

Asistencia ingenieril al proyecto SGC - bloque 03 convenio 034 en el municipio de Cubará,
departamento de Boyacá para el análisis de la cobertura como condicionante de movimientos en
masa.

Andrea Katherine Vargas Alfonso
Junio, 2020

Universidad de Pamplona
Facultad de Ingenierías y arquitectura
Programa de Ingeniería ambiental

Asistencia ingenieril al proyecto SGC - bloque 03 convenio 034 en el municipio de
Cubará, departamento de Boyacá para el análisis de la cobertura como condicionante de
movimientos en masa.

ii

Andrea Katherine Vargas Alfonso
Junio, 2020

Trabajo de grado, para optar por el título de ingeniero ambiental

Director
Julio Isaac Maldonado Maldonado
Ingeniero Civil
MSc Ingeniería Ambiental

Codirector
Janer Rafael Cantillo Romero
Geólogo

Universidad de Pamplona
Facultad de Ingenierías y arquitectura
Programa de Ingeniería ambiental

Dedico este trabajo primeramente a Dios, a mis padres y mis hermanos porque gracias a ellos he logrado lo que soy y lo que tengo.

A todas aquellas personas que de una u otra forma aportaron en el desarrollo de este trabajo y que tuvieron disposición plena en apoyarme para lograrlo.

A Dios, primeramente, por acompañarme en cada paso que doy, por darme la oportunidad de cumplir mi sueño de ser profesional, por estar siempre en el momento que lo necesito y brindarme su amor cálido, sincero, e incondicional.

A mis padres Eduardo V, Gladys A por ser los pilares fundamentales en mi vida, por haber dedicado su vida a apoyarme con mis estudios y educarme con los valores más importantes en una persona, por ser ese amor y apoyo incondicional que solo Dios puede recompensar por tanto que me han dado.

A mis hermanos Sebastián V, y Daniela V por ser mis compañeros de vida y apoyarme en cada una de mis decisiones, por ser aquellas personas que han estado en mi vida compartiendo los buenos y malos momentos.

A mis docentes de la universidad y el colegio, a mis amigos cercanos que de una u otra forma me han aportado innumerables conocimientos que me han ayudado a crecer como ser humano.

A mi director Isaac M, y codirector Janer C, por ser mis guías en este importante paso final de mi carrera profesional.

Y a ti, querido lector.

El objetivo principal de este trabajo es la asistencia ingenieril al proyecto SGC - bloque 03 convenio 034 en el municipio de Cubará, departamento de Boyacá, para el análisis de la cobertura como condicionante de movimientos en masa. En el cual se llevaron a cabo algunos objetivos independientes que representaban apoyo para el proyecto, tales como alistamiento de insumos, digitalización de la cobertura interpretada análogamente, elaboración del inventario de procesos morfodinámicos, y actualización de la plataforma SIMMA, adicional a este apoyo se realizó el análisis mediante el método estadístico bivariado WoFE (Weight of Evidence) o pesos de evidencia, aplicando los resultados de cobertura e inventario de procesos morfodinámicos obtenidos por los profesionales del proyecto, del cual se obtuvo que el municipio de Cubará se encuentra en dos rangos de susceptibilidad Alta y Baja, donde se evidencian las coberturas que corresponden a las más inestables, es decir, las que son más susceptibles a presentar movimientos en masa, en las cuales se pueden mencionar las dos coberturas más representativas que son Mosaico de cultivos con espacios naturales, Tierras desnudas y degradadas, así mismo se ven las coberturas que poseen susceptibilidad baja, dentro de las cuales se puede nombrar la cobertura menos susceptible es decir la más estable y la menos propensa a los movimientos en masa, dicha cobertura es el Bosque de galería y ripario.

Con esto se pretende brindar apoyo a todos los estudios y proyectos interesados en esta temática, así mismo complementar la información para la planificación territorial y la gestión del riesgo, entre otras labores que buscan garantizar la seguridad de toda la población del municipio de Cubará.

Palabras clave: Cobertura, Líneas de vuelo, Procesos morfodinámicos, SIG, SIMMA, WoFE.

Capítulo 1 introducción e información general	3
1.1 Introducción.....	3
1.2 Objetivos.....	6
1.2.1 Objetivo general	6
1.2.3 Objetivos específicos	6
1.3 Planteamiento del problema	7
Capítulo 2. marco referencial	8
2.1 Marco contextual	8
2.1.1 Descripción general	8
2.1.2 Ubicación geográfica.....	9
2.1.3 Población	10
2.2 Marco teórico.....	11
2.3 Antecedentes.....	16
2.4 Marco legal	18
Capítulo 3. metodología	20
3.1 Alistamiento de insumos.	21
3.1.1 Reconocimiento y Digitalización de líneas de vuelo sobre el municipio de Cubara.....	21
3.1.2 Identificación de las fotografías aéreas.	21
3.1.3 Digitalizar de foto centros y marcos de aerofotografía	22
3.2 Participación en la elaboración del inventario de procesos morfodinámicos.....	22

3.2.1 Recopilación de información de los espacios en la zona de estudio	vii
donde se han presentado movimientos en masa.	22
3.2.2 Representar como polígonos cada uno de los movimientos presentados.....	23
3.2.3 Caracterizar los movimientos en masa e ingresar atributos a cada polígono de base de datos	23
3.3 Digitalizar la interpretación análoga de la cobertura.....	23
3.3.1 Identificación análoga de la cobertura por parte de expertos	23
3.3.2 Se nombran el tipo de cobertura con la simbología de la metodología Corine Land Cover correspondiente	24
3.3.3 Digitalizar los tipos de cobertura anteriormente interpretados.....	24
3.4 Movimientos en masa a partir de la relación que hay con el tipo de cobertura.....	24
3.4.1 Determinación de área de cobertura y áreas de movimiento en masa.....	24
3.4.2 Realizar la intersección de las capas anteriores.....	25
3.4.3 Análisis estadístico	25
3.5 Exportar la información de movimientos en masa hacia la plataforma SIMMA	28
3.5.1 Llenado de catálogos preliminares para la plataforma SIMMA.....	28
Capítulo 4. resultados y discusión	30
4.1 Alistamiento de insumos.	30
4.1.1 Reconocimiento y digitalización de líneas de vuelo sobre el municipio de Cubara.....	30
4.1.2 Digitalizar de foto centros y marcos de aerofotografía	37
4.1.3 Identificación de las fotografías aéreas.	39
4.2 Participación en la elaboración del inventario de procesos morfodinámicos.....	42

4.2.1 Recopilación de información de los espacios en la zona de estudio	viii
donde se han presentado movimientos en masa	42
4.2.2 Representar como polígonos cada uno de los movimientos presentados	43
4.2.3 Caracterizar los movimientos en masa e ingresar atributos a cada polígono de base de datos.	43
4.3 Digitalizar la interpretación análoga de la cobertura.....	46
4.3.1 Identificación análoga de la cobertura por parte de expertos	46
4.3.2 Se nombra el tipo de cobertura de la tierra con la simbología de la metodología Corine Land Cover correspondiente	46
4.3.3 Digitalizar los tipos de cobertura anteriormente interpretados.....	47
4.4 Movimientos en masa a partir de la relación que hay con el tipo de cobertura.....	54
4.4.1 Determinación de área de cobertura y áreas de movimiento en masa.....	54
4.4.2 Realizar la intersección de las capas anteriores.....	55
4.4.3 Análisis estadístico	56
4.5 Exportar la información de movimientos en masa hacia la plataforma SIMMA	63
4.5.1 Llenado de catálogos preliminares para la plataforma SIMMA.....	63
Capítulo 5. conclusiones.....	64
5.1 Recomendaciones	66
Lista de referencias	67

Figura 1 Ubicación del municipio de cubará a nivel nacional y regional..... 9

Figura 2. Metodología..... 20

Figura 3. Ubicación del municipio de Cubará respecto a los cuadrángulos de Colombia. 30

Figura 4. Contenido de la tabla de atributos para cada línea de vuelo identificada. 31

Figura 5. Líneas de Vuelo identificadas para el municipio de Cubará (1950-1970)..... 32

Figura 6. Líneas de Vuelo identificadas para el municipio de Cubará (1971-1980)..... 34

Figura 7. Líneas de Vuelo identificadas para el municipio de Cubará (1981-1998)..... 36

Figura 8. Fotocentro y marco de aerofotografía de las líneas de vuelo seleccionadas..... 38

Figura 9. Distribución de las fotografías aéreas en Cubará..... 40

Figura 10. Archivo Kmz visualizado en Google Earth..... 42

Figura 11. Movimientos en masa activos e inactivos en Cubará. 44

Figura 12. Cobertura de la tierra presente en el municipio de Cubará..... 47

Figura 13. Mapa de susceptibilidad para Cubará 59

Tabla 1. <i>Marco legal</i>	19
Tabla 2. <i>Líneas de vuelo (1950-1970)</i>	33
Tabla 3. <i>Líneas de vuelo (1971-1980)</i>	34
Tabla 4. <i>Líneas de vuelo (1981-1998)</i>	36
Tabla 5. <i>Líneas de vuelo con Fotocentro y marco de aerofotografía</i>	38
Tabla 6. <i>Fajas seleccionadas para el municipio de Cubará</i>	40
Tabla 7. <i>Movimientos en masa activos e inactivos en Cubará</i>	44
Tabla 8. <i>Territorios artificializados</i>	48
Tabla 9. <i>Territorios agrícolas</i>	49
Tabla 10. <i>Bosques y áreas seminaturales</i>	50
Tabla 11. <i>Superficies de agua</i>	51
Tabla 12. <i>Nubes</i>	52
Tabla 13. <i>Distribución porcentual de la cobertura</i>	53
Tabla 14. <i>Áreas de cobertura y M.M usados para el método WoFE</i>	54
Tabla 15. <i>Valores resultantes de WoFE para las coberturas de Cubará</i>	56
Tabla 16. <i>Datos usados para realizar la curva de éxito</i>	62
Tabla 17. <i>Formato de movimientos en masa de la plataforma SIMMA</i>	63

Lista de gráficas

1

Gráfica 1. Distribución porcentual de la cobertura..... 52

Gráfica 2. Curva de éxito..... 60

Lista de ecuaciones

2

Ecuación 1. Peso positivo

Ecuación 2. Peso negativo 26

1.1 Introducción

Desde hace varias décadas el tema del cambio significativo en la cobertura ha despertado un interés que conlleva a analizar detalladamente las consecuencias que esto acarrea, específicamente la influencia que esto provoca en la aparición de innumerables casos de movimientos en masa que en gran parte del mundo han logrado cobrar cantidades de vidas humanas, sin mencionar aquellas vidas animales y otras pérdidas que nos han afectado notablemente.

Haciendo énfasis en los movimientos en masa, la cobertura juega un papel importante ya que esta se encarga de ayudar a generar firmeza en el suelo o de igual manera ayudar a generar inestabilidad, esta es una de las grandes preocupaciones ya que a pesar de las tantas catástrofes que estos fenómenos han causado a lo largo de los años, aun no existe suficiente conciencia en las personas, esto muy a menudo sucede en el municipio de Cubará, sabiendo que es uno de los lugares en el departamento de Boyacá con gran biodiversidad no solo de flora sino también de fauna, al punto que en algún momento de la historia fue blanco de explotación y comercialización de madera en grandes cantidades, esto generó a largo plazo una descompensación en el equilibrio que debe existir entre el suelo y su cobertura necesaria para su adecuada estabilización.

Así mismo, el aporte y la preocupación de la población es muy necesaria ya que de esto depende la implementación de actividades de producción sostenibles, que garanticen la disminución de riesgos y vulnerabilidad de su territorio debido principalmente a la pérdida de cobertura y cambio en el uso del suelo, a esto se le atribuye la importancia de invertir en estudios

e investigaciones que ayuden a planificar sistemas de alerta en cuanto a la gestión del riesgo y mejor formulación de los diferentes documentos de ordenamiento territorial. El contenido de este trabajo se divide en cinco (5) capítulos los cuales se componen de la siguiente manera:

El capítulo uno (1) contiene la introducción que describe a nivel general la situación planteada, los objetivos y el planteamiento del problema que como su nombre lo indica es donde se describe el problema al cual se pretende dar solución con los objetivos previamente definidos.

El capítulo dos (2) contiene el marco referencial que se divide en marco contextual, marco teórico, antecedentes y marco legal. El marco contextual contiene toda la información en cuanto al municipio como su descripción general, ubicación geográfica y población. El marco teórico muestra todas las definiciones de los temas más importantes que componen el trabajo. Los antecedentes nos muestran cómo está la temática de la influencia de la cobertura en los movimientos en masa a nivel global, Latinoamérica, regional y local. El marco legal muestra la normatividad legal vigente que se asocia con la temática del trabajo, como por ejemplo gestión del riesgo entre otras.

El capítulo tres (3) contiene la metodología en la que se describe detalladamente el procedimiento que se llevó a cabo para ejecutar cada uno de los objetivos y desarrollar satisfactoriamente dicho trabajo.

El capítulo cuatro (4) muestra los resultados y la discusión de dichos resultados obtenidos en cada uno de los objetivos, se describe detalladamente el contenido de toda la información consignada en este capítulo dando su correspondiente análisis.

El capítulo cinco (5) contiene las conclusiones finales del trabajo, así como las recomendaciones que ayudan a fortalecer las posteriores investigación y proyectos que se lleven a cabo con respecto a la misma temática de este trabajo.

1.2 Objetivos

6

1.2.1 Objetivo general

Asistir ingenierilmente el proyecto SGC-Bloque 03 Convenio 034 en el municipio de Cubara, departamento de Boyacá, para el análisis de la cobertura como condicionante de movimientos en masa.

1.2.3 Objetivos específicos

1.2.3.1 Realizar el alistamiento de insumos para los expertos en cobertura, geología y geomorfología. (Geólogos, Ing forestales, geomáticos y a fines)

1.2.3.2 Participar en la elaboración del inventario de procesos morfodinámicos y la clasificación de estos.

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

1.2.3.4 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

1.2.3.5 Exportar los datos obtenidos de 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 Movimientos en Masa (SIMMA).

La escasa información de estudios que involucran la susceptibilidad en un municipio es lo que incrementa el riesgo de una población, ya que a la hora de realizar la planificación territorial no se tiene la suficiente certeza del estado del suelo, esto genera que a mediano o largo plazo las poblaciones situadas en dichos lugares tengan que enfrentarse a riesgos que no tienen una magnitud predecible, esto genera pérdidas sociales, económicas, entre otras cuyos daños no pueden ser reparados tales como la pérdida de vidas humanas, así mismo se disipa el desarrollo que una población ha conseguido a través de los años.

En cuanto a la gestión del riesgo esta falencia en el compromiso de los entes gubernamentales impide una buena planificación de estrategias que minimicen estos riesgos, incluso se reprime la oportunidad de evacuar o reubicar comunidades vulnerables ya asentadas en zonas que se encuentran en susceptibilidad principalmente media y alta.

Con el fin de minimizar estas problemáticas y ayudar a salvaguardar vidas y bienes se realizan estos análisis y estudios para brindar un apoyo a todas las personas o entidades a quienes les interese.

Capítulo 2. marco referencial

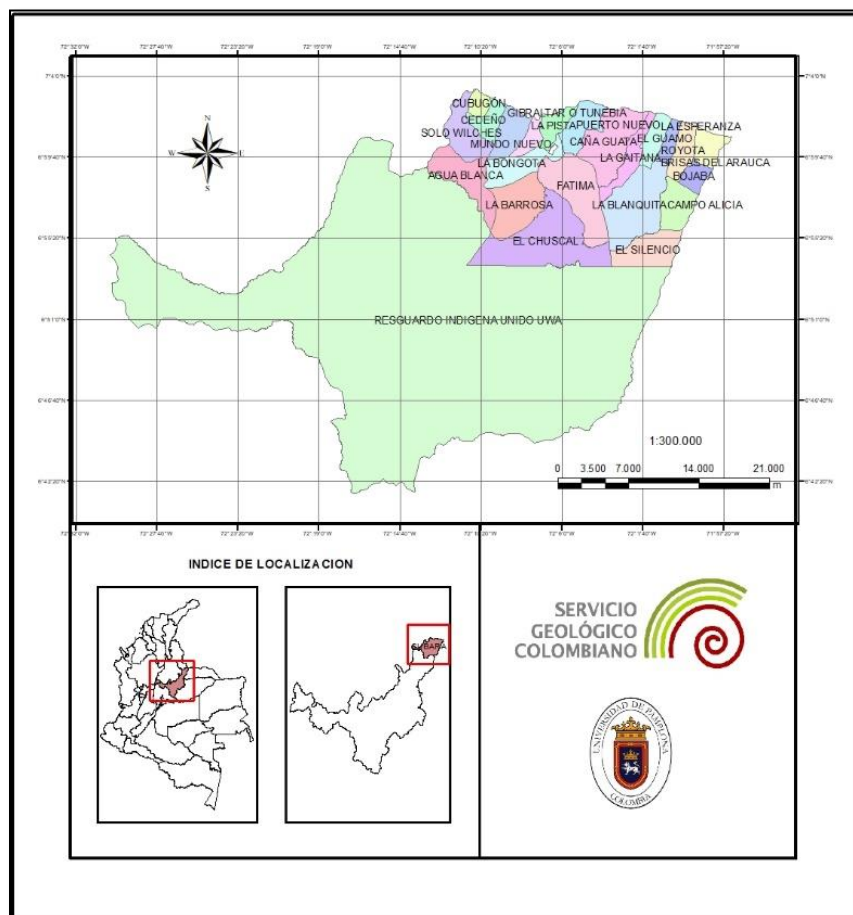
2.1 Marco contextual

2.1.1 Descripción general

El municipio de Cubará está ubicado al nororiente del departamento de Boyacá, el cual fue proclamado municipio bajo la ordenanza número 8 del 4 de diciembre de 1965, siendo su primer alcalde nombrado el sargento viceprimero José Arturo Rodríguez Suarez, está integrado a la vertiente del Orinoquia, bajo la jurisdicción de la Corporación autónoma regional de CORPORINOQUIA. Es un municipio altamente rico en biodiversidad natural, que en un comienzo fue explotada intensivamente para la comercialización de madera, y también para el asentamiento de nuevas prácticas económicas. Sus principales actividades económicas se basan en lo agropecuario, principalmente la ganadería, también cuenta con una pequeña participación en la industria de panadería, zapatería y confecciones de ropa deportiva. (Alcaldía de Cubará, n.d.)

2.1.2 Ubicación geográfica

Figura 1 Ubicación del municipio de cubará a nivel nacional y regional.



Fuente: (Vargas, 2020)

El municipio de Cubará se encuentra integrado tanto geográfica como económicamente a la vertiente del Orinoquia, se encuentra localizado al nororiente del departamento de Boyacá en la frontera natural de río Arauca, límite con la república de Venezuela. Se encuentra en las siguientes coordenadas; Latitud norte: $07^{\circ} 02' 28''$ y Longitud oeste: $72^{\circ} 03' 39''$. Cuenta con una extensión territorial de 1650 km², tiene una temperatura promedio al año de 26°C , se

encuentra a una altura de 420 m.s.n.m y sus precipitaciones medias anuales alcanzan los 2920 mm. (EOT Cubará, n.d.)

10

Según (Oficina de planeación Cubará, 2015) el municipio de Cubará cuenta con los siguientes límites:

Norte: Municipio de Toledo (Norte de Santander), y la república de Venezuela

Sur: Municipio de Güicán, provincia de Gutiérrez y Chiscas.

Oriente: Municipio de Saravena (Departamento de Arauca)

Occidente: Municipio de Toledo (Norte de Santander), y municipio de Concepción (departamento de Santander).

2.1.3 Población

Según el censo que realizó el DANE en el año 2005 se registraron 1.726 habitantes en la cabecera y 4.736 habitantes en el resto del municipio, siendo en total 6.462 habitantes para el año 2005 en el municipio de Cubará. Según la proyección que realizó el DANE sobre los datos anteriores, se estima que para el año 2010 sean 6.682 habitantes. (DANE, 2005)

La población total del municipio de Cubará se encuentra distribuida de la siguiente manera; el 51,6% son hombres y el 48,4% mujeres. Las comunidades indígenas no se hacen ausentes y se encontró que el 38.2% de la población del municipio de Cubará se auto reconoce como indígena. (DANE, 2005)

El desarrollo económico de Colombia y muchas otras partes del mundo han generado un incremento sustancial en la población y por ende los asentamientos han crecido hasta el punto de hacer a un lado la importancia de tener en cuenta los riesgos que representan algunas zonas y terminar habitándolas. Esto en el peor de los casos incrementa los daños y pérdidas que pueden generar los distintos fenómenos de movimientos en masa, por lo tanto, es importante realizar la mayor cantidad posible de estudios sobre dicha problemática haciendo énfasis tanto en los eventos que podrían ocurrir en el futuro como los que ya ocurrieron en el pasado, tomando toda esta información de referencia como punto clave para disminuir los daños que generan estos fenómenos.

Según (Lavell & Argüello Rodríguez, 2003) definen Gestión de riesgo como “un proceso social de puesta en contacto y un diálogo permanente evaluativo de los cambios progresivos, tanto del riesgo como de los instrumentos de aseguramiento social frente al daño probable. La gestión de riesgo no consiste sólo en la reducción del mismo, sino también en la participación de los diversos estratos, sectores de interés y grupos representativos de conductas y modos de vida (incluso de ideologías y de perspectivas del mundo, la vida, la religión) en la comprensión de las formas en que se construye un riesgo social con la concurrencia de los habitantes de una región, sociedad, comunidad o localidad concreta. La gestión de riesgo no consiste simplemente en disminuir la vulnerabilidad, sino también en la búsqueda de acuerdos sociales para soportar o utilizar productivamente los impactos sin eliminar la obtención inmediata de beneficios. El enfoque de la Gestión de Riesgo se refiere a un proceso social complejo a través del cual se pretende lograr una reducción de los niveles de riesgo existentes en la sociedad y fomentar

procesos de construcción de nuevas oportunidades de producción y asentamiento en el territorio. El aprovechamiento de los recursos naturales y del ambiente en general, debe desarrollarse en condiciones de seguridad dentro de los límites posibles y aceptables para la sociedad en consideración. En consecuencia, la gestión de riesgo significa un proceso de control sobre la construcción o persistencia de amenazas y vulnerabilidad”.

Según (Bello, 2019) Los Sistema de Información Geográfica, “son un conjunto de métodos y herramientas que permiten capturar, almacenar, manipular, analizar, y presentar información de forma eficiente, relacionando diferentes componentes (usuarios, hardware, software, procesos), logrando la organización, integración, almacenamiento, manipulación y análisis de grandes cantidades de datos espaciales y facilitando a los usuarios la creación de consultas interactivas, examinando la información espacial, editando datos, mapas y presentando resultados de todas estas operaciones”.

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

Según (IGAC, n.d.) una fotografía aérea es “la imagen de un terreno captada desde un avión o cualquier otra nave aérea equipada con cámaras fotográficas especiales para tal fin. Es el registro completo y detallado, en el instante de la toma, de los elementos que conforman el medio ambiente geográfico, es decir, de los fenómenos físicos del medio natural y del complejo de acciones que el hombre realiza en este medio. La fotografía aérea tiene como principio e

sistema de percepción fotográfica que utiliza la propiedad que tienen los cuerpos de la litosfera para absorber, dispersar o refractar la luz proveniente del sol”. 13

Los movimientos en masa son considerados uno de los fenómenos con mayores impactos socioeconómicos alrededor del mundo, causando considerables pérdidas de vidas humanas y económicas (García, Aristizábal, Marin, & Guzmán, 2019)

La evaluación de la amenaza por movimientos en masa es una herramienta fundamental en la planeación y distribución del territorio. En Colombia, mediante la expedición de la Ley 1523 de 2012, que organiza el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastre, se exigió a los municipios la elaboración de estudios de amenaza como parte de los elementos estructurantes en la formulación de los Planes de Ordenamiento Territorial (POT). A pesar del avance investigativo en las metodologías de evaluación de la amenaza, en Colombia ha sido poco el uso de los modelos con base física en la zonificación de la amenaza por movimientos en masa. (García et al., 2019)

La cobertura vegetal ha sido objeto de debate en cuanto a su efecto condicionante o activador de distintos tipos de movimientos en masa. (Imaizumi et al., 2008) referenciado por (Pineda, Martínez, & Vilorio, 2016)

Según (Bello, 2019) la susceptibilidad “Se entiende como la predisposición de un territorio a presentar determinados fenómenos amenazantes. De acuerdo con la naturaleza de los eventos amenazantes, cada uno de ellos tiene una fuente y una forma como se materializa en un espacio geográfico. Por lo tanto, se plantea que no se puede configurar un evento de origen natural si no existen determinadas condiciones ya sean geológicas, geográficas, meteorológicas, atmosféricas, ambientales y sociales para que se puedan materializar. Los mapas de

susceptibilidad para cada evento deben delimitar áreas de acuerdo con unas características específicas que dan lugar a uno de los tipos de eventos determinados”.

14

El fenómeno de movimientos de remoción en masa es definido por Cruden (1991) como "todo desplazamiento hacia abajo (vertical o inclinado en dirección del pie de una ladera), de un volumen de material litológico importante en el cual el principal agente es la gravedad" citado por (Bello, 2019). Pero (Cortés & Grajales, 2018) encontró que estos “incluyen todos aquellos movimientos ladera debajo de una masa de roca, de detritos o de tierras, como caídas, volcamientos, deslizamientos, flujos, propagaciones laterales y reptaciones.”

Estos fenómenos de remoción en masa corresponden a cierta clasificación según lo indica Cruden (1996) citado por (Bello, 2019):

Caídas (falls): Fenómenos que presentan una ruptura brusca de un bloque o una más rocosa o de suelo, de una ladera con talud de pendiente fuerte o un acantilado rocoso, con una caída libre donde el mayor recorrido de su desplazamiento se da en el medio aéreo, se producen en rocas muy fracturadas, debido a factores desencadenantes como lluvias intensas, sismos, erosiones, socavamiento, explosiones, etc.

Volcamiento (topples): Fenómeno que consiste en una rotación o giro de medios rocosos con presencia de sistemas de discontinuidades de bloques o columnas, con deformación paulatina en dirección de la pendiente, teniendo como eje de rotación un punto sobre su base de apoyo asociado a pivoteo o basculamiento de las cabezas y que pueden desencadenar en caídas y derrumbes.

Deslizamiento (slides): Son movimientos que se producen en suelo, roca o combinación de ambos, a lo largo de una o más superficies planas o cóncavas, en donde la masa original se

desliza ladera bajo a distancias variables. La velocidad con que ocurren es variable, pudiendo ser lentos (<16 m.m./año) a extremadamente rápidos (> 5 m/seg).

Flujos: Son movimientos de masas de bloques rocosos, detritos, lodo y material fino disgregado, comportándose como un “fluido”, sufriendo una deformación continua y sin presentar superficies de rotura definidas, siendo el principal factor desencadenante el agua.

Según (Bello, 2019) los mapas de cobertura y uso del terreno son una herramienta clave en la planificación del territorio y se elaboran generalmente siguiendo la metodología Corinne Land Cover, adaptada para Colombia por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia (IDEAM - IGAC y DANE, 2011).

Según (SGC, 2017) el método estadístico denominado Pesos de Evidencia (Weight of Evidence, WofE) “evalúa patrones de asociación entre los factores condicionantes (evidencias) y las áreas inestables mediante pesos. El peso de cada factor se calcula aplicando un enfoque bayesiano que considera la probabilidad incondicional y condicional de que ocurra un movimiento en masa (Bonham, 1994). La probabilidad incondicional (previa) se calcula con los mismos tipos de movimientos en masa que ocurrieron en el pasado en un periodo determinado y puede ser modificada de modo que al agregar una nueva evidencia la probabilidad cambia y se genera entonces una probabilidad (condicionada) llamada probabilidad posterior (Bonham, 1994). La probabilidad posterior se calcula sumando los pesos de cada factor en una función aditiva. Por cada mecanismo analizado se puede generar una función de probabilidad”.

A nivel global la influencia que tiene el cambio de la cobertura y en los fenómenos de movimientos en masa es un tema de interés muy importante en los últimos años, ya que debido a esto se ha visto a la naturaleza perder el equilibrio en su proceso natural de recuperación, esto debido al desarrollo que ha tenido la sociedad y que sin consideración alguna se dejó a un lado la importancia de la sostenibilidad ambiental, acciones que han cobrado innumerables vidas, además de las billonarias pérdidas materiales y otras afectaciones que son a cierta medida irreparables.

Al norte de Pakistán en el año 2005 se realizó un estudio titulado “Deslizamientos de tierra y cobertura vegetal en el terremoto del norte de Pakistán en 2005: un SIG y un enfoque estadístico cuantitativo”, con la ayuda de un análisis geoespacial y estadístico, que involucra un Sistema de Información Geográfica (SIG) simple y algoritmos de teledetección, evaluaron científicamente el papel potencial de la vegetación en la mitigación de los deslizamientos de tierra provocados por los terremotos mediante la normalización de otros factores como las pendientes y la distancia desde la falla activa. El estudio mostro que las áreas cubiertas por vegetación más densa sufrieron deslizamientos de tierra menores y más pequeños que las áreas con más delgadas (o carentes de) cubierta vegetal. La corta distancia de caminos / senderos y ríos también resultó ser un factor pertinente para aumentar la susceptibilidad a los deslizamientos de tierra. (Peduzzi, 2010)

A nivel de Latinoamérica, más específicamente en Venezuela también se han presentado dichos fenómenos como lo menciona el artículo “relación entre los cambios de cobertura vegetal y la ocurrencia de deslizamientos de tierra en la serranía del interior, Venezuela” Donde evaluaron los cambios en la cobertura vegetal utilizando el índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI), determinado en varios periodos sucesivos entre 1986 y 2008. La clasificación de los valores de NDVI coincidió con los principales tipos de cobertura vegetal presentes en el área de estudio. Los valores de NDVI disminuyeron paulatinamente en las áreas susceptibles a deslizamientos en ambas unidades geológicas, lo que revela la ocurrencia de una degradación progresiva de la cobertura vegetal en estas áreas. El área correspondiente a la formación VCnc presentó una mayor superficie (90%) afectada por pérdida de cobertura vegetal, mientras que VCca presentó un 60% de superficie afectada y un 17% de superficie en recuperación. Los valores de NDVI fueron significativamente mayores en sitios sin deslizamientos que en aquellos con cicatrices de desprendimiento. Esto evidenció que la remoción de la cobertura vegetal tiende a promover la ocurrencia de deslizamientos de tierra en el área estudiada. (Pineda et al., 2016)

Boyacá es una de las zonas altamente propensa a sufrir amenaza por movimientos en masa debido a su ubicación con respecto a la cordillera central en la región andina, por esto se menciona un evento que ocurrió durante el periodo invernal del 2011 en Jericó, Boyacá. En esa época intensas lluvias ocasionaron diversos fenómenos de remoción en cinco veredas, una de las cuales la Estancia fue afectada por un deslizamiento del terreno que abarcan cerca de 360 hectáreas y produjo la evacuación de muchas familias. Ahora, algunas de ellas han regresado y es preciso establecer el grado de amenaza allí presente. Se realizaron estudios geológicos y

geotécnicos para evaluar la condición de estabilidad actual y definir, además, las acciones que conduzcan a la habilitación de la zona para las actividades agrícolas. También pudieron identificar que una de las medidas de recuperación podría ser mediante la reforestación. (Abril, Amaya, & Fonseca, 2015)

18

Según el análisis sobre la gestión del riesgo de desastres en Boyacá (2015-2016) se mencionan algunos acontecimientos en relación con el municipio de Cubará en los cuales el CDGRD no reporta pérdidas humanas para ningún caso, se reportan 2 enfermos o heridos por emergencia por inundación, también se registraron algunos casos de contaminación ambiental. Según el CTGA Cubará se encuentra en su totalidad afectado por fenómenos de inundación y movimiento en masa. (Ardila & Fajardo, 2015)

2.4 Marco legal

La aplicación de la normatividad legal es un apoyo fundamental y una garantía para el cumplimiento de los distintos requerimientos que mantienen el orden en la sociedad, en este caso este trabajo será de gran apoyo para la implementación de la gestión del riesgo en el ordenamiento territorial y de esta manera evitar innumerables pérdidas humanas, sin mencionar las millonarias pérdidas materiales cuyos daños dejan cicatrices casi irreparables. Para esto es necesario hacer alusión a las principales normatividades que respaldan estos proyectos.

Tabla 1. Marco legal.

Tema	Norma	Año	Descripción
Gestión del riesgo	Ley 1523	2012	Por el cual se adopta la política nacional de gestión del riesgo de desastres y se establece el sistema nacional de gestión del riesgo de desastres y se dicta otras disposiciones
	Ley 388	1997	Establece los mecanismos que permiten al municipio, en ejercicio de su autonomía, promover el ordenamiento de su el territorio, uso equitativo y racional del suelo, la preservación y defensa del patrimonio ecológico y cultural localizado en su ámbito territorial y la prevención de desastres en asentamientos de alto riesgo, así como la ejecución de acciones urbanísticas eficientes.
Ordenamiento territorial	Ley 614	2000	Establece mecanismos de integración, coordinación y armonización de las diferentes entidades competentes en materia de ordenamiento del territorio, para la implementación de los planes de ordenamiento territorial.
	Decreto 1807	2014	Por el cual se reglamenta el artículo 189 del Decreto-ley 019 de 2012 en lo relativo a la incorporación de la gestión del riesgo en los planes de ordenamiento territorial y se dictan otras disposiciones. Menciona en su artículo N° 2 los “Estudios técnicos para la incorporación de la gestión del riesgo en la planificación territorial”
Autoridades ambientales competentes	Decreto 1076	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.
Cartografía	Resolución 1312 Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible	2016	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.

Fuente: (Vargas, 2020)

Capítulo 3. metodología

Figura 2 Metodología



Fuente: (Vargas, 2020)

La Figura 2 presenta las fases de la metodología en las cuales se desarrollará el trabajo, y serán explicadas muy detalladamente a continuación:

3.1 Alistamiento de insumos.

3.1.1 Reconocimiento y Digitalización de líneas de vuelo sobre el municipio de Cubara

Se realizó el reconocimiento de las líneas de vuelo que pasan por el municipio de Cubara, para lo cual la biblioteca del IGAC prestó las fotografías y las cartografías en físico correspondientes a los cuadrángulos H15, I15 y H14, inicialmente se corroboraron los códigos (Vuelo, escala, año y sobre) de cada una de las líneas de vuelo para tener la certeza de la información que se manipula.

Una vez se realizó la identificación de las líneas de vuelo se digitalizaron en el SIG conocido como ArcGIS todas las líneas de vuelo, y también llenando la tabla de atributos con todos los datos pertinentes como: vuelo, escala, año y sobre.

3.1.2 Identificación de las fotografías aéreas.

Para la identificación de las fotografías aéreas inicialmente fue necesario acudir al préstamo de imágenes de la biblioteca del IGAC (Instituto Geográfico Agustín Codazzi), ya que las fotografías del rango de años entre 1950 y 1980 no se encuentran en formato digital, solo a partir del año de 1980. Después de tener acceso a dichas fotografías se procedió a identificar las fotografías que cubrían el área, teniendo en cuenta la foto inicial y la foto final de la parte en que el vuelo pasa por el municipio, también la cantidad de fotos que entraban en este rango.

Para lograr que las fotografías se acomoden correctamente con los rasgos del terreno se realizó una georreferenciación con Spline mediante más de diez puntos de control, estos puntos de control pueden ser cuerpos hídricos, geformas, centros poblados o rasgos de cobertura vegetal entre otros, estos deben coincidir tanto en el terreno como en la fotografía, se usaron

imágenes base de SENTINEL Y RAPIDEYE, esta georreferenciación fue realizada mediante un SIG (Sistema de Información Geográfica) que en este caso es ArcGIS, Versión (10.4).

22

3.1.3 Digitalizar de foto centros y marcos de aerofotografía

La digitalización de estos requerimientos fue apoyada por un archivo de ARCGIS que tiene el IGAC (Instituto Geográfico Agustín Codazzi), donde se encuentran líneas de vuelo, foto centros y marco de aerofotografías de todo el territorio nacional, y de esta manera se exporto la zona de estudio para posteriormente asignar a cada línea de vuelo su correspondiente foto centro y marco de aerofotografía. Adicionalmente se crea en el ArcGIS un archivo KMZ que se abre directamente con Google Earth, este permite visualizar directamente en el lugar la línea de vuelo y la distribución de las fotografías áreas.

3.2 Participación en la 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.

Los expertos y profesionales del proyecto recopilan toda la información disponible en cualquier medio, siempre y cuando esta información sea confiable, esto con el fin de apoyar y enriquecer el trabajo de identificación de movimientos en masa realizado también por los expertos.

3.2.2 Representar como polígonos cada uno de los movimientos presentados

23

Es necesario que cada movimiento en masa sea representado mediante polígonos teniendo en cuenta la escala mínima cartografiable que corresponde a 1:6000, dicha representación se realiza en el software de ArcGIS.

3.2.3 Caracterizar los movimientos en masa e ingresar atributos a cada polígono de base de datos

Se caracteriza cada movimiento en masa que fue previamente representado en polígonos mediante el “Tipo de MM”, a este Shapefile se le ingresan los correspondientes datos en la tabla de atributos tales como: tipo de movimiento en masa, Subtipo de movimiento en masa, área, coordenadas (x, y), la fuente de información y otros, esto con el fin de completar en su totalidad el inventario de movimientos en masa.

3.3 Digitalizar la interpretación análoga de la cobertura

3.3.1 Identificación análoga de la cobertura por parte de expertos

Se realiza una interpretación a cargo de los expertos en cobertura y uso del suelo pertenecientes al proyecto, aplicando la metodología CORINE Land Cover y apoyándose en cartografías impresas de la zona de estudio, marcadores y otros elementos que facilitan el desarrollo de esta tarea, cabe resaltar que la interpretación “análoga” no se hace en el 100% de la Zona de estudio.

3.3.2 Se nombran el tipo de cobertura con la simbología de la metodología Corine

24

Land Cover correspondiente

La interpretación análoga de la cobertura realizada por los expertos debe tener su correspondiente código, según se estipulan en la metodología Corine Land Cover, para diferenciar claramente cada una de sus características y de esta manera al realizar la digitalización se haga posible identificar en su totalidad los tipos de cobertura identificados mediante cada polígono vectorizado.

3.3.3 Digitalizar los tipos de cobertura anteriormente interpretados.

Una vez se tiene la interpretación análoga de cobertura realizada por los expertos, se procede a apoyar la digitalización de toda la información de cada plancha. Esta digitalización se realiza en un SIG (Sistema de Información Geográfica) que en este caso es el software de ArcGIS versión (10.4) donde se representa por medio de polígonos cada tipo de cobertura identificada, también se llena la correspondiente tabla de atributos con el código, tipo de cobertura, área y otros atributos necesarios de cada tipo de cobertura cumpliendo todas las pautas de calidad que exige el SGC (Servicio Geológico Colombiano), teniendo en cuenta que el área mínima cartografiada es de una (1) hectárea.

3.4 Movimientos en masa a partir de la relación que hay con el tipo de cobertura.

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

Inicialmente en ArcGIS se agrupan los movimientos en masa mediante tipo de movimiento en masa dejando solo de tipo (Deslizamiento, caída, volcamiento, flujo y algunos indefinidos) a lo que se hace un “merge” para que las entidades espaciales de dos o más capas, se

unan y generar una única capa resultante, y posteriormente se usa la herramienta de “Multipart to Singlepart” de ArcGIS.

25

En el caso de la cobertura para el municipio de Cubará existen códigos hasta nivel seis (6) pero según (SGC, 2017) en la guía metodológica para la zonificación de amenaza por movimientos en masa escala 1: 25.000 permite simplificar hasta nivel 3.

Una vez se tienen los shapefile con su tabla de atributos y todos los datos correspondientes tanto para cobertura como para movimientos en masa se procede a calcular las áreas mediante la herramienta de “Calculate Geometry” de ArcGIS.

3.4.2 Realizar la intersección de las capas anteriores

En una nueva columna en la tabla de atributos con el nombre de susceptibilidad se asignan un valor de cero (0) para cobertura y uno (1) para los movimientos en masa, posteriormente se procede a unir estas dos capas de cobertura y movimientos en masa mediante la herramienta de “Unión” de ArcGIS.

3.4.3 Análisis estadístico

Usando el método estadístico bivariado WoFE (Weight of Evidence) o pesos de evidencia se estima la susceptibilidad por movimientos en masa que para este caso las dos variables a analizar son “Cobertura” y “Movimientos en masa”. Esto con el fin de conocer cuáles son los tipos de cobertura del municipio de Cubará que son más susceptibles a generar movimientos en masa, así como también se puede conocer qué tipo de cobertura tiene menor influencia en esta susceptibilidad.

evidencia relaciona el área de cobertura y la susceptibilidad que dicha cobertura genera a los movimientos en masa basados en los valores de peso w^+ y w^- , así mismo se tiene en cuenta los valores de N_{pix1} , N_{pix2} , N_{pix3} y N_{pix4} que indican el área donde hay fenómenos de movimiento en masa dentro de un tipo de cobertura, el área total donde hay movimiento en masa menos el movimiento en masa individual, el área de cobertura donde no hubo movimiento y el área total de cobertura donde no se presentó movimiento en masa de la zona de estudio respectivamente. En este caso las unidades de área se encuentran en hectáreas ya que se obtendrá el mismo resultado al usar estos valores en lugar de pixeles como se encuentra indicado en la guía metodológica del SGC para escala 1:25.000.

Con los datos obtenidos usando herramientas de ArcGIS donde se conoce el área de cobertura donde hubo o no movimiento en masa, y con el fin de lograr que el resultado del método sea más exacto y confiable se opta por realizar los cálculos en una de las herramientas ofimáticas más eficientes en cuanto a los cálculos como lo es el “Microsoft Excel”, ingresando las correspondientes fórmulas que amerita el método estadístico para que se realice el procedimiento.

Las ecuaciones según de peso positivo y negativo son las siguientes:

Ecuación 1. Peso positivo

$$Wi^+ = Ln \frac{\frac{N_{pix1}}{N_{pix1}+N_{pix2}}}{\frac{N_{pix3}}{N_{pix3}+N_{pix4}}}$$

Ecuación 2. Peso negativo

$$Wi^- = Ln \frac{\frac{N_{pix2}}{N_{pix1}+N_{pix2}}}{\frac{N_{pix4}}{N_{pix3}+N_{pix4}}}$$

La ecuación 1 donde el peso positivo indica la importancia de la presencia del factor en el deslizamiento de la siguiente forma:

$W_{i+} > 0$: Positivo, indica que la presencia del factor contribuye a la presencia de deslizamiento, su magnitud indica el grado de correlación directa o el grado de contribución.

$W_{i+} < 0$: Negativo, indica que la presencia del factor contribuye a la ausencia deslizamiento, su magnitud indica el grado de correlación inversa. $W_{i+} = 0$: Indica que el factor no es relevante.

La ecuación 2 donde el peso negativo indica la importancia de la ausencia del factor en el deslizamiento de la siguiente forma:

$W_{i-} > 0$: Positivo, indica que la ausencia del factor contribuye a la presencia del deslizamiento. $W_{i-} < 0$: Negativo, indica que la ausencia del factor contribuye a la ausencia del deslizamiento. $W_{i-} = 0$: Indica que el factor no es relevante.

Una vez se tiene el resultado de W_{i+} y W_{i-} se procede a calcular el contraste o peso final W_f , que es la resta del peso positivo menos el peso negativo, el cual da una medida de correlación entre el factor condicionante y los movimientos en masa. El peso final W_f será cero cuando la distribución espacial de los movimientos en masa es independiente del factor considerado, es positivo cuando existe una asociación positiva (la presencia del factor contribuye a la ocurrencia del movimiento en masa) y negativo cuando existe una asociación negativa (la ausencia del factor contribuye a la ocurrencia del movimiento en masa) (SGC, 2017).

3.5.1 Llenado de catálogos preliminares para la plataforma SIMMA

El SGC (Servicio Geológico Colombiano) proporciona un formato en el cual se consigna una cierta cantidad de información indispensable de cada uno de los movimientos en masa, este formato solicita muchos detalles del evento como la población afectada, infraestructura, actividades económicas, daños ambientales, entre otros, pero en específico hay unos campos obligatorios que deben ser llenados tales como; importancia, datos de registro (Encuestador, fecha evento, fecha reporte, confiabilidad de la fecha de reporte, institución, fuente de registro), Localización geográfica (Por división política, Coordenadas geográficas y referente geográfico), clasificación del movimiento (tipo de movimiento y subtipo de movimiento) y notas.

Para el llenado del formato para cada uno de los movimientos en masa se asigna la importancia (alta, media y baja), alta es cuando el evento se encuentra cerca de un drenaje, cerca de un centro poblado o alguna infraestructura que puedan ser afectados y si no hay nada cerca que pueda ser afectado su importancia disminuye. En el caso de los datos de registro se nombra el encuestador, y se asigna la fecha en que ocurrió el evento es decir la fecha de la imagen en la cual se visualizó, también es necesario corroborar el evento en Google Earth ya que en este medio puede encontrarse también el evento en las mismas condiciones o modificado y se le asigna una confiabilidad a esta fecha, también se asigna la fecha en la cual se realiza el reporte, así mismo la institución que hace el reporte y la fuente de registro es decir en la que fue visualizado el evento.

Igualmente se necesita la localización geográfica que permitirá ubicar eficazmente el evento en el espacio, se nombra el departamento, municipio y vereda en el cual se visualizó el evento, también sus las coordenadas geográficas con datos como latitud, longitud y altura

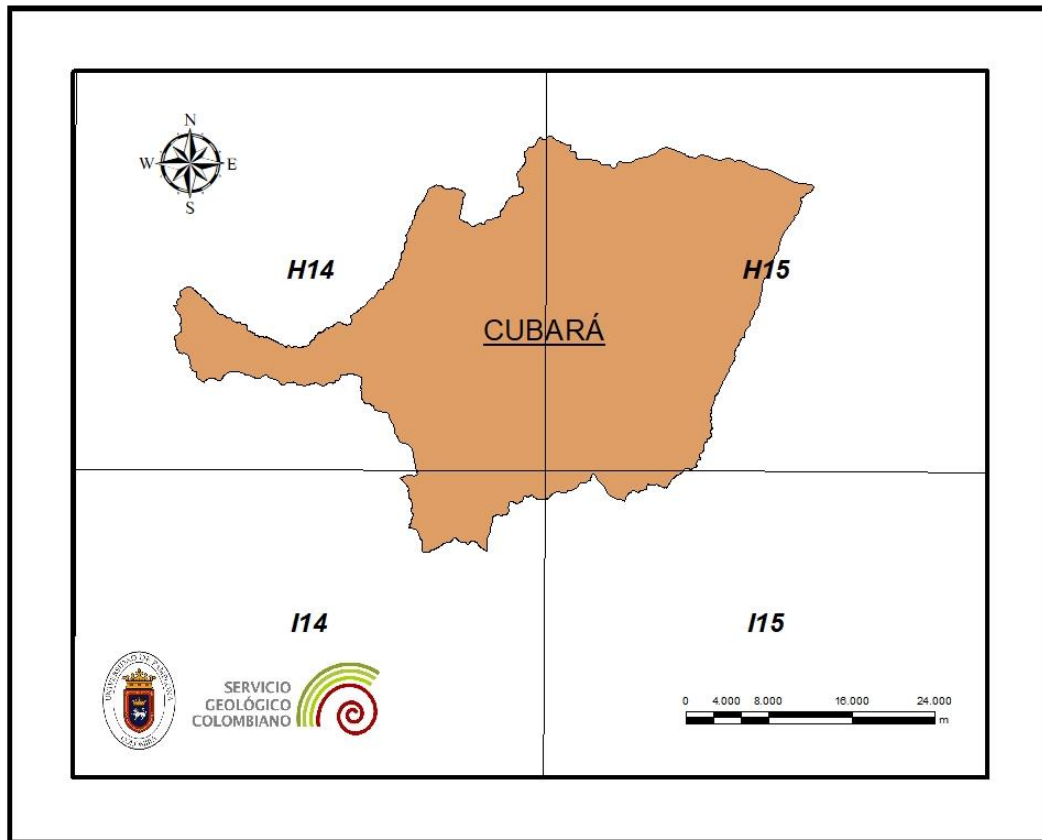
incluyendo el sitio del evento en el cual se tomaron las coordenadas, estos datos se obtienen mediante un DEM (Modelo Digital de Elevación) de la zona de estudio, en cuanto al referente geográfico se toma un punto de referencia característico como un río, quebrada, caño, un centro poblado u otros y se menciona en qué sentido se encuentra con respecto a los puntos cardinales, además de la distancia aproximada en que se encuentra el evento de dicho referente.

La clasificación del movimiento es indispensable también ya que este permite saber qué tipo y subtipo de evento es este cuya clasificación es previamente definida por los expertos en geología, suelos y profesiones a fines, y en cuanto a las notas estas corresponde a una observación que se vea estrictamente necesaria.

4.1 Alistamiento de insumos.

4.1.1 Reconocimiento y digitalización de líneas de vuelo sobre el municipio de Cubara

Figura 3 Ubicación del municipio de Cubará respecto a los cuadrángulos de Colombia.



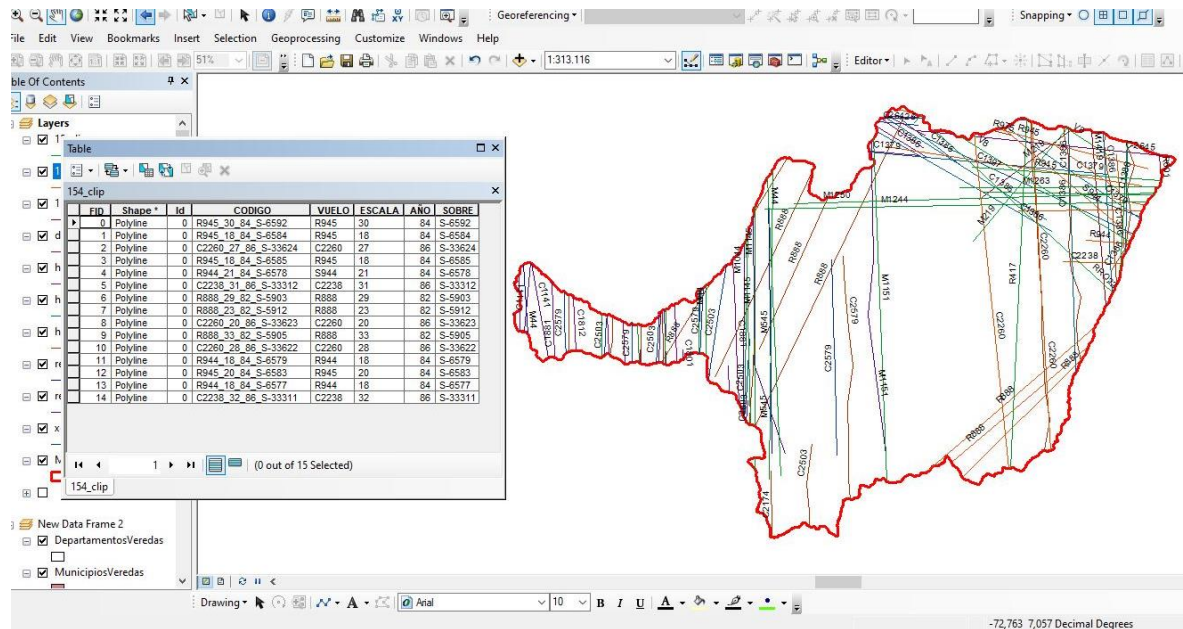
Fuente (Vargas, 2020).

La Figura 3 presenta la ubicación del municipio de Cubará, con respecto a los cuadrángulos del IGAC (Instituto Geográfico Agustín Codazzi) para Colombia, donde se puede observar que la zona de estudio abarca cuatro cuadrángulos los cuales son: H14, H15, I14 e I15 cuyos cuadrángulos son una distribución que se realizó para agrupar distintas partes de las

regiones del territorio colombiano que facilitan la recolección organizada de los distintos vuelos, cada uno de estos cuadrángulos posee un área de 60m x 80m.

Se puede observar que el municipio presenta una buena ubicación ya que abarca 4 cuadrángulos permitiendo que se obtenga gran cantidad de información en cuanto a registros fotográficos aéreos.

Figura 4 Contenido de la tabla de atributos para cada línea de vuelo identificada.



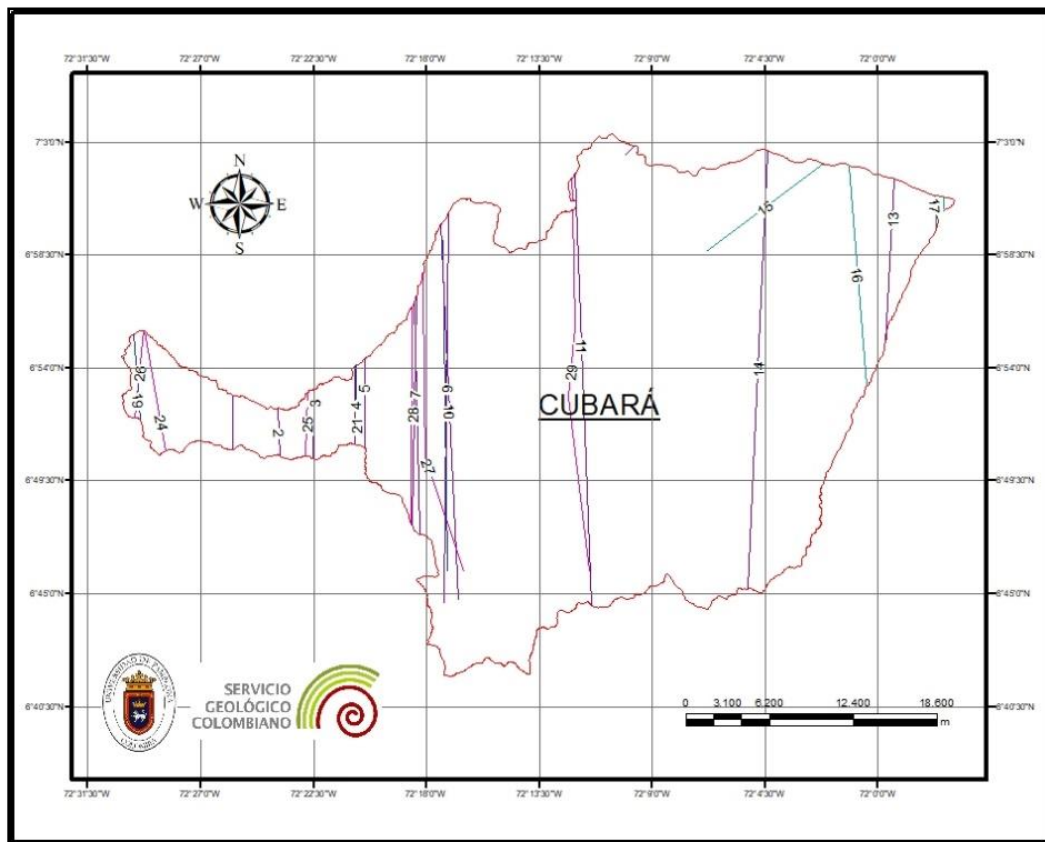
Fuente (Vargas, 2020)

La Figura 4 muestra el municipio de Cubará con todos los vuelos identificados con su correspondiente tabla de atributos que contiene toda la información necesaria. Dicha información se compone de; Código del vuelo, vuelo, escala, año y sobre. El ultimo atributo mencionado “Sobre”, es aquel que contiene las fotografías pertenecientes a esta línea de vuelo, también se pueden observar que dichas líneas pertenecen a los vuelos M, R y C que abarcan aproximadamente desde los años 1950 hasta 1998. Esta información es otorgada por la biblioteca del IGAC (Instituto Geográfico Agustín Codazzi), es importante tener esta

información completa para la identificación de los movimientos en masa, el cambio que se ha presentado en la cobertura, además de otras utilidades.

Se puede evidenciar que en efecto este municipio cuenta con gran cantidad de información contenida en las líneas de vuelo que comprende varias décadas, pero cabe mencionar que ciertos espacios del municipio quedaron cortos de información como se observa en el centro del municipio.

Figura 5 Líneas de Vuelo identificadas para el municipio de Cubará (1950-1970).



Fuente (Vargas, 2020)

Tabla 2. Líneas de vuelo (1950-1970)

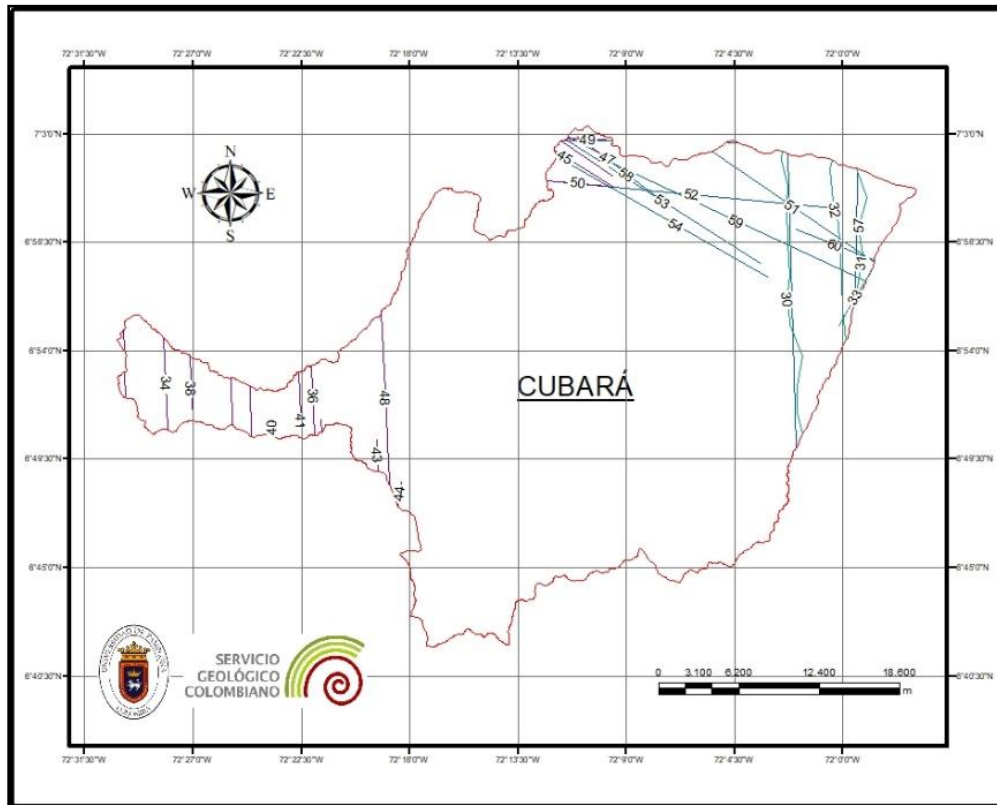
N° vuelo	(Vuelo-Escala-Año-Sobre)	N° vuelo	(Vuelo-Escala-Año-Sobre)
1	M1145_60_61_S-902	15	M219_60_60_S-495
2	M545_60_59_S-383	16	M1419_54_68_S-1654
3	M811_60_60_S-555 A y B	17	R601_50_66_S-2771
4	M1145_60_61_S-901	18	M1318_60_64_S-1280
5	M44_60_55_S-141	19	M44_60_55_S-140
6	M1145_60_61_S-903	20	M545_60_59_S-384
7	M1044_60_61_S-659	21	M44_60_55_S-141
8	M802_60_60_S-518	22	M545_60_59_S-381
9	M545_60_59_S-381	23	M1145_60_61_S-900
10	M44_60_55_S-142	24	C1141_22_65_S-22760
11	M1151_60_62_S-926	25	M811_60_60_S-555 A y B
12	M208_60_60_S-487	26	C1141_24_65_S-22761
13	R417_60_57_S-1917	27	M1145_60_61_S-903
14	R417_60_57_S-1918	28	M1044_60_61_S-659
		29	M1151_60_62_S-926

Fuente: (Vargas, 2020)

La Figura 5 muestra las líneas de vuelo que se identificaron en Cubará para un periodo comprendido entre los años 1950 y 1970, la Tabla 2 muestra el código con todos los datos correspondientes a la figura inicialmente mencionada (vuelo_escala_año_sobre).

Se puede observar que en el rango de estas décadas no fue muy extensa la información capturada, esto dificulta los estudios temporales con distintos fines que están basados en la información contenida en estos vuelos, ya que no se puede tener los suficientes datos de los acontecimientos ocurridos en estos años. Cabe resaltar que la escala de estos vuelos es un poco amplia y esto permite que se hagan exentos algunos rasgos y fenómenos que con el tiempo pueden incrementar su área de influencia.

Figura 6. Líneas de Vuelo identificadas para el municipio de Cubará (1971-1980).



Fuente (Vargas, 2020)

Tabla 3. Líneas de vuelo (1971-1980)

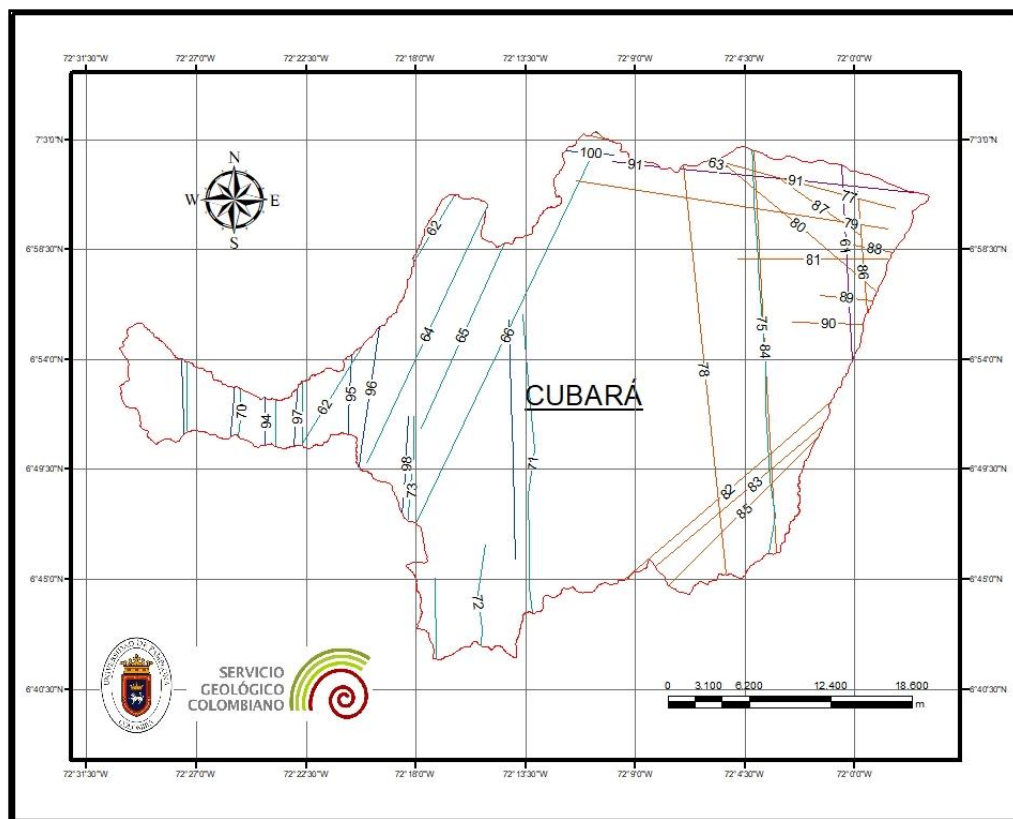
N ° vuelo	(Vuelo-Escala-Año-Sobre)	N ° vuelo	(Vuelo-Escala-Año-Sobre)
30	C1386_20_71_S-25971	46	C1386_21_71_S-25965
31	C1386_20_71_S-25972	47	C1381_21_71_S-25964
32	C1386_20_71_S-25973	48	C1881_34_79_S-29707
33	C1386_20_71_S-25966	49	C1379_18_71_S-25910
34	C1881_34_79_S-29708	50	C1379_18_71_S-25911
35	C1881_34_79_S-29705	51	C1379_19_71_S-25909
36	C1881_34_79_S-29706	52	C1379_18_71_S-25911
37	C1881_38_79_S-29710	53	C1386_21_71_S-25965
38	C1812_34_78_S-29214	54	C1386_20_71_S-25970
39	C1812_30_78_S-29216	55	C1379_18_71_S-25910
40	C1812_33_78_S-29213	56	C1386_20_71_S-25971
41	C1812_36_78_S-29212	57	C1386_20_71_S-25972
42	C1801_28_77_S-29132	58	C1386_21_71_S-25964
43	C1814_27_78_S-29227	59	C1397_20_71_S-26098
44	C1814_27_78_S-29226	60	C1379_18_71_S-25908
45	C1386_20_71_S-25970		

Fuente: (Vargas, 2020)

La Figura 6 muestra las líneas de vuelo que se identificaron en Cubará para un periodo comprendido entre los años 1971 y 1980, y la Tabla 3 muestra el código con todos los datos correspondientes a la figura inicialmente mencionada.

Se puede evidenciar que las líneas de vuelo son claramente escasas en la mayor parte del municipio. Esto indica que la información para estas décadas es escasa y será muy problemática la obtención de datos para distintos estudios que pretenden hacer un seguimiento a través de los años. Es evidente que algunos años carecen de información, pero esto se puede compensar de alguna manera con otros contenedores de información como lo son los satélites, quizás no será tan detallada como en estas líneas de vuelo, pero serán de gran ayuda.

Figura 7. Líneas de Vuelo identificadas para el municipio de Cubará (1981-1



Fuente (Vargas, 2020)

Tabla 4. Líneas de vuelo (1981-1998)

N ° vuelo	(Vuelo-Escala-Año-Sobre)	N° vuelo	(Vuelo-Escala-Año-Sobre)
61	C1386_21_86_S-25973	81	C2238_31_86_S-33312
62	R888_29_82_S-5907	82	R888_29_82_S-5903
63	R945_30_84_S-6532	83	R888_23_82_S-5912
64	R888_23_82_S-5914	84	C2260_20_86_S-33623
65	R888_37_82_S-5909	85	R888_33_82_S-5905
66	R888_21_82_S-5915	86	C2260_28_86_S-33622
67	C2174_25_85_S-32606	87	R944_18_84_S-6579
68	C2579_46_95_S-37403	88	R945_20_84_S-6583
69	C2579_46_95_S-37402	89	R944_18_84_S-6577
70	C2503_36_93_S-36556	90	C2238_32_86_S-33311
71	C2579_44_95_S-37407	91	C2645_36800_98_S-38147
72	C2503_36_93_S-36552	92	C2579_47_95_S-37402
73	C2503_35_93_S-36553	93	C2503_36900_93_S-36556
74	C2503_37_93_S-36555	94	C2579_47_95_S-37402
75	C2260_28_86_S-33623	95	C2579_46_95_S-37401
76	R945_30_84_S-6592	96	C2503_34700_93_S-36554
77	R945_18_84_S-6584	97	C2503_37700_93_S-36555
78	C2260_27_86_S-33624	98	C2503_35350_93_S-36553
79	R945_18_84_S-6585	99	C2579_44_95_S-37407
80	R944_21_84_S-6578	100	C26425_S-38147

Fuente: Vargas (2020)

La Figura 7 muestra las líneas de vuelo que se identificaron en Cubará para un periodo comprendido entre los años 1971 y 1980, y la (Tabla 4) muestra el código con todos los datos correspondientes a la figura inicialmente mencionada.

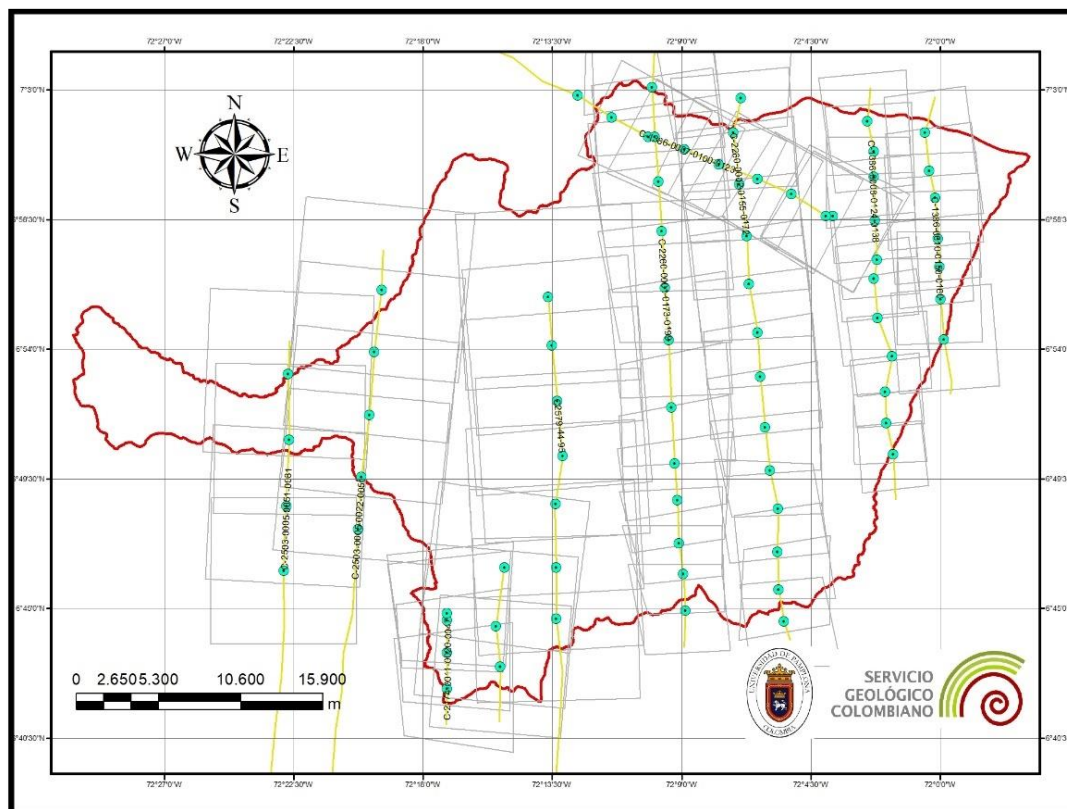
Se puede evidenciar que este rango de décadas contiene mayor distribución de líneas de vuelo en todo el municipio, esto es muy importante y de gran apoyo ya que la mayoría de los fenómenos de movimientos en masa que se presentan en el municipio de Cubará datan a principios del año 1980, pero también la información de años atrás es importante para análisis multitemporales de cobertura y uso del suelo.

Esto indica que todo registro y estudio de fenómenos de movimiento en masa realizados a partir de estos datos, tendrán un alto nivel de confianza para la implementación de la gestión del riesgo en el ordenamiento territorial ya que esto es un indicador de buena gestión de las entidades competentes que garantizara una mejor calidad de vida en la sociedad.

4.1.2 Digitalizar de foto centros y marcos de aerofotografía

De todas las líneas de vuelo identificadas para el municipio de Cubará fueron seleccionadas por los profesionales del proyecto algunas fajas (Líneas de vuelo), que se distribuyen en todo el municipio a las cuales se les realizo la correspondiente digitalización de foto-centros y marco de aerofotografía.

Figura 8. Fotocentro y marco de aerofotografía de las líneas de vuelo seleccionadas.



Fuente: (Vargas, 2020)

Tabla 5. Líneas de vuelo con Fotocentro y marco de aerofotografía.

Faja	Código – Vuelo
1	C-1386_20_71_S-25970
2	C-1386_20_71_S-25971
3	C-1386_20_71_S-25972
4	C-1386_20_71_S-25932
5	C-2174_25_85_S-32606
6	C-2260_28_86_S-33625
7	C-2260_28_86_S-33624
8	C-2503_36_93_S-36554
9	C-2503_36_93_S-36552
10	C-2579_44_95_S-37407

Fuente: (Mendivelso. 2020)

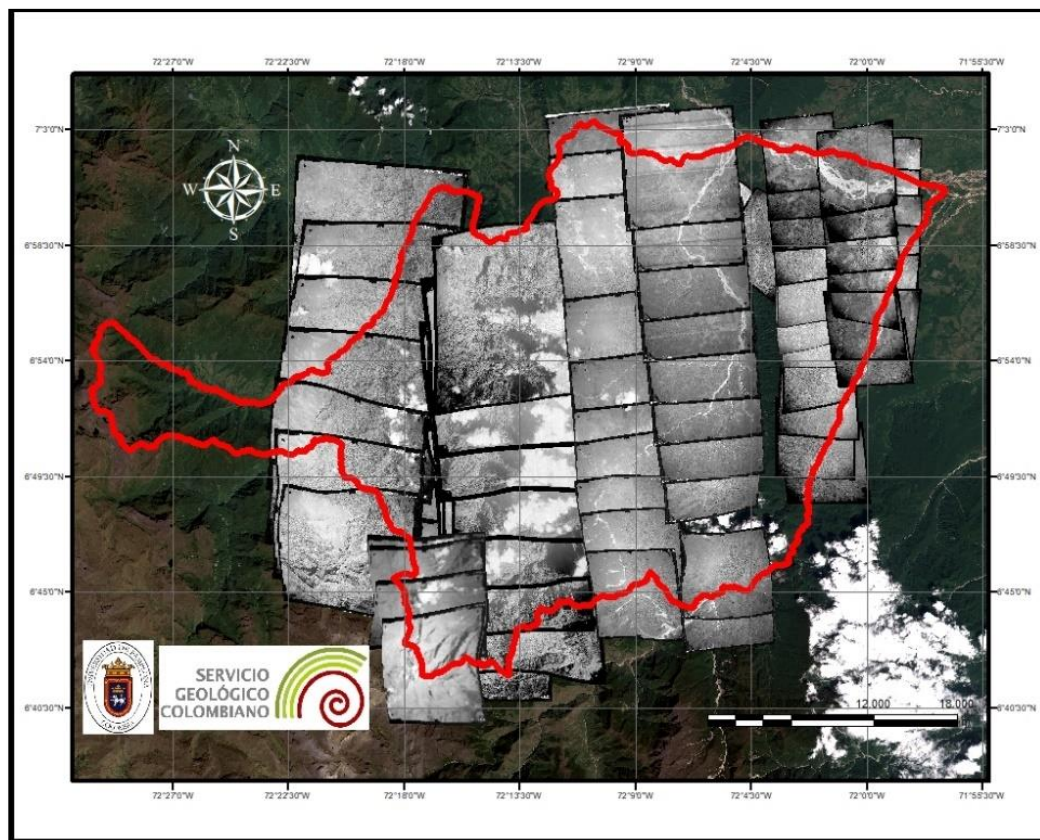
La Figura 8 muestra las líneas de vuelo que se identificaron en Cubará para un periodo comprendido entre los años 1971 y 1980, y la Tabla 5 muestra el código con todos los datos correspondientes a la figura inicialmente mencionada.

Lo que indica una buena distribución de estas líneas de vuelo a lo largo y ancho de todo el municipio, aunque no estaría de más que se realizaran más vuelos con el fin de abarcar mayor extensión y dar una cantidad de información más considerable.

4.1.3 Identificación de las fotografías aéreas.

De todas las líneas de vuelo identificadas para el municipio de Cubará fueron seleccionadas por los profesionales del proyecto algunas fajas (Líneas de vuelo), que se distribuyen en todo el municipio a las cuales se les realizó la correspondiente identificación y georreferenciación de las fotografías que componen dichas líneas de vuelo.

Figura 9. Distribución de las fotografías aéreas en Cubará



Fuente: (Vargas, 2020)

Tabla 6. Fajas seleccionadas para el municipio de Cubará.

Faja	Vuelo	Sobre	Foto inicial	Foto final	Total, de fotos
1	C-1386-20-71	S-25970	100	106	7
2	C-1386-20-71	S-25971	127	137	11
3	C-1386-20-71	S-25972	144	149	6
4	C-1386-20-71	S-25932	151	157	7
5	C-2174-25-85	S-32606	44	47	4
6	C-2260-28-86	S-33625	186	197	12
7	C-2260-28-86	S-33624	156	167	12
8	C-2503-36-93	S-36554	43	49	7
9	C-2503-36-93	S-36552	11	13	3
10	C-2579-44-95	S-37407	150	156	7

Fuente: (Mendivelso, 2020)

municipio de Cubará con sus respectivas fotografías georreferenciadas mediante la herramienta Spline con puntos de control en el SIG (Sistema de Información Geográfica) ArcGIS y la tabla 6 contiene la información de las correspondientes líneas de vuelo distribuidas en la figura ya mencionada. Esto permite visualizar todos los rasgos históricos de dichas fotografías ya que se acomodan correctamente a los rasgos geográficos y geomórficos del terreno.

Se puede evidenciar que la concordancia de estos rasgos es relativamente precisa lo que permite un estudio más eficaz y verídico de cualquier fenómeno que se encuentre en la zona de estudio.

Esto indica que la herramienta Spline que fue aplicada mediante el Software de ArcGIS es muy útil, a lo que se puede añadir que la calidad y precisión de esta concordancia depende de la cantidad de puntos que se apliquen en las fotografías y la imagen base, ya que esto garantiza un mejor ajuste de rasgos. Cabe mencionar que la deformación de las fotografías indica la compensación de altura que hay entre montañas y valles que se deja al tomar la fotografía aérea, a lo cual la herramienta de Spline debe deformar la imagen para lograr el correcto ajuste.

Así mismo la importancia del archivo KMZ generado por ArcGIS radica en que permite acceder de forma inmediata a la ubicación de las fotografías en Google Earth, mediante los marcos de aerofotografía y fotocentro de esta línea de vuelo, a continuación, se puede observar un claro ejemplo de una línea de vuelo en Google Earth.



Fuente: (Vargas, 2020)

4.2 Participación en la elaboración del inventario de procesos morfodinámicos.

Se realiza un apoyo en algunas tareas asignadas en relación a temas de digitalización en el inventario, obteniendo como resultado la compilación del inventario total.

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

Se realiza por parte de los expertos del proyecto en morfodinámica una recopilación de información de todos los posibles avistamientos de fenómenos asociados con movimientos en masa que se han identificado en la zona de estudio, pueden ser estudios hechos por alguna entidad, empresa o persona y que dicha información es valiosa, también se encuentran registros realizados directamente por un testigo los cuales quedan consignados en la plataforma SIMMA.

Para recopilar esta información, se acude a las entidades locales, regionales o nacionales que registran o atienden las emergencias o realizan visitas técnicas asociadas a la inestabilidad de

laderas, como Bomberos, Defensa Civil, Oficina de Gestión del Riesgo del municipio, 43
oficinas de planeación municipal, Corporación Autónoma Regional, CREPAD, Gobernaciones,
SINA, SGC-SIMMA o reporte periódico entre otros. (SGC, 2017)

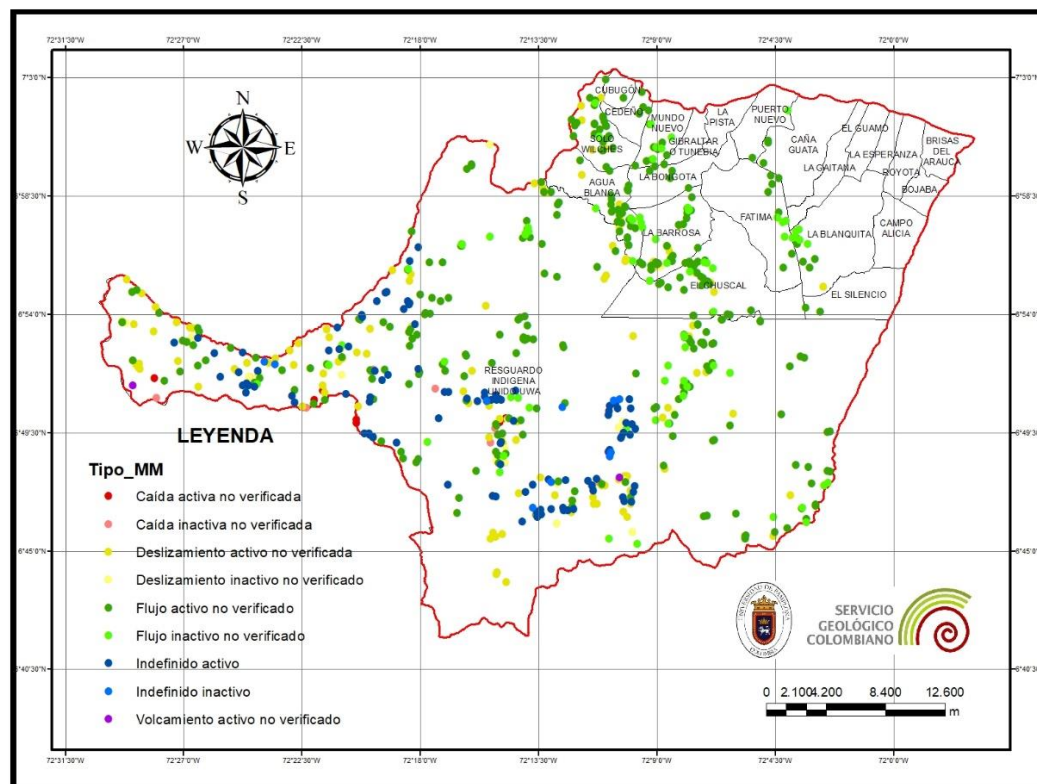
4.2.2 Representar como polígonos cada uno de los movimientos presentados

Los expertos en geología identifican los diferentes tipos de fenómenos de movimientos en masa (Deslizamientos, caídas, flujos, volcamientos y algunos indefinidos), los cuales deben ser representados mediante polígonos teniendo en cuenta la escala mínima cartografiable que corresponde a 1:6000.

4.2.3 Caracterizar los movimientos en masa e ingresar atributos a cada polígono de base de datos.

Los expertos en geología y a fines realizan la correspondiente caracterización de los distintos fenómenos en masa según criterios consignados en la guía metodológica del SGC a escala 1:25.000 esto teniendo en cuenta la actividad en la que se encuentran dichos movimientos en masa que corresponde a activo e inactivo.

Figura 11. Movimientos en masa activos e inactivos en Cubará.



Fuente: (Vargas, 2020)

Tabla 7. Movimientos en masa activos e inactivos en Cubará.

Movimiento	Área (Ha)	Actividad
Caída activa no verificada	214,727	Activo
Deslizamiento activo no verificada (tránsito)	804,803	Activo
Flujo activo no verificado	490,847	Activo
Indefinido activo	106,619	Activo
Volcamento activo no verificado	11,4165	Activo
Caída inactiva no verificada	237,788	Inactivo
Deslizamiento inactivo no verificado	380,961	Inactivo
Flujo inactivo no verificado	149,528	Inactivo
Indefinido inactivo	20,935	Inactivo

Fuente: (Vargas, 2020)

La Figura 11 muestra la distribución de los distintos tipos de movimientos en masa activos e inactivos en cada una de las veredas del municipio de Cubará, y la Tabla 7 contiene la información más relevante de la figura ya mencionada, dicha información se compone de “Movimiento” que indica la clasificación de cada tipo de fenómeno de movimiento en masa, seguido se encuentra el área de extensión en unidades de Ha (Hectárea), que indica el tamaño del movimiento en masa y finalmente su “Actividad” lo cual indica en qué estado se encuentra dicho fenómeno que en este caso corresponde a estado activo.

Cabe resaltar que la vereda con mayor extensión territorial es el “Resguardo Indígena Unido Uwa” y donde evidentemente se encuentran concentrados la mayor parte de los movimientos en masa, como se observa en el municipio de Cubará.

Se puede evidenciar que el tipo de fenómeno de movimiento en masa que más prevalece en el territorio es el de tipo deslizamiento seguido del tipo flujo. Dichos movimientos en masa que son aquí representados no fueron previamente verificados en campo.

El área de movimientos en masa en estado activo en la zona de estudio representa el 1,38% del territorio municipal, con una extensión total de 1628,4125 hectáreas, y el área total de movimientos en masa en estado inactivo es de 789,212 hectáreas que representa el 0,67% del territorio municipal.

Los datos representados en los resultados anteriormente muestran que en el municipio de Cubara el tipo de movimiento en masa tanto activos como inactivos que más prevalece es el deslizamiento lo cual indica que un área de esta magnitud puede representar un alto riesgo para las poblaciones asentadas en este lugar, además de tener en cuenta la pérdida de distintos tipos de cobertura haciendo perder las características originales del suelo.

Esto indica que la extensión que abarcan los movimientos en masa en el municipio es una cantidad considerable, representando un riesgo para la población aledaña a cada uno de estos fenómenos.

4.3 Digitalizar la interpretación análoga de la cobertura

4.3.1 Identificación análoga de la cobertura por parte de expertos

Los profesionales expertos en cobertura y uso del suelo realizaron la correspondiente interpretación análoga en distintas planchas que componen el municipio, obteniendo en su totalidad la identificación de los distintos tipos de cobertura que forman el municipio.

4.3.2 Se nombra el tipo de cobertura de la tierra con la simbología de la metodología Corine Land Cover correspondiente

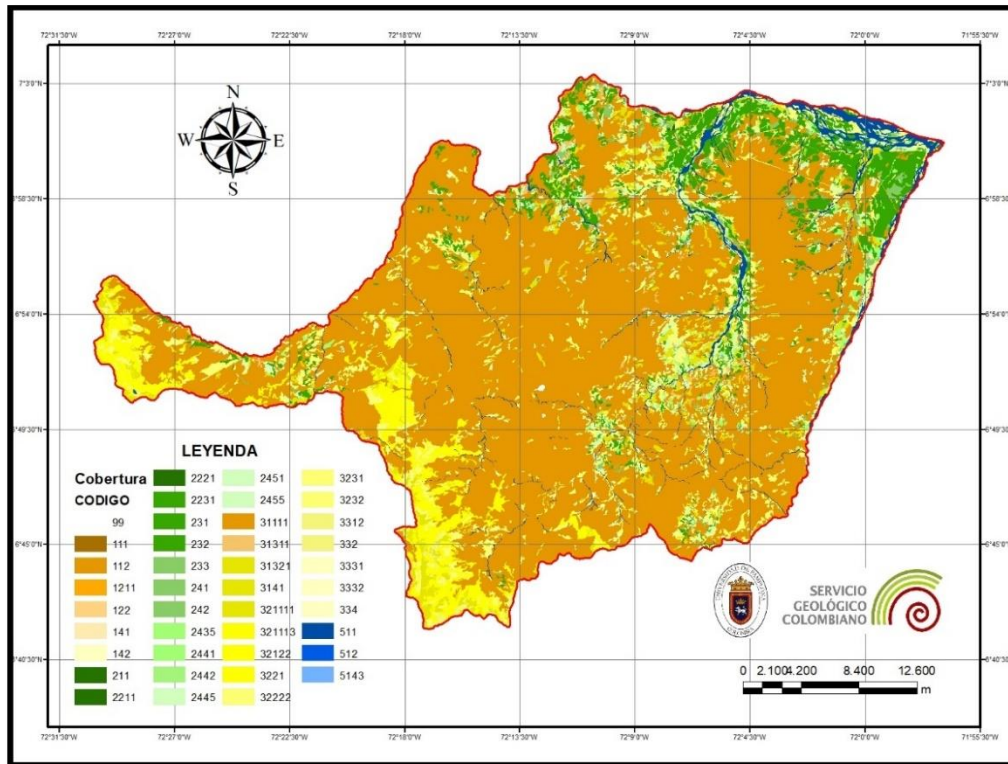
Aplicando la leyenda nacional de cobertura de la tierra de la metodología Corine Land Cover adaptada para Colombia, los profesionales del proyecto nombraron cada uno de los polígonos que se identificaron para después realizar la correspondiente digitalización, cada uno con su correspondiente código, tipo de cobertura, área y nombre del insumo que se usó los cuales son Mosaico_Sentinel2A_(18NYN-18NZN)_06/01/2020, Sentinel2B_18NZN_18/09/2018, Sentienl2A_18NYN_02/12/2018 y también algunos apoyos como Google Earth, Basemap, mapas Bing, Planet 20200305_144040_0e19, Planet 20200105_154810_26_1067, Planet 20200106_135752_0f24. Estos insumos permiten identificar los tipos de cobertura más recientes que existen en el municipio de Cubara.

Se puede evidenciar que tanto los insumos como apoyos que hay disponibles son relativamente suficientes para obtener un buen resultado.

4.3.3 Digitalizar los tipos de cobertura anteriormente interpretados.

Después de apoyar en la digitalización de la interpretación de la cobertura de la tierra se obtiene un compilado de todo el municipio, el cual se muestra y analiza a continuación:

Figura 12. Cobertura de la tierra presente en el municipio de Cubará



Fuente: (Vargas, 2020)

La Figura 12. Muestra la distribución de los distintos tipos de cobertura de la tierra que conforman el municipio de Cubara, donde se pueden observar todos los códigos identificados con el color que fue representado en esta figura. Así mismo se muestra que existe una gran variedad en el tipo de cobertura de la tierra en el municipio donde se identificaron en total cuarenta y un (41) tipo de coberturas distintas, también se puede observar que la cobertura consignada en el capítulo cuatro (4) de la metodología Corine Land Cover se hace totalmente ausente.

Se puede evidenciar que un tipo de cobertura predomina en el territorio con un porcentaje del 66,05% con respecto a la totalidad del municipio, el cual corresponde a un bosque denso alto de tierra firme que hace parte de las áreas con vegetación de tipo arbóreo y según (IDEAM, 2010) es caracterizada por un estrato más o menos continuo con altura del dosel superior a 15 metros y que se encuentra localizada en zonas que no presentan procesos de inundación periódicos.

Esto indica que el municipio conserva un área muy significativa de bosques y áreas seminaturales, ayudando así a preservar la biodiversidad de especies por las que se caracteriza este territorio andino.

Tabla 8. Territorios artificializados

1. TERRITORIOS ARTIFICIALIZADOS		
Código	Tipo de cobertura	Área (Ha)
111	Tejido urbano continuo	77,816567
112	Tejido urbano discontinuo	31,156234
122	Red vial, ferroviaria y terrenos asociados	40,88379
141	Zonas verdes urbanas	2,259525
142	Instalaciones recreativas	1,945514
1211	Zonas industriales	31,185962

Fuente: (Vargas, 2020)

La Tabla 8 muestra los tipos de cobertura pertenecientes al capítulo uno (1) de la metodología Corine Land Cover que corresponde a los territorios artificializados y según (IDEAM, 2010) dice que “Comprende las áreas de las ciudades y las poblaciones y, aquellas áreas periféricas que están siendo incorporadas a las zonas urbanas mediante un proceso gradual de urbanización o de cambio del uso del suelo hacia fines comerciales, industriales, de servicios y recreativos”. Se puede evidenciar que los centros poblados mencionados como tejido urbano continuo ocupan una pequeña parte de la zona de estudio con un área de 77,816567 hectáreas. En

general la cobertura de territorios artificializados ocupa una extensión de 185,247592

49

hectáreas que corresponden al 0,157% del territorio municipal.

Esto indica que la urbanización del territorio aún no se encuentra en desarrollo continuo ya que el área que ocupa no representa ni el 1% del municipio.

Tabla 9. Territorios agrícolas

2. TERRITORIOS AGRICOLAS		
Código	Tipo de cobertura	Área (Ha)
211	Otros cultivos transitorios	12,974726
231	Pastos limpios	7165,66913
232	Pastos arbolados	917,415029
233	Pastos enmalezados	1271,4722
241	Mosaico de cultivos	43,412181
242	Mosaico de pastos y cultivos	124,163117
2211	Otros cultivos permanentes herbáceos	9,549052
2221	Otros cultivos permanentes arbustivos	7,238263
2231	Otros cultivos permanentes arbóreos	40,438629
2435	Mosaico de cultivos, pastos y vegetación secundaria	94,188682
2441	Mosaico de pastos con espacios naturales arbóreos	1154,26289
2442	Mosaico de pastos con espacios naturales arbustivos	27,235
2445	Mosaico de pastos con vegetación secundaria	3376,00991
2451	Mosaico de cultivos y espacios naturales arbóreos	122,032376
2455	Mosaico de cultivos y vegetación secundaria	61,836682

Fuente: (Vargas, 2020)

La Tabla 9 muestra los tipos de cobertura pertenecientes al capítulo dos (2) que corresponde a territorios agrícolas. Según (IDEAM, 2010) dice que “Comprende las áreas dedicadas a cultivos permanentes, transitorios, áreas de pastos y las zonas agrícolas heterogéneas” este abarca un área de 14427,89787 hectáreas que representan el 12,26% del territorio municipal.

Esto indica que la implementación de prácticas agrícolas ha empezado a tener impacto ya que ocupa un área considerable que con el tiempo sin duda alguna podrá incrementar.

También se puede evidenciar que el área ocupada por pastos es bastante considerable, lo que confirma implementación de prácticas ganaderas en el municipio, esto logrando que se realicen actividades de deforestación para la siembra de pastos

Tabla 10. Bosques y áreas seminaturales

3. BOSQUES Y AREAS SEMINATURALES		
Código	Tipo de cobertura	Área (Ha)
332	Afloramientos rocosos	195,973547
334	Zonas quemadas	32,068363
3141	Bosque de galería alto	312,060515
3221	Arbustal denso	4394,08991
3231	Vegetación secundaria alta	4144,69619
3232	Vegetación secundaria baja	3469,93665
3312	Arenales	420,329547
3331	Tierras erosionadas	29,755917
3332	Remoción en masa	392,639915
31111	Bosque denso alto de tierra firme	77726,73
31311	Bosque fragmentado alto con pastos y cultivos	592,985693
31321	Bosque fragmentado alto con vegetación	2678,61201
32122	Herbazal abierto rocoso	113,026319
32222	Arbustal abierto mesófilo	1778,92089
321111	Herbazal denso de tierra firme no arbolado	1652,95259
321113	Herbazal denso de tierra firme con arbustos	1719,85308

Fuente: (Vargas, 2020)

La Tabla 10 muestra los tipos de cobertura pertenecientes al capítulo tres (3) de la metodología Corine Land Cover, que corresponde a bosques y áreas seminaturales. Según (IDEAM, 2010) se define como “Comprende un grupo de coberturas vegetales de tipo boscoso, arbustivo y herbáceo, desarrolladas sobre diferentes sustratos y pisos altitudinales que son el resultado de procesos climáticos; también por aquellos territorios constituidos por suelos desnudos y afloramientos rocosos y arenosos, resultantes de la ocurrencia de procesos naturales o inducidos de degradación, también se menciona que para la leyenda de coberturas de la tierra de Colombia, en esta categoría se incluyen otras coberturas que son el resultado de un fuerte manejo antrópico, como son las plantaciones forestales y la vegetación secundaria

Se puede evidenciar que este es el tipo de cobertura de la tierra que predomina en el municipio ocupando una extensión de 99654,63109 hectáreas las cuales representan el 84,68% del municipio. Esto indica que la presencia de bosques y áreas seminaturales aún es pionera en el municipio a pesar de los tiempos en que se vio afectada por la explotación y comercialización de madera.

Tabla 11. Superficies de agua

5. SUPERFICIES DE AGUA		
Código	Tipo de cobertura	Área (Ha)
511	Ríos (50 m)	3375,68601
512	Lagunas, lagos y ciénagas naturales	6,604372
5143	Estanques para acuicultura continental	2,403893

Fuente: (Vargas, 2020)

La Tabla 11 muestra la cobertura perteneciente al código cinco (5) de la metodología CORINE Land Cover que corresponde a las superficies de agua. Según (IDEAM, 2010) se definen como “Los cuerpos y cauces de aguas permanentes, intermitentes y estacionales, localizados en el interior del continente y los que bordean o se encuentran adyacentes a la línea de costa continental, como los mares, se incluyen en esta clasificación los fondos asociados con los mares, cuya profundidad no supere los 12 metros”.

Cubara es un municipio con bastante riqueza hídrica, y una de las fuentes hídricas más representativas que pasa por el municipio es el río Cubugón. Las superficies de agua ocupan una extensión de 3384,694276 hectáreas, la cual representa el 2,87% del territorio municipal.

Esto confirma su riqueza en uno de los recursos naturales más importantes para la humanidad, también se puede inferir que las poblaciones cercanas a dichas fuentes hídricas están en riesgo debido al gran tamaño de estas superficies de agua.

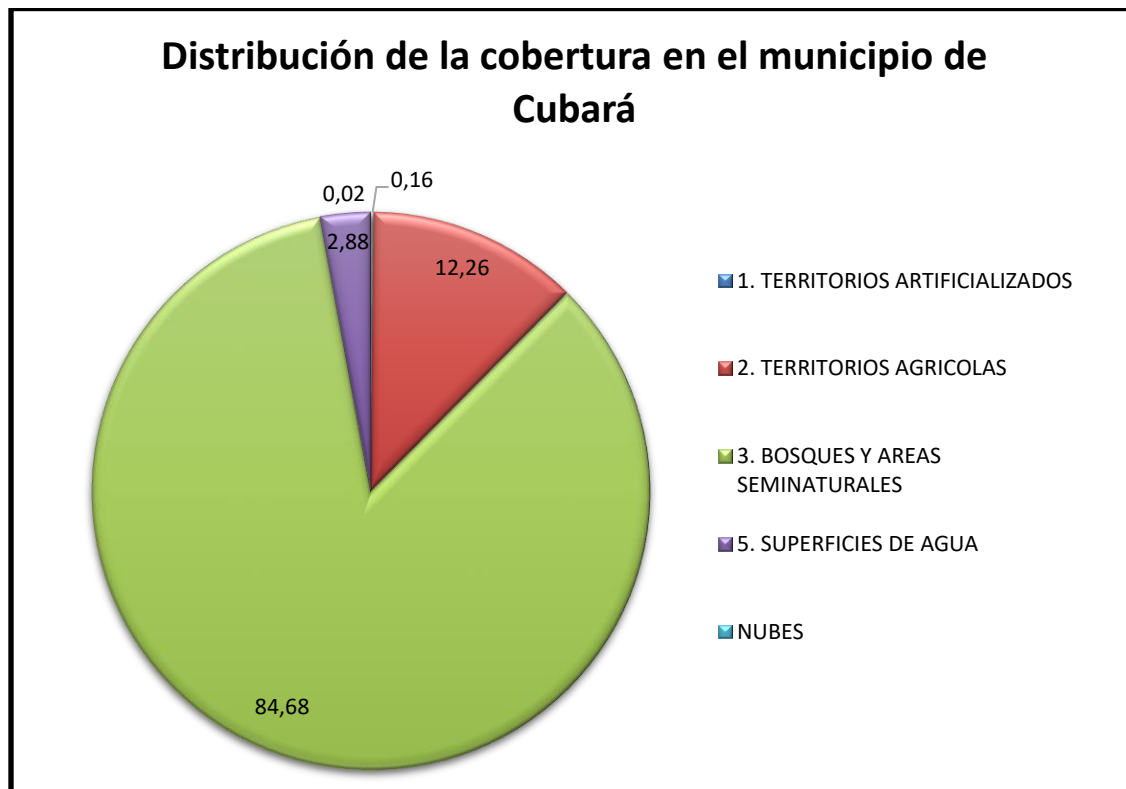
NUBES		
Código	Tipo de cobertura	Área (Ha)
99	Nubes	24,453996

Fuente: (Vargas, 2020)

Cabe mencionar y aclarar que este código no se relaciona con un tipo de cobertura, pero es necesario tenerlo en cuenta ya que las interpretaciones se hacen mediante imágenes satelitales y la presencia de estas nubosidades es inevitable.

Esto indica que algunas zonas quizás muy mínimas quedaron exentas de ser identificadas las coberturas debido a la presencia de estas nubosidades. Se puede evidenciar que el área que abarcan es de 24,453996 hectáreas y solo representa el 0,02% del territorio municipal.

Gráfica 1. Distribución porcentual de la cobertura.



Fuente: (Vargas, 2020)

Tabla 13. Distribución porcentual de la cobertura.

COBERTURA	%
1. TERRITORIOS ARTIFICIALIZADOS	0,16
2. TERRITORIOS AGRICOLAS	12,26
3. BOSQUES Y AREAS SEMINATURALES	84,68
5. SUPERFICIES DE AGUA	2,88
NUBES	0,02

Fuente: (Vargas, 2020)

La Grafica 1 muestra la distribución porcentual de la cobertura del municipio de Cubará y la Tabla 13 contiene la información que se representa en la figura ya mencionada de forma organizada, donde se evidencia que el tipo de cobertura que ocupa la mayor parte del territorio municipal son los bosques y áreas seminaturales alcanzando un 84,68% lo que es indudablemente muy significativo, cabe aclarar que las nubes no son un tipo de cobertura pero debido a que la interpretación se hace con la ayuda de imágenes satelitales o de sensores remotos este es uno de los inconvenientes que se presentan muy a menudo y se tienen en cuenta ya que bajo estas nubes queda cierta área de cobertura no identificada.

Así mismo, se observa que las actividades agrícolas tienen una cierta influencia ya que es el segundo tipo de cobertura que predomina en el municipio esto es en cierta parte bueno para la economía y el desarrollo del municipio, pero igualmente es un dilema ya que esto representa inestabilidad para estos suelos debido al tiempo que estos cultivos están presentes, teniendo en cuenta que muchos de estos son transitorios y no representan buen soporte y estabilidad para los suelos, siendo este uno de los causantes de la presencia y generación de fenómenos de movimientos en masa.

4.4 Movimientos en masa a partir de la relación que hay con el tipo de cobertura.

54

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

Tabla 14. Áreas de cobertura y M.M usados para el método WoFE.

Ausencia		Presencia	
Nivel	Área M.M (Ha)	Nivel	Área M.M (Ha)
111	77,8166	111	0,01
112	31,1562	112	0,01
121	31,186	121	0,01
122	40,75	122	0,133775
141	2,25952	141	0,01
142	1,94551	142	0,01
211	12,9747	211	0,01
221	9,54905	221	0,01
222	7,23826	222	0,01
223	40,4386	223	0,01
231	7009,62	231	156,044
232	910,922	232	6,49307
233	1258,11	233	13,3666
241	43,4122	241	0,01
242	119,446	242	0,01
243	93,8681	243	4,71724
244	4358,35	244	0,32058
245	183,869	245	199,159
311	76590,2	311	1136,55
313	3173,53	313	98,0647
314	312,061	314	0,01
321	3432,99	321	52,8381
322	6056,54	322	116,466
323	7312,09	323	302,544
331	408,692	331	11,6379
332	194,406	332	1,56764
333	257,969	333	164,427
334	30,1767	334	1,89162
511	3320,46	511	55,2309
512	6,60437	512	0,01
514	2,40389	514	0,01

Fuente: (Vargas, 2020)

La Tabla 14 muestra las áreas tanto de cobertura como de M.M (movimientos en masa), donde se evidencia el área de las coberturas donde hay ausencia y presencia de movimientos en masa.

Se puede evidenciar que los capítulos 2 (Territorios agrícolas) y 3 (Bosques y áreas seminaturales) es donde más se presentan los deslizamientos, esto se debe al área que ocupan con respecto al municipio ya que solo estos dos ocupan el 96,94% de Cubará y se debe también a que dichas coberturas pueden ser más propensa a contribuir a la generación de fenómenos de movimientos en masa.

4.4.2 Realizar la intersección de las capas anteriores

Se realiza una unión de las capas de la cobertura que fue reducida a nivel 3 y el inventario de movimientos en masa para calcular las correspondientes áreas con susceptibilidad en las que se asignó en una nueva columna dos valores 0 y 1, donde 0 representa las zonas sin susceptibilidad y 1 para las zonas con susceptibilidad.

Una vez se tiene el resultado del análisis estadístico se puede dar una sentencia verídica de las zonas con susceptibilidad y las que no tienen susceptibilidad.

Tabla 15. Valores resultantes de WoFE para las coberturas de Cubará.

Cobertura para la zonificación de la susceptibilidad a movimientos en masa									
COBERTURA	CAT	COBERTURA	Area con MM (Ha)	% de MM en categoría	Area sin MM (Ha)	% sin MM	wi+	wi-	wf
	PEND								
1		Tejido urbano continuo	0,01	0,00%	77,82	0,07%	-5,05397	0,00067	-5,05464
2		Tejido urbano discontinuo	0,01	0,00%	31,16	0,03%	-4,13863	0,00027	-4,13890
3		Zonas industriales o comerciales	0,01	0,00%	31,19	0,03%	-4,13959	0,00027	-4,13985
4		Red vial, ferroviaria y terrenos asociados	0,13	0,01%	40,75	0,04%	-1,81350	0,00030	-1,81379
5		Zonas verdes urbanas	0,01	0,00%	2,26	0,00%	-1,51477	0,00002	-1,51478
6		Instalaciones recreativas	0,01	0,00%	1,95	0,00%	-1,36514	0,00001	-1,36515
7		Otros cultivos transitorios	0,01	0,00%	12,97	0,01%	-3,26262	0,00011	-3,26273
8		Cultivos permanentes herbáceos	0,01	0,00%	9,55	0,01%	-2,95606	0,00008	-2,95614
9		Cultivos permanentes arbustivos	0,01	0,00%	7,24	0,01%	-2,67900	0,00006	-2,67906
10		Cultivos permanentes arbóreos	0,01	0,00%	40,44	0,04%	-4,39940	0,00035	-4,39975
11		Pastos limpios	156,04	6,72%	7009,62	6,08%	0,10065	-0,00688	0,10753
12		Pastos arbolados	6,49	0,28%	910,92	0,79%	-1,03817	0,00513	-1,04330
13		Pastos enmalezados	13,37	0,58%	1258,11	1,09%	-0,63905	0,00519	-0,64425
14		Mosaico de cultivos	0,01	0,00%	43,41	0,04%	-4,47036	0,00037	-4,47073
15		Mosaico de pastos y cultivos	0,01	0,00%	119,45	0,10%	-5,48248	0,00103	-5,48351
16		Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales	4,72	0,20%	93,87	0,08%	0,91489	-0,00122	0,91611
17		Mosaico de pastos con espacios naturales	0,32	0,01%	4358,35	3,78%	-5,61192	0,03838	-5,65030
18		Mosaico de cultivos con espacios naturales	199,16	8,58%	183,87	0,16%	3,98543	-0,08809	4,07353
19		Bosque denso	1136,55	48,96%	76590,20	66,41%	-0,30492	0,41844	-0,72336
20		Bosque fragmentado	98,06	4,22%	3173,53	2,75%	0,42858	-0,01526	0,44384
21		Bosque de galería y ripario	0,01	0,00%	312,06	0,27%	-6,44282	0,00271	-6,44552
22		Herbazal	52,84	2,28%	3432,99	2,98%	-0,26840	0,00720	-0,27560
23		Arbustal	116,47	5,02%	6056,54	5,25%	-0,04574	0,00248	-0,04822
24		Vegetación secundaria o en transición	302,54	13,03%	7312,09	6,34%	0,72050	-0,07413	0,79462
25		Zonas arenosas naturales	11,64	0,50%	408,69	0,35%	0,34686	-0,00148	0,34833
26		Afloramiento rocoso	1,57	0,07%	194,41	0,17%	-0,91482	0,00101	-0,91584
27		Tierras desnudas y degradadas	164,43	7,08%	257,97	0,22%	3,45518	-0,07122	3,52640
28		Zonas quemadas	1,89	0,08%	30,18	0,03%	1,13592	-0,00055	1,13647
29		Ríos (50 m)	55,23	2,38%	3320,46	2,88%	-0,19078	0,00514	-0,19592
30		Lagunas, lagos y ciénagas naturales	0,01	0,00%	6,60	0,01%	-2,58735	0,00005	-2,58740
31		Cuerpos de agua artificiales	0,01	0,00%	2,40	0,00%	-1,57671	0,00002	-1,57672
			2.322	100%	115.331,03	100,00%			

Fuente: (Vargas, 2020)

La Tabla 15 muestra para cada tipo de cobertura el área con y sin MM, así como sus correspondientes porcentajes que representan, también muestra los valores obtenidos para el método estadístico de pesos de evidencia (w_i+), (w_i-) y el resultado final (w_f).

Los colores de la gama rojo con valores mayor que cero (> 0) representan los tipos de cobertura más inestables es decir los que son más propensos a generar fenómenos de movimientos en masa, y los colores de la gama verde con valores menor que cero (< 0) representan los tipos de cobertura menos inestables es decir los que son menos propensos a generar fenómenos de movimientos en masa.

Los valores de Wf consignados en la tabla ya mencionada, indican la influencia

57

que posee cada tipo de cobertura en la formación de fenómenos de movimiento en masa, siendo estas coberturas un condicionante para la presencia y formación de dichos fenómenos.

Entre estas coberturas se puede evidenciar a dos de ellas que corresponden a los valores más altos de la gama rojo cuyos valores responden a las zonas más inestables, es decir las que son más propensas en la generación de movimientos en masa, dichas coberturas son tierras desnudas y degradadas, y mosaico de cultivos con espacios naturales.

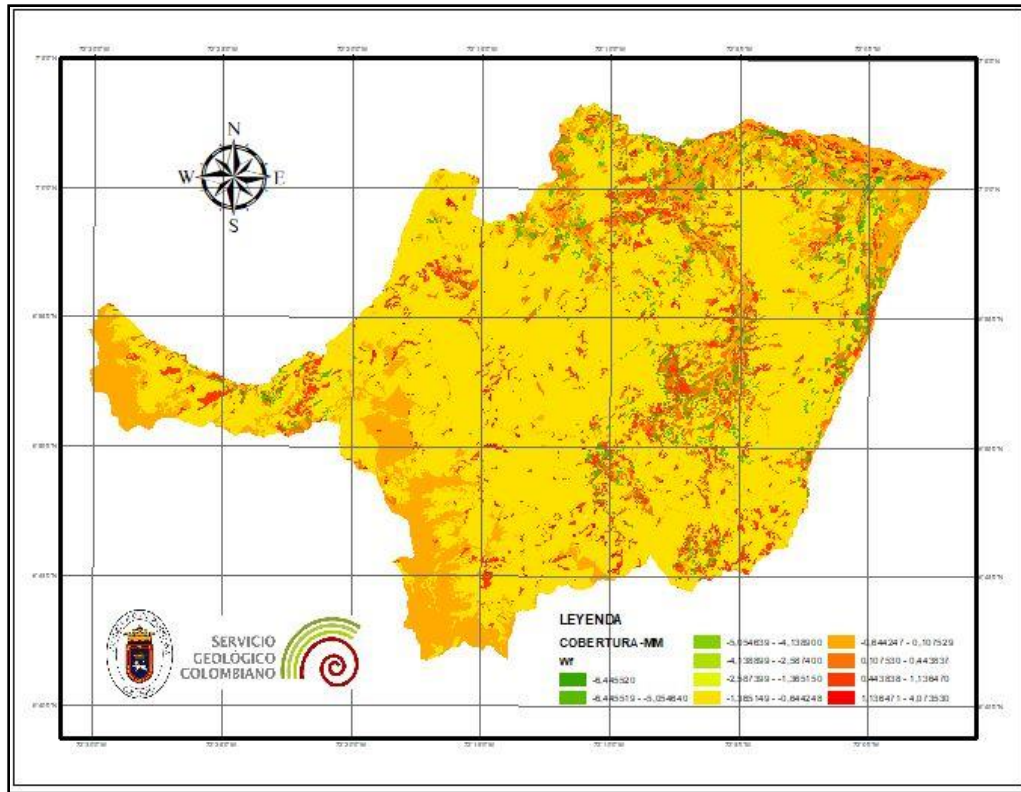
Se hace necesario conocer las correspondientes definiciones de estos dos tipos de cobertura según la metodología Corine Land Cover.

Tierras desnudas y degradadas: Esta cobertura corresponde a las superficies de terreno desprovistas de vegetación o con escasa cobertura vegetal, debido a la ocurrencia de procesos tanto naturales como antrópicos de erosión y degradación extrema y/o condiciones climáticas extremas. Se incluyen las áreas donde se presentan tierras salinizadas, en proceso de desertificación o con intensos procesos de erosión que pueden llegar hasta la formación de cárcavas (IDEAM, 2010).

Mosaico de cultivos y espacios naturales: Corresponde a las superficies ocupadas principalmente por cultivos en combinación con espacios naturales, donde el tamaño de las parcelas es muy pequeño y el patrón de distribución de los lotes es demasiado intrincado para representarlos cartográficamente de manera individual. En esta unidad, los espacios naturales se presentan como pequeños parches o relictos que se distribuyen en forma irregular y heterogénea, a veces entremezclada con las áreas de cultivos, dificultando su diferenciación (IDEAM, 2010).

Se puede deducir que la cobertura si tiene influencia en la formación y generación de movimientos en masa, siendo un claro ejemplo las tierras desnudas ya que la falta de cobertura

vegetal en estas zonas hace que el suelo no tenga un soporte que le garantice estabilidad, lo mismo pasa con los mosaicos de cultivos ya que aquellos cultivos transitorios no tienen la suficiente fortaleza en sus raíces para dar soporte a los suelos y en cuanto a los pequeños espacios naturales que se encuentran dentro de estos mosaicos no son lo suficiente para lograr que los fenómenos de movimientos en masa se hagan ausentes allí. A diferencia de otras coberturas donde se encuentran varios tipos de vegetación con raíces profundas que brindan estabilidad y soporte al suelo. Teniendo en cuenta las construcciones “tejido urbano continuo y discontinuo” se obtuvo que son suelos no inestables, y esto se debe a que los suelos cuyos espacios son seleccionados para asentar construcciones se les debe realizar múltiples estudios geotécnicos que garanticen que serán capaz de soportar la carga de la estructura, o de lo contrario serán sometidos a estabilizaciones y adecuación del terreno con el fin de garantizar la seguridad de la población que haga uso de esta estructura, dicho lo anterior es convincente el hecho por el cual estos terrenos no son propensos a generar fenómenos de movimientos en masa.



Fuente: (Vargas, 2020)

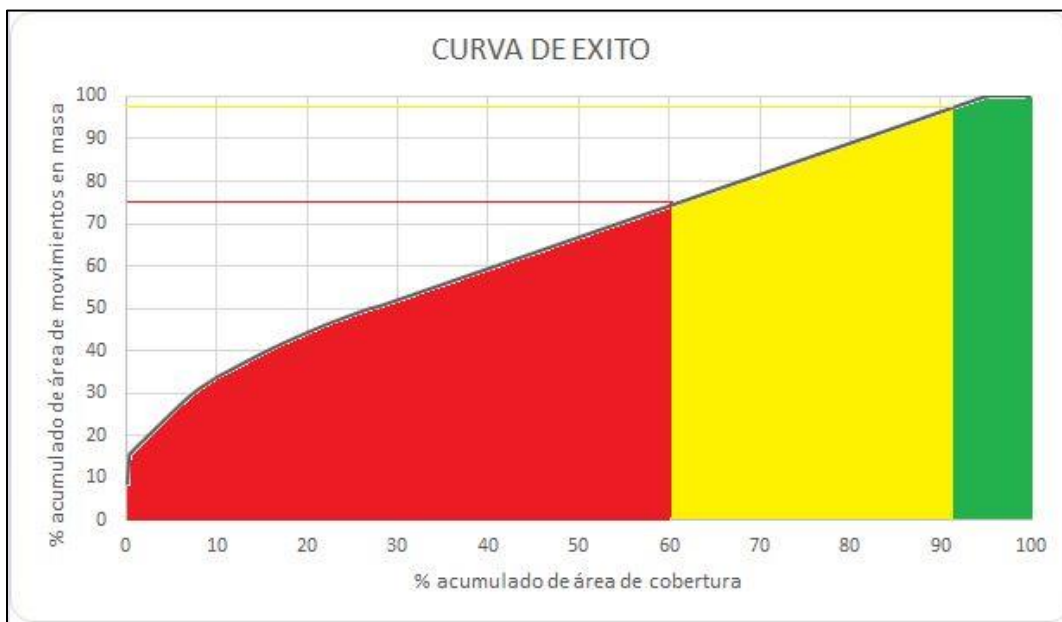
La Figura 13 muestra el mapa de susceptibilidad para el municipio de Cubará, teniendo en cuenta la influencia que tiene la cobertura como condicionante de fenómenos de movimientos en masa, cuyo resultado se obtuvo mediante la aplicación del método WoFE, donde se optó por agrupar dichos valores y representar de una manera más simplificada y mediante una gama de colores según la agrupación de los rangos de valores Wf.

Tal como se explica en la tabla 15, existen ciertas coberturas que tienen mayor influencia en la generación de los fenómenos de movimientos en masa, cuyos tipos de cobertura son “Tierras desnudas y degradadas” y “mosaico de cultivos y espacios naturales”, así mismo se evidencian coberturas con menos influencia como aquellos de tipo arbóreo, otro factor que indudablemente juega un papel importante es el área que dichas coberturas ocupan en el territorio.

Este mapa de susceptibilidad con respecto a la cobertura demuestra que

efectivamente Cubara es un municipio con bastantes zonas que pueden estar en riesgo, claro está, unas más que otras, pero en este caso y como se observa en esta figura existe un amplio territorio en color amarillo con valores W_f (-1,3 a -0,64) que muestra una susceptibilidad baja, también se observan algunas partes de color rojo el cual representa las zonas más inestables es decir las más peligrosas con susceptibilidad alta.

Gráfica 2. Curva de éxito



Fuente: Vargas (2020)

La grafica 2 muestra la curva de éxito para el grado de susceptibilidad que corresponde a alta (rojo), media (amarilla) y baja(verde), a partir de esta grafica podemos identificar qué tipo de cobertura representa cada rango de susceptibilidad, y en este caso la totalidad de la cobertura se encuentra en dos rangos de susceptibilidad “alta y baja”.

Es fundamental tener en cuenta que la validez del método depende de la cantidad de variables que se analicen.

También se hace necesario conocer cuáles son las coberturas que se encuentran en estos rangos, y se muestran a continuación organizados de mayor a menor susceptibilidad en cada uno de los rangos.

Susceptibilidad alta: Mosaico de cultivos con espacios naturales, Tierras desnudas y degradadas, Zonas quemadas, Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales, Vegetación secundaria o en transición, Bosque fragmentado, Zonas arenosas naturales, Pastos limpios, Arbustal, Ríos (50 m), Herbazal, Pastos enmalezados.

Susceptibilidad baja: Bosque denso, Afloramiento rocoso, Pastos arbolados, Instalaciones recreativas, Zonas verdes urbanas, Cuerpos de agua artificiales, Red vial, ferroviaria y terrenos asociados, Lagunas, lagos y ciénagas naturales, Cultivos permanentes arbustivos, Cultivos permanentes herbáceos, Otros cultivos transitorios, Tejido urbano discontinuo, Zonas industriales o comerciales, Cultivos permanentes arbóreos, Mosaico de cultivos, Tejido urbano continuo, Mosaico de pastos y cultivos, Mosaico de pastos con espacios naturales, Bosque de galería y ripario.

Es fundamental tener en cuenta que la zona con alta susceptibilidad representa una cantidad considerable de coberturas que según su descripción efectivamente son el tipo de cobertura que puede tener influencia en la susceptibilidad a movimientos en masa.

La importancia de este resultado radica en el apoyo que representa para las entidades competentes que manejan las temáticas relacionadas con la gestión del riesgo y la planificación territorial, y de esta manera contribuir ampliamente en la seguridad de poblaciones que pueden llegar a ser víctimas de daños que este tipo de fenómenos pueden ocasionar.

Tabla 16. Datos usados para realizar la curva de éxito

COBERTURA	Cobertura			Movimientos en masa			wf
	Area sin MM (Ha)	% sin mm	% acum sin mm	Area con MM (Ha)	% area con mm	% acum con mm	
Mosaico de cultivos con espacios naturales	183,869	0,159427166	0,159427166	199,159	8,57852531	8,57852531	4,07352783
Tierras desnudas y degradadas	257,969	0,223677001	0,383104167	164,427	7,082510241	15,66106277	3,52639964
Zonas quemadas	30,1767	0,02616529	0,409269457	1,89162	0,081479429	15,7425422	1,13647029
Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales	93,8681	0,081390148	0,490659606	4,71724	0,203189869	15,94573207	0,91610636
Vegetación secundaria o en transición	7312,09	6,340088788	6,830748394	302,544	13,03174648	28,97747855	0,79462275
Bosque fragmentado	3173,53	2,751670449	9,582418842	98,0647	4,224027939	33,20150649	0,44383696
Zonas arenosas naturales	408,692	0,354364288	9,93678313	11,6379	0,501289605	33,70279609	0,34833411
Pastos limpios	7009,62	6,077826335	16,01460947	156,044	6,721421835	40,42421793	0,10752861
Arbustal	6056,54	5,251439923	21,26604939	116,466	5,016643481	45,44086141	-0,04821626
Ríos (50 m)	3320,46	2,879068942	24,14511833	55,2309	2,37900962	47,81987103	-0,1959183
Herbazal	3432,99	2,97664025	27,12175858	52,8381	2,27594242	50,09581345	-0,27559701
Pastos enmalezados	1258,11	1,090868562	28,21262714	13,3666	0,575751436	50,67156489	-0,64424794
Bosque denso	76590,2	66,40901142	94,62163856	1136,55	48,95562781	99,6271927	-0,72335589
Afloramiento rocoso	194,406	0,168563475	94,79020203	1,56764	0,06752435	99,69471705	-0,91583569
Pastos arbolados	910,922	0,789832505	95,58003454	6,49307	0,279681772	99,97439882	-1,04329742
Instalaciones recreativas	1,94551	0,001686892	95,58172143	0,01	0,000430739	99,97482956	-1,36515356
Zonas verdes urbanas	2,25952	0,00195916	95,58368059	0,01	0,000430739	99,9752603	-1,51478453
Cuerpos de agua artificiales	2,40389	0,002084339	95,58576493	0,01	0,000430739	99,97569104	-1,57672164
Red vial, ferroviaria y terrenos asociados	40,775	0,035333074	95,621098	0,133775	0,005762209	99,98145325	-1,81379426
Lagunas, lagos y ciénagas naturales	6,60437	0,005726447	95,62682445	0,01	0,000430739	99,98188398	-2,58740135
Cultivos permanentes arbustivos	7,23826	0,006276073	95,63310052	0,01	0,000430739	99,98231472	-2,67905614
Cultivos permanentes herbáceos	9,54905	0,008279688	95,64138021	0,01	0,000430739	99,98274546	-2,95613701
Otros cultivos transitorios	12,9747	0,011249964	95,65263018	0,01	0,000430739	99,9831762	-3,26272635
Tejido urbano discontinuo	31,1562	0,027014585	95,67964476	0,01	0,000430739	99,98360694	-4,13889598
Zonas industriales o comerciales	31,186	0,027040423	95,70668518	0,01	0,000430739	99,98403768	-4,13985225
Cultivos permanentes arbóreos	40,4386	0,035063069	95,74174825	0,01	0,000430739	99,98446842	-4,399748
Mosaico de cultivos	43,4122	0,037641386	95,77938964	0,01	0,000430739	99,98489916	-4,47072953
Tejido urbano continuo	77,8166	0,067472385	95,84686202	0,01	0,000430739	99,9853299	-5,05464226
Mosaico de pastos y cultivos	119,446	0,10356796	95,95042998	0,01	0,000430739	99,98576063	-5,48351314
Mosaico de pastos con espacios naturales	4358,35	3,778991502	99,72942149	0,32058	0,013808627	99,99956926	-5,65033028
Bosque de galería y ripario	312,061	0,270578514	100	0,01	0,000430739	100	-6,44552067
	115331,0347			2321,592125			

Fuente: (Vargas, 2020)

La tabla 16 muestra los datos que fueron calculados y usados para generar la curva de éxito, y en la cual se observan las coberturas cada una con su respectivo rango de susceptibilidad en las gamas de colores rojo y verde, cabe aclarar que para susceptibilidad alta (rojo), entre más intenso sea es más inestable y para el caso de susceptibilidad baja las coberturas con el color más intenso son las que menos susceptibilidad tienen ya que según se interpreta el método, el valor de 100 para los acumulados indican no susceptibilidad. Cabe aclarar que la forma correcta de interpretar los rangos de susceptibilidad se hace de la siguiente manera: para el caso del eje Y que corresponde a los porcentajes de área acumulado con movimientos en masa, en la curva de éxito (Grafica 2), las coberturas que se encuentran en dicho rango entre 0% a 75% son susceptibilidad alta, 75% a 98% susceptibilidad media, y 98% a 100% susceptibilidad baja donde el valor de 100% corresponde a una no susceptibilidad.

4.5.1 Llenado de catálogos preliminares para la plataforma SIMMA

Tabla 17. Formato de movimientos en masa de la plataforma SIMMA.

FORMATO MODIFICADO PARACATALOGO DE MOVIMIENTOS EN MASA														
Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas														
DATOS DE REGISTRO														
ENCUESTADOR*	FECHA EVENTO*	FECHA REPORTE*	CONFIDABILIDAD PUNTO		INSTITUCIÓN*	FUENTE DEL REGISTRO								
Nicolás Serrano Vega	2/11/2006	5/5/2007	Confabilidad.baja		Universidad de Pamplona	Spot								
LOCALIZACIÓN GEOGRAFICA														
POR DIVISION POLITICA		COORDENADAS GEOGRAFICAS			REFERENTES GEOGRAFICOS									
Departamento* Boyacá	Sito* Corona	Lat (GMS)* 4°36'31.177"N			Aproximadamente a 0,6 kilómetros al NE de Caño seco en la vereda Fátima									
Municipio* Cubarré		Long (GMS)* 72°43'37.889"W												
Vereda* Fátima	Proyeccion: Magna *	Altura* 694 m												
CLASIFICACION DEL MOVIMIENTO														
TIPO MOVIMIENTO		SUBTIPO MOVIMIENTO												
Caída	<input type="checkbox"/>	Caída de roca	<input type="checkbox"/>	Desliz. traslacional	<input type="checkbox"/>	Desliz. por flujo	<input type="checkbox"/>	Desliz. licuación de arenas	<input type="checkbox"/>					
Volcansmo	<input type="checkbox"/>	Caída de detritos	<input type="checkbox"/>	Desliz. en cuña	<input type="checkbox"/>	Avalancha de detritos	<input type="checkbox"/>	Desliz. licuación roca fracturada	<input type="checkbox"/>					
Desplazamiento	<input type="checkbox"/>	Caída de tierras	<input type="checkbox"/>	Desliz. traslacional en cuña	<input type="checkbox"/>	Flujo de tierra	<input type="checkbox"/>	Propag. lateral lenta	<input type="checkbox"/>					
Flujo	<input type="checkbox"/>	Volcam. flexural de roca	<input type="checkbox"/>	Desliz. traslacional planar	<input type="checkbox"/>	Orcedida de detritos	<input type="checkbox"/>	Propag. lateral licuación	<input type="checkbox"/>					
Propagación Lateral	<input type="checkbox"/>	Volcam. de roca	<input type="checkbox"/>	Avalancha de rocas	<input type="checkbox"/>	Flujo de turba	<input type="checkbox"/>	Reptación de suelos	<input type="checkbox"/>					
Reptación	<input type="checkbox"/>	Volcam. macizo rocoso	<input type="checkbox"/>	Flujo de detritos	<input type="checkbox"/>	Desliz. licuación de arena	<input type="checkbox"/>	Solfuración	<input type="checkbox"/>					
Deform. Gradit. Profundas	<input type="checkbox"/>	Desliz. rotacional	<input type="checkbox"/>	Flujo de lodo	<input type="checkbox"/>	Desliz. licuación de limo	<input type="checkbox"/>	Gelifracción (en permafrost)	<input type="checkbox"/>					
NOTA: 1: Primer movimiento, 2: Segundo movimiento														
POBLACION AFECTADA				DANOS										
Heridos _____				TIPO										
Vidas _____				INFRAESTRUCTURA, ACTIVIDADES ECONOMICAS, DANOS AMBIENTALES										
Desaparecidos _____				CANTIDAD		UNIDAD		TIPO DAÑO		VALOR (US\$)				
Personas _____				I	E	A			DL	DM	DS	DT	NC	
Familias _____				I	E	A			DL	DM	DS	DT	NC	
TIPO DE DAÑO: Infraestructura: edificios, carreteras, inst. educativa, puentes, servicios publicos, via ferrea, torre conducción eléctrica, obras lineales, planta eléctrica, torre de energía, capa asfáltica, galpones, tanque almacenamiento, espolones, distrito riego, puentes peatonales, puentes veredales, acueducto. Económicos: agricultura, ganadería, cultivos, semovientes, transporte pasajeros y carga. Ambientales: parques, bosques, planta tratamiento de agua.				I	E	A			DL	DM	DS	DT	NC	
				I	E	A			DL	DM	DS	DT	NC	
				I	E	A			DL	DM	DS	DT	NC	
				I	E	A			DL	DM	DS	DT	NC	
NOTAS (Por ejemplo causas y observaciones generales)														
La fecha del evento fue asignada a la fecha de la imagen														

Fuente: (Vargas, 2020)

La Tabla 17 muestra uno de los formatos de catálogo preliminar que es llenado para subir a la plataforma sistema de información de movimientos en masa (SIMMA), donde se pueden observar la totalidad de campos que son exigidos por el SGC, y dentro de los cuales hay campos obligatorios, esto evidencia la rigurosidad de la información que se ingresa a dicha plataforma, con el fin de garantizar que se tenga un registro multitemporal de los movimientos en masa y sea más fácil acceder a un registro de aquellas zonas que son estudiadas morfodinamicamente.

Es evidente que el alistamiento de insumos es una de las fases más importante para un proyecto, ya que de esto depende la cantidad de información que se puede disponer en las actividades que el proyecto amerita, en este caso para los insumos relacionados con líneas de vuelo fue necesario realizar una estricta revisión de los datos que se encontraban tanto en medio físico como en digital en el IGAC (Instituto Geográfico Agustín Codazzi).

Se entiende que un inventario contiene cantidad de información de manera detallada y no es la excepción para el inventario de procesos morfodinámicos ya que estos datos minuciosos permiten conocer la evolución de los deslizamientos encontrados en distintos años, esto es de suma importancia para temas relacionados con la gestión del riesgo y planificación territorial ya que a partir de esta información se puede hacer un mejor uso de cualquier territorio, incluyendo la prevención a tiempo de cualquier catástrofe, y de esta manera garantizar la seguridad y una mejor calidad de vida para la población.

La cobertura es uno de los componentes más importantes del suelo ya que de esta depende en gran mayoría su condición en cuanto a estabilidad y la susceptibilidad de este mismo para la formación de fenómenos de movimientos en masa, debido a esto es fundamental el cuidado de la biodiversidad vegetal ya que el uso no sostenible de estos recursos pueden acarrear múltiples daños, cuya reparación en muchos de los casos requiere de largos periodos de tiempo, sin mencionar que en la actualidad la naturaleza está perdiendo su capacidad de regeneración natural.

Es fundamental realizar análisis estadísticos como estos que nos permiten tener información de apoyo para distintos estudios cuyos fines es garantizar el bienestar de las personas, ya que es común saber que la naturaleza es impredecible, estos resultados ayudan a

tener más en cuenta dichas zonas a la hora de realizar planificación territorial e implementación de la gestión del riesgo.

65

Los análisis de susceptibilidad representan un apoyo y un avance para la planificación territorial ya que de esto depende que los asentamientos humanos no se sitúen en aquellas zonas que representan riesgos relacionados con los fenómenos de movimientos en masa, y en el caso de los poblados que ya existen desde hace años se implementa la gestión del riesgo y estos estudios efectivamente contribuyen a las entidades encargadas de estas planificaciones. Para el municipio de Cubará se obtuvo dos rangos de susceptibilidad que son alta y baja lo que indica que este territorio tiene una cierta susceptibilidad representativa a los movimientos en masa teniendo en cuenta las coberturas que se encuentran allí, que para este caso los dos tipos de cobertura que son más susceptibles a los movimientos en masa son Mosaico de cultivos con espacios naturales, Tierras desnudas y degradadas.

Los formatos que son llenados para la plataforma SIMMA ayudan a la actualización de la misma, y con esto se garantiza llevar un historial detallado de cada uno de los movimientos en masa que se presenten en la zona, de esta manera se puede mejorar la toma de decisiones relacionadas con la planificación territorial entre otras actividades de interés.

Finalmente se puede concluir que en efecto este trabajo será de gran ayuda para las entidades que quieran implementar proyectos que garanticen mejorar la calidad de vida de la población, haciendo uso responsable del territorio y teniendo en cuenta que muchas de las tragedias han podido ser descubiertas tiempo antes de que se conviertan en un peligro inimaginable, esto evidencia que depende del interés que tengan las entidades competentes en investigar sobre esta temática y también del sentido de responsabilidad asumido por la propia comunidad.

Se recomienda que el IGAC (Instituto Geográfico Agustín Codazzi) pueda generar toda la información relacionada con vuelos y fotografías aéreas en medio digital para que se facilite el acceso a dicha información para distintos proyectos que beneficien a la población en general.

Las entidades encargadas de la planificación territorial y todo lo relacionado con la gestión del riesgo deberían hacer uso de toda la información disponible en documentos como este, ya que este tipo de información permite tomar decisiones más acertadas a estas entidades, también el gobierno nacional debería disponer más recursos para financiar proyectos que generen información valiosa para la planificación territorial y la gestión del riesgo entre otras utilidades.

Se recomienda para las entidades gubernamentales competentes del municipio de Cubará implementar proyectos de reforestación e implementación de la agricultura que dependa de cultivos arbóreos permanentes, con el fin de ayudar a brindar soporte a los suelos de esta región.

Se recomienda la implementación de charlas y capacitaciones en el municipio de Cubará donde se explique a la comunidad la importancia de evitar asentamientos en lugares con susceptibilidad alta, ya que la cooperación de la comunidad ayudará a disminuir las pérdidas sociales y económicas que se han presenciado en distintas partes del país en años anteriores, también se recomienda que se aumente el compromiso por parte de los entes gubernamentales para realizar la reubicación de aquellos poblados que se encuentran situados en zonas de alto riesgo con el fin de salvaguardar vidas humanas que en la mayoría de ocasiones por falta de recursos y por falta de conocimiento han llegado a establecerse en estos lugares.

- Abril, N., Amaya, E., & Fonseca, H. (2015). Evaluación de amenazas por movimientos en masa causados en Jericó Boyacá, durante el período invernal de 2011. Retrieved from https://revistas.uptc.edu.co/index.php/ingenieria_sogamoso/article/view/5115/4146
- Alcaldía de Cubará. (n.d.). Nuestro municipio - Alcaldía Cubará en Boyacá. Retrieved March 30, 2020, from <http://www.cubara-boyaca.gov.co/municipio/nuestro-municipio>
- Ardila, D., & Fajardo, A. (2015). *Análisis sobre la gestión del riesgo de desastres en Boyacá 2015-2016*.
- Bello, G. (2019). *Guía metodológica para la elaboración de estudios básicos para la incorporación de la gestión del riesgo en la planificación territorial en los suelos urbanos, de expansión urbana y rural, para los fenómenos de inundación, avenidas torrenciales y remoción*. Retrieved from [repositorio.escuelaing.edu.co/bitstream/001/931/1/Bello Zapata%2C Germán Camilo - 2019.pdf](repositorio.escuelaing.edu.co/bitstream/001/931/1/Bello_Zapata%2C%20Germán%20Camilo%20-%202019.pdf)
- Corpoboyacá. (2018). Boyacá se posiciona como uno de los departamentos con niveles más bajos de deforestación a nivel nacional – Corpoboyacá. Retrieved March 7, 2020, from <https://www.corpoboyaca.gov.co/archivadas/boyaca-se-posiciona-como-uno-de-los-departamentos-con-niveles-mas-bajos-de-deforestacion-a-nivel-nacional/>
- Cortés, P., & Grajales, S. (2018). Comparación entre los métodos estadísticos bivariado y multivariado para la zonificación de la susceptibilidad por movimientos en masa en escala 1:10.000 en el municipio de la Estrella - Antioquia., 0–72. Retrieved from https://repository.eafit.edu.co/bitstream/handle/10784/12934/PaulaAndrea_CortesSalazar_Sara_GrajalesRuiz_2018_ProyectoGrado.pdf?sequence=4

DANE. (2005). *Boletín, censo general 2005*. Retrieved from www.dane.gov.co

68

EOT Cubará. (n.d.). *Libro 1. valoración y alcances*.

Esri. (2010). ¿Qué es ArcGIS? | ArcGIS Resource Center. Retrieved May 31, 2020, from

<https://resources.arcgis.com/es/help/getting-started/articles/026n00000014000000.htm>

García, E., Aristizábal, E., Marin, R., & Guzmán, J. (2019). Implementación del modelo

TRIGRS con análisis de confiabilidad para la evaluación de la amenaza a movimientos en masa superficiales detonados por lluvia. *TecnoLógicas*, 22(44), 111–129.

<https://doi.org/10.22430/22565337.1037>

IDEAM. (2010). *Leyenda Nacional de Coberturas de la Tierra. Metodología CORINE Land*

Cover adaptada para Colombia Escala 1:100.000. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. . Bogotá, D.C.

IGAC. (n.d.). *Aplicación de las fotografías aéreas en geografía*. Retrieved from

<http://biblioteca.igac.gov.co/janium/Documentos/1-00305.pdf>

Lavell, A., & Argüello Rodríguez, M. (2003). *Gestión de riesgo: un enfoque prospectivo*.

Retrieved from

https://www.researchgate.net/profile/Allan_Lavell/publication/265873827_Gestion_de_riesgo_un_enfoque_prospectivo/links/555b162308ae6943a87823b4.pdf

Oficina de planeación Cubará, B. (2015). *Revisión y ajuste del esquema de ordenamiento*

territorial del municipio de Cubará departamento de Boyacá.

Peduzzi, P. (2010). Landslides and vegetation cover in the 2005 North Pakistan earthquake: A

GIS and statistical quantitative approach. *Natural Hazards and Earth System Science*, 10(4), 623–640. <https://doi.org/10.5194/nhess-10-623-2010>

Pineda, M., Martínez, J., & Vilorio, J. (2016). *Relación entre los cambios de cobertura vegetal y*

(Vol. 41).

SGC. (2017). *Guía Metodológica para la Zonificación de Amenaza por Movimientos en Masa*

Escala 1:25000. <https://doi.org/10.1002/chem.201301917>