

Asistencia Técnica al Proyecto SGC - Bloque 03 Convenio 034 en el Municipio Chiscas,
Boyacá para el Análisis de la Cobertura como Condicionante de Movimientos en Masa

Eddy Alexander Ramirez Diaz

Director: Janer Rafael Cantillo

Codirector: M.S.c Julio Isaac Maldonado

Universidad de Pamplona, Facultad de Ingeniería y Arquitectura

Ingeniería Ambiental

Pamplona

13 de junio de 2020

Dedicatoria

Dedico este logro a las personas que siempre me apoyaron para hacer este sueño realidad, en especial a mi madre por sus consejos y apoyo en cada día de mi vida.

Agradecimientos

Agradezco a mi madre Ana Diaz Bohórquez por su apoyo incondicional día tras día, a mis hermanos Nelson Ramirez Diaz, Rolfe Andres Ramirez Diaz por sus consejos y ser un ejemplo a seguir, a Lisbeth Dayana Villamizar mi compañera en la vida que siempre me apoyo en los momentos más duros de mi formación profesional y a todos mis amigos y compañeros que me regalaron muchos momentos de felicidad.

A todos los docentes que me transmitieron sus conocimientos para formarme como profesional.

A los coordinadores del proyecto por permitirme ser parte de este proyecto.

A mis directores por su acompañamiento ofreciendo su conocimiento como un apoyo y orientación durante cada inconveniente hasta el final.

Contenido

1.	Capítulo I Información General	1
1.1.	Introducción	1
1.2.	Objetivos	2
1.2.1.	Objetivo General	2
1.2.2.	Objetivos Específicos	2
1.3.	Planteamiento del Problema	3
1.3.1.	Definición del Problema	3
1.4.	Justificación	4
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.....	6
2.1.3.	Población	8
2.2.	Antecedentes.....	8
2.3.	Marco Teórico.....	11
2.4.	Marco Conceptual.....	14
2.5.	Marco Legal.....	20
3.	Capitulo III Metodología.....	23

3.1.	Insumos.....	25
3.1.1.	Reconocimiento de Líneas de Vuelo.....	25
3.1.2.	Digitalización de las Líneas de Vuelo.....	25
3.1.3.	Identificación y Verificación de las Fotografías Aéreas.....	25
3.1.4.	Digitalización de Fotocentros, Marcos de Aerofotografía y Georeferenciación de Aerofotografías.....	26
3.2.	Elaboración del Inventario de Procesos Morfodinámicos.....	26
3.2.1.	Recopilación de Información de los Espacios en la Zona de Estudio donde se han Presentado Movimientos en Masa.....	26
3.2.2.	Representar como Punto cada uno de los Movimientos Presentados..	27
3.2.3.	Caracterizar los Movimientos en Masa.....	27
3.3.	Digitalizar la Interpretación Análoga.....	27
3.3.1.	Identificación Análoga por parte de Expertos de la Cobertura.....	27
3.3.2.	Digitalizar la Cobertura en Polígono.....	28
3.3.3.	Nombrar el Tipo de Cobertura con la Simbología de la Metodología Corine Land Cover Correspondiente (Categorías).....	28
3.4.	Estadística Bivariado.....	29
3.4.1.	Determinación de Area de Cobertura y Areas de Movimiento en Masa.....	29
3.4.2.	Realizar la Intersección de Capas.....	29

3.4.3.	Análisis Estadístico	30
3.5.	Exportar Información de Movimiento en Masa hacia la Plataforma SIMMA.....	32
3.5.1.	Ingresar a la Plataforma los Formatos de Información Morfodinámico para la Actualización y Consulta.....	32
4.	Capitulo IV Desarrollo del Proyecto.....	34
4.1.	Insumos.....	34
4.1.1.	Reconocimiento de Líneas de Vuelo.....	34
4.1.2.	Digitalización de las Líneas de Vuelo.....	35
4.1.3.	Identificación y Verificación de las Fotografías Aéreas.	38
4.1.4.	Digitalización de Fotocentros, Marcos de Aerofotografía y Georeferenciación de Aerofotografías.....	39
4.2.	Elaboración del Inventario de Procesos Morfodinámicos	46
4.2.1.	Recopilación de Información de los Espacios en la Zona de Estudio donde se han Presentado Movimientos en Masa.....	46
4.2.2.	Representar como Punto cada uno de los Movimientos Presentados..	47
4.2.3.	Caracterizar los Movimientos en Masa	48
4.3.	Digitalizar la Interpretación Análoga	48
4.3.1.	Identificación Análoga de la Cobertura por Parte de Expertos	48
4.3.2.	Digitalizar Cobertura en Polígono.....	50

4.3.3. Nombrar el Tipo de Cobertura Presente con la Simbología de la Metodología Corine Land Cover Correspondiente	51
4.4. Movimientos en Masa a Partir de la Relación que hay con el Tipo de Cobertura.....	54
4.4.1. Determinación de Area de Cobertura y Areas de Movimiento en Masa.....	54
4.4.2. Realizar la Intersección de las Capas Anteriores	56
4.4.3. Análisis Estadístico donde se Determina la Magnitud del Cambio de Cobertura.....	59
4.5. Exportar Información de Movimiento en Masa hacia la Plataforma SIMMA.....	65
4.5.1. Ingresar a la Plataforma los Formatos de Información Morfodinámico para la Actualización y Consulta.....	65
Conclusiones	68
Recomendación.....	70
Bibliografía	71

Lista de Ilustración

Ilustración 1:Ubicación del Municipio Chisca en Boyacá.....	7
Ilustración 2:Proceso de Erosión Eólica	15
Ilustración 3:Nomenclatura de un Deslizamiento	16
Ilustración 4:Nomenclatura de Taludes y Laderas.....	17
Ilustración 5:Deslizamientos Rotacionales en Rocas y Suelos	18
Ilustración 6:Deslizamientos Traslacionales en Suelos y Rocas.....	18
Ilustración 7: Flujos de Lodo, Detritos y Bloques	19
Ilustración 8: Desprendimiento de Rocas	20
Ilustración 9:Diagrama de Metodología de la Pasantía.....	24
Ilustración 10: Identificación de Líneas de Vuelo en Plancha I14.....	35
Ilustración 11: Líneas de Vuelo Presentes en el Municipio de Chiscas.....	36
Ilustración 12:Sobre y Planchas de Líneas de Vuelo	38
Ilustración 13: Aerofotografías Alineadas.	39
Ilustración 14: Archivo kmz Visualizado con Google Earth	41
Ilustración 15: Líneas de Vuelo, Fotocentros y Marcos de Aerofotografía.....	43
Ilustración 16: Aerofotografía Municipio de Chiscas	44
Ilustración 17: Transformación Spline.....	45
Ilustración 18: Movimientos en masa registrados.....	46
Ilustración 19: Veredas con Movimiento en Masa	47
Ilustración 20: Interpretación de Cobertura	49
Ilustración 21:Poligonos de Cobertura de la Plancha 111IVC	50

Ilustración 22: Cobertura Plancha 111IVC	52
Ilustración 23:Cobertura Digital	54
Ilustración 24:Obtención del Wf.....	60
Ilustración 25: Mapa de Susceptibilidad.....	61
Ilustración 26:Formato para Actualizar Plataforma SIMMA	66
Ilustración 27: Ingreso de Información	67

Lista de Tablas

Tabla 1: Líneas de vuelo realizadas pertenecientes a chiscas	37
Tabla 2: Líneas de Vuelo Solicitadas.....	40
Tabla 3: Líneas de Vuelo sobre el Municipio de Chiscas.....	41
Tabla 4: Movimiento en Masa por Veredas	48
Tabla 5: Códigos Correspondientes a los Polígonos en la Plancha 11 IVC.....	52
Tabla 6: Cobertura Digital.	53
Tabla 7: Porcentaje de Cobertura.....	55
Tabla 8: Movimiento en Masa más Representativos	56
Tabla 9: Cobertura Susceptible y no Susceptible.....	56
Tabla 10: Porcentaje de Categorías.....	58
Tabla 11: Cobertura con Mayor Movimiento en Masa.....	58
Tabla 12: Susceptibilidad de Mayor a Menor	62

Lista de Graficas

Grafica 1: Curva de Exito 64

Ecuaciones

<i>Ecuación 1: Peso Positivo</i>	31
<i>Ecuación 2: Peso Negativo</i>	31

Anexo

Anexo 1: Equipo de trabajo del convenio 75

Anexo 2:Excel de Consolidado de Información 75

Glosario

Amenaza por Movimiento en Masa: “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” (Servicio Geologico Colombiano, 2017).

ArcGIS: “Un GIS es una colección integrada de software y datos computacionales utilizados para ver y administrar información acerca de lugares geográficos, analizar relaciones espaciales y procesos de modelos espaciales” (Esri, 2016).

Cartografía Base: “es aquella que se obtiene por procesos directos de observación y medición de la superficie terrestre, sirviendo de base y referencia para su uso generalizado como representación gráfica de la Tierra. La cartografía básica puede ser topográfica o náutica” (INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI, 2018).

Condicionante: “Están representados en las temáticas de geología, geomorfología y cobertura de la tierra y uso del suelo, y configuran la predisposición del terreno a la ocurrencia de movimientos en masa” (Servicio Geologico Colombiano, 2017).

Detonantes: “Los factores naturales que modifican las condiciones de estabilidad y se consideran los detonantes más comunes son la lluvia y el sismo guía otra referencia dentro” (Servicio Geologico Colombiano, 2017).

Morfodinámico: “corresponden a una serie de acciones sucesivas y/o simultaneas y sinérgicas a través de las cuales los agentes morfogenéticos, principalmente los externos, son capaces de modelar las formas de la superficie terrestre” (Pontificia universidad catolica de chile , s.f.).

Shapefile: “Es un formato sencillo y no topológico que se utiliza para almacenar la ubicación geométrica y la información de atributos de las entidades geográficas, Las entidades geográficas de un shapefile se pueden representar por medio de puntos, líneas o polígonos (áreas)” (Esri, 2016).

Susceptibilidad a Movimiento en Masa: “medida cualitativa o cuantitativa de la magnitud y distribución espacial de movimientos en masa existentes o que potencialmente pueden ocurrir en un área” (Servicio Geologico Colombiano, 2017).

Vectorizar: “La vectorización consiste en convertir imágenes que están formadas por píxeles en imágenes formadas por vectores” (LOZADA ESPINOZA, 2017).

Zonificación: “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, 2017).

Resumen

En el convenio 034 del servicio geológico colombiano en conjunto con la universidad de pamplona se plantea generar insumos en el bloque 03 con la finalidad de reunir información para el apoyo en la producción del mapa nacional de amenaza por movimiento en masa, constituye los municipios de chiscas, cubara y Toledo con el objetivo de obtener información para la susceptibilidad de la zona a la presencia de movimientos en masa, dado que se han presentado sucesos en los municipios que despierta la preocupación de sus comunidades por la amenaza de deslizamientos que puedan atentar contra su vida, sus bienes, cultivos y otras preocupaciones producidas por estos fenómenos. Gracias a la ubicación de estos municipios se presenta clima frío al estar en zona de paramo, las precipitaciones son más comunes y resulta ser un factor detonante para la presencia de estos fenómenos junto con los sismos. Es por esta razón que el servicio geológico en el año 2010 elaboró el mapa de amenaza por movimiento en masa a una escala 1:100.000 con el cual se logra tener una idea de las zonas con potencial a presentar movimiento en masa pero dada la necesidad de mejorar la resolución se procede a adelantar un mapa nacional a escala 1:25.000 el cual es adecuada para el estudio de municipios de esta forma se logra tener una calidad ideal para mejorar el ordenamiento territorial de estos municipios.

Para la realización del proyecto se recurre a la utilización de la guía metodología elaborada por el servicio geológico colombiano para la zonificación de amenaza por movimiento en masa, durante este proceso se requiere generar insumos sobre la zona que comprende los tres municipios, los anteriores se hace énfasis en el municipio de chiscas en la cual se realiza la identificación del terreno a través de aerofotografía, generar mapa de

cobertura, inventario morfodinámico otros datos necesarios para el proyecto. Con la aplicación de la metodología Corine Land Cover que permite clasificar la cobertura vegetal, logrando así determinar su magnitud en el terreno. la unificación de estos datos de cobertura y el inventario morfodinámico se procesan y se filtran la información adecuada para generar un análisis estadístico para determinar la susceptibilidad de la cobertura. De esta forma se lograr identificar la cobertura tierra desnudas y degradadas contiene mayor susceptibilidad a presentar inestabilidad en su terreno de acuerdo al total de área de una cobertura determinada con relación al área de movimiento en masa. Se ejecuta una curva de éxito que logra inferir que cobertura se encuentra en alto, medio y baja susceptibilidad.

La importancia de tener un registro nacional sobre movimientos en masa actualizado que permita conocer el territorio nacional, requiere utilizar un inventario morfodinámico generado en los insumos los cuales disponen de información sobre fecha del fenómeno, ubicación y clasificación para complementar la base de datos del sistema de información de movimiento en masa (SIMMA).

PALABRAS CLAVES: Movimientos en masa, Detonantes, Sismo, Precipitación, Cobertura, GIS, SIMMA, SGC, WoFE, Morfodinámico, Deslizamiento.

Capítulo I Información General

1.1. Introducción

Los movimientos en masa son un efecto natural e inducido por la acción del ser humano por las actividades, la pérdida de cobertura natural, la agricultura, la urbanización y cualquier actividad que modifica el estado natural del medio, de este fenómeno no se puede predecir su momento exacto de ocurrencia dado que los factores ambientales y geológicos influyen en la ocurrencia de estos. La importancia de poder determinar las zonas con una alta susceptibilidad de presentarse y poder localizar las zonas de alto riesgo permite tener una mejor respuesta para estas poblaciones y evitar catástrofes. Con la implementación de un mapa a mejor escala de amenaza por movimiento en masa lograra ser un apoyo en el ordenamiento territorial de los municipios de esta forma se puede indicar que zonas se pueden realizar actividades específicas.

Aunque Colombia dispone de un mapa de movimiento en masa este se encuentra a una escala 1:100,000 este no detalla los municipios más pequeños. Para el desarrollo del proyecto se opta por la aplicación de la guía metodológica zonificación de movimiento en masa por movimiento en masa 1:100,000 aprovecha la misma metodología a una escala 1:25,000 lo cual obtiene una mejor calidad en el reconocimiento de la zona y la clasificación de movimiento en masa. El proyecto se enfoca en el bloque 03 que comprende los municipios de chiscas cubara y Toledo que están ubicados en los departamentos de Boyacá y norte de Santander zona donde se lleva a cabo la generación de insumo para la producción del mapa 1:25000.

Chiscas al estar ubicado en zona de paramo es susceptible a presentarse movimientos en masa por la alta humedad y altas precipitación que saturan los suelos y producen movimiento en masa sin contar con la perdida de cobertura de bosques para ser zonas de cultivos por esta razón es necesario contar con una zonificación de movimientos en masa el cual rijá el plan de ordenamiento territorial y garantiza la seguridad de los habitantes dado que los fenómenos remoción en masa se presentan sin previo aviso y cuando los entes de control alertan ya es muy tarde.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo General

Asistir técnicamente al proyecto SGC-Bloque 03 Convenio 034 en el municipio de Chiscas, Boyacá 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 y clasificación de estos.
- 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 sistema de información de movimiento en masa (SIMMA).

1.3. Planteamiento del Problema

1.3.1. Definición del Problema

Los movimientos en masa son procesos que suceden en la naturaleza y tiene que ser así, pero cuando el ser humano intercede en este proceso natural genera catástrofes. Atraves del tiempo desde que el hombre descubrió la agricultura ha tenido una gran motivación por modificar los habitas para acomodarlos a sus necesidades. Necesidades que no paran de aparecer, el medio proveyendo los recursos solicitados por la demanda de un mundo industrializado.

El medio que soporta todo este proceso de agricultura, urbanización, comunicaciones viales(carreteras) tiene un límite para soportar estos procesos. La erosión generada por la adecuación para dichas actividades genera una inestabilidad del suelo la falta de cobertura hace que el suelo pierda resistencia y junto con las condiciones atmosféricas permite que se genere estos movimientos.

“Colombia dado que tiene una diversidad climática donde en diferentes partes del país se presenta temporadas de precipitación altas e intensas lo que hace que se saturen los suelos, los departamentos que presenta mayor persistencia en presentarse movimientos en

masa son Antioquia, Caldas, Tolima, Cundinamarca, Santander, Boyacá entre otros, la suma de todos los eventos al nivel nacional es aproximadamente de 4202” (INGEOMINAS, 2002).

El municipio de chiscas a través del tiempo se han presentado movimientos en masa que afecta la salud de su comunidad y la afectación a los terrenos y previos por el cambio de la cobertura es un condicionante para generar los movimientos en masa, son un problema al nivel mundial. Dado que en Colombia se presenta 3 fallas geológicas y precipitaciones intensas son un potencial detonante que hace que sea una amenaza para todos los colombianos, pero más a los municipios de Boyacá los cuales se encuentran en una zona de susceptibilidad a presentarse movimientos en masa el municipio de chiscas el cual se localiza en zona de páramo y una fracción del mismo se localiza dentro del Parque Nacional Natural del Cocuy.

1.4. Justificación

Colombia cuenta con unos mapas de amenaza por movimiento en masa a escala 1:100.000 el cual se realizó en el año 2015 y que es usado actualmente, pero es un limitante ya que no presenta un buen enfoque en zonas pequeñas, Dado esta necesidad el servicio geológico en convenio con la universidad de pamplona para ser un apoyo en la generación de información del bloque 03 y así poder obtener insumos para la generación del mapa a escala 1:25000, el área de estudio chisca ha presentado diversos movimientos en masa en su territorio y dado a las características topográficas y climáticas resulta ser lugar propenso a movimientos en masa por la presencia de dos detonantes(sismo y lluvia) importantes que menciona la guía metodológica para zonificación de amenaza por movimientos en masa del

servicio geológico colombiano. atendiendo a esta necesidad de contar con mapas más precisos se opta por realizar el mapa de amenazas a escala 1:25000 con el cual se lograra visualizar y delimitar mejor las zonas en las que presenta mayor susceptibilidad a movimientos en masa dado que este mapa puede brindar mayor utilidad en el planteamiento y mejora del esquema de ordenamiento territorial (EOT) en los municipios, el cual define el uso del suelo del territorio y a su vez es un factor importante en la amenaza de movimientos en masa para municipios donde se puede llegar a afectar a la población por no tener un sistema de gestión de riesgo.

Capítulo II Marco Teórico y Estado del Arte

2.1. Marco Contextual.

2.1.1. Descripción.

El municipio de chiscas fue fundado en 1777 como una parroquia el 5 de marzo y decretado municipio en 1811 por el colegio electoral de Tunja. se encuentra ubicado en la cordillera oriental, al noreste del departamento de Boyacá y se localiza en la provincia de Gutiérrez el cual se encuentra bajo la jurisdicción de la corporación autónoma regional (CAR) Corpoboyacá. La zona urbana se encuentra a 2400 msnm y presenta una temperatura promedio de 17°C. La distancia del municipio a la capital (Santafé de Bogotá D.C) es de 372 Km, a la capital departamental (Tunja) es de 252 km.

Chiscas abarca un extenso territorio el cual va desde 1800 msnm hasta los 4600 msnm, el clima predominante es de paramo el cual ocupas más del 60% del territorio, de este paramo hace parte del parque nacional del cocuy (Colombiatourismoweb, 2020).

Su turismo se apoya del ecosistema ofreciendo recorridos por sendero ecológico de avistamiento de cóndores y venados cola blanca, fiesta religiosa de san Antonio de Padua el cual se celebra el 13 de junio de cada año. su historia está ligada a los antepasados Laches y Chiscas, quienes habitaron esta bella región del Norte de Boyacá (Alcaldia de chiscas, s.f.).

2.1.2. Ubicación Geográfica

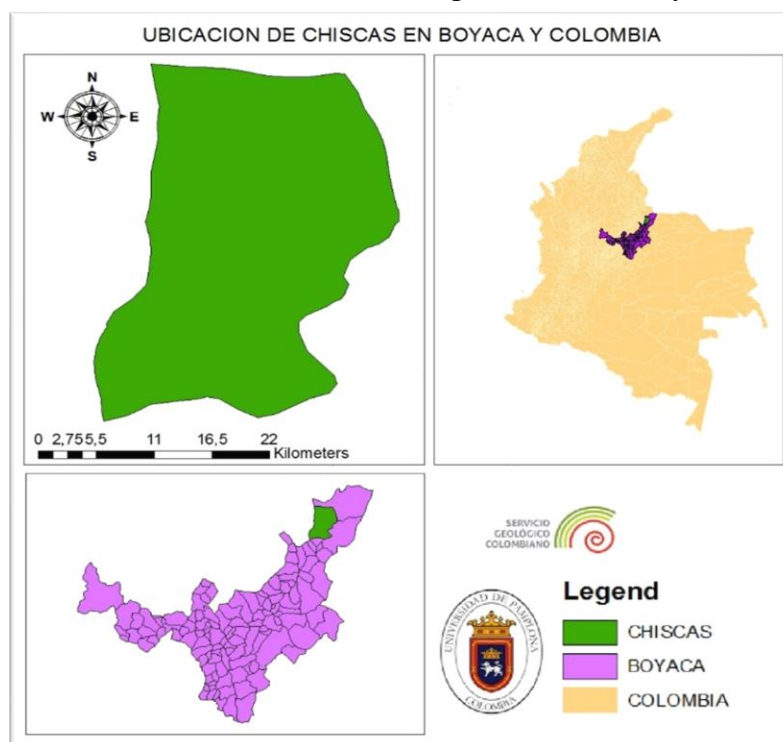
El área municipal es de aproximadamente 655,188 Km² distribuida altitudinalmente entre los 1300 y 4700 msnm ver ilustración 1. Chiscas se encuentra dividido en nueve veredas cada una con sus respectivos sectores.

Posee zonas protegidas como es el parque nacional natural del cocuy y la reserva indígena U'wa.

El municipio presenta dos sectores hidrográficos diferenciados: el sector norte que forma parte de la gran cuenca del Río Arauca a través de su afluente el río Orozco, el cual ocupa cerca del 70% del territorio municipal y hacia el sur el sector hidrográfico del río Chicamocha y la cuenca del río Pajarito y Chiscano, que cubren el área restante; sector donde se localizan los centros poblados y la mayor parte de la población rural.

Por el oriente limita con los Municipios de Cubará y Güicán, por el occidente con Macaravita, Carcasí y Concepción, por el norte con el municipio de Cubará y por el sur con el municipio de El Espino y Güicán (Colombiaturismoweb, 2020).

Ilustración 1: Ubicación del Municipio Chisca en Boyacá



Fuente: Ramirez, E (2020)

2.1.3. Población

su población es de 5.175 de los cuales 1.005 en la cabecera municipal y 4170 en parte rural, el número de hombres es 2.572 y mujeres es 2.603 (DANE, 2005). con una tasa de analfabetismo de 13.4% de la población con edades entre 5 a 15 años y 16 años y más de un 15,6 %. La población que asiste a institutos educativos de edades de 4-24 años en un 74% de la población pertenece a la cabecera municipal (DANE, 2005).

Su agricultura se encuentra en clima frio húmedo en la parte sur predomina cultivo de papa, pastos y ganadería de especies menores. a medida que baja en el sector sur la zona se torna más seca, aumentan los cultivos de cebada y maíz.

2.2. Antecedentes.

Los movimientos en masa a través de la historia se han presentado y se observa como sucesos sus naturales no hay una fecha exacta del primer registro, pero a partir del momento en que el ser humano.

Los sismos juegan un papel fundamental en la generación de los deslizamientos junto con las precipitaciones, pueden llegar a generar desastres de grandes tamaños o solo generar inestabilidad en el terreno. “los deslizamientos ocasionados por sismos han sido los causantes de decenas de miles de muertos y billones de dólares en pérdidas económicas alrededor del mundo. Por ejemplo, el sismo del 31 de mayo de 1970 en Chimbote (Perú) ocasiono más de 54.000 muertes” (CHAVES, 2011), este mismo sismo genero un deslizamiento en el nevado de Huascarán que sepulto a la ciudad de Yungay al igual en el salvador “los sismos del 13 de enero y 13 de febrero del 2001 en El Salvador, los cuales

ocasionaron más de 1000 víctimas por deslizamientos” (Servicio Geológico Colombiano, 2018).

En el mundo diferentes comunidades sufren por esta problemática no es algo de solo algunas zonas es un problema al nivel mundial “tragedias muy similares que han dejado muerte y desolación en Colombia, Guatemala, Brasil y Afganistán, entre otros países, tragedias que han dejado cientos de muertos” (HERALDO, 2017).

Colombia en la historia a vividos momentos delicados por desastres de deslizamientos acontecimientos como.

1974 QUEBRADABLANCA: Numerosos vehículos que viajaban entre Bogotá y Villavicencio quedaron atrapados el 28 de Julio a causa del derrumbe de un cerro erosionado. Murieron cerca de 200 personas, 1983 EL GUAVIO: 150 obreros que trabajaban en la represa del Guavio murieron bajo cien metros de tierra. Una brigada de rescate murió al caer la segunda parte del deslizamiento, 1987 MEDELLIN: 199 cadáveres de habitantes del barrio Villa Tina fue el saldo trágico. Un deslizamiento de la ladera arrasó con sus vidas y sus casas. Hoy el lugar es un camposanto (UNGRD, 2014).

En el reporte de emergencias obtenido el 16 de febrero de 2014 “en Colombia entre el 6 de mayo de 1998 al 7 de octubre de 2011 se han registrado 230 muertos, 195 heridos y 73 desaparecidos producidos por flujos de detritos y lodos ocurridos en diferentes regiones del país” (SNGRD, 2014).

Los motivos de esto desastres también se debe a los asentamientos los cuales se ubican en zonas de peligro o riesgo de amenaza como lo indica DANE “para el 2010 el 75% de la población colombiana se asienta en la región andina, zonas donde el relieve, la

geomorfología y los procesos tectónicos son recurrentes e influyentes en la caracterización y debate sobre la amenaza” (GARCIA, 2014).

Con el fin de reducir estas catástrofes y evitar las pérdidas de vida y la afecta económica se han realizado metodologías para evaluar las amenazas generadas por los movimientos en masa, el primero en establecer herramientas fue Keefer (1984) el cual realizo una base de datos de deslizamiento que fueran generados por sismos con el fin de lograr realizar una herramienta para la evaluación de amenazas con la cual logro identificar 36 sismos el último dato fue en 1980 y a partir de ese momento realizo unas relaciones la cual consiste en analizar el área afectada con la magnitud del sismo y la magnitud mínima y los efectos generados por el mismo. La correlación generada con los datos obtuvo que los sismo con magnitud menor a 6.0 genera cientos de inestabilidades, pero magnitudes mayores a 7.0 lograr producir miles de deslizamientos. Posteriormente al estudio Rodríguez et ál., (1999) complemento el estudio de keefer y llego a una conclusión contraria la cual indica que el número de deslizamientos no depende de la magnitud del sismo, el sismo de menor magnitud que identifico Rodríguez et ál., (1999) que lograr generar un movimiento en masa fue de 2.9 de magnitud el 7 marzo de 1984 en Qinghai, china (CABALLERO CHAVES, 2011).

Con la intención de obtener una visión y localización de estos tipos de eventos en el año 2001 el servicio Geológico colombiano (SGC) genero el mapa nacional de amenaza relativa por movimiento en masa a una escala 1:1,500,000. En el 2009 se planteó actualizar el mapa mejorando su resolución a una escala de 1:500.000, el siguiente año comenzó a realizar la zonificación de amenaza por movimiento en masa a escala 1:100,000 el cual se

realizó en dos zonas piloto y generar un documento metodológico el cual permite realizar la zonificación en las demás planchas ya para el 2015 se generaron 242 planchas y 34 en el 2016 (Servicio Geológico Colombiano, 2020).

2.3. Marco Teórico

Las personas atrás de la historia han vivido en distintos habitad acomodan el lugar a sus necesidades y con el crecimiento de su población han llegado a que sus actividades tengan un impacto notorio sobre el medio, el uso del suelo para la agricultura, la urbanización, ganadería, minería y distintas actividades junto con la geología, geomorfología han sido los factores condicionantes en que se produzca una amenaza.

Colombia al estar ubicado junto a tres placas tectónicas hace que el país tenga zonas de alta amenaza por los movimientos en masa y al ser una zona tropical la presencia de temporadas con altas precipitaciones. Estos dos factores la lluvia y los sismos son parte de que sean detonantes a la hora de que se produzca un movimiento en masa. Según los estudios realizados por Castellanos y González (1996), “las causas de los eventos desastrosos (inundaciones, deslizamientos, avalanchas), son en un 96% meteorológicas. El 56% de estas causas se presentan por lluvias prolongadas o periodos lluviosos, el 37% por lluvias intensas de corta duración y en un menor porcentaje los huracanes” (Gonzalez, 1996).

La falta de herramientas en el pasado para el control de desastres ha generado huellas en la historia, la implementación de una zonificación de amenazas por movimiento a partir del 2001 dio el primer paso para la caracterización y localización de las zonas

susceptibles de presentarse riesgos por deslizamientos dando origen a un control sobre las zonas de expansión urbana. Pero la calidad de mapa no es muy clara dado que esta se encuentra a una escala 1:1,500,000, pero a partir de la actualización del mapa nacional en 2009 a una escala 1:500.000 obteniendo una clasificación de amenaza muy alta con 3% del territorio nacional el 2.85% pertenece a zonas ubicadas en la región andina la cual presenta zonas de laderas muy inestables, con altas pendientes y una gran intervención antrópica. 16% para amenazas altas la cual presenta alta intervención antrópica y zonas de laderas inestables y ya con un 18% a zonas de amenaza media con procesos erosivos de baja intensidad y en gran medida con 63% a zonas planas o de laderas de baja pendiente. “De hecho, algunos de los peores desastres asociados a movimientos en masa en el mundo han ocurrido en la región Andina: los flujos de detritos de Vargas, Venezuela, ocurridos en 1999, con alrededor de 15.000 víctimas, El lahar de Armero, Colombia, ocurrido en 1992, con 23.000 víctimas y la avalancha de roca y hielo/flujo de detritos de 1970 en el Nevado Huascarán, Perú que se llevó 18.000 vidas” (Servicio Geológico Minero Argentino, 2007). “la identificación de estas zonas es una necesidad de la población Colombia dado que la mayor parte de la población colombiana vive en la zona andina” (Dane, 2012).

por esto un año después de la zonificación del 2009 comenzó el planteamiento de una guía metodología en cual permitiera mejorar la zonificación y con la implementación en 2 zonas de estudio se logró y en el 2015 se logró generar 242 planchas con una escala 1:100.000 permitiendo así poder identificar y localizar los deslizamientos y las zonas de susceptibilidad (Servicio Geologico Colombiano, 2018).

La relación que existe entre la pérdida de cobertura con la generación de movimientos en masa hay que comprender el efecto de la vegetación que actúa sobre la superficie ayuda a mantener una estabilidad de los taludes es un tema de debate actualmente sin embargo se sabe que la vegetación evita problemas de erosión, reptación y fallas en la superficie. “Los árboles y arbustos de raíz profunda le aportan una resistencia cohesiva significativa a los mantos de suelo más superficiales y al mismo tiempo, facilitan el drenaje subterráneo, reduciendo en esta forma la probabilidad de deslizamientos poco profundos” (SUAREZ, Deslizamientos tecnicas de remediacion., 2009).

“A partir del procesamiento e interpretación de imágenes satelitales se pueden obtener características de la superficie terrestre asociada con la ocurrencia de movimientos en masa” (MONCADA ROJAS, 2014). Esto hace posible la identificación, almacenamiento y la visualización de deslizamientos en inventarios para uso posterior.

Con las combinaciones de bandas de las imágenes se pueden obtener datos de cobertura vegetal, así como de zonas de erosión permitiendo tener puntos de control para la identificación y posterior clasificación. Se puede presentar limitantes por la calidad de las imágenes satelitales y fallos en las imágenes por factores climáticos de alta nubosidad, con el uso de herramientas de sistemas de información geográfica (SIG) permite obtener datos de zonas de difícil acceso o zonas con influencia fuerzas armadas que no permite las visitas a campo.

Boyacá contiene municipios en que encuentra en zona de amenaza alta y comprende varias veredas de los municipios de Cerrito, Chiscas, Cubará y Toledo (Servicio Geologico Colombiana, 2015). Estas zonas presentan una importante cantidad de movimientos en

masa del tipo: deslizamientos rotacionales, traslacionales y flujos de detritos, que puede superar las decenas de metros y que son potencialmente peligrosos, involucrando infraestructura y poblaciones cercanas.

El método estadístico bivariado de peso y evidencia (WoFE) “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” (Servicio Geológico Colombiano, 2017) , a través de este método se genera” La curva de éxito mide la bondad de ajuste de la función de susceptibilidad a los movimientos en masa inventariados” (Servicio Geológico Colombiano, 2017).

2.4. Marco Conceptual

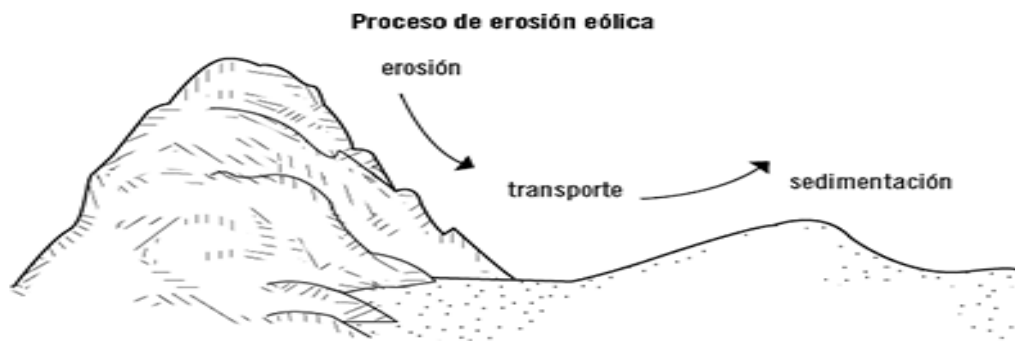
“Zonificación es la división del territorio en áreas o dominios homogéneos y su categoría de acuerdo al nivel de susceptibilidad, amenaza o riesgo actual o potencial. Guía es parte del proceso de ordenamiento territorial. Consiste en definir zonas con un manejo o destino homogéneo que en el futuro serán sometidas a normas de uso a fin de cumplir los objetivos para el área” (Centro de estudio agrarios y ambiental, s.f.).

“Amenaza 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 danos y perdidas en los bienes, la infraestructura, los medios de sustento, la prestación de servicios y los recursos ambientales” (Servicio Geológico Colombiano, 2017).

“cambios en la cobertura y el uso del suelo inciden directamente en el comportamiento el cual a su vez se puede relacionar con la ocurrencia de movimientos en masa” (Servicio Geologico Colombiano, 2017).

“La erosión eólica ocurre cuando el suelo seco, suelto, sin cobertura es sometido a fuertes vientos y las partículas de suelo se desprenden de la superficie del suelo y son transportadas a otro lugar. La erosión por labranza es el movimiento directo del suelo pendiente abajo por los implementos de labranza y resulta en la redistribución del suelo dentro de un campo. La erosión es un proceso natural pero la tasa de erosión es típicamente incrementada (o acelerada) por la actividad humana” (FAO, 2015).

Ilustración 2:Proceso de Erosión Eólica

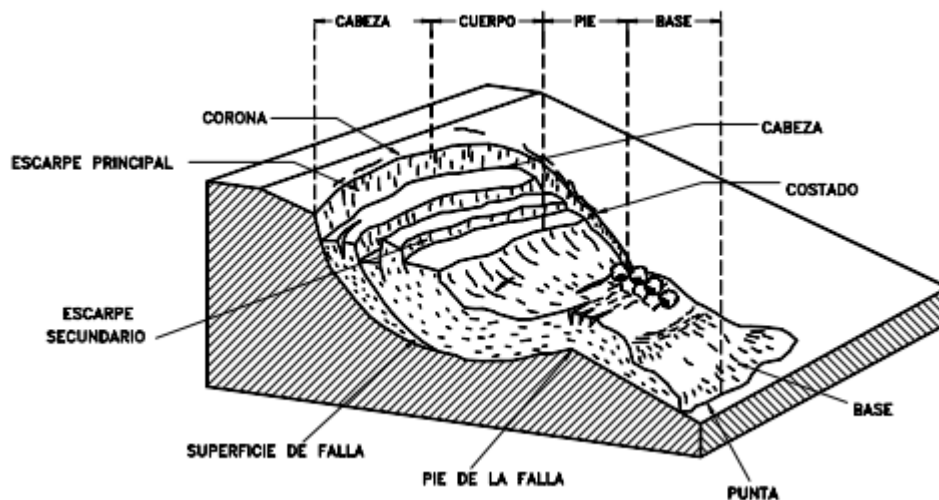


Fuente: El Suelo de Cultivo y las Condiciones Climáticas

“La Magnitud de un movimiento en masa es una medida del tamaño del movimiento en masa. Puede ser descrita cuantitativamente por su volumen o indirectamente por su área. Los descriptores usados se pueden referir a varias partes del movimiento en

masa como su escarpe o zona de depósito. identificar tanto las posibles zonas de ocurrencia del movimiento en masa (zonas o puntos de inicio), como aquellas que posiblemente serán afectadas por el alcance o distancia de viaje del movimiento” (Servicio Geológico Colombiano, 2017).

Ilustración 3: Nomenclatura de un Deslizamiento



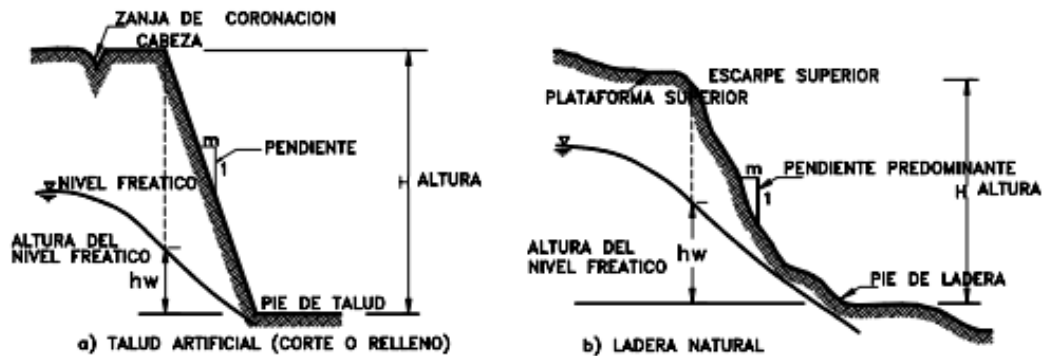
Fuente: Deslizamiento y Estabilidad de Taludes en Zonas Tropicales

“Un movimiento en masa es el proceso por el cual un volumen de material constituido por roca, suelo, tierras, detritos o escombros, se desplaza ladera abajo por acción de la gravedad” (IDIGER, 2016).

“Un “talud” o ladera es una masa de tierra que no es plana, sino que presenta una pendiente o cambios significativos de altura. En la literatura técnica se define como “ladera” cuando su conformación actual tuvo como origen un proceso natural y “talud”

cuando se conformó artificialmente” (SUAREZ, Deslizamientos técnicas de remediación., 2009).

Ilustración 4: Nomenclatura de Taludes y Laderas.

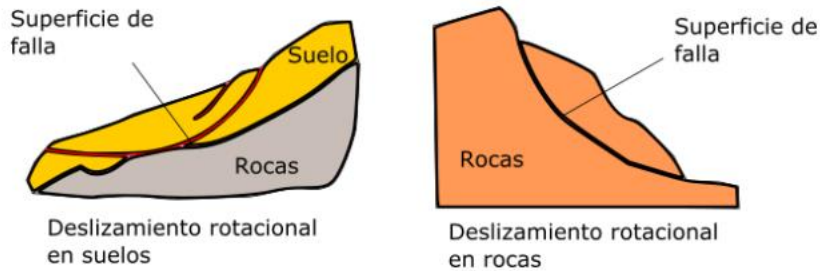


Fuente: Deslizamientos Técnicas de Remediación

“Un deslizamiento de tierra es un movimiento descendente de roca o suelo, o ambos, que ocurre en la superficie de la ruptura, ya sea curva (deslizamiento rotacional) o ruptura plana (deslizamiento traslacional), en la que gran parte del material a menudo se mueve como una masa coherente o semicoherente con poca deformación interna” (MALDONADO, 2016).

“los deslizamientos rotacionales son frecuentes en suelos homogéneos (cohesivos), se caracterizan por que la superficie de falla tiene forma curva o forma de cuchara, en este deslizamiento la masa deslizada se acumula al pie de la ladera, así como un lóbulo” (MALDONADO, 2016).

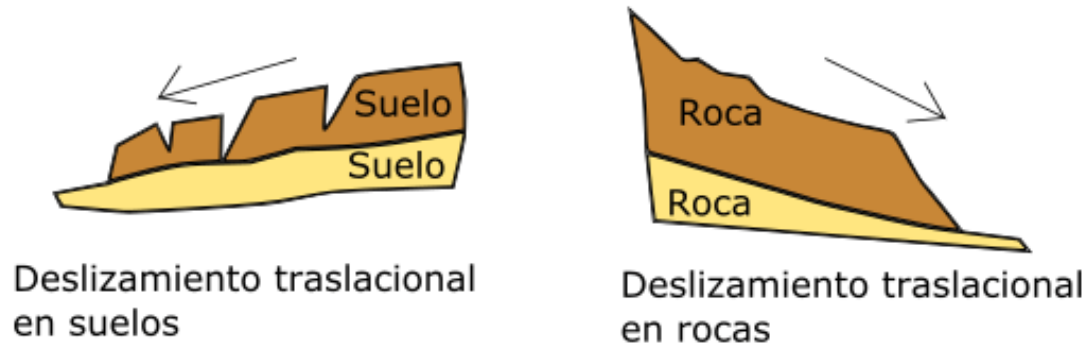
Ilustración 5: Deslizamientos Rotacionales en Rocas y Suelos



Fuente: Geologiaweb

“los deslizamientos traslacionales pueden generarse en suelos y rocas, la rotura se da a través de una o varias superficies de falla (estratificación, contacto entre rocas, planos de debilidad) que son planas y se orientan a favor del talud (ladera)” (MALDONADO, 2016).

Ilustración 6: Deslizamientos Traslacionales en Suelos y Rocas



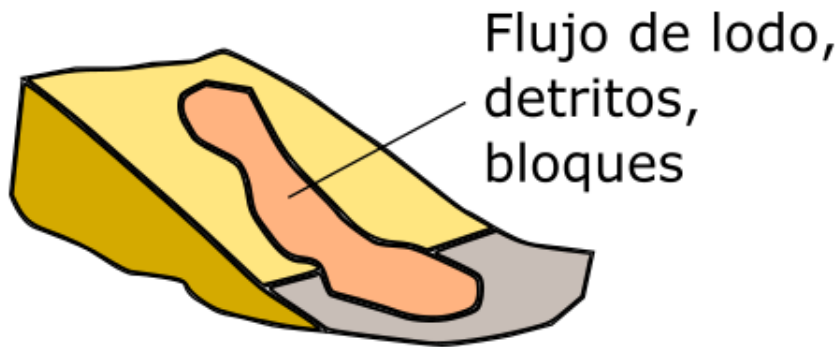
Fuente: Geologiaweb.

“El tipo de movimiento en masa describe la mecánica interna real de cómo se desplaza la masa de deslizamiento de tierra: desprendimientos o caídas, desplomes, desprendimientos, deslizamiento, vuelcos, propagación o flujo, etc. los deslizamientos de

tierra se describen utilizando dos términos que se refieren respectivamente al material y movimiento (es decir, caída de rocas, flujo de escombros, etc.)” (MALDONADO, 2016).

“los flujos o coladas se caracterizan por ser movimientos en masa que involucran alto porcentaje de agua en el proceso, por lo tanto, la masa se comporta como un fluido que se desliza a lo largo de superficies de falla poco definidas. Se caracteriza por alto porcentaje de agua, suelen ser poco profundos, pero alcanzan grandes extensiones, el deslizamiento alcanza grandes velocidades, incluso de metros por segundo” (MALDONADO, 2016).

Ilustración 7: Flujos de Lodo, Detritos y Bloques



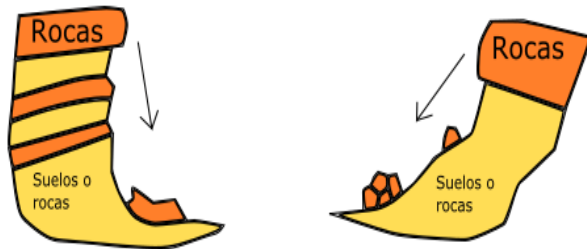
Fuente: Geologiaweb.

La reptación es un movimiento de masa muy lento y superficial, que afecta a suelos y macizos rocosos muy alterados y meteorizados, es decir que prácticamente se imperceptible y solo medible con instrumentos especiales (mediciones constantes con GPS) (MALDONADO, 2016).

Los desprendimientos de rocas se producen cuando pedazos de rocas de un macizo rocoso caen libremente hacia la superficie. Estos pedazos de rocas se producen porque el

macizo rocoso se encuentra altamente fracturado o afectado por discontinuidades (diaclasas, fallas, superficies de estratificación) (MALDONADO, 2016).

Ilustración 8: Desprendimiento de Rocas



Fuente: Geologiaweb.

2.5. Marco Legal.

LEY 388 DE 1997.

Artículo 7 COMPETENCIAS EN MATERIA DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL.

Los planes integrales de desarrollo metropolitano, en su componente de ordenamiento físico-territorial, a partir de un proceso concentrado con las autoridades e instancias de planificación de los municipios que integran la correspondiente área metropolitana y con base en objetivos de desarrollo socioeconómico metropolitano de largo plazo, establecerán las estrategias de estructuración territorial metropolitana e identificarán las infraestructuras, redes de comunicación, equipamientos y servicios de impacto metropolitano a ejecutar en el largo, mediano y corto plazo.

Ley 1523 de 2012:

ARTÍCULO 1º. 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 ley 2811 de 1974

artículo 311 Áreas de manejo especial:

Norma Complementaria

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

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.

Resolución 667 2016

ART. 5°—Indicadores ambientales. Los indicadores ambientales mínimos, ordenados según los objetivos de desarrollo sostenible.

Para disminuir la población en riesgo asociado a fenómenos naturales

- Población localizada en áreas susceptibles a deslizamientos.

Resolución 1312 de agosto 11 del 2016 Ministerio de Ambiente y Desarrollo

Sostenible

5. Caracterización del área de influencia.

5.1.2. Geomorfología.

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.

Resolución 327 del 2015

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible

6. Zonificación ambiental.

Áreas de riesgo tales como áreas susceptibles a deslizamientos e inundaciones.

Decreto 1077 del 2015 artículo 2.2.4.2.2.3.2.1.2

Evaluación técnica, financiera y jurídica

5. Otras determinantes de suelos de protección.

La corporación autónoma regional o de desarrollo sostenible correspondiente, se pronunciará en la etapa de formulación únicamente sobre el análisis de amenaza, vulnerabilidad y riesgo por inundación, crecientes súbitas y deslizamientos de origen hidrometeorológico

Capítulo III Metodología

En los estudios de movimientos en masa son una prioridad dado que “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 Geológico Colombiano, 2017).

Para lograr generar la asistencia técnica el proyecto y con finalidad de analizar la cobertura como un condicionante en la generación de los movimientos en masa se plantea la utilización de la metodología suministrada por el servicio geológico colombiano en los cuales mencionan los factores naturales que logran modificar la condiciones de estabilidad del suelo y se plantea los detonantes más comunes que son las lluvias y los mismo, estos detonantes se presentan con regularmente esto permite incluir la temporalidad en el análisis de movimiento en masa.

En el inventario de procesos morfodinámicos permite localizar y caracterizar los distintos eventos de movimientos permitiendo así planear la hipótesis sobre cual zona de cobertura es más propenso a generar una inestabilidad generando así unas susceptibilidades y la reaparición de estos efectos en la zona. Dicha hipótesis será corroborada y validada a partir de una estadística bivariado con el insumo de inventario de movimiento en masa y la cobertura en la zona en apoyo con los expertos afines del proyecto (ver anexo1).

En la elaboración del mapa de cobertura se realiza un apoyo en la generación del mismo y en su clasificación se aplica la metodología de Corine land cover el cual nos permite realizar una identificación de cada una de las zonas que existen de cobertura en el

bloque 03 y para el presente estudio se hace énfasis en el municipio de chiscas la clasificación se subdivide en la presencia y ausencia de los movimientos en masa entendiéndose que la presencia indica la actividad actual del movimiento en masa y la ausencia es la desaparición del movimiento o la inactividad presente.

Una vez generado el insumo de inventario de procesos morfodinámicos y tener la clasificación de cobertura de la zona se utilizan en un análisis estadístico descriptiva donde involucre estas dos variables permite la visualización grafica de las características tanto del movimiento como la influencia de la cobertura

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.

Ilustración 9: Diagrama de Metodología de la Pasantía



Fuente: Ramirez, E (2020)

3.1. Insumos

3.1.1. Reconocimiento de Líneas de Vuelo

En la realización de esta actividad de reconocimiento de las líneas de vuelo del bloque 03 a través de las planchas de cartografía proporcionado por el servicio geológico, suministra en estado digital con la finalidad de ser caracterizadas por medio de una herramienta SIG como es ArcGIS 10.4 . A dichas líneas se analizan el origen y final de la misma dentro de la zona del bloque 0.3. a ellas se busca características sobre la línea como es VUELO, ESCALA, AÑO, SOBRE y CODIGO.

3.1.2. Digitalización de las Líneas de Vuelo

A las líneas de vuelo identificadas se emplean herramienta de ArcGIS para ser vectorizadas en un archivo tipo SHAPEFILE (SHP) de tipo línea para su creación de este shp se procede a ingresa a catalogo desde ahí se indica new y se ingresa la opción Shapefile de tipo polyline, elaborado este archivo se procede a ingresa una columna con las características identificadas en la actividad anterior.

Se ingresa el sistema de coordenadas magna Colombia en todos los archivos SHP. Los mapas e ilustraciones presentados en este documento se realizar en este sistema de coordenadas sistemas.

3.1.3. Identificación y Verificación de las Fotografías Aéreas

En la presente actividad se hace una verificación física de las líneas de vuelo en planos cartográficos correspondientes a H14,H15 y I14 en la biblioteca del instituto agustino Codazzi (IGAC) y se actualiza el archivo SHP y en el momento que se corrobora que la información y es verídica se hace la solicitud del sobre con las fotos y se identifica

las fotografías que correspondan a la línea de vuelo con un rango máximo de fotos que se encuentre en la zona del bloque 03. La revisión se realiza de forma ordenada con una separación exacta entre los pasantes para evitar la duplicación de una misma línea y la economización del tiempo dado lo cual se invierte tiempo en cada foto en la localización de rasgos que permitan generar el orden del inicio y final del vuelo sobre la zona, al finalizar la identificación se ingresa la foto inicial y final en columnas sobre el SHP.

3.1.4. Digitalización de Fotocentros, Marcos de Aerofotografía y Georeferenciación de Aerofotografías

Con la base de datos providente del IGAC los cuales contiene línea de vuelo, Fotocentros y marco de aerofotografía se realiza la exportación de estos datos. Alguna de la información presente en esta base de datos no se encuentra en las líneas de vuelo identificadas por esta razón se lleva a la necesidad de generar los fotocentros y marcos de aerofotografía. La generación de un archivo KMZ para la visualización del terreno en Google Earth, es importante para así poder copilar esta información en una carpeta con los criterios y orden solicitados por el servicio geológico colombiano para la recepción de las líneas de vuelo con los datos de fotocentros y marcos. se procede a realizar la georeferenciación de las fotografías.

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

En el proceso de recopilación de la información se procede a utilizar la información de la base de datos como es el SIMMA, Desinventar y fuentes secundarias para identificar

los movimientos en masa presentes, Esta información procesada en digital tiene que ser corroborada en campo y debido a la pandemia se aplazaron las fechas para el recorrido en campo.

3.2.2. Representar como Punto cada uno de los Movimientos Presentados

Con la información consolidada, los expertos en morfología proceden a identificar las zonas de los datos del consolidado y zonas identificadas por ellos. Se genera un shapefile con los polígonos del área de afectación y su respectiva clasificación de movimiento en masa.

Se genera un mapa con la superposición de los movimientos en masa con el terreno (en forma de punto por su área) con división de veredas el cual se observe la distribución de estos en el municipio.

3.2.3. Caracterizar los Movimientos en Masa

Los movimientos en masa identificados se superponen con las veredas del territorio de chiscas para obtener la magnitud de los movimientos en masa presentes. En el cual determinar que vereda del chiscas presenta mayor afectación.

3.3. Digitalizar la Interpretación Análoga

3.3.1. Identificación Análoga por parte de Expertos de la Cobertura

En apoyo a los expertos en cobertura los cuales son los encargados identificación de clasificación de los tipos de cobertura presentes en la zona de estudio del bloque 03 la cual se realizó de forma análoga para luego ser digitalizado y posteriormente vectorizado.

Aplicando la metodología Corine Land Cover lo cual contempla las etapas de adquisición y

preparación de la información por medio de imágenes satelitales en este caso las imágenes Sentinel y Rapieye.

3.3.2. Digitalizar la Cobertura en Polígono

Tras el análisis de los expertos y con el insumo generados por ellos de forma análoga se procede a realizar un scanner de las planchas y posteriormente a vectorizar los polígonos generando con fin de proyectar los datos análogos a digital, por medio de un SHP tipo polígono para identificar todas las coberturas de Chiscas. Se procede a realizar el trazado de cada cobertura y con la herramienta de construcción de la pestaña de editor el cual permite crear un polígono con ningún punto de referencia o generar un polygon con la opción auto complete polypon el cual permite apoyarse de polígono ya generados para la elaboración, de esta forma se realiza la vectorización a las planchas solicitadas por el proyecto.

3.3.3. Nombrar el Tipo de Cobertura con la Simbología de la Metodología Corine Land Cover Correspondiente (Categorías)

Tras la vectorización de los polígonos del mapa de cobertura realizado análogamente y luego digitalizado se realiza la especificación del código correspondiente a cada polígono con la lista de la estructura de la base de datos Corine Land Cover, esta tabla de datos integra el código de la cobertura el tipo de cobertura que representa y el área correspondiente a la misma.

3.4. Estadística Bivariado.

3.4.1. Determinación de Area de Cobertura y Areas de Movimiento en Masa

Para determinar el área de movimiento en masa se procede a utilización de los insumos de los mapas de cobertura y movimiento en masa ya generados, para la obtención del valor del área se ingresa una columna desde la tabla de atributos el cual se procede a aplicar la herramienta Calculate Geometry el cual se ingresa el tipo de unidad de medida a utilizar, en este caso utilizamos hectáreas el cual nos arroja un valor numérico más sencillos en la visualización y el cual será utilizado en el proceso del análisis estadístico.

Los datos movimiento en masa de los polígonos se encuentra disueltos en todo el mapa por esto se requiere una aglomeración de los datos de igual código para esto se debe utilizar la herramienta Dissolve el cual permite ingresa la columna de valores o información que agrupara. Con la aplicación de esta herramienta se obtiene un shp de la información reducida con la cantidad de movimientos en masa presentes en las zonas en este caso es aplicado al municipio de chiscas.

3.4.2. Realizar la Intersección de Capas

En la intersección de las capas se procede adecuar los datos según la guía de zonificación amenaza por movimiento en masa recomienda llevar la cobertura a nivel 3 así que los códigos de cobertura solo contendrán los primeros 3 dígitos para esto se crea una columna con nombre nivel 3 se utiliza la herramienta field calculator tipo string con la función left donde se ingrese el título de la columna a procesar en este caso será el código luego se ingresa “,3” de la siguiente forma Left(Codigo,3) esto genera los códigos a un nivel 3. Para la capa de movimientos en masa se agrega una columna llamada

susceptibilidad y con la herramienta field calculator colocando la columna con valores de 1 luego de tener esta columna se procede a realizar un dissolve con respecto a la susceptibilidad y a unir esta con la capa de cobertura a nivel 3 agrupada por códigos, lo que genera una tabla donde se puede identificar la cobertura donde hubo y no hubo deslizamientos.

3.4.3. Análisis Estadístico

Se realiza la aplicación del método estadístico Weight of Evidence, pesos de evidencia por su sigla en inglés (wofe), “Este método evalúa patrones de asociación entre los factores condicionantes (evidencias) y las áreas inestables mediante pesos” (Servicio Geológico Colombiano, 2017).

El cual logra identificar las zonas de susceptibilidad por movimientos en masa asignando un valor W_f , Para este proceso la cobertura se reduce a nivel 3 y posteriormente agrupado y con el inventario morfodinámico, se unen estas capas como se explicó en el anterior proceso. Con la unión de las capas se procede a llevar estos datos a una hoja de cálculo se organiza la información y se separan las áreas de cobertura sin movimiento en masa de las áreas con movimiento en masa se ingresan en columnas. Algunas columnas nuevas son N_{pix1} , N_{pix2} , N_{pix3} , N_{pix4} , W_{i+} , W_{i-} y W_f . Donde N_{pix} son los pixeles presentes en un área en específico para este caso se hace referencia al área y no a un pixel como tal, dado que esta modificación no afecta a las ecuaciones siguientes, N_{pix1} corresponde al área de movimiento en masa ubicado en una cobertura específica “condicionante”. Este mismo movimiento hace parte de un área total de movimiento en

masa (N_{pix2}). El N_{pix2} resulta ser el área total de movimiento en masa menos el área dentro de la cobertura presente en (N_{pix1}).

N_{pix3} corresponde al área de cobertura en la que se encuentra el deslizamiento (N_{pix1}) sin el área de este. N_{pix4} hace referencia a total de la cobertura presente (nivel 3) sin tener en cuenta la cobertura presente del movimiento en masa (N_{pix}). Este proceso se realiza celda por celda aplicado en todas las coberturas obtenidas al pasar a nivel 3. De esta forma se completa estas columnas dando paso a los pesos (w_{i+} y w_{i-}) el peso W_{i+} hace referencia a la presencia deslizamiento que contribuye a la inestabilidad, Para su obtención se usa la ecuación 1 donde los valores resulta ser mayores a cero entre mayor sea esta magnitud indica el grado de contribución del deslizamiento, en cambio W_{i-} sus valores son menores a cero el cual indica la ausencia de movimientos en masa y entre menor sea esta magnitud resulta ser una correlación inversa con la generación de movimiento en masa, este valor se obtiene de acuerdo a la ecuación 2. Con los valores de W_{i+} y W_{i-} se resta el positivo menos el negativo de esta resta se obtiene el valor W_f “el cual da una medida de correlación entre el factor condicionante(cobertura) y los movimientos en masa” (Servicio Geologico Colombiano, 2017).

Ecuación 1: Peso Positivo

$$W_{i+} = \ln\left(\frac{N_{pix1}}{N_{pix1}+N_{pix2}}\right) / \left(\frac{N_{pix3}}{N_{pix3}+N_{pix4}}\right)$$

Fuente: Guía metodológica para zonificación de amenaza por movimiento en masa

Ecuación 2: Peso Negativo

$$W_{i-} = \ln\left(\frac{N_{pix2}}{N_{pix1}+N_{pix2}}\right) / \left(\frac{N_{pix4}}{N_{pix3}+N_{pix4}}\right).$$

Fuente: Guía metodológica para zonificación de amenaza por movimiento en masa

De los datos Wf se exportan a ArcGIS y se ingresa el valor en el shp de unión en una columna correspondiente al código en las celdas con susceptibilidad en 1 y 0 el cual indica área con movimiento en masa y sin movimiento en masa respectivamente. A través de las propiedades del shp se cambia la simbología a una graduada por color con una clasificación de 10 colores de esta forma se genera un mapa con las zonas con las susceptibilidades de movimiento en masa.

Como indica la guía metodológica se exige la realización de una Curva de éxito “con la que mide la bondad de ajuste de la función de susceptibilidad a los movimientos en masa inventariados” (Servicio Geológico Colombiano, 2017). Para esto se requiere los datos del código de cobertura, Wf y el área correspondiente 1 y 0. La guía indica que el valor de la correlación (wf) se asigna a valores de forma descendente, se procede a genera columnas con información de % de áreas de cobertura sin movimiento en masa y % acumulado de área CMM, esta última columna será el eje x del grafico de curva de éxito. Para el eje Y, se realiza el paso anterior con columnas de % Área sin movimiento en masa, % Acumulado de área sin movimiento en masa.

3.5. Exportar Información de Movimiento en Masa hacia la Plataforma SIMMA

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

Durante el proceso de llenado de formatos de movimiento en masa se debe ingresar la información en los campos como es la fecha del evento este campo se debe buscar en el Basemap, Google Earth u otro visor con el fin de lograr visualizar el origen del evento, la

fecha de reporte es el día en cual se completó el formulario, la confiabilidad fecha de evento es un campo a criterio del encuestador puede ser bajo, medio o alto. Fuente de registro resultar ser el visor con la que se realizó la visualización del movimiento en masa puede ser Bing, spot, Basemap, Google Earth y otros. Por división política corresponde a los datos de ubicación del movimiento en masa, coordenadas geográficas en él se ingresa el sitio de movimiento en masa si ocurre en la corona o en el escarpe con sus respectivos datos de latitud, longitud altura. Referentes geográficos se debe ingresar datos sobre la ubicación y puntos cercanos que permita su ubicación ejemplo si se encuentra a una distancia de una laguna, municipio, rio o cualquier otro punto de referencia. El tipo de movimiento solo se debe ingresar el que se encuentre en la lista del formato, subtipo de movimiento se realiza igual que el anterior y notas de observación son las tenga durante el proceso de llenado del formato.

Con los formatos diligenciados y verificados se procede a subirlos desde la plataforma del sistema de información de movimiento en masa (SIMMA).

Capítulo IV Desarrollo del Proyecto

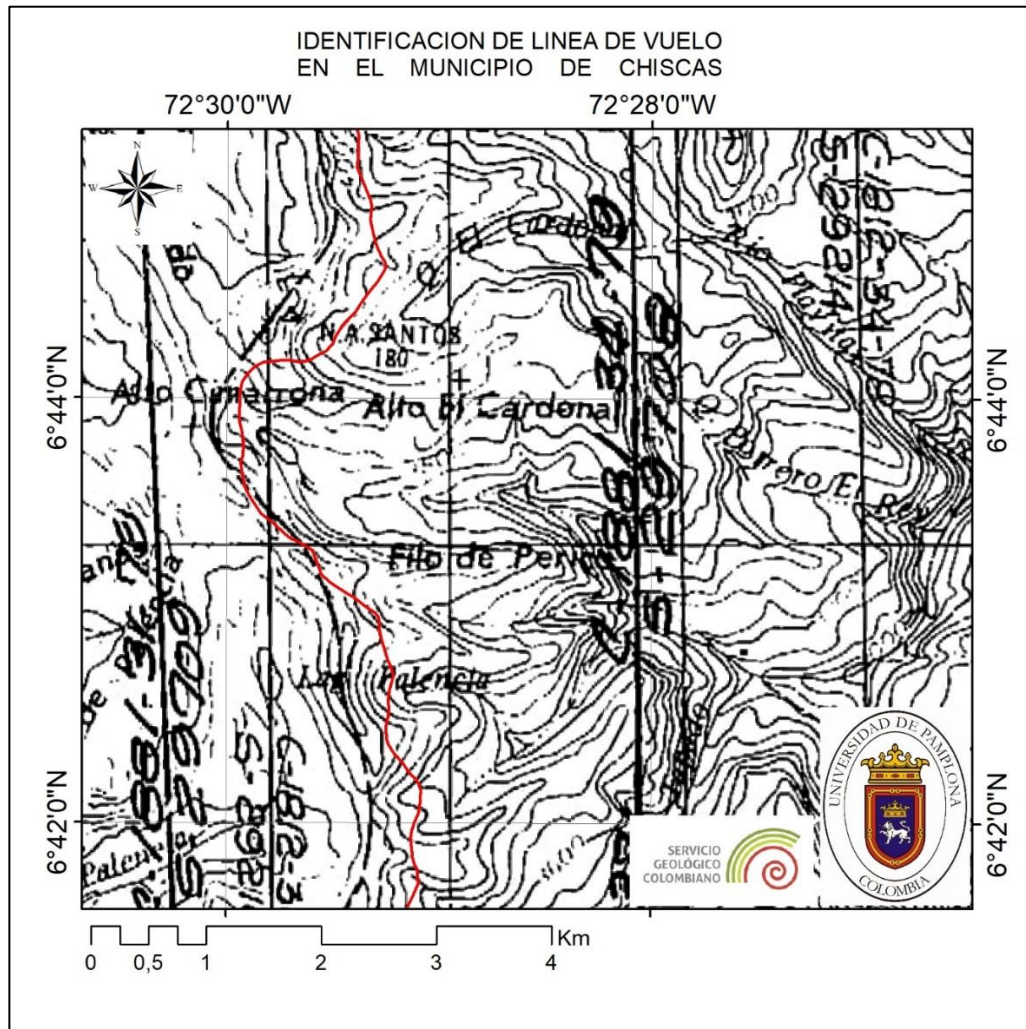
4.1. Insumos

4.1.1. Reconocimiento de Líneas de Vuelo

Usando las herramientas del software ArcGIS se ingresa las planchas de cartografía las cuales son H14 y I14 las cuales se ingresa en forma digital para su posterior georreferenciación con el sistema de coordenadas Magna Colombia Este.

De la Ilustración 10 se observa algunas líneas de vuelo que por el tamaño de la imagen no se visualiza con claridad solo se logra distinguir simples líneas con alguna numeración en ellas. Al realizar una ampliación se logra obtener unos datos de identificación de la línea de vuelo como es la línea C_1881_34_79 sobre-29708 con la cual se clasifica así: VUELO: C_1881, ESCALA: 34, AÑO:79, SOBRE: S_29708 CODIGO: C_1881_34_79 S_29708.

Ilustración 10: Identificación de Líneas de Vuelo en Plancha I14.



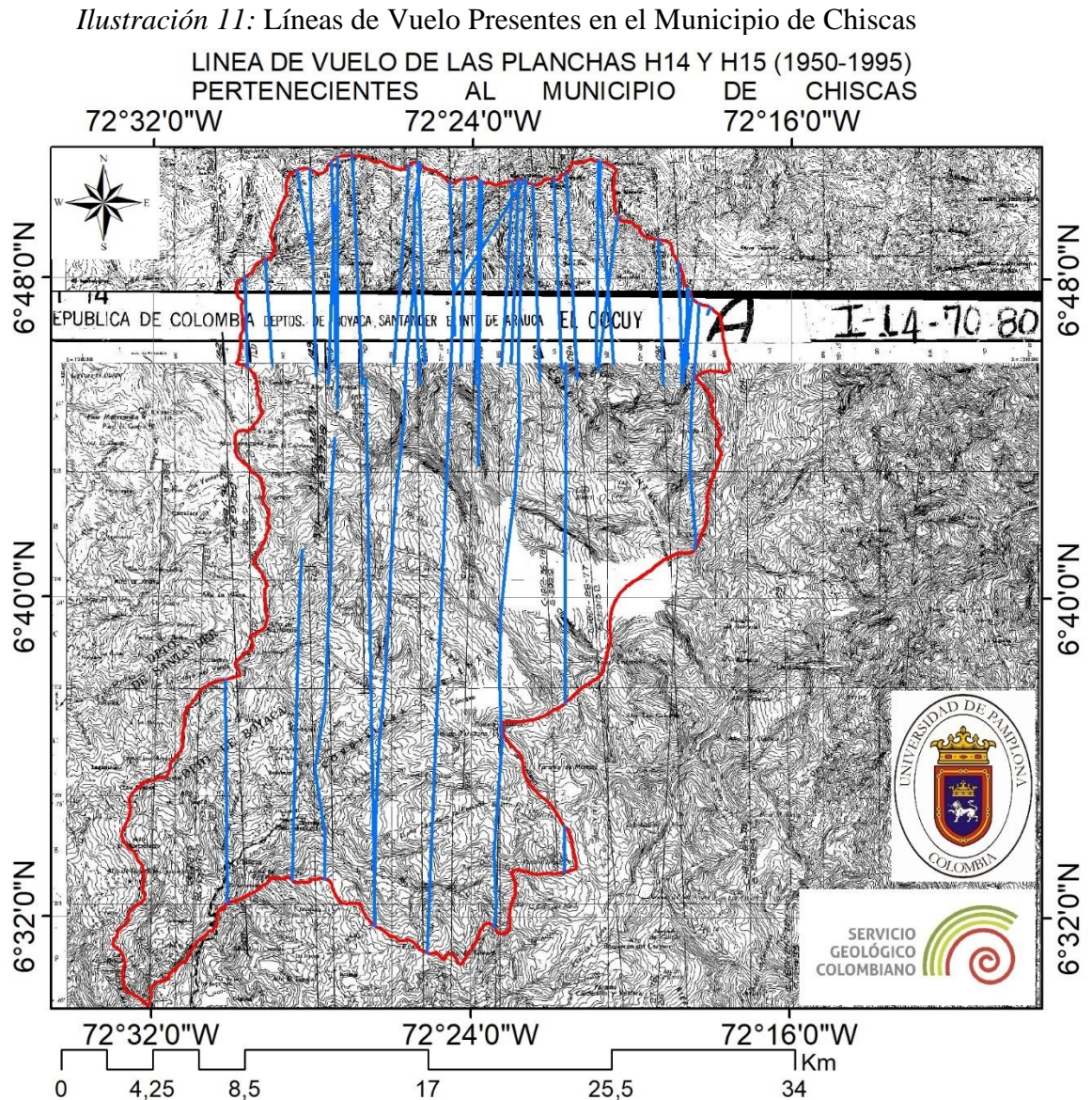
Fuente: Ramirez, E (2020)

4.1.2. Digitalización de las Líneas de Vuelo.

Una vez identificadas todas las líneas de vuelo que atraviesa la zona de estudio se realiza la vectorización de las líneas a través de un SHAPEFILE de tipo línea, el cual se ingresa el sistema de coordenadas y se procede con el trazado digital. En la ilustración 11

se observa el trazado de todas las líneas de vuelo que pasan por el municipio de chiscas.

Durante vectorización se ingresa columnas para los datos identificados.



Fuente: Ramirez, E (2020)

En la tabla 1 se observa 39 líneas de vuelo de las 88 presentes en el bloque 03 que pertenecen al municipio de chiscas los cuales comprende las décadas del 1950-2000. La función de estas líneas es servir de apoyo a la hora de realizar el inventario morfodinámico

dado que permite saber que zonas son recorridas y cuáles no. Gracias a esto se logra reconocer si hay presencia fotos en las cuales se pueda extraer información del terreno.

Tabla 1: Líneas de vuelo realizadas pertenecientes a chiscas

FID	Código	Vuelo	Escala	año	Sobre
1	M44_60_55_S-140	M44	60	1955	S-140
2	M44_60_55_S-141	M44	60	1955	S-141
3	C1141_22_65_S-22760	C1141	22	1965	S-22760
4	M811_60_60_S-555 A y B	M811	60	1960	S-555 A y B
5	M1044_60_61_S-659	M1044	60	1961	S-659
6	C1881_34_79_S-29708	C1881	34	79	S-29708
7	C1881_34_79_S-29705	C1881	34	79	S-29705
8	C1881_34_79_S-29706	C1881	34	79	S-29706
9	C1881_38_79_S-29710	C1881	38	79	S-29710
10	C1812_34_78_S-29214	C1812	34	78	S-29214
11	C1801_31_77_S-29130	C1801	31	77	S-29130
12	C1801_31_77_S-29131	C1801	31	77	S-29131
13	C1812_30_78_S-29216	C1812	30	78	S-29216
14	C1812_33_78_S-29213	C1812	33	78	S-29213
15	C1812_36_78_S-29212	C1812	36	78	S-29212
16	C1801_28_77_S-29132	C1801	28	77	S-29132
17	C1814_27_78_S-29227	C1814	27	78	S-29227
18	C1814_27_78_S-29226	C1814	27	78	S-29226
19	C1881_34_79_S-29707	C1881	34	79	S-29707
20	R888-29-82	R888	29	1982	S-5907
21	R888-21-82	R888	21	1982	S-5915
22	C2324-19-67	C2324	19	1987	S-34476
23	C2326-19-86	C2326	19	1986	S-34491
24	C2326-19-88	C2326	19	1988	S-34492
25	C2174-25-85	C2174	25	1985	S-32608
26	C2324-19-87	C2324	19	1987	S-34477
27	C2579-46-95	C2579	46	1998	S-37403
28	C2579-46-95	C2579	46	1995	S-37402
29	C2503-36-93	C2503	36	1993	S-36556
30	C2503-35-93	C2503	35	1993	S-36553
31	C2503-37-93	C2503	37	1993	S-36555
32	C2535-34-94	C2535	34	1994	S-36889
33	C2579_47_95_S-37402	C2579	47	95	S-37402
34	C2503_36900_93_S-36556	C2503	36900	93	S-36556

35	C2579_47_95_S-37402	C2579	47	95	S-37402
36	C2579_46_95_S-37401	C2579	46	95	S-37401
37	C2503_34700_93_S-36554	C2503	34700	93	S-36554
38	C2503_37700_93_S-36555	C2503	37700	93	S-36555
39	C2503_35350_93_S-36553	C2503	35350	93	S-36553

Fuente: Ramirez, E (2020)

4.1.3. Identificación y Verificación de las Fotografías Aéreas.

Dentro de las instalaciones del instituto geográfico Agustín Codazzi se accede al edificio donde se encuentra la biblioteca con la información de fotografía aérea de acuerdo a las líneas de vuelo se extrae el nombre del sobre y se realiza la solitud junto con las planchas de cartografía (ver ilustración 12). Dentro del sobre se observa información sobre la escala y fecha exacta dado que en las planchas cartográficas no contiene esa información el cual se ingresa al archivo SHP en las columnas correspondiente para completar la información, se realiza un análisis de la línea de vuelo y se busca detectar puntos de referencias como son municipios, lagunas, ríos, carreteras, topografía lo que fuera que nos permitiera encontrar alguna característica, luego se busca alguna de las fotos de los sobres.

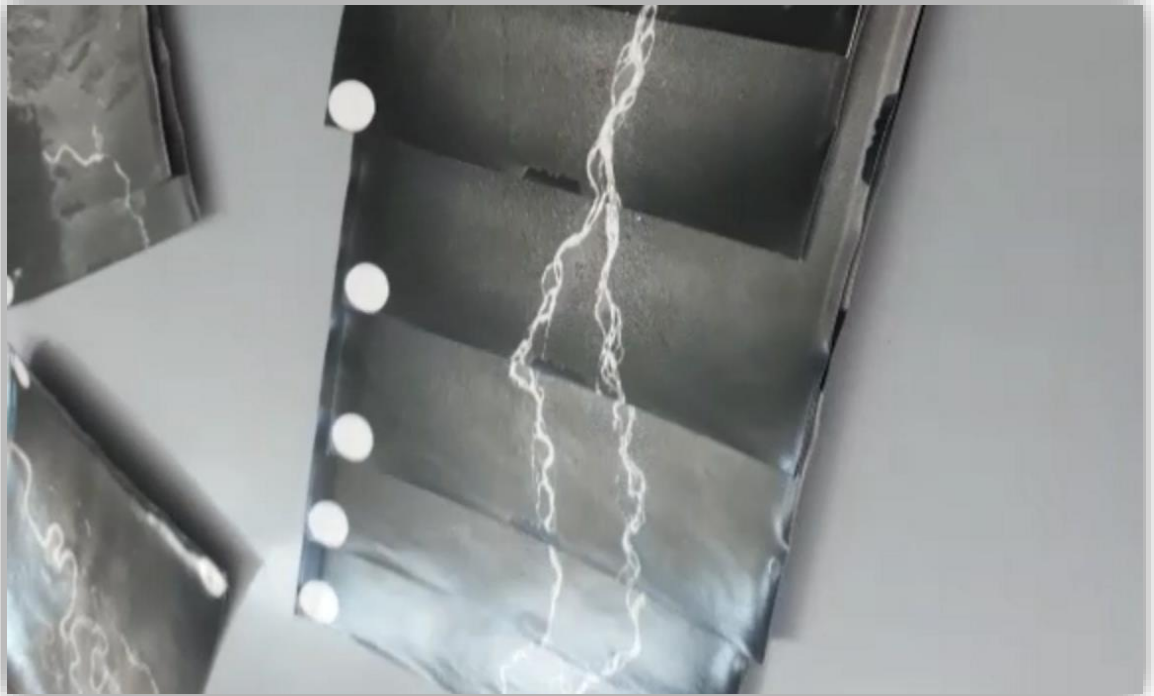
Ilustración 12: Sobre y Planchas de Líneas de Vuelo



Fuente: Vargas, k (2020)

En el momento de encontrar las fotos exactas se realiza el recorrido de las mismas (ver ilustración 13) en la zona de estudio desde el momento que la primera fotografía es tomada hasta la última del límite municipal. Se ingresa al archivo SHP el numero de la foto inicial y final con la finalidad de generar una tabla de atributos completa.

Ilustración 13: Aerofotografías Alineadas.



Fuente: Vargas, K (2020)

4.1.4. Digitalización de Fotocentros, Marcos de Aerofotografía y Georeferenciación de Aerofotografías.

Durante el proceso de digitalizar los fotocentros y marcos pertenecientes a las líneas de vuelo se utiliza un archivo suministrado por el IGAC el cual contiene las líneas de vuelo, marco aerofotografía y fotocentros desde la época de 1980 hasta el 2005 de todo Colombia. El proyecto suministró una lista de 48 faja o líneas de vuelo las cuales eran una prioridad y se procede a la búsqueda las fajas en el archivo proporcionado ver tabla 2.

Tabla 2: Líneas de Vuelo Solicitadas

FAJA	VUELO	SOBRE	FOTO INICIAL	FOTO FINAL	FAJA	VUELO	SOBRE	FOTO INICIAL	FOTO FINAL
1	C-2324-19-87	S-34476	255	270	25	C-2519-38-93	S-36769	254	258
2	C-1386-20-71	S-25970	100	123	26	C-2535-34-94	S-36889	180	188
3	C-1386-20-71	S-25971	124	139	27	C-2579-42-95	S-37404	90	94
4	C-1386-20-71	S-25972	139	149	28	C-2579-44-95	S-37407	150	159
5	C-1386-20-71	S-25932	150	160	29	C-2579-46-98	S-37403	66	72
6	C-1386-22-71	S-25962	1	13	30	C-2579-46-98	S-37403	79	89
7	C-1386-25-71	S-25963	14	25	31	C-2579-46-95	S-37402	44	54
8	C-1386--71	S-25966	53	59	32	C-2579-46-95	S-37402	60	65
9	C-2174-25-85	S-32606	43	47	33	C-2579-46-95	S-37401	27	43
10	C-2174-25-85	S-32608	77	94	34	C-2581-45-95	S-37433	179	184
11	C-2260-28-86	S-33625	186	199	35	C-2645-37-98	S-38147	1	14
12	C-2260-28-86	S-33623	141	154	36	M-1397-46-66	S-1597	43040	43070
13	C-2260-28-86	S-33624	155	168	37	R-888-21-82	S-5915	197	218
14	C-2324-19-87	S-34477	271	286	38	R-888-23-82	S-5914	173	196
15	C-2326-19-86	S-34491	12	32	39	R-888-29-82	S-8907	41	55
16	C-2326-19-88	S-34492	33	55	40	R-888-30-82	S-5908	65	70
17	C-2441-34-91	S-35962	212	223	41	R-888-37-82	S-5909	71	80
18	C-2441-38-91	S-35961	197	209	42	R-945-22-84	S-6590	120	125
19	C-2503-35-93	S-36553	14	21	43	R-945-26-84	S-6587	98	108
20	C-2503-36-93	S-36556	90	104	44	R-945-27-84	S-6591	126	139
21	C-2503-36-93	S-36554	31	51	45	R-945-27-84	S-6586	79	97
22	C-2503-36-93	S-36552	9	13	46	R-945-28-84	S-6589	114	119
23	C-2503-37-93	S-36555	52	55	47	R-945-29-84	S-6588	109	113
24	C-2503-37-93	S-36555	60	75	48	R-945-30-84	S-6592	140	146

Fuente: Ramirez, E (2020)

Ya localizadas todas las fajas se percata que en algunas falta información y están incompletas, dado este problema se realiza la tarea de complementar esta información para completar las fajas. Se debe incluyendo un archivo kmz como se puede ver en la ilustración 14 la cual desde Google earth se observa una línea de vuelo con sus respectivos marcos de aerofotografía y fotocentros.

Ilustración 14: Archivo kmz Visualizado con Google Earth



Fuente: Ramirez, E (2020)

Tabla 3: Líneas de Vuelo sobre el Municipio de Chiscas.

Numero	VUELO	SOBRE	FOTO INICIAL	FOTO FINAL	TOTAL FOTOS
1	C-2324-19-87	S-34476	255	270	16
10	C-2174-25-85	S-32608	77	94	18
14	C-2324-19-87	S-34477	271	286	16
15	C-2326-19-86	S-34491	12	32	21
16	C-2326-19-88	S-34492	33	55	23
19	C-2503-35-93	S-36553	14	21	8
20	C-2503-36-93	S-36556	90	104	15
21	C-2503-36-93	S-36554	31	51	21

23	C-2503-37-93	S-36555	52	55	4
26	C-2535-34-94	S-36889	180	188	9
30	C-2579-46-98	S-37403	79	89	11
31	C-2579-46-95	S-37402	44	54	11
33	C-2579-46-95	S-37401	27	43	17
39	R-888-29-82	S-8907	41	55	15
49	C-2535		129	137	9

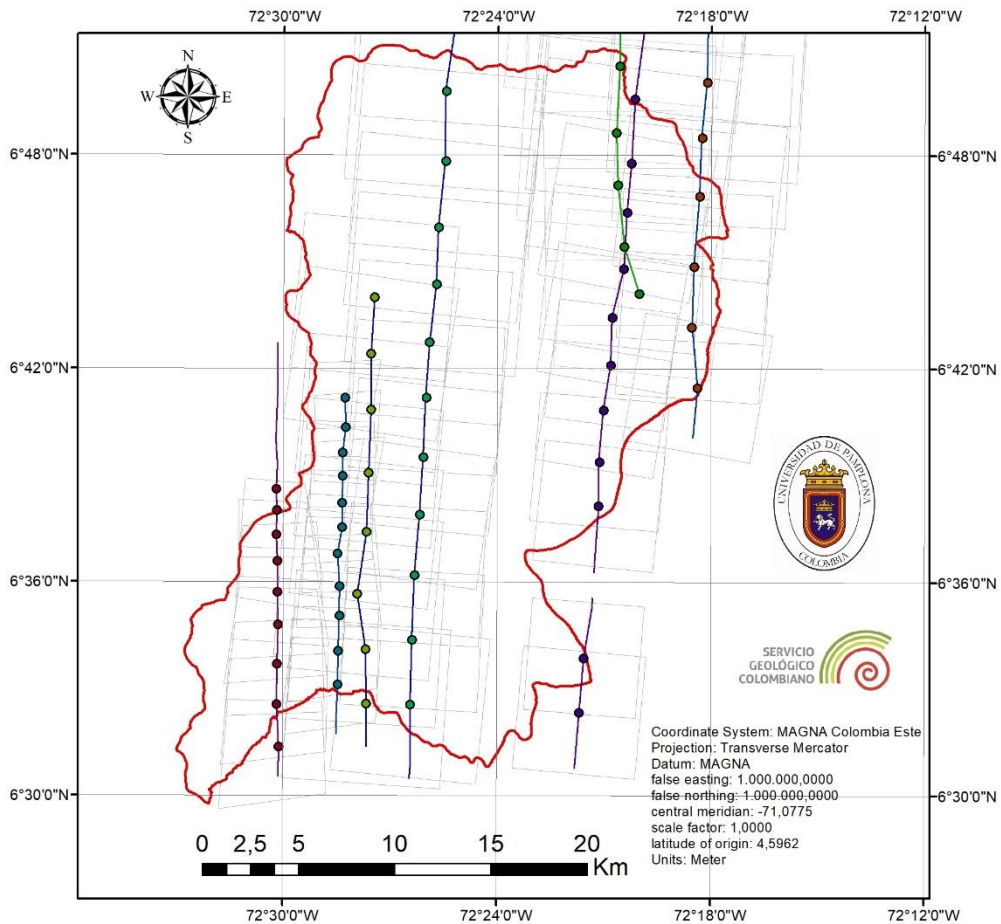
Fuente: Ramirez, E (2020)

De las 48 solicitadas por el proyecto 15 de estas corresponden al municipio de chiscas como se observa en la tabla 3 el cual se evidencia la información del sobre y las fotografías inicial y final dentro de estas. Estas fotos permiten el reconocimiento de este municipio para los procesos de identificación de movimientos en masa y generar el inventario morfodinámico.

Los marcos de aerofotografía permiten tener una idea del tamaño de la imagen en él, de esta forma se puede evidenciar que tanto una línea de vuelo puede abarcar en la zona, los fotocentros van relacionados con los marcos dado que estos se encuentran en el centro de los marcos de aerofotografía. En la ilustración 15 se puede apreciar algunas de las líneas de vuelo de las 15 de la tabla anterior que abarcan casi en su totalidad el terreno de chiscas.

Ilustración 15: Líneas de Vuelo, Fotocentros y Marcos de Aerofotografía

LÍNEA DE VUELO, FOTOCENTRO Y MARCO DE AEROFOTOGRAFIA DEL MUNICIPIO DE CHISCAS



Fuente: Ramirez, E (2020)

Para la georeferenciación de las imágenes se utiliza imágenes satelitales RAPIEYE Y SENTINEL ajustadas a la coordenada magna Colombia este, se puede observar en la

ilustración 16 todas las fotos de las líneas de vuelo presentes en el municipio y las distorsiones de las aerofotografías para ajustarse a la superficie.

Ilustración 16: Aerofotografía Municipio de Chiscas

AEROFOTOGRAFIAS PERTENECIENTES AL MUNICIPIO DE CHISCAS



Fuente: Ramirez, E (2020)

Para la ubicación precisa de las fotografías se procede a realizar el ingreso de más de 10 puntos de control sobre la imagen satelital con el fin de usar el método de transformación Spline el cual hace una deformación de la imagen ajustándola al terreno (ver ilustración 17) con el cual se puede formar un recorrido de fotos como se aprecia en el mapa anterior.

Ilustración 17: Transformación Spline

AEROFOTOGRAFIAS GEOREFERENCIADA



Fuente: Ramirez, E (2020)

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

Durante este proceso de recopilación de información que procede base de datos como SIMMA (catalogo e inventario) , desinventar y fuentes secundarios como son periódicos, noticias, informes entre otros. En la ilustración 18 se observa de hoja de cálculo con algunos de los datos ingresados para su consolidación en la cual se realiza el ingreso de información correspondiente a cada uno, los datos de color rojo son algunos de los cuales ya fueron subidos a la plataforma SIMMA (ver anexo 2).

Ilustración 18: Movimientos en masa registrados

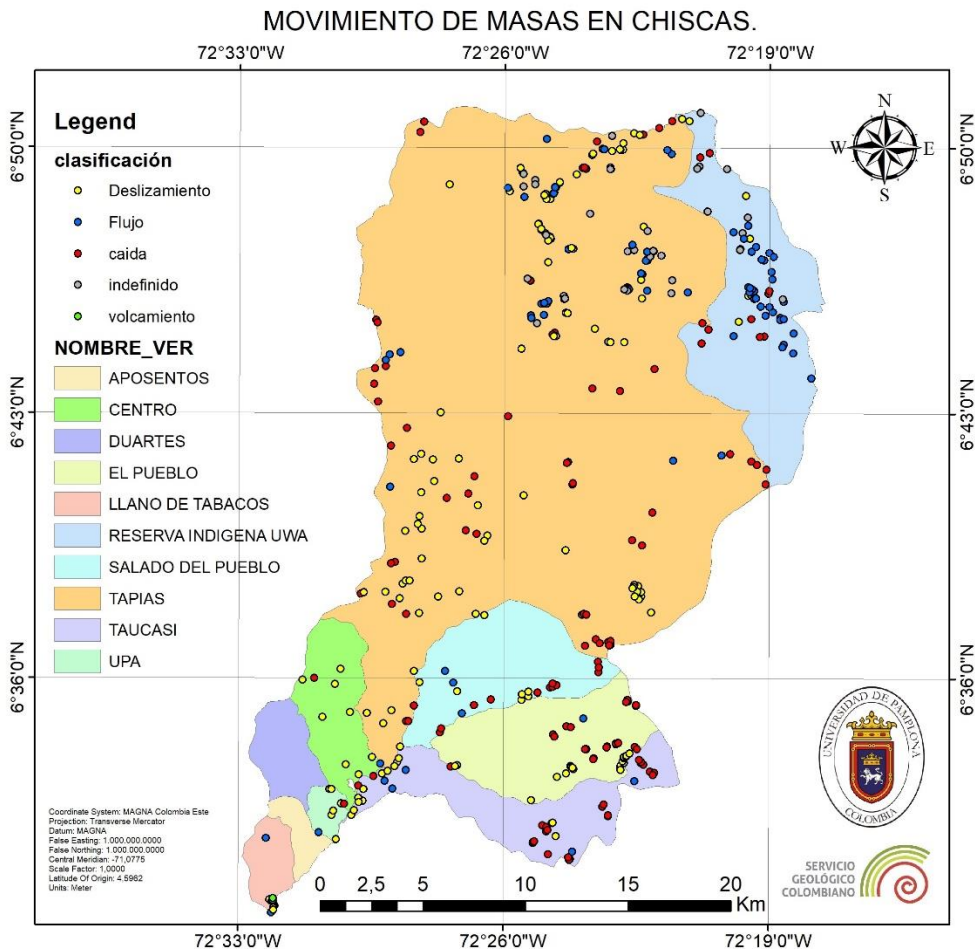
CODIGO	Encuestador	Fecha evento	Grado de confiabilidad	Fecha Reporte	Institución	Departamento	Municipio	Vereda
31478	SGC	4/04/2015	Confiabilidad baja	5/04/2015	SGC-UNGRD	Norte de Santander	Toledo	Vereda Centro
7027	SIGPAD	26/11/2008	Incierta	26/11/2008	SIGPAD	Boyacá	Chiscas	Vereda Tapias
9481	SIGPAD	1/09/2008	Incierta	1/09/2008	SIGPAD-DGR	Norte de Santander	Toledo	Vereda San Alberto
7026	SIGPAD	24/10/2005	Incierta	24/10/2005	SIGPAD-DPAD	Boyacá	Chiscas	Vereda Taucasi
33069	UIS	6/04/2014	Confiabilidad baja	6/04/2014	UIS	Norte de Santander	Toledo	Vereda Cortinas
29864	UIS	24/09/2009	Confiabilidad baja	24/09/2013	UIS	Norte de Santander	Toledo	Vereda Campoalegre
10602	IDEAM	21/11/1938	incierta	21/11/1938	IDEAM - BDOD-00107	Boyacá	Chiscas	Vereda Centro
11285	IDEAM	8/05/1984	incierta	8/05/1984	IDEAM - EL TIEMPO 1984-05-09	Boyacá	Chiscas	Chiscas
2528	IDEAM	17/11/1988	incierta	17/11/1988	IDEAM - BDOD-60598	Boyacá	Chiscas	Chiscas
2989	IDEAM	18/10/1990	incierta	18/10/1990	IDEAM - EL TIEMPO	Boyacá	Chiscas	Chiscas
3601	IDEAM	27/07/1995	incierta	27/07/1995	IDEAM - DNPAD	Norte de Santander	Toledo	Vereda La Carbonera
3791	IDEAM	23/03/1996	incierta	23/03/1996	IDEAM - DNPAD	Norte de Santander	Toledo	Vereda Tamarana
7023	SIGPAD	8/05/1998	incierta	8/05/1998	SIGPAD - DNPAD	Boyacá	Chiscas	Chiscas
9477	SIGPAD	6/05/1999	incierta	6/05/1999	SIGPAD - DNPAD	Norte de Santander	Toledo	Toledo
7042	SIGPAD	2/10/2000	incierta	2/10/2000	SIGPAD - DNPAD	Boyacá	Cubará	Cubará
9479	SIGPAD	20/08/2001	incierta	20/08/2001	SIGPAD - DNPAD	Norte de Santander	Toledo	Toledo
40935	EL TIEMPO	28/04/1972	Certeza año	-	EL TIEMPO	Boyacá	Chiscas	Vereda UPA
1851	IDEAM	9/09/1985	Incierta	9/09/1985	IDEAM-EL TIEMPO	Norte de Santander	Toledo	Vereda Los Naranjos
2169	IDEAM	23/09/1986	Incierta	23/09/1986	IDEAM	Norte de Santander	Toledo	Vereda San Alberto
2917	IDEAM	1/05/1990	Incierta	1/05/1990	IDEAM	Norte de Santander	Toledo	Vereda San Alberto
3119	IDEAM	1/09/1991	Incierta	1/09/1991	IDEAM	Norte de Santander	Toledo	Vereda San Alberto
3428	IDEAM	22/07/1994	Incierta	22/07/1994	IDEAM	Norte de Santander	Toledo	Vereda Tamara
40943	EL TIEMPO	22/07/1994	Certeza año	23/07/1994	EL TIEMPO	Norte de Santander	Toledo	Vereda Santa Ines
7041	SD	29/07/1995	Incierta	29/07/1995	SD	Boyacá	Cubará	Vereda La Pista
4170	IDEAM	29/07/1997	Incierta	29/07/1997	IDEAM	Norte de Santander	Toledo	Vereda San Alberto
4173	IDEAM	2/08/1997	Incierta	2/08/1997	IDEAM	Boyacá	Cubará	Vereda La Pista
4243	IDEAM	4/05/1998	Incierta	4/05/1998	IDEAM	Boyacá	Chiscas	Vereda Centro
29854	UIS	23/09/1998	Exacta	23/09/2013	UIS	Norte de Santander	Toledo	Vereda Tamara

Fuente: Ramirez, E (2020)

4.2.2. Representar como Punto cada uno de los Movimientos Presentados

En la ilustración 19 se observa el resultado de la representación de los movimientos en masa sobre las veredas del municipio de chiscas en forma de puntos para su visualización debido a su escala. Del cual se observa que la dispersión es no es uniforme y veredas como duartes no hay registro de presencia de movimientos en masa a cambio la reserva indigena uwa presenta varios puntos de afectación por flujo, caídas de rocas y deslizamientos

Ilustración 19: Veredas con Movimiento en Masa



Fuente: Ramirez, E (2020)

4.2.3. Caracterizar los Movimientos en Masa

Utilizando la información anterior se procede a crear la tabla 4 que represente los movimientos en masa respecto a la vereda donde se encuentra presente. Se logra interpretar la magnitud del total de los deslizamientos presentes con respecto al total de área del terreno, se aprecia que la vereda tapias presenta un total de 335 movimiento en masa, esta vereda es la mas grande de chiscas con un terreno de 42617 Ha. De acuerdo a lo observado en el mapa anterior los movimientos en masa suelen presentarse en zonas cercanas entre ellos así el terreno se amplió.

Tabla 4: Movimiento en Masa por Veredas

Veredas	Movimiento en Masa	Área Ha vereda
Aposentos	1	546,448403
Centro	13	2290,146174
El pueblo	43	4075,937012
Llano de tabacos	10	833,903645
Reserva indígena	70	6662,315307
Salado del pueblo	1	3845,633514
Tapias	335	42617,36121
Taucasi	54	3763,24671
Upa	8	391,464023
Total	535	

Fuente: Ramirez, E (2020)

4.3. Digitalizar la Interpretación Análoga

4.3.1. Identificación Análoga de la Cobertura por Parte de Expertos

Los expertos proceden a realizar la respetiva interpretación de la plancha de forma análoga como se observa en (ver ilustración 20) en este caso la plancha corresponde en la grilla a 111IVC que corresponde a la zona de Toledo en este procede a trabajar esta zona

para poder detallar. Con la cobertura digital se observa 25 coberturas en el municipio de chiscas.

4.3.2. Digitalizar Cobertura en Polígono

Con el insumo generado por los expertos análogos se utiliza una imagen digitalizada y posteriormente georreferenciado, se realiza la generación de un shp de cobertura de la plancha 111IVC en la cual se vectoriza el trabajo realizado por los expertos del trabajo análogo este proceso de genera 136 polígonos, en su elaboración se tiene que ser preciso y cuidados dado que se puede presentar duplicación, desplazamiento o el uso de la herramienta de autocompletar puede generar más de un polígono entre espacios, el resultado de estos polígonos se observa en la ilustración 21.

*Ilustración 21:*Poligonos de Cobertura de la Plancha 111IVC



Fuente: Ramirez, E (2020)

4.3.3. Nombrar el Tipo de Cobertura Presente con la Simbología de la Metodología Corine Land Cover Correspondiente

Con los datos generados en la etapa anterior se procede a realizar la clasificación de los polígonos con las indicaciones de los expertos en cobertura, utilizando la metodología Corine Land Cover se realiza el ingreso de una columna en el archivo shp con el nombre de “cod”, el cual se ingresa los datos en cada polígono esto se realiza en los 136 polígonos generados (ver ilustración 22) , los cuales serán procesados con disolver de la herramientas Geoprocessing de software ArcGIS el cual genera un polígono por cada tipo de cobertura, se producen 8 polígonos los cuales se nombran según su clasificación y se genera la magnitud de su área (ver tabla 5), dado que el proceso de reconocimiento por análogo es un proceso complejo el cual depende de la resolución del mapa en físico para trazar encima los polígonos al momento de realizar la clasificación se encuentran polígonos que no presentan alguna clasificación estos se nombran como cero “ 0 “.

8	3132	2352,82	Bosque fragmentado con vegetación secundaria
9	3211	520,715	Herbazal denso

Fuente: Ramirez, E (2020)

Sistema Geológico Colombiano por causa de la pandemia se dificulta continuar con la interpretación análoga y opta por hacer una contratación externa para realizar los polígonos de forma digital y el resultado se observa en la ilustración 23, en la cual se observa las coberturas con un degradado de colores según el nivel que indica la metodología Corine Land Cover su cobertura se presenta en la tabla 6 en la cual se ingresa la calculación de área correspondiente a su cobertura.

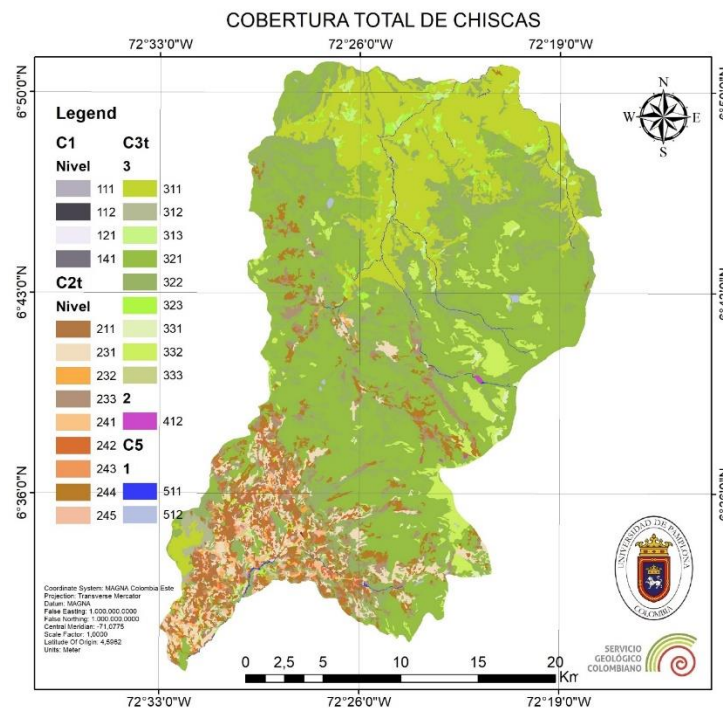
Tabla 6: Cobertura Digital.

Nivel	Área Ha	Cobertura
111	16,6082	Tejido urbano continuo
112	3,01148	Tejido urbano discontinuo
121	2,53699	Zonas industriales o comerciales
141	1,45423	Zonas verdes urbanas
211	1050,32	Otros cultivos transitorios
231	2945,22	Pastos limpios
232	205,355	Pastos arbolados
233	1860,05	Pastos enmalezados
241	357,696	Mosaico de cultivos
242	908,164	Mosaico de pastos y cultivos
243	181,261	Mosaico de cultivos, pastos y espacios nat
244	3330,99	Mosaico de pastos con espacios naturales
245	372,41	Mosaico de cultivos y espacios naturales
311	10944,7	Bosque denso
312	276,662	Bosque abierto
313	418,342	Bosque fragmentado
321	27185,1	Herbazal denso
322	11639,8	Arbustal denso
323	888,926	Vegetación secundaria
331	196,821	Zonas arenosas naturales
332	2595,07	Afloramientos rocosos

333	102,708	Tierras desnudas y degradadas
412	28,9553	Turberas
511	252,081	Ríos
512	98,0288	Lagunas, lagos y ciénagas naturales
Total	65862,271	

Fuente: Ramirez, E (2020)

Ilustración 23: Cobertura Digital



Fuente: Ramirez, E (2020)

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

4.4.1. Determinación de Area de Cobertura y Areas de Movimiento en Masa

Con el proceso descrito en la metodología se aplica en la cobertura digital dado que la cobertura análoga no se completó debido a la dificultad. En la tabla 7 se presenta un listado de cobertura presente en el municipio de chiscas el cual se logra apreciar que el 41% de toda la cobertura de chiscas es herbazal denso con área de 27185 ha, 17% arbustal denso

con área de 11639 ha y 16% bosque denso con área de 10944 ha. El 82.3% de cobertura de bosque y áreas naturales según el capítulo 3 de Corine Land Cover con un área total de 54248,129 Ha de los 65862 Ha de todo el municipio de chiscas, la cobertura puede variar en el momento que se hace la intersección de capas dado que el movimiento en masa disminuye su área.

Tabla 7: *Porcentaje de Cobertura*

Nivel	Área Ha	Porcentaje	Cobertura
111	16,6082	0,025	Tejido urbano continuo
112	3,01148	0,005	Tejido urbano discontinuo
121	2,53699	0,004	Zonas industriales o comerciales
141	1,45423	0,002	Zonas verdes urbanas
211	1050,32	1,595	Otros cultivos transitorios
231	2945,22	4,472	Pastos limpios
232	205,355	0,312	Pastos arbolados
233	1860,05	2,824	Pastos enmalezados
241	357,696	0,543	Mosaico de cultivos
242	908,164	1,379	Mosaico de pastos y cultivos
243	181,261	0,275	Mosaico de cultivos, pastos y espacios nat
244	3330,99	5,058	Mosaico de pastos con espacios naturales
245	372,41	0,565	Mosaico de cultivos y espacios naturales
311	10944,7	16,618	Bosque denso
312	276,662	0,420	Bosque abierto
313	418,342	0,635	Bosque fragmentado
321	27185,1	41,276	Herbazal denso
322	11639,8	17,673	Arbustal denso
323	888,926	1,350	Vegetación secundaria
331	196,821	0,299	Zonas arenosas naturales
332	2595,07	3,940	Afloramientos rocosos
333	102,708	0,156	Tierras desnudas y degradadas
412	28,9553	0,044	Turberas
511	252,081	0,383	Ríos
512	98,0288	0,149	Lagunas, lagos y ciénagas naturales
Total	65862,271	100	

Fuente: Ramirez, E (2020)

Los movimientos en masa más significativos se presentan en la tabla 8 y corresponden a las caídas de rocas el cual presenta un área total de 595 ha siendo el 41% de los movimientos en masa y los deslizamientos con un área total de 541 Ha siendo 37% de los mismo el resto pertenece a flujo, volcamiento e indefinidos (no han sido verificados en campo). De estos abarca un área de 1430 Ha, aproximadamente el 2.17% del terreno de chiscas.

Tabla 8: Movimiento en Masa más Representativos

Clasificación	Área	Porcentaje
Caída	595,148	41,6071217
Deslizamiento	541,6004	37,8635798
Flujo	263,4203	18,415857
Indefinido	25,91246	1,81155423
Volcamiento	4,318193	0,30188723
Total	1430,39935	100

Fuente: Ramirez, E (2020)

4.4.2. Realizar la Intersección de las Capas Anteriores

De los datos de cobertura de nivel 3 y movimiento en masa con el Dissolve de susceptibilidad (1) se procesan y a través de la unión de estos se genera la presencia (1) y ausencia (0) de movimiento en masa en la cobertura, como se aprecia en la tabla 9 se puede ver la diferencia de área de movimiento en masa entre el tipo de cobertura de la clasificación Corine Land Cover, las coberturas en la que se presenta mayor movimiento en masa es herbazal denso con área 375 Ha de 26809 Ha, 243 y Ha arbustal denso de los 11395 Ha.

Tabla 9: Cobertura Susceptible y no Susceptible

Código	Ausencia	Área Aus	Presen cia	Área Pres	Cobertura (corine land cover)
111	0	16,60825	1	0,01	Tejido urbano continuo
112	0	3,011483	1	0,01	Tejido urbano discontinuo
121	0	2,536992	1	0,01	Zonas industriales o comerciales
141	0	1,45423	1	0,01	Zonas verdes urbanas
211	0	1021,432	1	28,89019	Otros cultivos transitorios
231	0	2900,943	1	44,28139	Pastos limpios
232	0	203,3483	1	2,006588	Pastos arbolados
233	0	1827,035	1	33,01561	Pastos enmalezados
241	0	348,2469	1	9,449243	Mosaico de cultivos
242	0	883,2403	1	24,92375	Mosaico de pastos y cultivos
243	0	181,2611	1	0,01	Mosaico de cultivos, pastos y espacios nat
244	0	3286,125	1	44,86782	Mosaico de pastos con espacios nat
245	0	366,5414	1	5,869102	Mosaico de cultivos y espacios nat
311	0	10705,97	1	238,7739	Bosque denso
312	0	276,6621	1	0,01	Bosque abierto
313	0	368,4255	1	49,91639	Bosque fragmentado
321	0	26809,27	1	375,8697	Herbazal denso
322	0	11395,99	1	243,8583	Arbustal denso
323	0	791,6064	1	97,31917	Vegetación secundaria
331	0	174,1974	1	22,62392	Zonas arenosas naturales
332	0	2479,221	1	115,8539	Afloramientos rocosos
333	0	33,36129	1	69,3467	Tierras desnudas y degradadas
412	0	28,95534	1	0,01	Turberas
511	0	232,0929	1	19,98839	Ríos
512	0	95,49849	1	2,530356	Lagunas, lagos y ciénagas naturales

Fuente: Ramirez, E (2020)

De los datos de la tabla anterior se llevan de nivel 3 a nivel 1 unificando sus áreas de ausencia y presencia de movimiento en masa formando la tabla 10.

Tabla 10: *Porcentaje de Categorías*

Clase CLC	Area		Area total.	Area%	
	Ausencia	Presencia		Ausencia	% Presencia
1	23,610955	0,04	23,650955	0,036644177	0,00279827
2	11018,173	193,313693	11211,48669	17,10019264	13,52359966
3	53034,7037	1213,57198	54248,27567	82,30980305	84,89756398
4	28,95534	0,01	28,96534	0,044938657	0,000699568
5	327,59139	22,518746	350,110136	0,508421485	1,575338514
total	64433,0344	1429,454419	65862,48879	100	100

Fuente: Ramirez, E (2020)

La categoría 3 presenta el 82.3% de cobertura sin movimiento en masa (Ausencia) lo cual indica que es la categoría más dominante en el terreno del municipio de chiscas, pero a su vez es la categoría en la que mayormente se presenta movimiento en masa (presencia) con un 84.89% del total de movimiento en masa en chiscas, se analiza la categoría 3 para determinar el tipo de cobertura en la que más predomina el movimiento masa.

Se observa en la tabla 11 9 tipos de cobertura de la categoría 3, Donde la cobertura 321 (Herbazal Denso) resulta ser más predominantes en área de terreno, pero también en la generación de movimientos en masa aproximadamente resulta ser el 30% del área de movimiento en masa de esta categoría y la mayor de las otras categorías. Se resaltan la categoría 322 (Arbustal denso) y 311 (Bosque denso) cuentan con un porcentaje que oscila entre 19% al 21% del total de movimiento en masa.

Tabla 11: *Cobertura con Mayor Movimiento en Masa.*

Cobertura nv3	% Area Presenta	% Area Presenta	Tipo de cobertura
311	238,7739	19,67529771	Bosque denso
312	0,01	0,000824014	Bosque abierto
313	49,91639	4,113179179	Bosque fragmentado
321	375,8697	30,97218016	Herbazal denso
322	243,8583	20,09425926	Arbustal denso

323	97,31917	8,019233437	Vegetación seca en transición
331	22,62392	1,864242119	Zonas arenosas naturales
332	115,8539	9,546520677	Afloramientos rocosos
333	69,3467	5,714263442	Tierras desnudas y degradadas
	1213,57198	100	

Fuente: Ramirez, E (2020)

4.4.3. Análisis Estadístico donde se Determina la Magnitud del Cambio de Cobertura

Con el proceso explicado en la sección 3.4.3 se crea la ilustración 24 en la que se aprecia el resultado W_f el cual expresa los valores en positivo y negativos, esto valores se representa con un color rojo al valor mayor de los datos positivo y verde la numero menor de los datos negativos con estos límites se logra elaborar un degradado de color en la tabla. Indicando el rojo a la cobertura más susceptible de procesos de deslizamiento y al verde a la cobertura en la que no se presenta susceptibilidad.

Ilustración 24: Obtención del Wf.

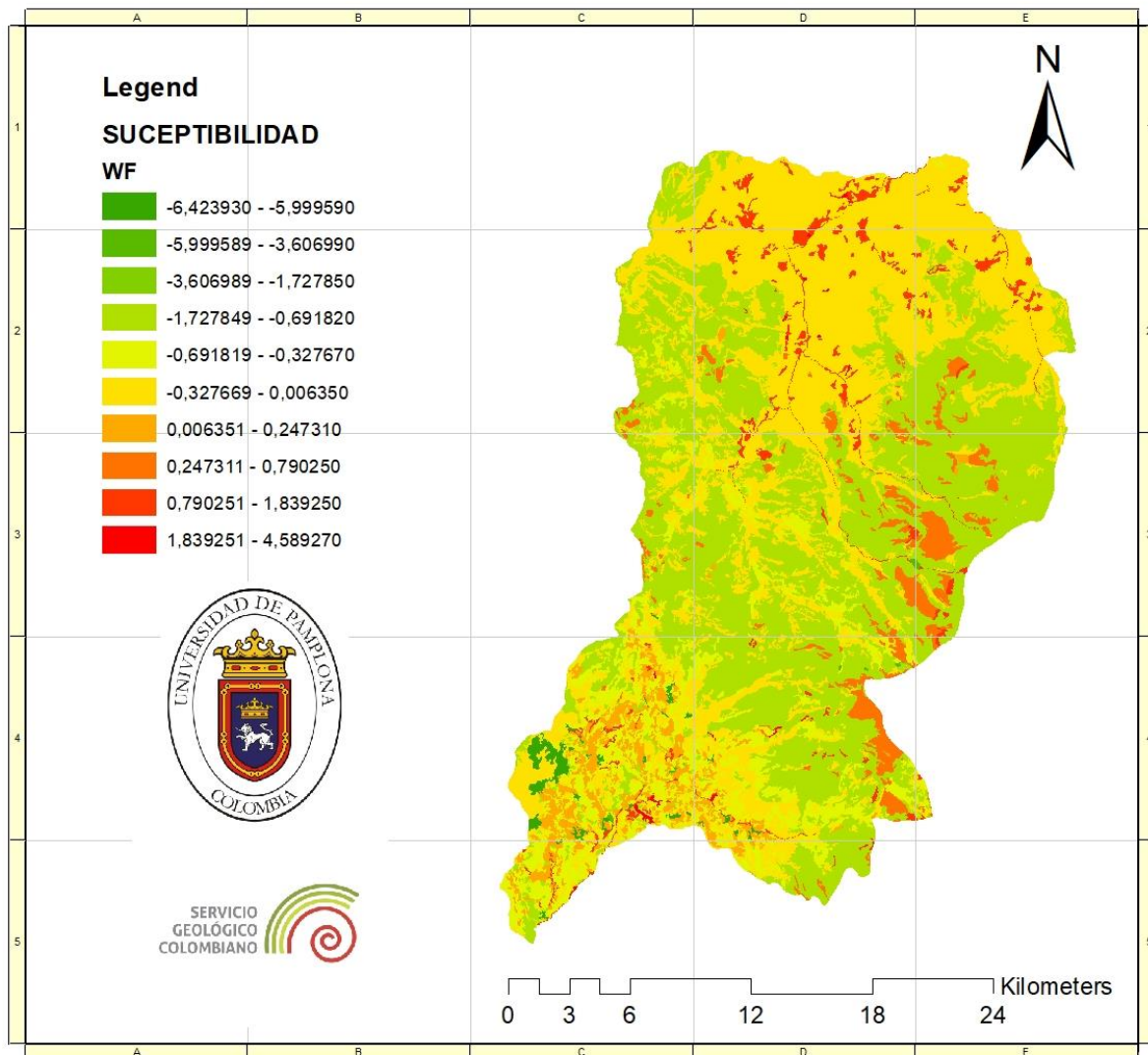
Cobertura para la zonificación de la susceptibilidad a movimientos en masa												
COBERTURA	COBERTURA	Area con MM	% de MM en categoría	Area sin MM (Ha)	% sin MM	Npix1	Npix2	Npix3	Npix4	wi+	wi-	wf
1	Tejido urbano	0,01	0,001%	16,61	0,02578%	0,01	1.429,44	16,61	64.416,42	-3,60674	0,00025	-3,60699
2	Tejido urbano	0,01	0,001%	3,01	0,00467%	0,01	1.429,44	3,01	64.430,02	-1,89927	0,00004	-1,89931
3	Zonas industr	0,01	0,001%	2,54	0,00394%	0,01	1.429,44	2,54	64.430,49	-1,72782	0,00003	-1,72785
4	Zonas verdes	0,01	0,001%	1,45	0,00226%	0,01	1.429,44	1,45	64.431,57	-1,17131	0,00002	-1,17133
5	Otros cultivos	28,89	2,021%	1021,43	1,58526%	28,89	1.400,56	1.021,43	63.411,60	0,24287	-0,00444	0,24731
6	Pastos limpios	44,28	3,098%	2900,94	4,50226%	44,28	1.385,17	2.900,94	61.532,09	-0,37389	0,01460	-0,38849
7	Pastos arbola	2,01	0,140%	203,35	0,31560%	2,01	1.427,45	203,35	64.229,68	-0,81015	0,00176	-0,81191
8	Pastos enmal	33,02	2,310%	1827,04	2,83556%	33,02	1.396,44	1.827,04	62.605,99	-0,20514	0,00540	-0,21053
9	Mosaico de ci	9,45	0,661%	348,25	0,54048%	9,45	1.420,01	348,25	64.084,78	0,20136	-0,00121	0,20257
10	Mosaico de pa	24,92	1,744%	883,24	1,37079%	24,92	1.404,53	883,24	63.549,79	0,24056	-0,00379	0,24434
11	Mosaico de ci	0,01	0,001%	181,26	0,28132%	0,01	1.429,44	181,26	64.251,77	-5,99678	0,00281	-5,99959
12	Mosaico de pa	44,87	3,139%	3286,12	5,10006%	44,87	1.384,59	3.286,12	61.146,90	-0,48541	0,02046	-0,50587
13	Mosaico de ci	5,87	0,411%	366,54	0,56887%	5,87	1.423,59	366,54	64.066,49	-0,32608	0,00159	-0,32767
14	Bosque densc	238,77	16,704%	10705,97	16,61565%	238,77	1.190,68	10.705,97	53.727,06	0,00529	-0,00106	0,00635
15	Bosque abiert	0,01	0,001%	276,66	0,42938%	0,01	1.429,44	276,66	64.156,37	-6,41963	0,00430	-6,42393
16	Bosque fragm	49,92	3,492%	368,43	0,57180%	49,92	1.379,54	368,43	64.064,60	1,80944	-0,02981	1,83925
17	Herbazal dens	375,87	26,295%	26809,27	41,60796%	375,87	1.053,58	26.809,27	37.623,76	-0,45893	0,23290	-0,69182
18	Arbustal dens	243,86	17,060%	11395,99	17,68657%	243,86	1.185,60	11.395,99	53.037,04	-0,03610	0,00759	-0,04368
19	Vegetación se	97,32	6,808%	791,61	1,22857%	97,32	1.332,14	791,61	63.641,42	1,71227	-0,05815	1,77041
20	Zonas arenos	22,62	1,583%	174,20	0,27035%	22,62	1.406,83	174,20	64.258,83	1,76715	-0,01325	1,78040
21	Afloramientos	115,85	8,105%	2479,22	3,84775%	115,85	1.313,60	2.479,22	61.953,81	0,74496	-0,04528	0,79025
22	Tierras desnu	69,35	4,851%	33,36	0,05178%	69,35	1.360,11	33,36	64.399,67	4,54006	-0,04921	4,58927
23	Turberas	0,01	0,001%	28,96	0,04494%	0,01	1.429,44	28,96	64.404,07	-4,16259	0,00044	-4,16303
24	Ríos	19,99	1,398%	232,09	0,36021%	19,99	1.409,47	232,09	64.200,94	1,35635	-0,01047	1,36682
25	Lagunas, lagos	2,53	0,177%	95,50	0,14821%	2,53	1.426,92	95,50	64.337,53	0,17758	-0,00029	0,17787
		1.429	100,000%	64.433,03	100,00%							

Fuente: Ramirez, E (2020)

Se exportan los Wf a software ArcGIS y se procede a generar el mapa de susceptibilidad ver ilustración 25

Ilustración 25: Mapa de Susceptibilidad

SUCEPTIBILIDAD DE MOVIMIENTO EN MASA CHISCAS.



Fuente: Ramirez, E (2020)

Para la elaboración de una curva de éxito se genera un orden decreciente de los datos Wf junto con las columnas de área sin movimiento en masa(mm), área con mm y la cobertura.

se genera la tabla 12 donde se crean las columnas con porcentajes y porcentajes acumulado de las columnas mencionadas anteriormente. La columna de porcentaje área acumulado de cobertura sin mm representa al eje x y el área acumulado con mm es el eje y. Estos datos son graficados para la elaboración de la curva de éxito.

Tabla 12: Susceptibilidad de Mayor a Menor

COBERTURA	Area cobertura	% Area cobertura	%acum cober	Area con mm	% mm	%acum mm	wf
Tierras desnudas y degradadas	33,361295	0,051776699	0,051776699	69,346702	4,85127	4,851271	4,58926677
Bosque fragmentado	368,425513	0,571796056	0,623572755	49,916389	3,49199	8,34326	1,83925415
Zonas arenosas naturales	174,197405	0,270354212	0,893926967	22,623924	1,5827	9,925956	1,78039864
Vegetación secundaria o en transición	791,60645	1,22857248	2,122499446	97,319167	6,80813	16,73409	1,77041305
Ríos	232,092873	0,360207925	2,482707371	19,988392	1,39832	18,13241	1,36682096
Afloramientos rocosos	2479,220629	3,847748127	6,330455498	115,85391	8,10476	26,23718	0,79024771
Otros cultivos transitorios	1021,431858	1,585261301	7,915716799	28,890189	2,02106	28,25824	0,24731294
Mosaico de pastos y cultivos	883,24027	1,370788084	9,286504883	24,923746	1,74358	30,00183	0,2443442
Mosaico de cultivos	348,24695	0,540478945	9,826983828	9,449243	0,66104	30,66286	0,20256919
Lagunas, lagos y ciénagas naturales	95,498492	0,148213571	9,975197399	2,530356	0,17702	30,83988	0,17787157
Bosque denso	10705,96547	16,61564852	26,59084592	238,773859	16,7038	47,54373	0,00635233
Arbustal denso	11395,98941	17,68656505	44,27741097	243,858277	17,0595	64,60326	0,04368473
Pastos enmalezados	1827,035242	2,835557009	47,11296798	33,015614	2,30967	66,91293	0,21053351
Mosaico de cultivos y espacios naturales	366,541394	0,568871905	47,68183988	5,869103	0,41058	67,32351	0,32766679
Pastos limpios	2900,942579	4,502260204	52,18410009	44,28139	3,09778	70,42129	0,38849278
Mosaico de pastos con espacios naturales	3286,124658	5,100062435	57,28416252	44,867817	3,13881	73,5601	0,50586584

Herbazal denso	26809,26973	41,60796187	98,8921244	375,86973	26,2946	99,85473	-	0,69182297
Pastos arbolados	203,348271	0,315596329	99,20772073	2,006587	0,14037	99,9951	-	0,81190756
Zonas verdes urbanas	1,45423	0,002256964	99,20997769	0,01	0,0007	99,9958	-	1,17132878
Zonas industriales o comerciales	2,536992	0,003937409	99,2139151	0,01	0,0007	99,9965	-	1,72784816
Tejido urbano discontinuo	3,011484	0,00467382	99,21858892	0,01	0,0007	99,9972	-	1,89930938
Tejido urbano continuo	16,60825	0,025775989	99,24436491	0,01	0,0007	99,9979	-	3,60698701
Turberas	28,955343	0,044938666	99,28930357	0,01	0,0007	99,9986	-	4,16303389
Mosaico de cultivos, pastos y espacios nat	181,261114	0,281317082	99,57062066	0,01	0,0007	99,9993	-	5,99958541
Bosque abierto	276,662113	0,429379344	100	0,01	0,0007	100	-	6,42392965
Total, de Área Ha	64433,02802		Total Area HA	1429,454395				

Fuente: Ramirez, E (2020)

De la curva de éxito en la Grafica 1 se observa la cobertura que se encuentra en entre el 0% al 60% del área acumula de cobertura esta a su vez se encuentra en una categoría altamente susceptible en las cuales se encuentra, Tierras desnudas y degradadas, Bosque fragmentado, Zonas arenosas naturales, Vegetación secundaria o en transición, Ríos, Afloramientos rocosos, Otros cultivos transitorios, Mosaico de pastos y cultivos, Mosaico de cultivos, Lagunas, lagos y ciénagas naturales, Bosque denso, Arbustal denso, Pastos enmalezados, Mosaico de cultivos y espacios naturales, Pastos limpios y Mosaico de pastos con espacios naturales, las coberturas anteriores se ingresan respetivamente de mayor susceptibilidad a menor. La susceptibilidad desde el 60% hasta 88% corresponde a coberturas con una clasificación media lo cual comprende solo herbazal denso. El resto del 88 al 100% corresponde a una susceptibilidad baja en la que comprende cobertura de Pastos arbolados, Zonas verdes urbanas, Zonas industriales o comerciales, Tejido urbano

discontinuo, Tejido urbano continuo, Turberas, Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales, Bosque abierto.

De la Tabla 11 de la sección anterior se dice que la cobertura en donde más presencia de movimiento en masa hay es herbazal denso con un total de área de movimiento en masa de 375 ha de las 26809 ha. El área de movimiento en masa resulta ser el más grande de chiscas, pero la susceptibilidad no es relevante por la gran magnitud presente en una cobertura sino más bien por la relación del área de cobertura con el movimiento en masa. cuando un movimiento en masa presenta un área igual o superior a la cobertura resulta ser un terreno con una susceptibilidad importante como es el caso de la cobertura tierra desnudas y degradadas la cual presente un área de cobertura de 33 Ha y el área de movimiento en masa es de 69 Ha el cual resulta ser el doble del área de la cobertura.

Grafica 1: Curva de Exito



Fuente: Ramirez, E (2020)

4.5. Exportar Información de Movimiento en Masa hacia la Plataforma SIMMA

4.5.1. Ingresar a la Plataforma los Formatos de Información Morfodinámico para la Actualización y Consulta.

El inventario morfodinámico se adquiere de diversa fuentes información como es la capa de polígonos vectorizados generado de hoja de cálculo observada en el anexo 2 y el uso de otras fuentes secundarias de información. Con esto se logra conocer los movimientos en masa en la zona. A través del uso de software Google Earth se logra realizar la verificación de fechas de ocurrencias del evento. En la ilustración 26 se presenta el formulario suministrado por el SGC con el cual se ingresa los datos sobre el movimiento en masa.

Una vez terminado de diligenciar el formato se procede a ser enviado a revisión antes de subirse a la plataforma de esta manera se hace un control de calidad con la finalidad de obtener el mejor resulta y permitir la información verídica en el sistema.

En la ilustración 27 se observa el ingreso de la información verificada a la plataforma SIMMA a través del usuario de la universidad de pamplona

Ilustración 26: Formato para Actualizar Plataforma SIMMA

FORMATO MODIFICADO PARACATALOGO DE MOVIMIENTOS EN MASA							COD_SIMMA:		
Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas							IMPORTANCIA* Alta <input checked="" type="checkbox"/> Medía <input type="checkbox"/> Baja <input type="checkbox"/>		
DATOS DE REGISTRO									
ENCUESTADOR*	FECHA EVENTO*		FECHA REPORTE*		CONFIABILIDAD	FECHA EVENTO	FUENTE DEL REGISTRO: SPOT		
Edwards Jhonatan Estepa Camacho	2	11	2006	7	5	2020	baia: certeza de año		
					INSTITUCIÓN* Universidad de Pamplona				
LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA									
POR DIVISION POLITICA	COORDENADAS GEOGRAFICAS			REFERENTES GEOGRAFICOS					
Departamento* Norte de Santander	Sitio* corona			3,8 km al sur occidente se encuentra el rio margua					
Municipio* Toledo	Lat (GMS)*7°7'52,083"N								
	Long (GMS)*72°6'41,898"W								
Vereda* MARGUA	Altura*1202								
	Proyeccion: Magna *								
CLASIFICACIÓN DEL MOVIMIENTO									
TIPO MOVIMIENTO	SUBTIPO MOVIMIENTO								
Caída <input type="checkbox"/>	1* 2	Caída de roca <input type="checkbox"/>	1* 2	Desliz. traslacional <input checked="" type="checkbox"/>	1* 2	Desliz. por flujo <input type="checkbox"/>	1* 2	Desliz. licuación detritos <input type="checkbox"/>	1* 2
Volcamiento <input type="checkbox"/>	1* 2	Caída de detritos <input type="checkbox"/>	1* 2	Desliz. en cuña <input type="checkbox"/>	1* 2	Avalancha de detritos <input type="checkbox"/>	1* 2	Desliz. licuación roca fracturada <input type="checkbox"/>	1* 2
Deslizamiento <input checked="" type="checkbox"/>	1* 2	Caída de tierras <input type="checkbox"/>	1* 2	Desliz. traslacional en cuña <input type="checkbox"/>	1* 2	Flujo de tierra <input type="checkbox"/>	1* 2	Propag. lateral lenta <input type="checkbox"/>	1* 2
Flujo <input type="checkbox"/>	1* 2	Volcam. flexural de roca <input type="checkbox"/>	1* 2	Desliz. traslacional planar <input type="checkbox"/>	1* 2	Creceda de detritos <input type="checkbox"/>	1* 2	Propag. lateral licuación <input type="checkbox"/>	1* 2
Propagación Lateral <input type="checkbox"/>	1* 2	Volcam. de roca <input type="checkbox"/>	1* 2	Avalancha de rocas <input type="checkbox"/>	1* 2	Flujo de turba <input type="checkbox"/>	1* 2	Reptación de suelos <input type="checkbox"/>	1* 2
Reptación <input type="checkbox"/>	1* 2	Volcam. macizo rocoso <input type="checkbox"/>	1* 2	Flujo de detritos <input type="checkbox"/>	1* 2	Desliz. licuación de arena <input type="checkbox"/>	1* 2	Solifluxión <input type="checkbox"/>	1* 2
Deform. Gravit. Profundas <input type="checkbox"/>	1* 2	Desliz. rotacional <input type="checkbox"/>	1* 2	Flujo de lodo <input type="checkbox"/>	1* 2	Desliz. licuación de limo <input type="checkbox"/>	1* 2	Gelifluxión (en permafrost) <input type="checkbox"/>	1* 2
NOTA: 1: Primer movimiento, 2: Segundo movimiento									
DAÑOS									
POBLACION AFECTADA				INFRAESTRUCTURA, ACTIVIDADES ECONOMICAS, DAÑOS AMBIENTALES					
Heridos _____				TIPO	CANTIDAD	UNIDAD	TIPO DAÑO	VALOR (US\$)	
Vidas _____				I E A	_____	_____	DL DM DS DT NC	_____	
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: <u>Infraestructura:</u> edificios, carreteras, inst. educativa, puentes, servicios publicos, vía ferrea, torre conducción eléctrica, obras lineales, planta eléctrica, torre de energía, capa asfaltica, galpones, tanque almacenamiento, espolones, distrito riego, puentes peatonales, puentes veredales, acueducto. <u>Económicos:</u> agricultura, ganadería, cultivos, semovientes, transporte pasajeros y carga. <u>Ambientales:</u> parques, bosques, planta tratamiento de agua.									
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)									

Fuente: modificado por Ramirez, D (2020)

Ilustración 27: Ingreso de Información

The screenshot shows the SIMMA (Sistema de Información de Movimientos en Masa) web application. The header includes the logo of the Servicio Geológico Colombiano and the text 'SIMMA Sistema de Información de Movimientos en Masa'. Navigation icons for 'Informenos', 'Consultas', and 'Carga / Edición' are present, along with the user name 'UPAMPLONA'.

The left sidebar contains menu items: 'Datos de Registro', 'Localización Geográfica', 'Documentación', 'Clasificación del Movimiento', 'Daños', and 'Notas'.

The main data entry form includes the following fields:

- Importancia:** Radio buttons for Alta (selected), Media, and Baja. Código: 40935
- Fecha Evento:** 28/04/1972. Fuente Fecha Evento: Reportada por tercer
- Confiabilidad Fecha Evento:** Certeza año
- Fecha Reporte:** 11/06/2020. Diligenciamiento: 11/06/2020
- ¿Visible? ¿De infórmenos?
- Encuestador:** El Tiempo
- Institución:** Universidad de Pamplona
- Fuente del Registro:** El Tiempo

Buttons for 'Ayuda' and 'Guardar' are located below the form.

The 'Localización Geográfica' section includes:

- División Política:**
 - Departamento: BOYACÁ
 - Municipio: CHISCAS
 - Vereda: CHISCAS
- Coordenadas Geográficas:**
 - Latitud: 6 31 44,58

The map view on the right, titled 'Localización Geográfica', shows a geographical map with a blue location pin and several orange triangle markers. Labels on the map include Concepción, Corcasí, Chicas, Macaravita, El Espino, Güicán, and AAL TOBAL.

Fuente: Ramirez, E (2020)

Conclusiones

El alistamiento de insumo resulta ser la parte fundamental para los expertos de estos depende gran parte de los resultados obtenidos, la calidad de estos permite que los expertos tengan un criterio más acertado y se pueda generar resultados más acordes a la realidad.

La obtención de los procesos morfodinámicos es fundamental para el proyecto, en el cual se debe registrar los movimientos en masa y su posible clasificación, dicha información es verificada en campo para su validación en este caso se utilizó la herramienta d mapas satelitales que permitieron su visualización sin ir a campo, no significa que sea lo recomendable pero por motivos de fuerza mayor es un buen sustituto para la obtención de este inventario del cual depende en gran medida el mapa de susceptibilidad por movimiento en masa.

La interpretación de cobertura es un insumo primordial para el proyecto, pero su obtención requiere de una gran precisión por parte de los expertos, aunque antiguamente esta interpretación se realiza de forma análoga el día de hoy resulta ser una técnica no muy precisa si no se trabaja a una escala adecuada. Con la interpretación digital que se apoya de las combinaciones de las bandas de las imágenes satelitales para obtener información sobre el tipo de cobertura, esta información generada por el software puede llegar a dar datos erróneos si la información suministrada no es la adecuada. Este proceso se puede apoyar con la tecnología, pero siempre es necesario el criterio del experto y no que el proceso dependa del software únicamente.

Los estudios enfocados a determinar las zonas donde es más vulnerables para las comunidades debe ser una prioridad con el fin de evitar catástrofes. Por esto la generación

de un mapa de susceptibilidad por movimiento en masa logra dar una herramienta a los municipios con el fin de mitigar esos efectos. A través del uso del método estadístico de peso y evidencia se logra determinar que el cambio de cobertura hace que sea susceptible a que se presenta un movimiento en masa. De esta forma se puede entender que la cobertura es un factor importante en la inestabilidad, pero no se puede asociar directamente a la generación de movimientos en masa porque en este método estadístico interceden otros factores que pueden llegar a ser más importante que la cobertura aun así esta juega un papel en la presencia de los movimientos en masa.

El almacenamiento y clasificación de los movimientos en masa resulta ser una necesidad para conocer el territorio colombiano. con el almacenamiento de la información referente al movimiento en masa permite conocer algo de su historia agrupando esta información en un solo lugar. A través de la plataforma de SIMMA se logra enriquecer esta base de datos con movimientos en masa de los cuales no hay información registrada o actualizar la que ya se encuentra allí.

Recomendación

Los proyectos enfocados al estudio de movimiento en masa que contribuya a conocer el territorio nacional deben hacerse con mayor regularidad es así que el gobierno debe enfocar mayor presupuesta a estos tipos de proyecto y afines para estar actualizándose con el fin de lograr conocer toda Colombia y sus zonas de alta susceptibilidad a los movimientos en masa para evitar catástrofes que afecten a las comunidades.

Bibliografía

- Alcaldia de chiscas. (s.f.). *Gov.co*. Obtenido de <http://www.chiscas-boyaca.gov.co/turismo/chiscas-tierra-bendecida>
- CABALLERO CHAVES, O. J. (2011). *BASE DE DATOS DE DESLIZAMIENTOS INDUCIDOS POR SISMOS*. Bogotá.
- Centro de estudio agrarios y ambiental. (s.f.). *Zonificacion de ecosistemas*. Obtenido de www.ceachile.cl: <https://www.ceachile.cl/zonificacion.htm>
- CHAVES, O. J. (2011). *BASE DE DATOS DE DESLIZAMIENTOS INDUCIDOS POR SISMOS. PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA*.
- Colombiaturismoweb. (2020). <http://www.colombiaturismoweb.com>. Obtenido de <http://www.colombiaturismoweb.com/DEPARTAMENTOS/BOYACA/MUNICIPIOS/CHISCAS/CHISCAS.htm>
- Dane. (2005). *dane.gov.co*. Obtenido de dane.gov.co: <https://www.dane.gov.co/files/censo2005/regiones/boyaca/chiscas.pdf>
- DANE. (2005). *RESULTADOS CENSO GENERAL 2005*. Obtenido de www.dane.gov.co: <https://www.dane.gov.co/files/censo2005/regiones/boyaca/chiscas.pdf>
- Dane. (2012). *Sistema de Información del Medio Ambiente*. Bogota.
- Esri. (2009). *El completo Sistema de Información Geográfica*.
- Esri. (2016). *Arcig for desktop*. Obtenido de <https://desktop.arcgis.com>: <https://desktop.arcgis.com/es/arcmap/10.3/manage-data/shapefiles/what-is-a-shapefile.htm>

FAO. (2015). *Estado mundial del recurso suelo*. Obtenido de www.fao.org:

<http://www.fao.org/3/a-i5126s.pdf>

GARCIA, J. (15 de Mayo de 2014). *El Centro de Estudios Estratégicos Latinoamericanos*.

Obtenido de ceelat.org: <http://ceelat.org/mapas/amenaza-por-remocion-en-masa-en-colombia/#comments>

Gonzalez, C. y. (1996). Relaciones entre la lluvia anual y la lluvia crítica que dispara movimientos en masa. *IX Jornadas Geotécnicas de la Ingeniería Colombiana, Santa Fe de Bogotá*.

HERALDO, E. (2017). Los deslizamientos de tierra más mortales en el mundo desde . *EL HERALDO*.

IDIGER. (2016). Caracterización General del Escenario de Riesgo. 1.

INGEOMINAS. (2002). *CATÁLOGO NACIONAL DE MOVIMIENTOS EN MASA*. Bogota.

INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI. (22 de 2 de 2018).

<https://www.igac.gov.co>. Obtenido de IGAC:

<https://www.igac.gov.co/es/contenido/que-es-la-cartografia-basica>

LOZADA ESPINOZA, M. (17 de 2 de 2017). *SISTEMAS DE INFORMACIÓN*

GEOGRÁFICA Y RECURSOS HÍDRICOS. Obtenido de

<https://mloaizaunigis.wordpress.com>:

<https://mloaizaunigis.wordpress.com/2017/02/17/vectorizacion-de-imagenes/>

MALDONADO, Y. (2016). *Geología*. Obtenido de

<https://geologiaweb.com/deslizamientos/>

MONCADA ROJAS, O. (2014). *Detección de movimientos en masa* . Medellin.

Pontificia universidad catolica de chile . (s.f.). <http://www7.uc.cl>. Obtenido de Pontificia universidad catolica de chile:

http://www7.uc.cl/sw_educ/geografia/geomorfologia/html/1_1_2.html

Servicio Geologico Colombiana. (2015). *MEMORIA EXPLICATIVA DE LA ZONIFICACIÓN DE LA SUSCEPTIBILIDAD* . Bucaramanga.

Servicio Geologico Colombiano. (2017). Guia metodologica para la zonificacion de amenaza por movimiento en masa. *Imprenta Nacional de Colombia*.

Servicio Geologico Colombiano. (2018). *Reseña histórica y análisis para obtención de la estimación cuantitativa de la amenaza*. Obtenido de

<http://sociedadcolombianadegeologia.org/wp-content/uploads/2018/11/Artículo-3-Reseña-histórica-y-análisis-para-obtención-de-la-estimación-cuantitativa-de-la-amenaza-por-movimientos-del-terreno-asociado-con-sismos..pdf>

Servicio Geologico Colombiano. (2020). *Mapa Nacional de Amenaza Relativa por Movimientos en Masa. Escala 1:100.000*. Obtenido de <https://www2.sgc.gov.co>: <https://www2.sgc.gov.co/ProgramasDeInvestigacion/geoamenazas/Paginas/Proyecto-Mapa-Nacional-de-Amenaza-Relativa.aspx>

Servicio Geológico Minero Argentino. (2007). *Movimientos en Masa de la Región Andina*. Argentina: REPOSITORIO-DSPACE.

SNGRD. (2014). Reporte del Sistema Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres en Colombia. *Dirección de gestión del riesgo del ministerio del interior y de justicia*.

SUAREZ, J. (2009). *Deslizamientos técnicos de remediación*. U. Industrial de Santander.

SUAREZ, J. (s.f.). *Deslizamiento análisis geotécnico*.

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

UNGRD. (2014). *Sistema Nacional de Información para la Gestión del Riesgo de Desastres*. Bogota.