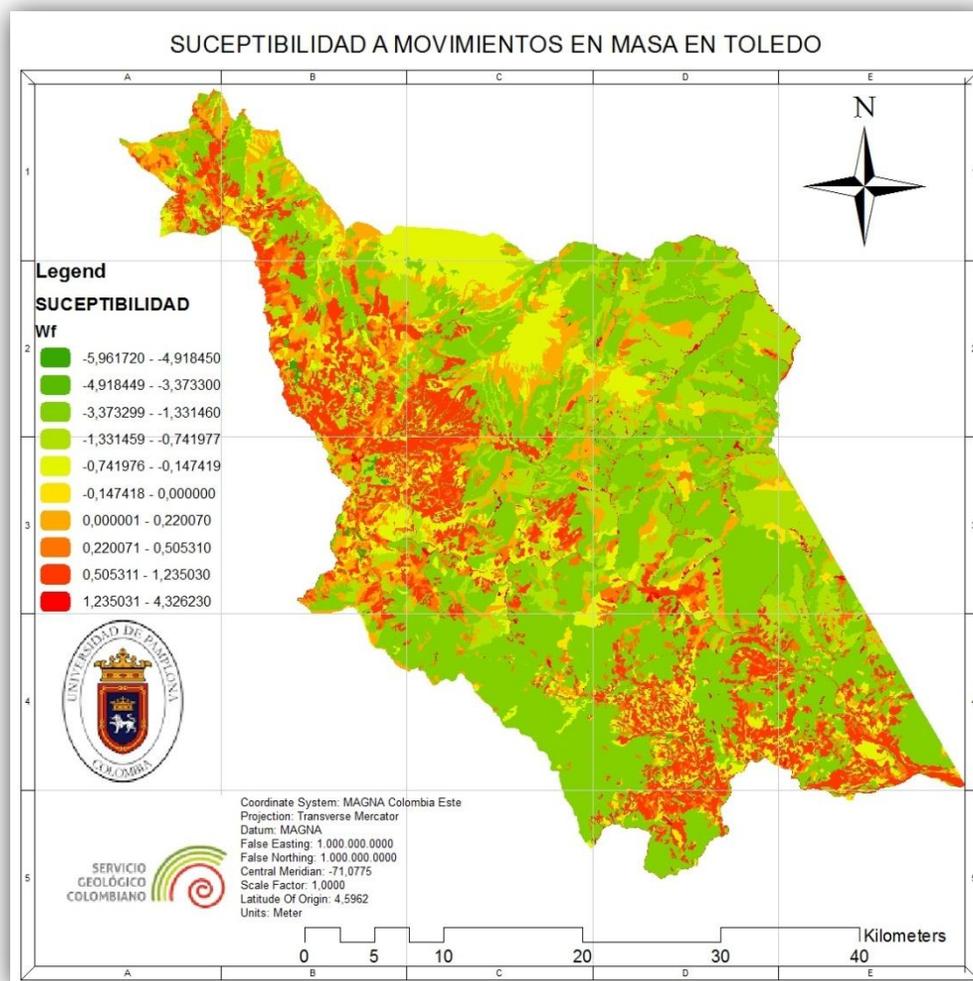


Fuente: Villamizar, D (2020)

esta grafica nos permite ver que las zonas con baja susceptibilidad son aquellas cuyos porcentajes acumulados superan el 94 % de la cobertura como los mosaicos de cultivos y otras zonas artificializadas, las que se encuentran en susceptibilidad media son los que están en el rango de 40 – 94 % de porcentaje acumulado de cobertura por ejemplo herbazales y pastos, los valores menores a este rango son de alta susceptibilidad donde se encuentran afloramientos rocosos, zonas de extracción y tierras desnudas como ya se había mencionado con anterioridad.

En la figura 20 se presenta el mapa de susceptibilidad basado en los valores Wf obtenido de la estadística WoFE, se puede observar distintos rangos de colores con los intervalos de los valores Wf de los que resaltan valores como 4,32 a 1,23 ubicados en la susceptibilidad más alta y valores negativos como -5,96 a -4,91 representando la susceptibilidad más baja.

Figura 20. Mapa de susceptibilidad de Toledo



Fuente: Villamizar, D (2020)

Toledo se encuentra en susceptibilidad relativamente baja basados en el mapa temático ya que predominan los tonos verdes con respecto al rojo que se logran observar en pequeñas cantidades.

4.5 Exportar Información de Movimientos en Masa hacia la Plataforma Simma

4.5.1 Subir a la plataforma los formatos de información morfodinámico para la actualización y consulta de información.

El inventario morfodinámico consta tanto de una capa de polígonos vectorizados con base a un basemap u otra fuente de información, entre estas se encuentra las fuentes de información secundaria que consta de encuestas a la población o también de la que se obtiene de libros, informes o periódicos en este caso para el llenado de los formatos suministrados por el SGC se utiliza el basemap, y comparándolo con Google Earth se verifican las fechas de ocurrencia entre otros campos en el formulario, en figura 21 se muestra el formato que se llenó para cada uno de los movimientos en masa de la zona de estudio. Al ingresar la información a estos formatos se logra diferenciar en algunos movimiento en masa la diferencia de fechas de ocurrencia entre la imagen spot y el Google Earth, estas diferencias son en algunos casos de permanencia, reincidencia, cuando se habla de permanencia se refiere a que el mapa spot tiene una fecha estándar que es 2 de noviembre de 2006 entonces al comparar con el Google Earth en una fecha superior y este se mantiene igual, mientras que si comparando en una fecha superior este aumenta el área removida se habla de una reincidencia en el movimiento en masa. También existe el caso en que el movimiento es comparado con una fecha menor en Google Earth y está presente el movimiento entonces se toma esa fecha como ocurrencia del mismo. Este será cargado a la plataforma SIMMA para que pueda ser consultado con mayor facilidad (ver anexo 2, anexo 3).

Figura 21. Formato para movimientos en masa proporcionados por el SGC

FORMATO MODIFICADO PARACATALOGO DE MOVIMIENTOS EN MASA						COD_SIMMA:								
Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas						IMPORTANCIA*								
						Alta	<input checked="" type="checkbox"/>	Media	<input type="checkbox"/>	Baja	<input type="checkbox"/>			
ENCUESTADOR*		FECHA EVENTO*		FECHA REPORTE*		DATOS DE REGISTRO		CONFIABILIDAD FECHA EVENTO		FUENTE DEL REGISTRO				
Edwards Jhonatan Estepa Camacho		2006		2020						INSTITUCIÓN* Universidad de Pamplona				
LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA														
POR DIVISION POLITICA			COORDENADAS GEOGRAFICAS			REFERENTES GEOGRAFICOS								
Departamento* Norte de Santander			Sitio* corona			se encuentra a 1,36 km de quebrada los deseos								
Municipio* Toledo			Lat (GMS): 7° 7' 57,025" N											
Vereda* MARGUA			Long (GMS): 72° 6' 58,165" W											
			Altura* 909											
			Proyeccion: Magna *											
CLASIFICACIÓN DEL MOVIMIENTO														
TIPO MOVIMIENTO			SUBTIPO MOVIMIENTO											
1* 2			1* 2			1* 2			1* 2					
Caida	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Caida de roca	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Desliz. traslacional	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Desliz. por flujo	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Desliz. licuación detritos	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Volcamiento	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Caida de detritos	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Desliz. en cuña	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Avalancha de detritos	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Desliz. licuación roca fracturada	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Deslizamiento	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Caida de tierras	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Desliz. traslacional en cuña	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Flujo de tierra	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Propag. lateral/lenta	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Flujo	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Volcam. flexural de roca	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Desliz. traslacional planar	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Crecida de detritos	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Propag. lateral/licitación	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Propagación Lateral	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Volcam. de roca	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Avalancha de rocas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Flujo de turba	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Reptación de suelos	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Reptación	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Volcam. macizo rocoso	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Flujo de detritos	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Desliz. licuación de arena	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Solfubión	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Deform. Gravit. Profundas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Desliz. rotacional	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Flujo de lodo	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Desliz. licuación de limo	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Gelifluxión (en permafrost)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
NOTA: 1: Primer movimiento, 2: Segundo Movimiento														
POBLACION AFECTADA			DAÑOS											
Heridos _____			TIPO INFRAESTRUCTURA, ACTIVIDADES ECONOMICAS, DAÑOS AMBIENTALES											
Vidas _____			TIPO			CANTIDAD		UNIDAD		TIPO DAÑO		VALOR (US\$)		
Desaparecidos _____			I E A			_____		_____		DL DM DS DT NC		_____		
Personas _____			I E A			_____		_____		DL DM DS DT NC		_____		
Familias _____			I E A			_____		_____		DL DM DS DT NC		_____		
TIPO DE DAÑO: Infraestructura: edificios, carreteras, inst. educativa, puentes, servicios publicos, vía ferrea, torre conducción eléctrica, obras lineales, planta eléctrica, torre de energía, capa asfáltica, galpones, tanque almacenamiento, espolones, distrito riego, puentes peatonales, puentes veredales, acueducto.			I E A			_____		_____		DL DM DS DT NC		_____		
Económicos: agricultura, ganadería, cultivos, semovientes, transporte pasajeros y carga. Ambientales: parques, bosques, planta tratamiento de agua.			I E A			_____		_____		DL DM DS DT NC		_____		
NOTA: I: Infraestructura, E: Económicos, A: Ambientales, DL: Daño leve, DM: Daño moderado, DS: Daño severo, DT: Daño total, NC: No cuantificable														
NOTAS (Por ejemplo causas y observaciones generales)														
certeza de año de ocurrencia														

Fuente: Villamizar, D (2020)

Conclusiones

El alistamiento de insumos es indispensable al momento de llevar a cabo el proyecto ya que es la primera información con la que los expertos debe contar para realizar sus interpretaciones y demás actividades que son de mayor importancia en el ámbito de entrega de los resultados a los coordinadores del proyecto quienes a su vez son los responsables de su entrega al servicio geológico.

Teniendo en cuenta la información secundaria obtenida se logró cumplir con el objetivo del inventario morfodinámico que resulta ser de gran importancia al momento de calcular los valores de susceptibilidad ya que es el resultado a que se planteó llegar, a pesar de las dificultades presentadas en época de pandemia se permite cumplir con los objetivos propuestos por el equipo de trabajo.

Es importante reconocer la cobertura que se presentan en la zona de estudio directamente pero debido a las situaciones sanitarias presentadas des el tercer mes del año no fue posible realizar las correspondientes visitas de campo programadas. Pese a la situación los expertos se las arreglaron para presentar su mejor trabajo de interpretación basados en imágenes satelitales SENTINEL las cuales fueron un gran apoyo para el cumplimiento de los objetivos.

aunque una cobertura tenga muchos deslizamientos también se debe tomar en cuenta el área de esos deslizamiento ya que si se compara con una superficie más pequeña con una remoción demasiado grande no alcanzaría a superarla una superficie de área muy grande con pequeños deslizamientos esto quiere decir que si tomamos en

cuenta solo la cantidad de deslizamientos que han ocurrido en determinada área no se tendrá suficiente certeza de esta susceptibilidad ya que sin importar la cantidad de movimientos en masa que haya ocurrido en esa área lo que realmente importa al momento de cuantificar este valor de susceptibilidad es en realidad el área de esa cobertura junto con el área del movimiento en masa total o el área total removida en la misma, es así que se concluye que al momento de aplicar esta o cualquier otro tipo de estadística se debe verificar las variables que entran a formar parte del análisis ya que si se toman unas variables externas no será de gran ayuda para obtener datos verídicos, cabe resaltar que en este trabajo no se cuenta con una base de datos completa que pueda sustentar a cabalidad una estadística completamente cierta de la susceptibilidad de la zona de estudio ya que esta depende no solo del tipo de cobertura como se trabajó en el proyecto pues es importante el contar con otras variables que sirvan de base para confirmar que el resultado obtenido es ciertamente un resultado respaldado de todas las variables que en este influyen.

Es importante que una localidad cuente con distintas fuentes de información que permita conocer el estado del lugar en el que habita y de esta manera no exceda los límites en cuestión debido a que es peligroso cuando una población por ignorancia plantea expandir su terreno a zonas donde la susceptibilidad es demasiado alta y puede causar pérdidas en gran magnitud tanto en vidas como económicamente, además de conocer esta información es importante mantenerse actualizados en el tema ya que posiblemente la cobertura de una determinada zona cambie con el pasar de los años.

Recomendaciones

Es importante que se siga trabajando en este tipo de proyectos a nivel nacional ya que Colombia es un país donde los factores detonantes son bastante frecuentes debido a su localización en el mapa, sin contar que es un país donde las tragedias son mejor evitarlas ya que los recursos no resultan ser suficientes para la remediación de daños causados.

Es grato mantener un cronograma bien organizado y llevarlo de la mejor manera para evitar contratiempos con las fechas de entrega de los resultados ya que al manejar herramientas de información geográfica es difícil acelerar el proceso si se quieren obtener buenos resultados.

No se puede culpar a nadie por las tragedias sucedidas y tampoco a las precipitaciones o sismos que ocurren con naturalidad pero si es culpa de nosotros como población el irrumpir en zonas de alto riesgo e inestables y pretender que no pase nada pues es un arduo trabajo de expertos el estudiar y evaluar cada zona para confirmar el nivel de susceptibilidad y el generar mapas de esta índole que al mismo tiempo facilita la generación de planes ordenamiento territorial para que la población los conozca y se apropie de ellos.

Bibliografía

<https://es.wikipedia.org>. (2020 de abril de 17). Recuperado el 2020 de mayo de 2 , de

Toledo (Norte de Santander):

[https://es.wikipedia.org/wiki/Toledo_\(Norte_de_Santander\)](https://es.wikipedia.org/wiki/Toledo_(Norte_de_Santander))

UNIVERSO FORMULAS. (2019). Recuperado el 4 de MAYO de 2020, de

www.universoformulas.com:

<https://www.universoformulas.com/estadistica/descriptiva/>

*Alcaldía de Cúcuta. (s.f.). *Cúcuta para el mundo Toledo Norte de Santander.**

Recuperado el 16 de abril de 2020, de www.cucutanuestra.com:

<https://www.cucutanuestra.com/temas/geografia/municipios/region-sur/toledo/toledo.htm>

*Becerra, M. (2002). *plan de aprovechamiento y uso de recursos naturales: Guia para empresarios de Biocomercio.* Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Colombia.*

*CLIMAGRI. (2014). *agricultura de conservacion: haciendo realidad la agricultura sostenible.* Recuperado el 1 de mayo de 2020, de <http://climagri.eu>:*

<http://climagri.eu/index.php/es/>

CORTEZ SALAZAR, P. A., & GRAJALES RUIZ, S. (11 de mayo de 2018).

COMPARACIÓN ENTRE LOS MÉTODOS ESTADÍSTICOS BIVARIADO Y MULTIVARIADO PARA LA ZONIFICACIÓN DE LA

SUSCEPTIBILIDAD POR MOVIMIENTOS EN MASA EN ESCALA

1:10.000 EN EL MUNICIPIO DE LA ESTRELLA - ANTIOQUIA. Medellín.

DANE. (2005).

DANE. (14 de septiembre de 2010). *Censo General 2005 Perfil TOLEDO NORTE DE SANTANDER*. Recuperado el 20 de abril de 2020, de www.dane.gov.co:
https://www.dane.gov.co/files/censo2005/PERFIL_PDF_CG2005/54820T7T000.PDF

EcuRed. (s.f.). Recuperado el 4 de mayo de 2020, de www.ecured.cu:
https://www.ecured.cu/Digitalización_de_la_información

Escobar, C. E., & Duque Escobar, G. (6 de septiembre de 2016). *Geotecnia para el trópico andino*. Recuperado el 1 de mayo de 2020, de www.bdigital.unal.edu.co:
<http://www.bdigital.unal.edu.co/53560/>

Esri. (2010). *ArcGIS Resources*. Recuperado el 28 de abril de 2020, de resources.arcgis.com: <https://resources.arcgis.com/es/help/getting-started/articles/026n00000014000000.htm>

GEOBIS INTERNATIONAL. (10 de mayo de 2017). www.geobis.com. Recuperado el 28 de abril de 2020, de <http://www.geobis.com/es/georeferenciacion-ubique-todo-su-potencial/>

GEOLOGOGOS DEL MUNDO (GM). (5 de junio de 2017). issuu.com/asociacionvivamosmejor. Recuperado el 29 de abril de 2020, de

https://issuu.com/asociacionvivamosmejor/docs/gui__a_metodolo__gica_para_la_elabo

IDEAM. (2000). movimientos en masa dañinos ocurridos en colombia durante el fenomeno frio del pacifico (la niña)1999-2000. *IDEAM*, 5-8.

IDEAM. (2014). *www.ideam.gov.co*. Recuperado el 2 de mayo de 2020, de

METODOLOGÍA CORINE LAND COVER:

<http://www.ideam.gov.co/web/ecosistemas/metodologia-corine-land-cover>

IGAC. (20 de marzo de 2020). *6,5% de Norte de Santander cuenta con suelos aptos para cultivar*. Recuperado el 29 de abril de 2020, de igac.gov.co:

<https://igac.gov.co/es/noticias/65-de-norte-de-santander-cuenta-con-suelos-aptos-para-cultivar>

instituto distrital de gestion del riesgo y cambio climatico. (2020). Caracterización

General del Escenario de Riesgo por Movimientos en Masa en Bogotá. *IDIGER*.

MARIN, R. j. (2017). IMPORTANCIA DE LA PREDICCIÓN DE MOVIMIENTOS

EN MASA EN EL VALLE DE ABURRÁ. *Revista Ingeniería & Sociedad, Universidad de Antioquia.*, 26.

MARTIN CASTRO, E. (2014). DIAGNÓSTICO SOBRE MOVIMIENTOS EN MASA

EN LOS MUNICIPIOS DE DURANIA, HERRÁN, LABATECA, TOLEDO Y LOURDES, DEPARTAMENTO DE NORTE DE SANTANDER. *SGC*, 9-12.

MONCADA ROJAS, O. A. (2014). *Detección de movimientos en masa a escala regional empleando imágenes del sensor MODIS*. Medellín.

PINEDA, M. C., MARTINEZ CASASNOVAS, J. A., & VILORIA, J. (marzo de 2016).

RELACIÓN ENTRE LOS CAMBIOS DE COBERTURA VEGETAL Y LA OCURRENCIA DE DESLIZAMIENTOS DE TIERRA EN LA SERRANÍA DEL INTERIOR, VENEZUELA. Recuperado el 1 de abril de 2020, de

www.researchgate.net:

https://www.researchgate.net/publication/296639934_RELACION_ENTRE_LOS_CAMBIOS_DE_COBERTURA_VEGETAL_Y_LA_OCURRENCIA_DE_DESLIZAMIENTOS_DE_TIERRA_EN_LA_SERRANIA_DEL_INTERIOR_VENEZUELA

SANCHEZ DE ROZO, A., & HERMANDEZ S, R. D. (1986). *monografía del*

Municipio 1886-1986. Obtenido de

<https://searchworks.stanford.edu/view/327075>

SEPULVEDA, A., PATIÑO FRANCO, J., & RODRIGUEZ PINEDA, C. (2016).

Metodología para evaluación de riesgo por flujo de detritos detonados por lluvia: caso Útica, Cundinamarca, Colombia. *Obras y Proyectos*, 1.

SERVICIO GEOLOGICO COLOMBIANO (SGC). (2017). CLASIFICACIÓN DE MOVIMIENTOS EN MASA Y SU DISTRIBUCIÓN EN TERRENOS GEOLÓGICOS DE COLOMBIA. *PUBLICACIONES ESPECIALES GEOLÓGICAS*.

SERVICIO GEOLOGICO COLOMBIANO (SGC). (2017). *GUÍA METODOLÓGICA PARA LA ZONIFICACIÓN DE AMENAZA POR MOVIMIENTOS EN MASA ESCALA 1: 25.000*. Bogota: servicio geologico colombiano.

SERVICIO GEOLOGICO COLOMBIANO (SGC). (2017). <https://geored2.sgc.gov.co>. Recuperado el 27 de MARZO de 2020, de <https://geored2.sgc.gov.co/geologia/Paginas/Colombia.aspx>

SUAREZ, J. (s.f.). DESLIZAMIENTOS: TECNICAS DE REMEMDIACION.

Turner, A. K. (1996). *Landslides-investigation and mitigation*. Washington: National research council.